

DOI: [10.29252/ARIDBIOM.2024.20371.1948](https://doi.org/10.29252/ARIDBIOM.2024.20371.1948)

بررسی روند طوفان‌های گردو خاک با استفاده از شاخص DSIA در جنوب شرق ایران و ارتباط آن با شاخص NDVIA (مقاله پژوهشی)

۱- مانده نصری، دانشجوی دکتری مدیریت و کنترل بیابان، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
 ۲- محمد رحیمی*، استاد، گروه بیابان‌زدایی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
 mrahimi@semnan.ac.ir
 ۳- علی اکبر دماوندی، استادیار، مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۴

پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳

چکیده

طوفان‌های گردو خاک پدیده‌هایی طبیعی اما با اثرات جدی و مخرب بر محیط‌زیست و جوامع انسانی هستند. منطقه جنوب شرق ایران یکی از فعال‌ترین منابع طوفان گردو خاک در ایران است و مشکلات و تهدیدهای جدی را به‌ویژه در سال‌های اخیر به‌دنبال داشته است. هدف این مطالعه، بررسی تغییرات ناهنجاری مکانی و زمانی طوفان‌های گردو خاک در جنوب شرق ایران طی یک دوره زمانی ۲۱ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰) و ارتباط آن با تغییرات ناهنجاری مکانی و زمانی پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه است. برای انجام این هدف از شاخص DSIA و NDVIA استفاده شد. در آخر، با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون ارتباط بین شاخص DSIA و NDVIA مورد بررسی قرار گرفت. روند تغییرات زمانی شاخص DSIA از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ در بیشتر سال‌ها مثبت و افزایشی است و بیشترین مقدار DSIA در سال ۲۰۱۲ رخ داد که برابر با ۹۶ درصد است. سپس از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ این روند به صورت کاهشی بود و کمترین مقدار DSIA برابر با ۶۷- درصد مربوط به سال ۲۰۲۰ است. همچنین با حرکت از شرق به غرب منطقه مورد مطالعه، از مقدار شاخص DSIA کاسته شد. نتایج نشان داد تغییرات NDVIA از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ نزولی است (کمترین مقدار برابر با ۱۲- درصد در سال ۲۰۰۷)، اما از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ روند تغییرات صعودی است (بیشترین مقدار برابر با ۱۱+ درصد در سال ۲۰۱۴). به علاوه، نتایج همبستگی پیرسون نشان داد شاخص DSIA به‌طور معنی‌داری با شاخص NDVI همبستگی دارد، این همبستگی به صورت منفی است ($r = -0.52$ p-value < 0.05). با توجه به همبستگی منفی و معنادار بین شاخص NDVIA و DSIA، از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ همراه با بهبود شرایط پوشش گیاهی و افزایش شاخص NDVIA از میزان شاخص DSIA کاسته شد. تأثیر این همبستگی به صورت مکانی نیز مشاهده شد، به‌صورتی که با حرکت از شرق به غرب منطقه با افزایش شاخص NDVIA از میزان شاخص DSIA کاسته شد. نتایج این مطالعه می‌تواند اطلاعات کلیدی را در برنامه‌ریزی و کاهش اثرات طوفان‌های گردو خاک در جنوب شرق ایران در اختیار تصمیم‌گیران قرار دهد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، فرسایش بادی، همبستگی پیرسون، گردو خاک، پوشش گیاهی.

مقدمه

آن در فصول بهار و تابستان و همزمان با شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه رخ می‌دهد [۴].
 بادهای ۱۲۰ روزه که با نام محلی بادهای لاوار شناخته می‌شود، بادهای غالب قوی هستند [۱۶] که کنترل دما، تبخیر-تعرق و فعالیت‌های گردو خاک در این منطقه از کشور را در دست دارند [۲۰].

در دهه‌های اخیر، فراوانی طوفان‌های گردو خاک به یک تهدید طبیعی برای محیط‌های اقتصادی-اجتماعی در منطقه جنوب شرق ایران تبدیل شده است [۱،۲،۷]. منطقه جنوب شرق ایران یکی از منابع فعال گردو خاک در آسیا محسوب می‌شود و طوفان‌های گردو خاک در این منطقه تقریباً در تمام طول سال فعال است، اما بیشترین فراوانی

شکل پوشش گیاهی عامل مهم تری در روند کاهش فرسایش بادی است [۱۳].

