

## شناسایی کانون‌های گرد و غبار به تفکیک نوع کاربری با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و منطق فازی، مطالعه موردی: جنوب شرق اهواز

سهراب جمال‌پور بیرگانی<sup>۱</sup>، حسن احمدی<sup>۲\*</sup>، ابوالفضل معینی<sup>۳</sup> و محمد فرجی<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، <sup>۲</sup> استاد علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، <sup>۳</sup> استادیار علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران و <sup>۴</sup> استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیا بهبهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۵

### چکیده

طوفان‌های گرد و غبار یکی از مهمترین مخاطرات زیست محیطی به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است که آسیب‌های جبران‌ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌کند. هدف این تحقیق، شناسایی کانون‌های تولید گرد و غبار در جنوب شرق اهواز، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و منطق فازی است. بدین منظور، در گام نخست تصاویر ماهواره‌ای رخدادهای گرد و غبار شهر اهواز بررسی و گل طوفان فصلی ایستگاه سینوپتیک اهواز ترسیم شد و در گام بعدی معیارهای در نظر گرفته شده در دو دسته معیارهای اصلی (رطوبت سطحی، دمای سطحی و پوشش گیاهی) و معیارهای محدود کننده (کاربری اراضی، خاک‌شناسی، اقلیم، شیب و رسوب‌شناسی) تقسیم‌بندی شدند که از میان آن‌ها نقشه معیارهای اصلی از تصاویر ماهواره لندست OLI-TIRS استخراج شد. برای استانداردسازی لایه‌های محدودکننده از روش بولین و برای استانداردسازی لایه‌های اصلی از توابع عضویت فازی استفاده و وزن‌دهی لایه‌های اصلی با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی صورت پذیرفت. در نهایت، نقشه نهایی کانون‌های منشأ گرد و غبار با همپوشانی لایه‌ها حاصل شد و دقت نقشه منشأیابی با استفاده از ۴۴ نقطه کنترل زمینی سنجیده شد که گویای صحت ۸۱/۸ درصدی مناطق شناسایی شده است. بر اساس نتایج بررسی تصاویر ماهواره‌ای و گل طوفان ایستگاه اهواز، منطقه جنوب شرق اهواز محل تولید گرد و غبار بوده و ۱۴۵۱۶۲/۰۱ هکتار از سطح منطقه منشأ تولید گرد و غبار است که کاربری‌های مراتع تخریب یافته با ۶۹۳۴۳/۰۱ هکتار (۴۷/۷۷ درصد) و کاربری نیزار با ۳۳۵/۹۹ هکتار (۰/۲۳ درصد)، به‌ترتیب بیشترین و کمترین سطح از منشأ تولید گرد و غبار در منطقه مطالعاتی را شامل شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** روش بولین، روش فازی-سلسله مراتبی، طوفان گرد و غبار، کاربری اراضی، ماهواره لندست OLI-TIRS

### مقدمه

مجاور خسارات بیشمار و جبران‌ناپذیری را بر ابعاد مختلف محیط زیست وارد می‌کند که از آن جمله می‌توان به تأثیر بر بهداشت و سلامت، گیاهان و محصولات کشاورزی، حمل و نقل، اقتصاد، صنعت،

طوفان‌های گرد و غبار یکی از مهمترین مخاطرات زیست محیطی به‌ویژه در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است که رخدادهای گسترش آن‌ها به مناطق

رویکردهای اجرایی مناسب با هدف کنترل، مهار و جلوگیری از گسترش این طوفان‌ها در آینده می‌کند. در این راستا، داده‌های سنجش از دور در ترکیب با قابلیت‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌طور گسترده‌ای در مطالعات منشأیابی طوفان‌های گرد و غبار به‌کار رفته‌اند (Lee و همکاران، ۲۰۱۲، Tsolmon و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طور مثال، Jalali و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه خود به شناسایی منشأ و مناطق تحت تأثیر طوفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر مادیس پرداختند و به این نتیجه رسیدند که طوفان‌های وارد شده از کشورهای سوریه و عراق منشأ گرفته است.

در پژوهشی دیگر، Rezaei Moghaddam و Mahdian Borujeni (۲۰۱۶) در مطالعه خود به منشأیابی گرد و غبار با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA در جنوب غرب ایران پرداختند و سه منطقه را معرفی کردند که شامل غرب ایران و مرز این استان با عراق، تلاقی مرزهای جنوبی ایران، شمال خوزستان و عراق و نواحی اطراف تالاب هورالعظیم می‌شوند. در تحقیقی دیگر، Cao و همکاران (۲۰۱۵) به شناسایی منشأهای گرد و غبار در غرب آسیا با استفاده از مجموعه داده‌های زیست‌محیطی پرداختند و شش منطقه اصلی را معرفی کردند که سه منطقه آن در دشت‌های دجله و فرات قرار داشته، با سهم ۷۰ درصد به‌عنوان منشأ اصلی گرد و غبار در غرب آسیا شناسایی شدند، مناطق دیگر نیز در دشت سیستان، عربستان و سوریه قرار داشتند.

در مثالی دیگر، Hahnenberger و Nicoll (۲۰۱۴) در نتیجه بررسی منشأ تولید گرد و غبار در شرق یوتا در آمریکا با استفاده از تصاویر مادیس و به این نتیجه رسیدند که بخش اعظم طوفان‌های گرد و غبار (۶۰ درصد) از دریاچه‌های خشک شده که به‌عنوان اراضی بایر با رسوب سطحی خاک رسی-سیلتی طبقه‌بندی شده، منشأ گرفته است. Yassin و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل HYSPLIT، مشاهدات ماهواره MODIS و اطلاعات هواشناسی (دید، سرعت باد، جهت باد، دما، رطوبت)، به بررسی منابع طوفان گرد و غبار کشور کویت در طی دوره ۱۲ ساله (۲۰۱۲-۲۰۰۰) در هر چهار فصل (بهار، تابستان،

بیلان انرژی اشاره کرد (Rivandi و همکاران، ۲۰۱۳؛ Fallah Zazuli و همکاران، ۲۰۱۴؛ Shamshiri و همکاران، ۲۰۱۴؛ Ghaffari و Mostafazadeh، ۲۰۱۵؛ Hahnenberger و Nicoll، ۲۰۱۴). بر اساس مطالعات انجام شده، بیابان‌ها، مناطق خشک و اراضی با خاک خشک و کشت نشده منابع اصلی طوفان‌های گرد و غبار هستند و تغییرات اقلیمی و رخداد خشکسالی‌های متوالی و فعالیت‌های غیراصولی و برداشت بی‌رویه و کنترل نشده انسان در طبیعت، احتمال وقوع طوفان‌های گرد و غبار را افزایش می‌دهد (Arami و همکاران، ۲۰۱۸؛ Kermani و همکاران، ۲۰۱۶). به‌طوری‌که ترکیب پدیده تغییر اقلیم با فعالیت‌های انسانی و الگوی سکونت آن‌ها موجب افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، بیابان‌زایی، تخریب خواص خاک و مواد مغذی مورد نیاز گیاهان می‌شود که ادامه این روند موجب از بین رفتن زیست-توده و کربن آلی خاک شده، موجب تشدید طوفان‌های گرد و غبار می‌شود (Mostafazadeh و Ghaffari، ۲۰۱۵). افزایش رخداد پدیده گرد و غبار در دهه‌های اخیر موجب انجام مطالعات زیادی در زمینه ابعاد مختلف این پدیده جوی شده است که از آن جمله می‌توان به تحلیل آماری پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران (Azizi و همکاران، ۲۰۱۲)، شناخت و بررسی عوامل موثر بر پدیده گرد و غبار در ایران (Taei Samiromi و همکاران، ۲۰۱۴)، بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن بر اساس روش‌های آماری و مدل ANFIS در ایستگاه زابل (Sobhani و همکاران، ۲۰۱۵)، بررسی ارتباط بین وقوع طوفان‌های گرد و غبار، پوشش گیاهی و رطوبت سطح خاک در چین (Kimura و Wang، ۲۰۰۹)، بررسی ماهیت و پیامدهای طوفان‌های گرد و غبار (Goudie و Middleton، ۲۰۰۱) و تحقیقات (Kang و همکاران، ۲۰۱۶؛ Rashki و همکاران، ۲۰۱۳؛ Zoljoodi و همکاران، ۲۰۱۳) اشاره کرد. طوفان‌های گرد و غبار با توجه به خصوصیات ذاتی خود، اثرات زیست‌محیطی مختلفی را به همراه دارند.