در مطالعه‌ای نشان داده شده که پوشش گیاهی یک عامل مهم در پارامترسازی و کاهش طوفان‌های گردوخاک در طول رخدادهای ال نینو در استرالیا است [۸]. طی مطالعه در چین گزارش شده که با کاهش پوشش گیاهی، رابطه بین NDVI و شاخص DSI^۳ کاهش می‌یابد [۲۲].

یکی از روش‌های متداول بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی طوفان‌های گردوخاک، استفاده از داده‌های زمین مرجع است [۲۱]؛ هرچند داده‌های زمین مرجع که بر اساس داده‌های هواشناسی است، نمی‌تواند در سطوح وسیع مطالعاتی مفید باشد و تمامی شرایط پوشش زمین را به‌طور کامل در بر بگیرد یا حتی به‌طور کامل در دسترس باشد [۱۸]. به علاوه، دسترسی به این داده‌ها اغلب زمان‌بر و پرهزینه است که محدودیت‌های جدی را برای استفاده از آنها به تنهایی ایجاد می‌کند [۱۲].

یکی از مقرون به صرفه‌ترین روش‌ها برای تعیین تغییرات پوشش گیاهی اراضی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های مربوط به آن است [۱۹، ۸]. داده‌های مادیس^۴، به‌طور گسترده‌ای برای بررسی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۷]. NDVI از جمله شاخص‌های پوشش گیاهی پرکاربرد جهانی است که از آن برای بررسی تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این شاخص معیاری برای بررسی وضعیت سلامتی پوشش گیاهی است. این شاخص طیفی از -1 تا $+1$ را در بر می‌گیرد. هرچه مقادیر شاخص به $+1$ نزدیک باشد نشان‌دهنده سلامت و شادابی بیشتر پوشش و در مقابل، مقادیر نزدیک به صفر یا منفی، نشان‌دهنده کاهش پوشش گیاهی است [۹].

هدف این مطالعه، پایش و بررسی روند تغییرات طوفان‌های گردوخاک در منطقه مطالعاتی جنوب‌شرق ایران با استفاده از شاخص DSI^۵ در یک دوره آماری ۲۱ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ است. به‌علاوه، هدف دیگر این مطالعه، توجه به تأثیر پارامترهای بیوفیزیکی سطح زمین

هنگام تشکیل طوفان‌های گردوخاک، عبور جریان باد با سرعت بیشتر از حد آستانه روی زمین‌های خشک و تخریب‌شده، دلیل اصلی تشکیل توده‌های عظیمی از ذرات خاک در قالب طوفان است که عموماً دید افقی را به کمتر از ۱ کیلومتر کاهش می‌دهد [۲۱ و ۱۰۳]. شرایط زمین‌شناسی و اقلیمی که اغلب به وسیله فرآیندهای بیابان‌زایی تشدید می‌شود، مهم‌ترین عواملی هستند که با شدت و فراوانی طوفان‌های گردوخاک در این منطقه از کشور رابطه دارند [۱۵].

اغلب سطوح لخت و غیرحفاظت‌شده توسط پوشش گیاهی، نسبت به برداشت ذرات خاک توسط باد حساس هستند [۵، ۱۵]، زیرا بسیاری از خاک‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای ذرات مستعد به فرسایش بادی هستند [۲، ۲۰]. بنابراین پوشش گیاهی می‌تواند با افزایش زبری سطح و همبستگی بین ذره‌ای، برداشت ذرات در مناطق مستعد فرسایش بادی را کاهش دهد [۱۷] و از این طریق به کنترل فرسایش بادی کمک کند [۴، ۶، ۱۴].

یکی از شاخص‌های کارآمد برای بررسی روند تغییرات طوفان‌های گردوخاک، شاخص ناهنجاری طوفان گردوخاک یا DSIA^۱ است که در این مطالعه از آن استفاده شد. در این مطالعه همچنین از شاخص ناهنجاری تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی یا NDVI^۲ به‌عنوان یک شاخص مناسب جهت بررسی نقش تغییرات پوشش گیاهی بر روند تغییرات طوفان‌های گردوخاک مورد استفاده قرار گرفت. به علاوه، از ضریب همبستگی پیرسون برای بررسی همبستگی بین پوشش گیاهی و طوفان‌های گردوخاک استفاده شد.

مطالعات مختلفی در زمینه تأثیر پوشش گیاهی بر روند تغییرات طوفان‌های گردوخاک انجام شده است. در این مطالعات اغلب از شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی برای بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر روند تغییرات طوفان‌های گردوخاک استفاده شد. در پژوهشی به تحلیل نقش تراکم و شکل پوشش گیاهی در کاهش سرعت باد و سطوح گردوخاک پرداخته شده است. نتایج مطالعه آنها حاکی از آن است که تراکم پوشش گیاهی در مقایسه با

³- Dust Storm Index Anomaly

⁴- The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

⁵- Dust Storm Index Anomaly

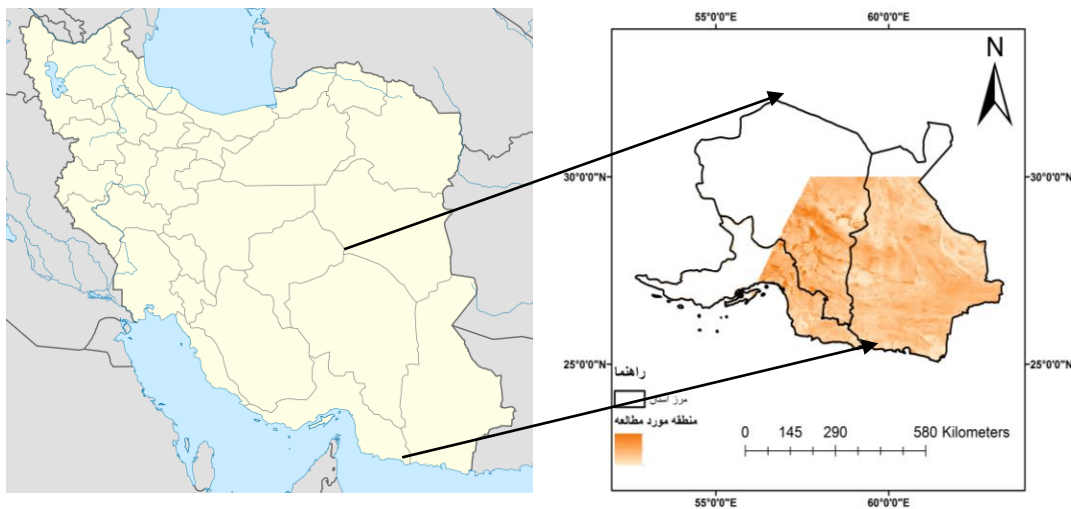
¹- Dust storm index

²- Normalized Difference Vegetation Index Anomaly

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

انتخاب منطقه مورد مطالعه، بر مبنای مختصات تصویر ماهواره‌ای مادیس در جنوب شرق ایران انجام شد. مادیس، ایران را در ۴ کاشی (Tile) پوشش می‌دهد. مساحت هر کاشی برابر با ۲۳۳۰ کیلومترمربع است. کاشی به مختصات h22v06 جنوب شرقی ایران را پوشش می‌دهد که شامل بخش‌هایی از استان سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق ایران

این استان در زمستان رخ می‌دهد. این استان در جنوب شرق ایران و در مختصات $31^{\circ}58'N$ - $26^{\circ}29'N$ و $59^{\circ}34'E$ - $54^{\circ}21'E$ قرار دارد.

این استان مساحتی برابر با $183/193$ کیلومترمربع را در برمی‌گیرد. میانگین بارندگی سالانه آن برابر با ۱۵۵ میلیمتر و میانگین دمای سالانه آن برابر با $15/8$ درجه سلسیوس است.

هرمزگان

این استان در جنوب شرق ایران و شمال خلیج فارس و دریای عمان قرار دارد. مختصات جغرافیایی این استان برابر با $28^{\circ}57'N$ - $25^{\circ}24'N$ و $59^{\circ}15'E$ - $53^{\circ}41'E$ است. این استان ۱۰۰۰ کیلومتر نوار ساحلی دارد و مساحت آن برابر با $71/193$ کیلومترمربع است.