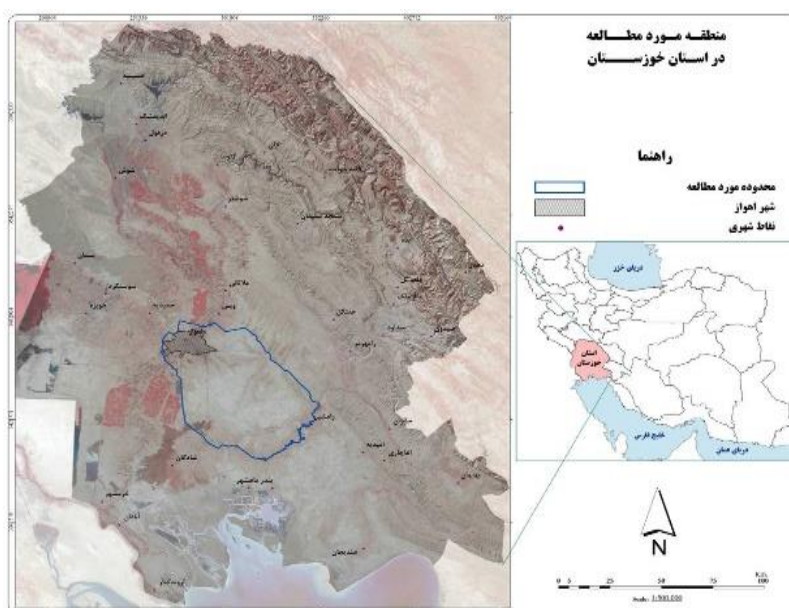
بنابراین، شناسایی منشأ تولید ذرات گرد و غبار کمک قابل توجهی در شناخت خصوصیات فیزیکوشیمیایی این ذرات در راستای اعمال

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد پژوهش:** منطقه مورد مطالعه، شامل جنوب شرق اهواز در طول جغرافیایی  $30^{\circ} 59' 48''$  تا  $34^{\circ} 26' 49''$  و عرض  $30^{\circ} 42' 05''$  تا  $25^{\circ} 50' 25''$  در جنوب باختر ایران واقع شده است. وسعت منطقه مورد مطالعه  $442469/39$  هکتار است و شامل یک منطقه کم شیب و رسوبی با بیرون‌زدگی‌هایی بسیار کم در دشت خوزستان است که از نظر زمین‌شناسی غالباً از نهشت‌های دوران چهارم تشکیل شده، فقط در محدوده طاق‌دیس اهواز بیرون‌زدگی سازند آجاجاری قابل مشاهده است. متوسط بارندگی بلندمدت سالانه منطقه  $218/43$  میلی‌متر، متوسط دمای بلندمدت منطقه  $26/3$  درجه سانتی‌گراد و اقلیم آن فرا خشک گرم است (شکل ۱).

پاییز، زمستان) پرداختند و گزارش کردند که شرایط آب و هوایی فصلی تأثیر زیادی بر منشأ طوفان گرد و غبار دارد، به طوری که طوفان‌های گرد و غبار در طول فصل تابستان افزایش و در طول فصل پاییز کاهش یافته است.

استان خوزستان از جمله مناطقی است که طی سال‌های اخیر تحت تأثیر طوفان‌های گرد و غبار و تبعات آن بوده است. بنابراین، هدف از انجام این پژوهش، شناسایی منشأ طوفان‌های گرد و غبار به تفکیک نوع کاربری با استفاده از سنجش از دور و منطق فازی در منطقه جنوب شرق اهواز به منظور ارائه اطلاعات سودمند در راستای شناخت و بکارگیری راهکارهای موثر برای مهار و مبارزه با طوفان‌های گرد و غبار در منطقه است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان

WRPLOTView 5.2.1 و در نظر گرفتن سرعت آستانه فرسایش‌پذیری خاک  $6/5$  متر بر ثانیه (Eskandari و همکاران، ۲۰۱۲) ترسیم شد (جدول ۱). در گام بعدی معیارهای در نظر گرفته شده تحقیق در دو دسته معیارهای اصلی (رطوبت سطحی، دمای سطحی و پوشش گیاهی) و معیارهای محدود کننده (کاربری اراضی، خاک‌شناسی، اقلیم، شیب و رسوب‌شناسی) تقسیم‌بندی شدند که از میان آن‌ها نقشه معیارهای اصلی از تصاویر ماهواره لندست OLI-

### روش پژوهش

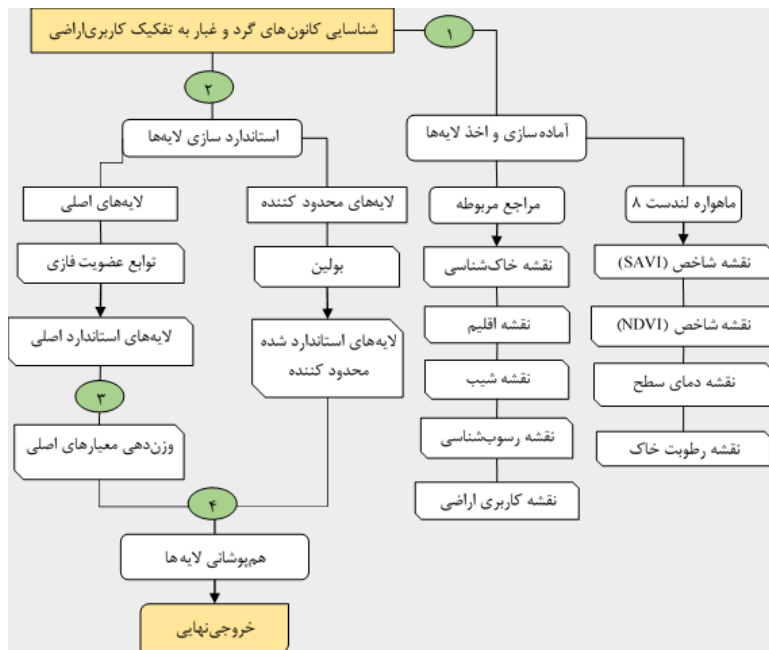
**لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده:** در این تحقیق، برای شناسایی کانون‌های تولید گرد و غبار در جنوب شرق اهواز، از تکنیک‌های سنجش از دور و منطق فازی همراه با بازبندی میدانی استفاده شد. در گام نخست، تصویر ترکیب رنگی ماهواره MODIS مورخ ۲۰ فوریه سال ۲۰۱۶ مربوط به رخداد‌های گرد و غبار استان خوزستان و شهر اهواز بررسی و گل طوفان فصلی ایستگاه سینوپتیک اهواز با استفاده از نرم‌افزار

زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی منطقه جنوب غرب) اخذ شد. فرایند انجام تحقیق در شکل ۲ ارائه و در ادامه توضیح داده شده است.

TIRS استخراج شد و نقشه سایر معیارها نیز با مراجعه به مراجع مربوطه در استان خوزستان (سازمان جهاد کشاورزی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، اداره کل نقشه‌برداری منطقه جنوب غرب کشور و اداره کل

جدول ۱- مشخصات ایستگاه سینوپتیک اهواز

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	سال تأسیس
اهواز	۳۱°۲۰'	۴۸°۴۰'	۲۲/۵	۱۹۵۱



شکل ۲- فلوچارت فرایند انجام تحقیق

رقومی تصاویر به تابش طیفی تبدیل و برای حذف اثرات اتمسفر از روش QUAC استفاده شد، سپس، تصاویر موزاییک و مرز منطقه مورد مطالعه از آن برش داده شد.

برآورد شاخص پوشش گیاهی (SAVI): برای تهیه لایه پوشش گیاهی از شاخص گیاهی SAVI که در مناطق خشک و نیمه‌خشک عملکرد مناسبی دارد، از رابطه (۱) استفاده شد (Rahdary و همکاران، ۲۰۱۶).

$$SAVI = \frac{NIR - R(1+L)}{NIR + R + L} \quad (1)$$

که در آن، NIR نوار مادون قرمز نزدیک، R نوار قرمز و L ضریب تصحیح خاک است که بین صفر برای پوشش ۱۰۰ درصد و یک برای خاک متغیر است و در بیشتر مطالعات ۰/۵ در نظر گرفته می‌شود.

تهیه نقشه لایه‌های اصلی: تخریب پوشش گیاهی، افزایش دمای سطح و کاهش رطوبت سطحی از عوامل اصلی رخداد طوفان‌های گرد و غبار به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. امروزه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک سنجش از دور، روشی آسان و کم هزینه بوده، با آن می‌توان طیف وسیعی از پروژه‌ها را در سطح جهانی، منطقه‌ای، ملی، استانی و محلی به انجام رساند (Rajabzadeh, ۲۰۱۷). بنابراین، برای تهیه لایه‌های اصلی از روش سنجش از دور استفاده شده است. به این منظور، ابتدا تصاویر ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۲۰۱۶/۰۷/۱۳ با شماره گذر ۱۶۸ و ردیف‌های ۳۸ و ۳۹ دریافت شدند. در مرحله پیش‌پردازش داده‌ها، تصاویر دریافتی از نظر وجود خطاهای هندسی بررسی شدند و سپس، ارزش‌های

یا کاهش طوفان‌های گرد و غبار می‌باشد. پوشش گیاهی و دمای سطح زمین وابستگی پیچیده‌ای بر روی رطوبت خاک دارند. به‌طوری‌که تغییرات رطوبت خاک، تأثیرات فراوانی بر ویژگی‌های حرارتی خاک دارد و وضعیت پوشش گیاهی نیز در پاسخ به تغییرات رطوبت خاک تغییر می‌کند و این خود بر افزایش دمای سطح زمین موثر است. بنابراین، از ترکیب این دو می‌توان برای برآورد رطوبت خاک با دقت قابل قبول استفاده کرد (Khanmohammadi و همکاران، ۲۰۱۵). بر آورد میزان رطوبت خاک با استفاده از دمای سطح زمین و مقادیر پوشش گیاهی از رابطه (۸) استفاده شد (Heidarian و همکاران، ۲۰۱۷).

$$D_i = (LST_{i,norm} + GC_i) / \sqrt{2} \quad (۸)$$

که در آن،  $LST_{i,norm}$  دمای سطح بهنجار شده،  $GC_i$  پوشش سطح زمین برای یک نقطه در فضای ویژگی پوشش گیاهی-دمای سطح و  $D_i$  خط پایه برای اندازه‌گیری فاصله در امتداد شیب است. بر اساس این فرمول و مقدار حاصل از آن، با افزایش  $D_i$  میزان رطوبت خاک کاهش پیدا می‌کند (شکل ۳). این فرمول به تنهایی نمی‌تواند تشریح کننده فضای این ویژگی باشد. با افزایش فاصله از نقطه  $e$  روی خط افزایش  $D_i$ ، باید رطوبت کاهش یابد، اما در عمل در نقطه  $h$  که پوشش گیاهی بیشتر می‌شود (کاهش دمای سطح)، رطوبت افزایش پیدا می‌کند و در نقطه  $g$  که دمای سطح افزایش پیدا می‌کند (خاک لخت)، رطوبت کاهش می‌یابد. برای رفع این مشکل از رابطه (۹) استفاده شد.

$$PMSI = D_i / (1 + GC_i) \quad (۹)$$

که در آن  $PMSI$  شاخص رطوبت خاک عمودی است.

**استانداردسازی لایه‌ها:** با تعیین مجموعه‌ای از معیارها برای ارزیابی گزینه‌های تصمیم‌گیری، لازم است که هر معیار به‌صورت یک لایه نقشه در پایگاه داده‌های GIS ذخیره شود. در اندازه‌گیری صفات، دامنه متنوعی از مقیاس‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر همین اساس، لازم است تا ارزش‌های موجود در لایه‌های مختلف نقشه به واحدهای قابل مقایسه و در تناسب با هم تبدیل شوند. با انجام این کار، نقشه‌های استاندارد و قابل مقایسه به‌دست خواهد آمد

**تهیه نقشه دمای سطح زمین:** دمای سطح زمین یکی از مهمترین پارامترهای مهم در مطالعات جهانی و تعادل انرژی کره زمین و درک فرایندهای زیست‌محیطی است (Entezari و همکاران، ۲۰۱۶؛ Sabziparvar و همکاران، ۲۰۱۶). محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از نوار حرارتی لندست و به شرح زیر انجام شد. ابتدا تصویر رادینانس با استفاده از رابطه (۲) به دمای درخشندگی تبدیل شد.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} \quad (۲)$$

که در آن،  $L_\lambda$  تابش طیفی،  $K_1$  و  $K_2$  ثابت‌های واسنجی سنجنده هستند که از فایل مرجع برداشت شدند. در مرحله بعدی، دمای درخشندگی با استفاده از رابطه زیر به LST تبدیل شد.

$$LST = \frac{T}{1 + (\lambda \times \frac{T}{\rho}) \times Ln\varepsilon} \quad (۳)$$

که در آن،  $\lambda$  طول موج نوار حرارتی (۱۱/۴۵ میکرومتر)،  $\rho$  برابر با  $1.438 \times 10^{-2}$  و  $\varepsilon$  توان تشعشعی است که از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$\varepsilon = \varepsilon_{veg} P_v + \varepsilon_{soil}(1 + P_v) \quad (۴)$$

که در آن،  $\varepsilon_{veg}$  برابر با ۰/۹۹،  $\varepsilon_{soil}$  برابر با ۰/۹۷ و  $P_v$  از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}\right)^2 \quad (۵)$$

که در آن،  $NDVI$  شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی است و از رابطه (۶) به‌دست می‌آید،  $NDVI_{min}$  و  $NDVI_{max}$  به‌ترتیب کمترین و بیشترین مقدار مشاهده شده است.