مانند پوشش گیاهی است که عمیقاً فرآیندهای فرسایش بادی و در نتیجه طوفان‌های گردوخاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه از شاخص NDVIA برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد. نتایج این مطالعه می‌تواند با ایجاد دید کلی از روند تغییرات طوفان‌های گردوخاک، به توانایی مدیریت و کنترل بهتر این عرصه‌ها کمک می‌کند.

سیستان و بلوچستان

استان سیستان و بلوچستان در جنوب شرق ایران و هم‌مرز با کشور افغانستان و پاکستان است. مساحت این استان برابر با $180/720$ کیلومترمربع است و در مختصات $31^{\circ}28'N$ - $30^{\circ}50'N$ و $61^{\circ}15'E$ - $61^{\circ}50'E$ قرار دارد. خشکی، خصوصیت اصلی اقلیمی این منطقه است و طوفان‌های گردوخاک به شدت این استان را در تمام طول سال تحت تأثیر قرار می‌دهد.

میانگین بارندگی این منطقه برابر با ۵۵ میلیمتر است و به‌طور معناداری در زمستان می‌بارد و میانگین دمای سالانه آن برابر با ۲۲ درجه سلسیوس است.

کرمان

استان کرمان به‌عنوان یک منطقه خشک و نیمه‌خشک شناخته می‌شود؛ در حالی که بیشترین میزان بارندگی در

$$NDVI_{anomaly} = \frac{NDVI_{annual} - NDVI_{it}}{NDVI_{it}} \times 100 \quad (3)$$

در این رابطه، مقدار $NDVI_{i}$ برابر با مقدار شاخص $NDVI_{i}$ در فصل رویش در طول i سال است. در این مطالعه، مقادیر $NDVI$ به دو مقدار مثبت و منفی گزارش شده است. هنگامی که میانگین بلندمدت سالانه شاخص $NDVI$ کمتر از مقدار سالانه $NDVI$ باشد ($NDVI_{annual} > NDVI_{it}$)، مقادیر $NDVI_{i}$ مثبت خواهد بود ($NDVI_{i} > 0$) و برعکس، زمانی که میانگین بلند مدت سالیانه $NDVI$ بیشتر از میانگین سالانه $NDVI$ باشد ($NDVI_{annual} < NDVI_{it}$)، مقادیر $NDVI_{i}$ منفی خواهد بود ($NDVI_{i} < 0$). مقادیر مثبت $NDVI_{i}$ برای یک ایستگاه یا منطقه مطالعاتی به معنی مطلوب بودن شرایط پوشش گیاهی و برعکس، مقادیر منفی نشان دهنده نامطلوب بودن شرایط پوشش گیاهی است [۶].

محاسبه شاخص DSI و $DSIA$

برای محاسبه شاخص DSI ، اولین قدم، دستیابی به داده‌های دید افقی و کدهای هواشناسی گردو خاک است. این داده‌ها از سازمان هواشناسی ایران به آدرس <https://irimo.ir/far/index.php> برای دوره زمانی ۲۱ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ برای ۱۱ ایستگاه هواشناسی موجود در منطقه مطالعاتی (که دارای دوره آماری مناسب بودند) تهیه شد.

بر اساس فهرست سازمان جهانی هواشناسی، از بین تمامی کدهای مربوط به پدیده‌های هواشناسی می‌توان از کدهای ۰۹-۸-۰۷، ۳۱ تا ۳۵ و ۹۸ (جدول ۱) برای محاسبه شاخص DSI استفاده کرد. مقادیر ماهانه و سالانه شاخص DSI برای هر ایستگاه با استفاده از رابطه ۴ و ۵ محاسبه شد [۶].

$$DSI_{monthly} = \sum_{i=1}^n [(0.05 \times LDE) + MDE + (5 \times SDS)] \quad (4)$$

$$DSI_{annual} = \sum_{i=1}^9 DSI_{monthly} \quad (5)$$

مقادیر DSI بلند مدت سالانه (DSI_{it}) نیز با استفاده از رابطه ۶ محاسبه شد [۶].

میانگین سالانه بارندگی و دما در این استان به ترتیب برابر با ۲۱۵/۸ میلی‌متر و ۲۷ درجه سلسیوس است.