$$NDVI = \left(\frac{NIR - Re d}{NIR + Re d}\right) \quad (۶)$$

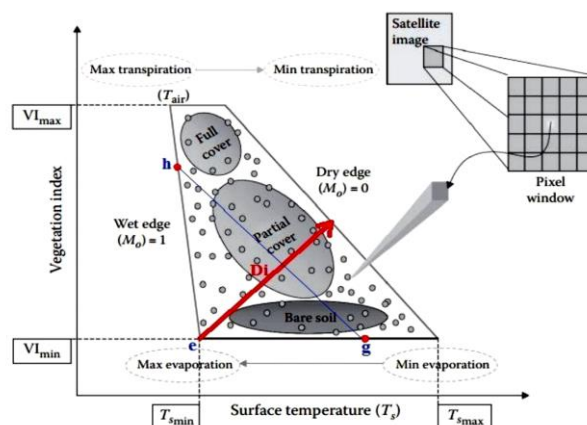
در نهایت، نقشه حرارتی بر اساس رابطه (۷) از درجه کلون به درجه سانتی‌گراد تبدیل شد (Hashemi و همکاران، ۲۰۱۳).

$$S = Kelvin - 273 / 15 \quad (۷)$$

**تهیه نقشه رطوبت خاک:** رطوبت خاک یکی از پارامترهای هیدرولوژیکی مهم و تأثیرگذار در فعل و انفعالات بین فرایندهای اتمسفر و زمین است. میزان رطوبت خاک یکی از عوامل مهم در شدت بخشیدن و

در خروجی حاصل از این عملگر، تحلیل به ناحیه‌های خاص جغرافیایی محدود می‌شود. در این مطالعه، به مناطقی که دارای پتانسیل تولید گرد و غبار هستند از جمله خاک و رسوبات ریز و رسی، اقلیم‌های خشک و خیلی خشک، شیب کمتر از پنج درصد، مراتع فقیر و خیلی فقیر و اراضی بدون پوشش، ارزش یک و به سایر مناطق ارزش صفر اختصاص داده شد.

(Baharvand و همکاران، ۲۰۱۷). در این مطالعه، برای استانداردسازی لایه‌های محدود کننده از منطق بولین استفاده شد. این عملگر، پردازش‌هایی بر روی تک تک سلول‌ها انجام می‌دهد و سلول‌هایی که نتیجه پردازش در آن سلول درست باشد، در لایه رستر خروجی به آن‌ها مقدار یک و در صورت غلط بودن مقدار صفر اختصاص داده می‌شود (Ghodrati، ۲۰۱۶). در واقع،



شکل ۳- فضای پوشش گیاهی-دمای سطح

استانداردسازی این سه لایه با استفاده از توابع عضویت افزایشی-کاهشی شد.

**فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی:** در روش AHP مقایسات زوجی بر اساس نظرات کارشناسی و به صورت اعداد قطعی انجام می‌شود. با این حال، نظرات کارشناسی همیشه نمی‌تواند قطعی و دقیق باشد که این عدم قطعیت را می‌توان با منطق فازی نشان داد. پس از استانداردسازی لایه‌ها، وزن نسبی هر لایه با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی بر اساس هدف مطالعه تعیین شد. مراحل انجام آن به این صورت است (Heidarian و همکاران، ۲۰۱۷).

۱- رسم کردار سلسله مراتبی

۲- تعریف اعداد فازی به منظور انجام مقایسه‌های زوجی

۳- تشکیل ماتریس مقایسه زوجی با به کارگیری اعداد فازی

برای انجام مقایسه‌ها نیاز به تعریف اعداد فازی و مقیاس‌های فازی می‌باشد. در جدول ۲، نمونه‌ای از اعداد مقایسه زوجی آورده شده است.

برای استانداردسازی معیارهای اصلی از روش فازی استفاده شد. نظریه فازی قادر است که به بسیاری از مفاهیم، متغیرها و سامانه‌های نادقیق و مبهم صورت بخشی ریاضی بخشیده و زمینه را برای استنتاج، کنترل و تصمیم‌گیری در شرایط عدم اطمینان فراهم آورد. در منطق فازی، ارزش‌ها در بازه صفر تا یک قرار می‌گیرند (Jahanbakhsh Asl و همکاران، ۲۰۱۶). در به کارگیری روش فازی تابع عضویت و چگونگی تعریف آن از اهمیت بالایی برخوردار است و تابع عضویت را می‌توان به صورت درجه تعلق عناصر مجموعه مرجع به زیرمجموعه‌های آن تعریف کرد (Baharvand و همکاران، ۲۰۱۷). با بررسی به عمل آمده و توجه به مطالعات پیشین، مشخص شد که مناطق دارای پتانسیل تولید گرد و غبار، لزوماً در مناطق با دمای بیشینه، رطوبت کمینه و کمترین مقدار شاخص تعدیل شده پوشش گیاهی نیستند و در واقع بازه‌ای از مقادیر میانی این لایه‌ها را به خود اختصاص داده‌اند. بنابراین، با استفاده از ابزار Fuzzy membership در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3، اقدام به

۲- محاسبه درجه بزرگی  $S_i$ ها نسبت به همدیگر

۳- محاسبه وزن  $n$  معیارها  $\tilde{a}_{12}$  گرفته‌ها در ماتریس‌های مقایسه زوجی  $\tilde{A} = \begin{bmatrix} 1 & \dots & \tilde{a}_{2n} \\ \tilde{a}_{21} & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \\ \tilde{a}_{n1} & \dots & 1 \end{bmatrix}$  برای محاسبه وزن نرمال نشده معیار  $\tilde{a}_{ij}$  میزان بزرگی یک عدد فازی مثلثی با سایر اعداد فازی مثلثی محاسبه شود و در نهایت، کمینه میزان بزرگی، نشان‌دهنده وزن نرمال نشده معیار است.

۴- محاسبه بردار وزن نهایی که از نرمال کردن بردار وزن معیارها به دست می‌آید.

در این مطالعه، از روش FAHP استفاده شد که تفاوت آن با روش بالا در به دست آوردن  $S_i$  است.

ماتریس مقایسه زوجی  $A$  حاوی اعداد فازی تعریف شده می‌باشد و به صورت زیر می‌باشد.

اگر کمیته تصمیم‌گیرندگان چند نفر باشند، درایه‌های ماتریس مقایسه زوجی جامع که در روش تحلیل سلسله مراتبی به کار می‌رود، یک عدد فازی مثلثی است که مؤلفه اول آن را کمینه نظرسنجی‌ها، مؤلفه دوم آن میانگین نظرسنجی‌ها و مؤلفه سوم آن بیشینه نظرسنجی‌ها می‌باشد.

۱- محاسبه یک عدد فازی مثلثی برای هر یک از سطرهای ماتریس مقایسه زوجی ( $S_i$ )

جدول ۲- اعداد فازی و مقیاس‌های فازی

عدد فازی	تعریف	مقیاس فازی مثلثی
۱	دقیقاً مساوی	(۱, ۱, ۱)
۲	اهمیت یکسان	(۳/۲, ۱, ۱/۲)
۳	اهمیت ضعیف	(۲, ۳/۲, ۱)
۴	اهمیت قوی	(۵/۲, ۲, ۳/۲)
۵	اهمیت خیلی قوی	(۳, ۵/۲, ۲)
۶	اهمیت مطلق	(۷/۲, ۳, ۵/۲)

منطقه خوزستان در زمان وزش بادهای بالاتر از سرعت آستانه ذرات خاک است.

بررسی کردار گل‌طوفان فصلی ایستگاه سینوپتیک اهواز (شکل ۵)، نشان می‌دهد که جهت باد غالب بالاتر از آستانه فرسایش در فصول بهار و تابستان در این ایستگاه، غربی و در فصول پاییز و زمستان جنوبی و جنوب شرقی هستند.

نقشه‌های استاندارد شده لایه‌های اصلی و لایه‌های محدود کننده به ترتیب در شکل‌های ۶ و ۷ ارائه شده است.

نتایج وزن‌دهی معیارها به روش FAHP در جدول ۳ ارائه شده است. پس از شناسایی منشأ تولید گرد و غبار در جنوب شرق اهواز که نتیجه آن در شکل ۸ ارائه شده است. در نهایت، نقشه منشأ گرد و غبار با نقشه کاربری اراضی منطقه مطالعاتی هم‌پوشانی شد.

هم‌پوشانی لایه‌ها و تهیه نقشه نهایی: در این مرحله، برای تلفیق لایه‌های محدود کننده و لایه‌های اصلی از توابع هم‌پوشانی فازی مانند Gamma, Or, And, Product و SUM استفاده شد. ابتدا هر کدام از نقشه‌های معیار در وزن به دست آمده از روش FAHP ضرب و سپس، لایه‌های نهایی با یکدیگر تلفیق و در نهایت، منشأهای تولید گرد و غبار در جنوب شرق اهواز شناسایی شدند.

## نتایج و بحث

بررسی و تفسیر چشمی تصویر ماهواره‌ای ترکیب رنگی (شکل ۴) همزمان با رخداد گرد و غبار دوم اسفند سال ۹۴ (۲۰ فوریه سال ۲۰۱۶) نشان داد که اراضی جنوب شرق اهواز به‌عنوان یکی از مناطق اصلی برداشت و فرسایش بادی همراه با ایجاد گرد و غبار در



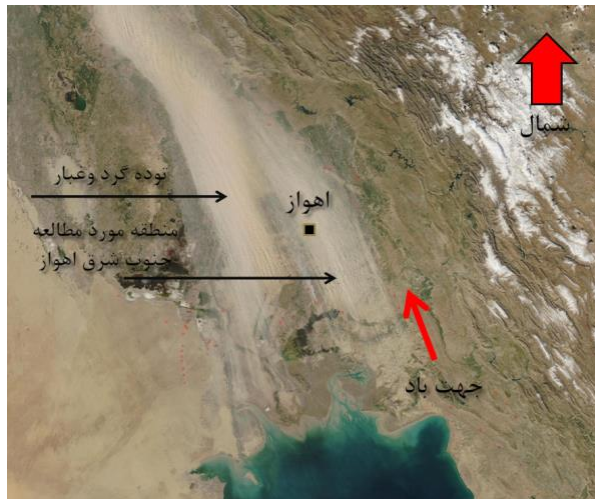
مساحت منشأ به تفکیک نوع کاربری اراضی در جدول ۴ ارائه شده است.

بررسی مساحت منشأ شناسایی شده تولید گرد و غبار (جدول ۴) نشان داد که ۱۴۵۱۶۲/۰۱ هکتار از سطح اراضی منطقه مطالعاتی منشأ تولید گرد و غبار هستند. برای صحت‌سنجی نتایج، بازدید میدانی از مناطق شناسایی شده انجام و ۴۴ نقطه کنترل زمینی

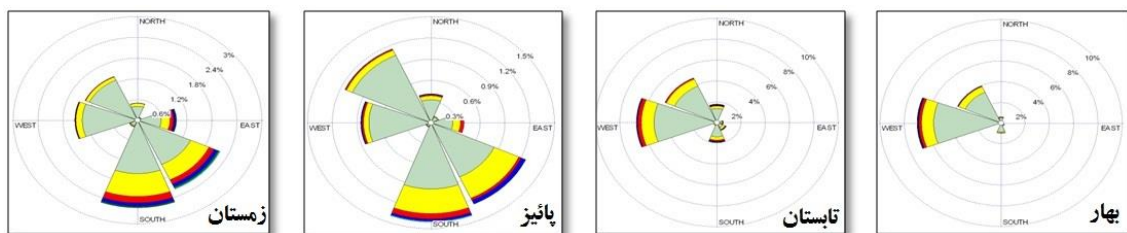
انتخاب شد (شکل ۹) که گویای صحت بالای (۸۱/۸ درصد) مناطق شناسایی شده است (جدول ۵).

جدول ۳- وزن فازی لایه‌های اصلی

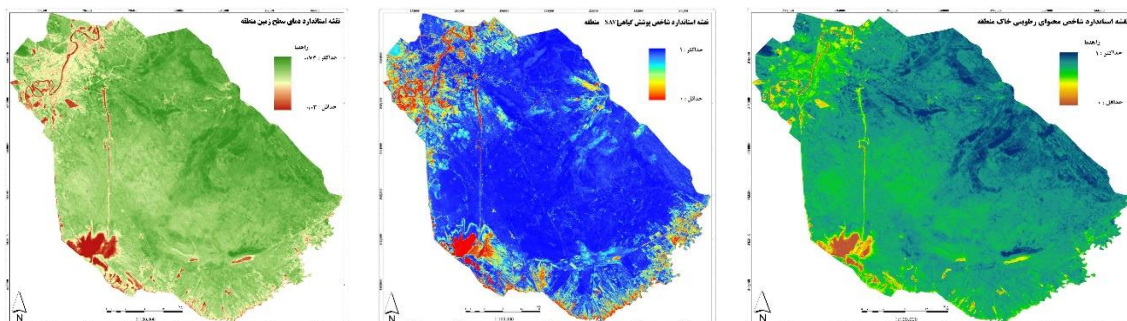
معیار	پوشش گیاهی	دمای سطح	رطوبت خاک
وزن FAHP	۰/۵۰۶	۰/۲۵۷	۰/۲۳۶



شکل ۴- تصویر ترکیب رنگی ماهواره MODIS مورخ ۲۰ فوریه سال ۲۰۱۶



شکل ۵- کردارهای گل طوفان فصلی ایستگاه سینوپتیک شهر اهواز



شکل ۶- نقشه‌های استاندارد شده لایه‌های اصلی

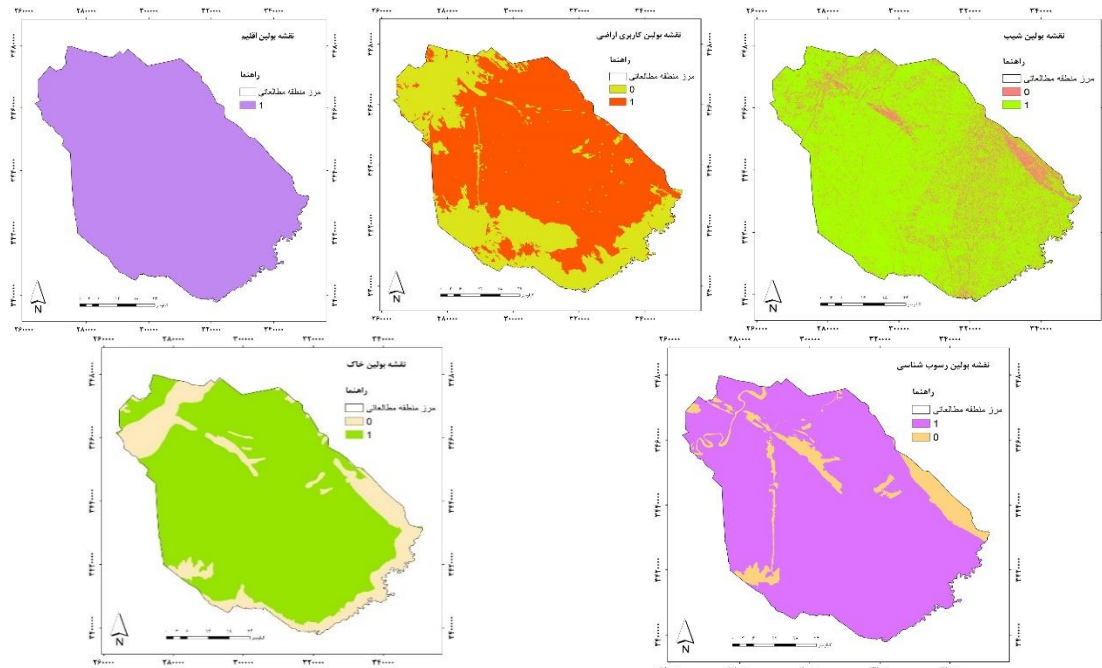
منشأ شناسایی شده از لحاظ جغرافیایی محدوده‌ای از شرق، جنوب و جنوب شرق اهواز را در بر گرفته‌اند و به‌طور عمده اراضی بایری را شامل