محاسبه شاخص $NDVI$ و $NDVIA$

در این مطالعه، پایگاه داده‌های ماهواره‌ای برای محاسبه شاخص $NDVI$ با استفاده از محصولات مادیس تهیه شد. در گام نخست برای تحلیل روند تغییرات شاخص‌های $NDVI$ با مراجعه وبسایت <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov> تصاویر ماهواره‌ای مادیس در یک بازه زمانی ۲۰ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰، از ماه بهمن تا مهر (طول فصل رویش در منطقه) دانلود شد.

محصول MOD13Q1 برای این منظور در نظر گرفته شد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه برای دریافت تصاویر، کاشی به مختصات $h23v06$ در جنوب شرق ایران است. در رابطه با تصاویر $NDVI$ ، به طور معمول برای هر ماه دو تصویر وجود دارد. فاصله زمانی هر تصویر ۱۶ روز است. تحلیل روند تغییرات شاخص $NDVI$ با کمک نرم‌افزار ArcGIS 10.2.2 و ENVI 5.3 انجام شد. برای محاسبه شاخص $NDVI$ ، ابتدا مقادیر ماهانه شاخص $NDVI$ برای هر سال طی ماه‌های بهمن تا مهر با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد [۶].

$$NDVI_{mean_i} = (NDVI_1 + NDVI_2 + \dots, NDVI_n) / n \quad (1)$$

در این رابطه، $NDVI_{mean}$ برابر با میانگین ماهانه $NDVI$ هر ماه از بهمن تا مهر طی i سال است. $NDVI_{it}$ نخستین و $NDVI_n$ آخرین مقدار $NDVI$ برای i سال است. پس از محاسبه $NDVI_{mean}$ در مدت ۲۱ سال (طول دوره زمانی مطالعه)، میانگین بلندمدت سالیانه با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد [۶].

$$NDVI_{it} = \sum_{i=1}^{21} \frac{NDVI_{annual}}{21} \quad (2)$$

به همین ترتیب مقدار شاخص $NDVIA$ با استفاده از رابطه ۳ محاسبه شد [۶].

مورد مطالعه کاهش می‌یابد. در این روش به نقاط نزدیک به محل تخمین، وزن بیشتر و به نقاط دورتر وزن کمتری را اختصاص داده می‌شود [۱۳].

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n z_i d_i^{-n}}{\sum_{i=1}^N d_i^{-n}} \quad (8)$$

در این رابطه، d_i : عبارت است از فاصله بین نقطه تخمین تا هر کدام از نمونه‌های واقع در همسایگی آن؛ Z_0 : مقدار تخمین متغیر Z ؛ Z_i : مقدار نمونه در نقطه i ؛ و d_i : فاصله نقطه مورد تخمین تا نقطه i است.

محاسبه همبستگی بین شاخص DSIA و NDVIA
در این مطالعه از ضریب همبستگی پیرسون^۵ (رابطه ۹) برای محاسبه همبستگی بین دو شاخص NDVIA و DSIA استفاده شد [۶].

$$r_{x,y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

در این رابطه، $r_{x,y}$ برابر با ضریب همبستگی، n برابر با طول دوره آماری، i برابر با سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ (۲۱- \bar{x})، x_i و y_i برابر با DSIA و NDVIA در سال i و \bar{x} و \bar{y} برابر با میانگین NDVI و DSIA در طول دوره آماری است. اگر مقدار $r_{x,y}$ بیشتر از صفر باشد، نشان‌دهنده همبستگی مثبت، اگر کمتر از صفر باشد، نشان‌دهنده همبستگی منفی و اگر صفر باشد، نشان‌دهنده نبود رابطه بین دو متغیر است.

$$DSI_{it} = \sum_{i=1}^{21} \frac{DSI_{annual}}{21} \quad (6)$$

در اینجا، LDE^۱ نمایه روزهای طوفانی با گردو خاک محلی است و بر اساس کدهای گردو خاک ۰۷، ۰۸ و ۰۹ تعریف می‌شود، MDS^۲ نمایه روزهای طوفانی با گردو خاک متوسط است که بر اساس کدهای ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۰، ۳۱، ۳۲ و ۳۳، ۳۴ تعریف می‌شود و SDS^۳ نمایه روزهای طوفانی با گردو خاک شدید است که بر اساس کدهای ۳۳، ۳۴ و ۳۵ تعریف می‌شود (جدول ۱).
در آخر، شاخص DSIA با استفاده از رابطه ۷ محاسبه شد [۶].