شده‌اند که در گذشته شامل زمین‌های کشاورزی، مراتع و هورهای محلی بوده‌اند که به‌دنبال رخداد دوره‌های خشکسالی و اقدامات غیراصولی و کنترل

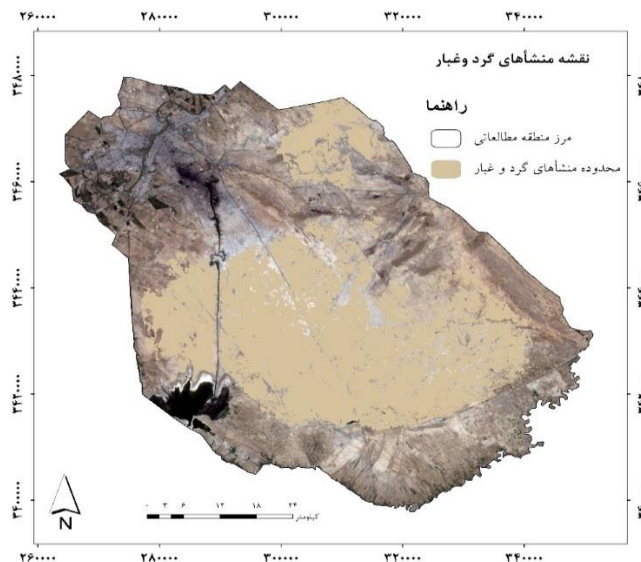


به‌ترتیب نزولی و صعودی بوده، عمدتاً در سال‌هایی که با افزایش دما روبرو بوده است، میزان بارش کاهش یافته است. نتایج حاصل از ضریب همبستگی پیرسون بین داده‌های بلندمدت بارش و دما نشان داد که همبستگی معنادار منفی ( $-0/28$ ) در سطح  $\alpha=0/05$  وجود دارد. افزایش دما و کاهش بارش رخداد دوره‌های خشکسالی در منطقه مطالعاتی را به همراه داشته است که یکی از عوامل اصلی وقوع طوفان‌های گرد و غبار در منطقه مطالعاتی است.

نشده مدیریتی از جمله اجرای طرح‌های عمرانی، احداث سد‌ها در بالادست و برداشت بی‌رویه آب و مهار بیش از حد آب‌های سطحی (Heidarian و همکاران، ۲۰۱۷) به تدریج تخریب یافته و به کانون تولید گرد و غبار تبدیل شده‌اند. به‌منظور بررسی خشکسالی در منطقه مورد مطالعه، آمار بلندمدت سالانه بارش و دما ایستگاه سینوپتیک اهواز در دوره آماری (۲۰۱۷-۱۹۸۷) مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن در شکل ۱۰ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود، روند تغییرات بلندمدت بارش و دما



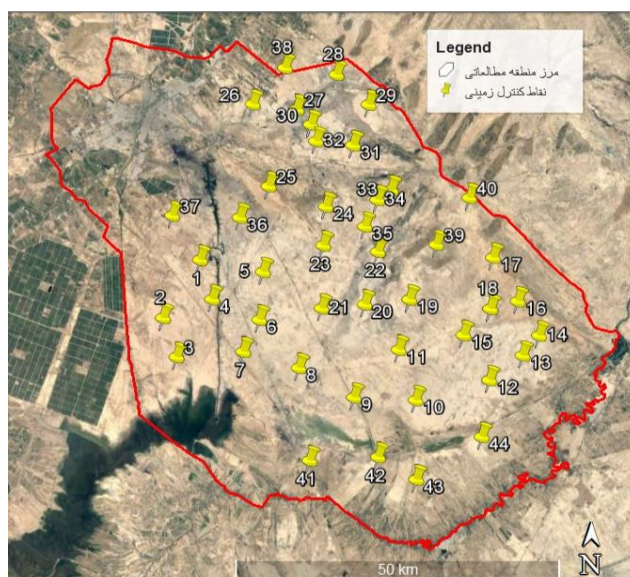
شکل ۷- نقشه‌های استاندارد شده لایه‌های محدود کننده



شکل ۸- نقشه پراکنش منشأ گرد و غبار منطقه مطالعاتی

جدول ۴- منشأ گرد و غبار به تفکیک کاربری اراضی (هکتار-درصد)

ردیف	نوع کاربری	مساحت کاربری (هکتار)	مساحت محدوده منشأ (هکتار)	درصد محدوده منشأ (نسبت مساحت منشأ در هر کاربری به مساحت کل منشأ)
۱	اراضی شور و نمکزار	۴۸۳۶/۶۶	۹۹۹	۰/۶۹
۲	مناطق مرطوب	۳۳۲۴۵/۸۶	۱۷۹۷۹/۷۵	۱۲/۳۹
۳	بیشهزار و درختچهزار	۱۴۰۷/۱۱	۰	۰
۴	تپه ماسه‌ای	۱۲۷۳/۰۳	۰	۰
۵	مراعات کم تراکم	۹۶۰۱۴/۸۵	۳۶۲۵۳/۷۹	۲۴/۹۷
۶	مراعات متراکم	۲۳۳۹۶/۹	۸۲۵۵/۶۶	۵/۶۹
۷	مراعات نیمه متراکم	۴۹۰۲۶/۱	۲۴۸۳۳/۵۶	۱۷/۱۱
۸	اراضی بدون پوشش	۲۰۷۰۱/۸۵	۱۴۹۵۱/۶۱	۱۰/۳
۹	بستر رودخانه	۳۱۸۸/۵۴	۰	۰
۱۰	جنگل دست کاشت	۲۹۷۸/۰۱	۴/۲۱	۰/۰۰
۱۱	زراعت آبی و باغات	۸۰۲۰۴/۵۴	۲۵۰۰/۳۲	۱/۷۲
۱۲	زراعت دیم	۹۹۵۷۵/۵۶	۳۸۷۱۰/۲۴	۲۶/۶۷
۱۳	مسکونی	۲۲۹۱۹/۵۴	۳۳۷/۸۸	۰/۲۳
۱۴	نیزار	۳۷۰۰/۸۵	۳۳۵/۹۹	۰/۲۳
کل		۴۴۲۴۶۹/۳۹	۱۴۵۱۶۲/۰۱	۱۰۰



شکل ۹- موقعیت جغرافیایی نقاط کنترل زمینی

رخداد طوفان گرد و غبار را تایید کرده‌اند. از سوی دیگر، دمای بالا موجب افزایش تبخیر از سطح خاک می‌شود که به واسطه آن خاک خشک شده، نیروی چسبندگی بین ذرات خاک کاهش می‌یابد، در نتیجه ذرات خاک سست شده، با وزش بادهای با سرعت پایین به آسانی به حالت تعلیق در می‌آیند. بررسی نقشه دمای سطح زمین حاصل از تصاویر ماهواره

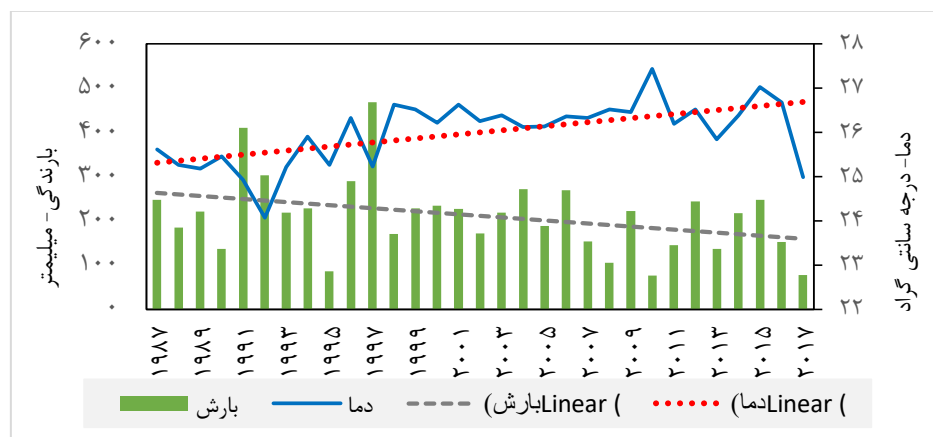
پوشش گیاهی یکی از عوامل مهم در حفاظت خاک در برابر بادهای فرساینده است، میانگین شاخص پوشش گیاهی SAVI در محدوده منشأ شناسایی شده برابر با ۰/۰۸ است که گواهی وضعیت بحرانی منطقه از لحاظ میزان پوشش گیاهی است. Guan و همکاران (۲۰۱۹) نیز در نتیجه پژوهش خود در منطقه‌ای در شمال غربی چین، نقش بارندگی و پوشش گیاهی در

لندست نشان داد که میانگین دمای سطح منشأ شناسایی شده برابر با ۵۱ درجه سانتی‌گراد است.

جدول ۵- صحت‌سنجی مناطق شناسایی شده

نقاط کنترل زمینی برای صحت‌سنجی	وضعیت صحت‌سنجی نقاط	نقاط کنترل زمینی برای صحت‌سنجی	وضعیت صحت‌سنجی نقاط	نقاط کنترل زمینی برای صحت‌سنجی	وضعیت صحت‌سنجی نقاط	نقاط کنترل زمینی برای صحت‌سنجی	وضعیت صحت‌سنجی نقاط
۱	درست	۱۲	درست	۲۲	درست	۳۴	درست
۲	نادرست	۱۳	درست	۲۴	درست	۳۵	درست
۳	درست	۱۴	درست	۲۵	نادرست	۳۶	نادرست
۴	درست	۱۵	درست	۲۶	درست	۳۷	درست
۵	درست	۱۶	درست	۲۷	نادرست	۳۸	نادرست
۶	درست	۱۷	درست	۲۸	نادرست	۳۹	درست
۷	درست	۱۸	درست	۲۹	درست	۴۰	درست
۸	درست	۱۹	درست	۳۰	درست	۴۱	درست
۹	درست	۲۰	درست	۳۱	درست	۴۲	نادرست
۱۰	درست	۲۱	درست	۳۲	درست	۴۳	درست
۱۱	درست	۲۲	درست	۳۳	درست	۴۴	نادرست

تعداد نقاط کنترل زمینی منطبق بر مکان‌یابی، مکان‌یابی درست ۳۶  
تعداد نقاط کنترل زمینی غیرمنطبق بر مکان‌یابی، مکان‌یابی نادرست ۸  
درصد صحت‌سنجی نقشه مکان‌یابی کانون گرد و غبار جنوب شرق اهواز با استفاده از نقاط کنترل زمینی ۸۱/۸۱



شکل ۱۰- تغییرات بلندمدت دما و بارندگی در منطقه مطالعاتی

شده است که در صورت فراهم بودن سایر شرایط، مستعد فرسایش بادی و تعلیق در هوا و ایجاد توده‌های گرد و غبار هستند.

منشأ شناسایی شده بر اساس نوع کاربری اراضی و مساحت به‌ترتیب شامل مراتع تخریب یافته با وسعت ۶۹۳۴۳/۰۱ هکتار معادل با ۴۷/۷۷ درصد، زمین‌های کشاورزی دیم رهاشده با وسعت ۳۸۷۱۰/۲۴ هکتار معادل با ۲۶/۶۷ درصد، مناطق مرطوب (تالاب‌ها و آبگیرهای خشک شده) با وسعت ۱۷۹۷۹/۷۵ هکتار معادل با ۱۲/۳۹ درصد و زمین‌های بدون پوشش با

عوامل فیزیوگرافی مانند شیب نیز در شکل‌گیری فرسایش بادی در منطقه مطالعاتی نقش داشته‌اند. وجود ناهمواری در سطح زمین سرعت باد را کاهش داده، از رسیدن سرعت باد به حد آستانه جلوگیری می‌کند و بر اندازه ذرات رسوب شده نیز تأثیر می‌گذارد، بررسی نقشه شیب منطقه مطالعاتی نشان داد که متوسط شیب منطقه کمتر از پنج درصد است. علاوه بر آن، با بررسی نقشه خاک‌شناسی منطقه مطالعاتی مشخص شد که بافت خاک منطقه مورد مطالعه غالباً از خاک‌های با بافت سیلت و رس تشکیل

بررسی میدانی از سطوح شناسایی شده به‌عنوان منشأ تولید گرد و غبار در گستره محدوده مطالعاتی نشان داد که کاربری‌های شناسایی شده به‌عنوان سطوح تولید کننده گرد و غبار، اکنون در شرایط تخریبی قرار گرفته‌اند و آثار فرسایش بادی در این اراضی قابل مشاهده است. نمونه‌ای از شرایط تخریبی منطقه در شکل ۱۱ ارائه شده است.

وسعت ۱۴۹۵۱/۶۱ هکتار معادل با ۱۰/۳ درصد هستند. بیشه‌زار و درختچه‌زارها، تپه ماسه‌ای و بستر رودخانه نیز هیچ سهمی را از سطح منشأ گرد و غبار شامل نشده‌اند. بر اساس مساحت کاربری‌های مختلف شناسایی شده به‌عنوان کانون گرد و غبار، این اراضی عموماً منشأهای ثانویه هستند که تحت تأثیر وقوع خشکسالی‌ها و شیوه مدیریت اراضی و منابع آب در منطقه شکل گرفته‌اند.



شکل ۱۱- الف) منطقه برداشت، ب) منطقه حمل و ج) رسوب‌گذاری ذرات گرد و غبار در شهر اهواز

متعدد، افزایش دما، کاهش رطوبت نسبی و عوامل انسانی همچون تغییرات کاربری اراضی و عدم مدیریت جامع منابع طبیعی از عوامل اصلی ایجاد عرصه‌های مستعد فرسایش بادی و تولید گرد و غبار در منطقه مطالعاتی هستند. از این‌رو، عملیات اصلاح بیولوژیکی، احداث بادشکن، عملیات ذخیره نزولات آسمانی و کاهش اثرات خشکسالی، برنامه‌ریزی و نظارت همه جانبه بر فعالیت‌های زیربنایی در سطح منطقه به‌منظور مقابله با پدیده گرد و غبار در منطقه مطالعاتی ضروری است.