$$DSIA = \frac{DSI_{annual} - DSI_{it}}{DSI_{it}} \times 100 \quad (7)$$

در این مطالعه، مقادیر DSIA به دو صورت مقادیر مثبت و منفی گزارش شده است. زمانی که میانگین بلندمدت سالانه شاخص DSIA کمتر از مقدار سالانه DSIA باشد ($DSI_{annual} > DSI_{it}$)، مقادیر DSIA مثبت است ($DSIA > 0$) و برعکس، زمانی که میانگین بلندمدت سالانه DSIA بیشتر از میانگین سالانه DSIA باشد ($DSI_{annual} < DSI_{it}$)، مقادیر DSIA منفی است ($DSIA < 0$). مقادیر مثبت DSIA برای یک ایستگاه یا منطقه مطالعاتی به معنی فراوانی بیشتر رخداد گردو خاک و برعکس، مقادیر منفی نشان‌دهنده فراوانی کمتر طوفان‌های گردو خاک برای آن ایستگاه است.

نقشه تغییرات مکانی شاخص DSIA

تهیه نقشه تغییرات مکانی شاخص DSIA با استفاده از روش درون‌یابی فاصله معکوس^۴ در محیط نرم‌افزار ArcGIS انجام شد. این روش یکی از روش‌های متداول در بحث درون‌یابی پدیده‌های طبیعی است که فرض اصلی آن این است که (رابطه ۸) با افزایش فاصله میزان تأثیر پارامترها در برآورد متغیر برای هر نقطه از سطح منطقه

1- Local Dust Events

2- Moderate Dust Storms

3- Severe Dust Storms

4- Inverse Distance Weighting (IDW)

5- Pearson correlation coefficient

جدول ۱- کدهای هواشناسی گردوخاک (سازمان جهانی هواشناسی) استفاده شده در شاخص DSI

تعریف	کد هواشناسی
گردوخاک برخواسته	۰۷
گردوخاک‌های تکامل‌یافته که در زمان دیدبانی یا طی یک ساعت گذشته در ایستگاه و یا اطراف آن مشاهده شده است.	۰۸
طوفان گردوخاک یا شن که در ساعت دیدبانی در اطراف ایستگاه وجود داشته یا در ساعت گذشته در خود ایستگاه وجود داشته است.	۰۹
گردوخاک خفیف یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش میدان دید کمتر از ۱۰۰۰ متر اما بیشتر از ۲۰۰ متر.	۳۰
گردوخاک پایدار یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش میدان دید کمتر از ۱۰۰۰ متر اما بیشتر از ۲۰۰ متر.	۳۱
شروع یا افزایش گردوخاک خفیف یا متوسط شن و ماسه همراه با کاهش میدان دید کمتر از ۱۰۰۰ متر اما بیشتر از ۲۰۰ متر.	۳۲
طوفان گردوخاک شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر.	۳۳
طوفان گردوخاک پایدار شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر.	۳۴
شروع یا افزایش طوفان گردوخاک شدید همراه با کاهش دید کمتر از ۲۰۰ متر.	۳۵
رعد و برق با گردوخاک و یا طوفان شن و ماسه.	۹۸

نتایج

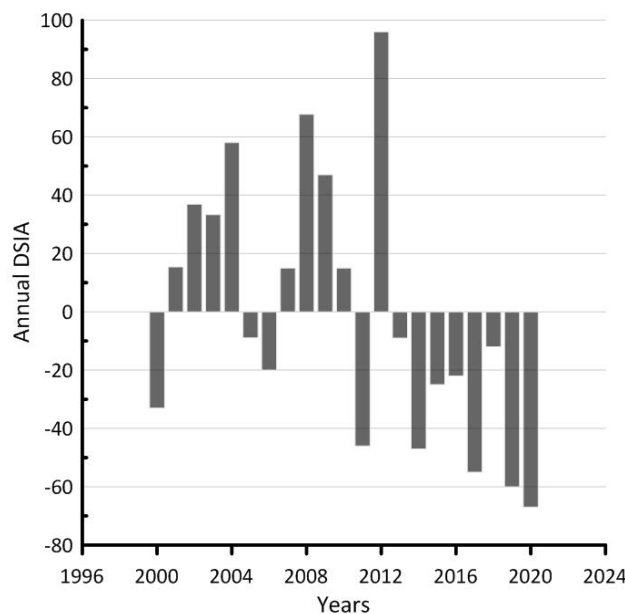
روند تغییرات زمانی شاخص DSIA در منطقه مورد

مطالعه

شکل ۲ روند تغییرات زمانی شاخص DSIA در منطقه جنوب شرق ایران را نشان می‌دهد. در این شکل، مقادیر مثبت DSIA، به معنی فراوانی بیشتر طوفان‌های گردوخاک در آن سال است و برعکس، مقادیر منفی نشان‌دهنده فراوانی کمتر طوفان‌های گردوخاک است.