### نتیجه‌گیری

در این مطالعه، کانون‌های تولید گرد و غبار در جنوب شرق اهواز، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و منطق فازی شناسایی شده است. بر اساس نتایج، مساحت کل منشأ شناسایی شده برابر با ۱۴۵۱۶۲/۰۱ هکتار بوده که بر اساس نوع کاربری اراضی و مساحت به‌ترتیب شامل زمین‌های کشاورزی دیم رها شده، مراتع تخریب یافته، تالاب‌ها و آبگیرهای خشک شده و زمین‌های بدون پوشش است که عموماً از نوع منشأ ثانویه و تحت تأثیر وقوع خشکسالی‌های

### منابع مورد استفاده

1. Arami, S.A., M. Ownegh, A. Mohamadianbehbahani and M. Akbari. 2018. The analysis of dust hazard studies in southwest region of Iran in 22 Years (1996-2017). Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards, 5: 39-66 (in Persian).
2. Azizi, G., A. Shamsipour, M. Miri and T. Safarrad. 2012. Statistic and synoptic analysis of dust phenomena in west of Iran. Journal of Environmental Studies, 38: 123-124 (in Persian).
3. Azizi, G., M. Miri and S.O. Navabi. 2012. Tracing analysis of dust phenomena in west of Iran. Journal of Arid Region Geographic Studies, 7: 63-81 (in Persian).
4. Baharvand, S., S. Soori and J. Rahnema Rad. 2017. Environmental hazards zonation landslide, earthquake, flood and erosion using AHP fuzzy method, case study: Vark Basin. Journal of RS and GIS for Natural Resources, 8: 89-103 (in Persian).
5. Entezari, A., A. Amir Ahmadi, K. Aliabadi, M. Khosravian and M. Ebrahimi. 2016. Monitoring land surface temperature and evaluating change detection land use, case study: Parishan Lake Basin. Journal of Hydrogeomorphology, 8: 113-139 (in Persian).

6. Fallah Zazuli, M., A. Vafaeinezhad, M.M. Kheirkhah Zarkesh and F. Dehka. 2014. Monitoring and synoptic analysis of dust haze phenomenon using remote sensing and GIS, case study: June 18, 2012 Dust haze. *Journal of Scientific Research Quarterly of Geographical Data*, 91: 69-80 (in Persian).
7. Ghafari, D. and R. Mostafazadeh. 2015. An investigation on sources, consequences and solutions of dust storm phenomenon in Iran. *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 4: 107-123 (in Persian).
8. Ghodrati, M. 2014. Applied learning of Arc GIS 10.2 with emphasis on water engineering and environmental issues. Tehran, Simayedaneh, 308 pages (in Persian).
9. Goudie A.S. and N.J. Middleton. 2001. Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth-Science Reviews*, 56: 179-204.
10. Guan, Q., L. Haiping, N. Pan, R. Zhao, L. Yang, Y. Yang and J. Tian. 2019. Contribution of dust in northern China to PM10 concentrations over the Hexi Corridor. *Journal of Science of the Total Environment*, 660: 947-953.
11. Hahnenberger, M. and K. Nicoll. 2014. Geomorphic and land cover identification of dust sources in the eastern great basin of Utah, U.S.A. *Journal of Geomorphology*, 204: 657-672.
12. Hashemi, S.M., S.K. Alavipanah and M. Dinarvandi. 2013. LST assessment using thermal remote sensing in urban environment. *Journal of Environmental Studies*, 39: 81-92 (in Persian).
13. Heidarian, P., A. Azhdari, M. Jodaki, J. Darvishi khatooni and R. Shahbazi. 2017. Identifying interior sources of dust storms using remote sensing, GIS and geology, case study: Khuzestan Province. *Scientific Quarterly Journal*, 105: 33-47 (in Persian).
14. Cao, H., F. Amiraslani, J. Liu and N. Zhou. 2015. Identification of dust storm source areas in west Asia using multiple environmental datasets. *Journal of Science of the Total Environment*, 502: 224-235.
15. Jahanbakhsh Asl, S., M. Asad and E. Akbari. 2016. The potential evaluation of wind power plants by using the Fuzzy-AHP methods in GIS, case study: north-east of Iran. *Journal of Geography and Planning*, 56: 55-72 (in Persian).
16. Jalali, N., F. Iranmanesh and M.H. Davoodi. 2017. identification on dust storm sources and their affecting areas in south-west provinces of Iran, using MODIS image. *Journal of Watershed Engineering and Management*, 9: 318-331 (in Persian).
17. Kang, L., J. Huang, S. Chen and X. Wang. 2016. Long-term trend of dust events over Tibestan Plateau during 1961-2010. *Journal of Atmospheric Environment*, 125: 188-198.
18. Kermani, M., E. Taherian and M. Izanloo. 2016. Analysis of dust and dust storms in Iran, investigation internal and external origin of dust storms in Iran using satellite images and control methods. *Rahavard Salamat Journal*, 2: 39-51 (in Persian).
19. Khanmohammadi, F., M. Homaei and A.A. Noroozi. 2015. Soil moisture estimating with NDVI and land surface temperature and normalized moisture index using MODIS images. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 4: 37-45 (in Persian).
20. Kimura, R., L. Bai and J. Wang. 2009. Relationships among dust outbreaks, vegetation cover, and surface soil water content on the loess plateau of China. *Journal of Catena*, 77: 292-296.
21. 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. *Journal of Aeolian Research*, 3: 459-466.
22. Rahdary, V., A. Soffianian, S. Maleki Najfabdai, S.J. Khajeddin and M. Rahdari. 2016. Land use/cover mapping using satellite data and geographic information system, case study: mouth wild life sanctuary. *Journal of Environmental Science and Technology*, 18: 79-89 (in Persian).
23. Rajabzadeh, F. 2017. Land use changes by using RS and Markov Chain technique in the south-west of Tehran. *Journal of Water and Soil Resources Conservation*, 6: 59-71 (in Persian).
24. Rashki, A., D.G. Kaskaoutis, A.S. Goudie and R.A. Kahn. 2013. Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity, the case of the Hamoun Drainage Basin, Southeastern Iran. *Journal of Science of the Total Environment*, 463: 552-564.
25. Rezaei Moghaddam, M.H. and M. Mahdian Boruojeni. 2016. Provenance-finding of dust storms using AVHRR sensor images of NOAA satellite, case study: south-west of Iran. *Geography and Sustainability of Environment*, 17: 1-13 (in Persian).
26. Rivandi, A., M. Mirrokni and A. Mohammadiha. 2013. Investigation of formation and propagation of dust storms entering to the west and south-west of Iran using Lagrangian particle diffusion model, HYSPLIT. *Journal of Climate Research*, 13: 1-16 (in Persian).
27. Sabziparvar, A.A., E. Fakharizadeh Shirazi, M.J. Nazemosadat and Y. Rezaei. 2016. Validation of Land Surface Temperature (LST) from Landsat-5 and MODIS images, case study: wheat fields of Marvdasht Plain. *Journal of Water and Soil Conservation*, 23: 25-43 (in Persian).

28. Shamshiri, S., R. Jafari, S. Soltani and N. Ramezani. 2014. Dust detection and mapping in Kermanshah Province using MODIS satellite imagery. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 8: 29-42 (in Persian).
29. Sobhani, B., B. Salahi and A. Goldust. 2015. Study the dust and evaluation of its possibility prediction based on statistical methods and ANFIS model in Zabol University. *Geography and Development Iranian Journal*, 38: 123-138 (in Persian).
30. Taei Samiromi, S., H. Moradi, M. Khadagholi and M. Ahmad. 2014. Study of factors affecting dust phenomenon in west of Iran. *Journal Management System*, 27: 1-10 (in Persian).
31. 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: 119-129.
32. Yassin, M.F., S.K. Almutairi and A. Al-Hemoud. 2018. Dust storms backward trajectories' and source identification over Kuwait. *Journal of Atmospheric Research*, 212: 158-171.
33. Zoljoodi, M., A. Didevarasl and A. Ranjbar Saadatabadi. 2013. Dust events in the western parts of Iran and the relationship with drought expansion over the dust-source areas in Iraq and Syria. *Atmospheric and Climate Sciences*, 3: 321-336.