براین اساس مشاهده می‌شود سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ سال‌های با مقادیر مثبت DSIA هستند. بیشترین مقدار شاخص DSIA در سال ۲۰۱۲ مشاهده شده است (برابر با ۹۶ درصد).

در مقابل در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ سال‌های با مقادیر منفی شاخص DSIA است (برابر ۶۷- درصد).



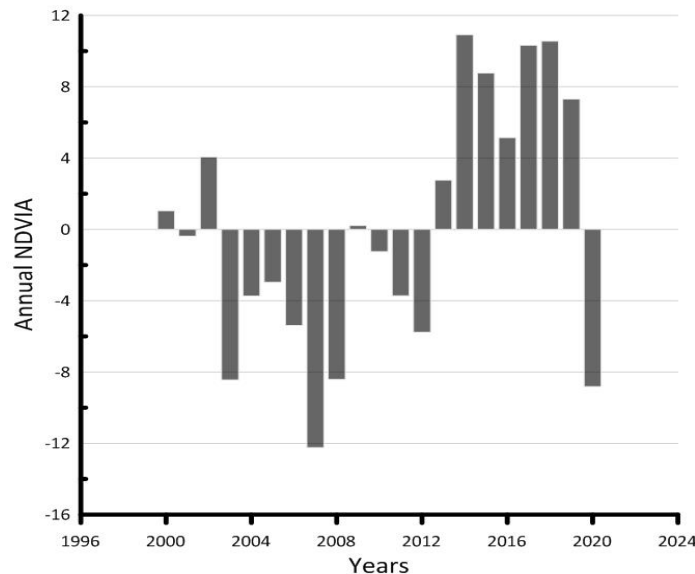
شکل ۲- نمودار میانگین سالانه شاخص DSIA (درصد) در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰

روند تغییرات زمانی شاخص NDVIA در منطقه

مورد مطالعه

شکل ۳، روند تغییرات زمانی شاخص NDVIA در منطقه جنوب شرق ایران را نشان می‌دهد. در این شکل مقادیر مثبت NDVIA، به معنی وجود شرایط مطلوب از نظر پوشش گیاهی و برعکس، مقادیر منفی، نشان‌دهنده نبود شرایط مطلوب است. بر این اساس، مشاهده شد سال‌های

۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۹ مقادیر NDVIA مثبت است. بیشترین مقدار شاخص NDVIA در سال ۲۰۱۴ مشاهده شده است (برابر با ۱۱ درصد). در مقابل، در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۲۰ سال‌های با مقادیر منفی شاخص NDVIA مشاهده شد. همچنین کمترین مقدار NDVIA در سال ۲۰۰۷ ثبت شد (برابر ۱۲- درصد).



شکل ۳- نمودار میانگین سالانه شاخص NDVIA (درصد) در دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰

تغییرات مکانی شاخص DSIA

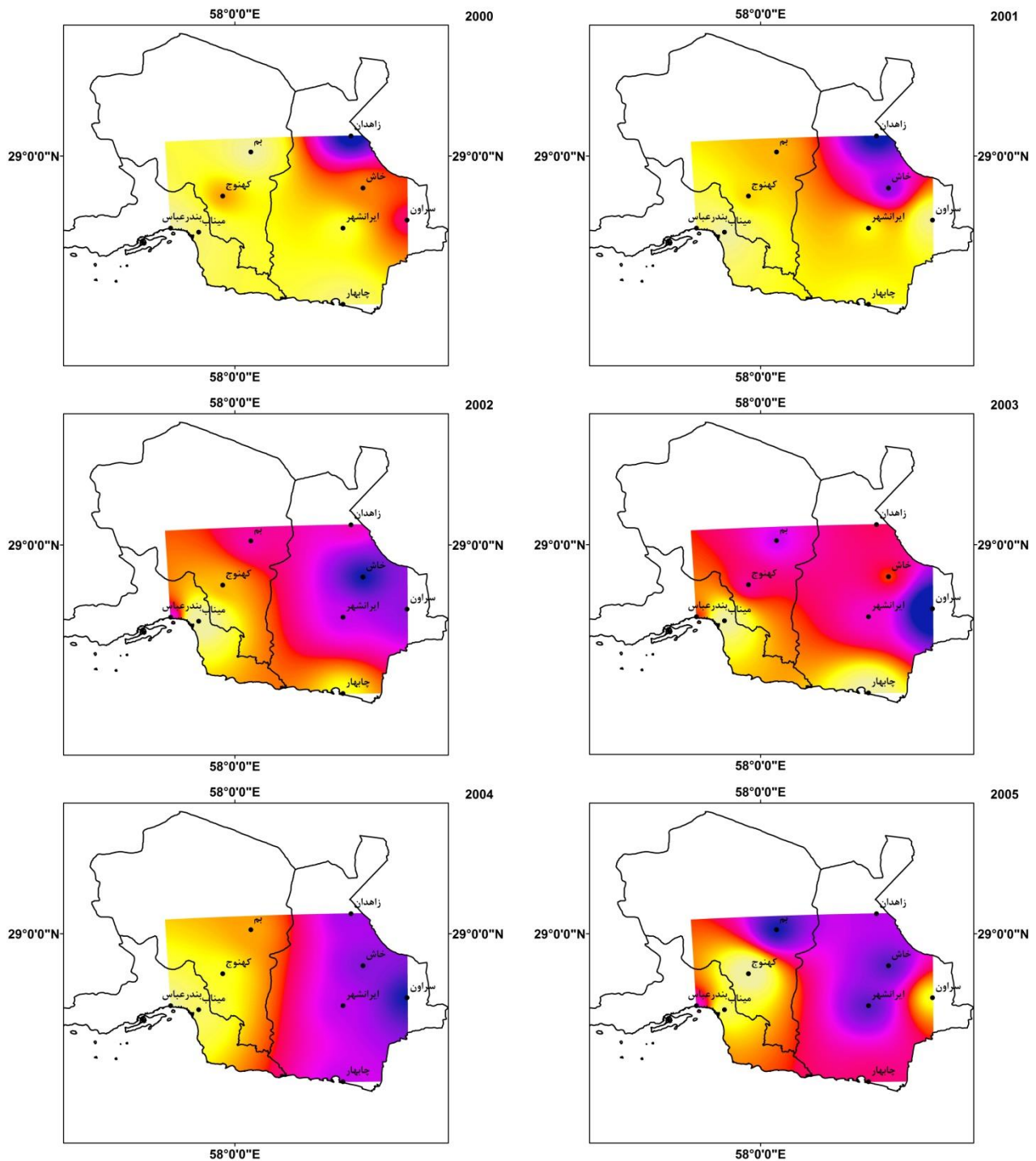
شکل ۴، روند تغییرات مکانی شاخص DSIA را در منطقه مورد مطالعه طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد. در این تصاویر برای تفکیک مقادیر مختلف DSIA از رنگ‌های سفید (۴۷-)-(۶۷-)، زرد (۲۲-)-(۴۷-)، نارنجی (۹-)-(۲۲-)، قرمز (۱۵-)-(۹-)، بنفش (۳۳-)-(۱۵) و آبی (۹۷-)-(۳۳) استفاده شد. تصاویر نشان می‌دهد طی سال‌های مختلف از سال ۲۰۰۰ (سال شروع دوره آماری) با حرکت از شرق به غرب مقدار شاخص DSIA کاهش می‌یابد که با رنگ‌های زرد و سفید مشخص شده است. در شرق منطقه در اطراف ایستگاه‌های زاهدان و سراوان بیشترین مقادیر شاخص DSIA ثبت شده است.

تصاویر نشان می‌دهد در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ به تدریج مناطق با رنگ آبی، بنفش و قرمز گسترش بیشتری از شرق به غرب منطقه داشته است که به معنای افزایش شاخص DSIA و در نتیجه افزایش طوفان‌های

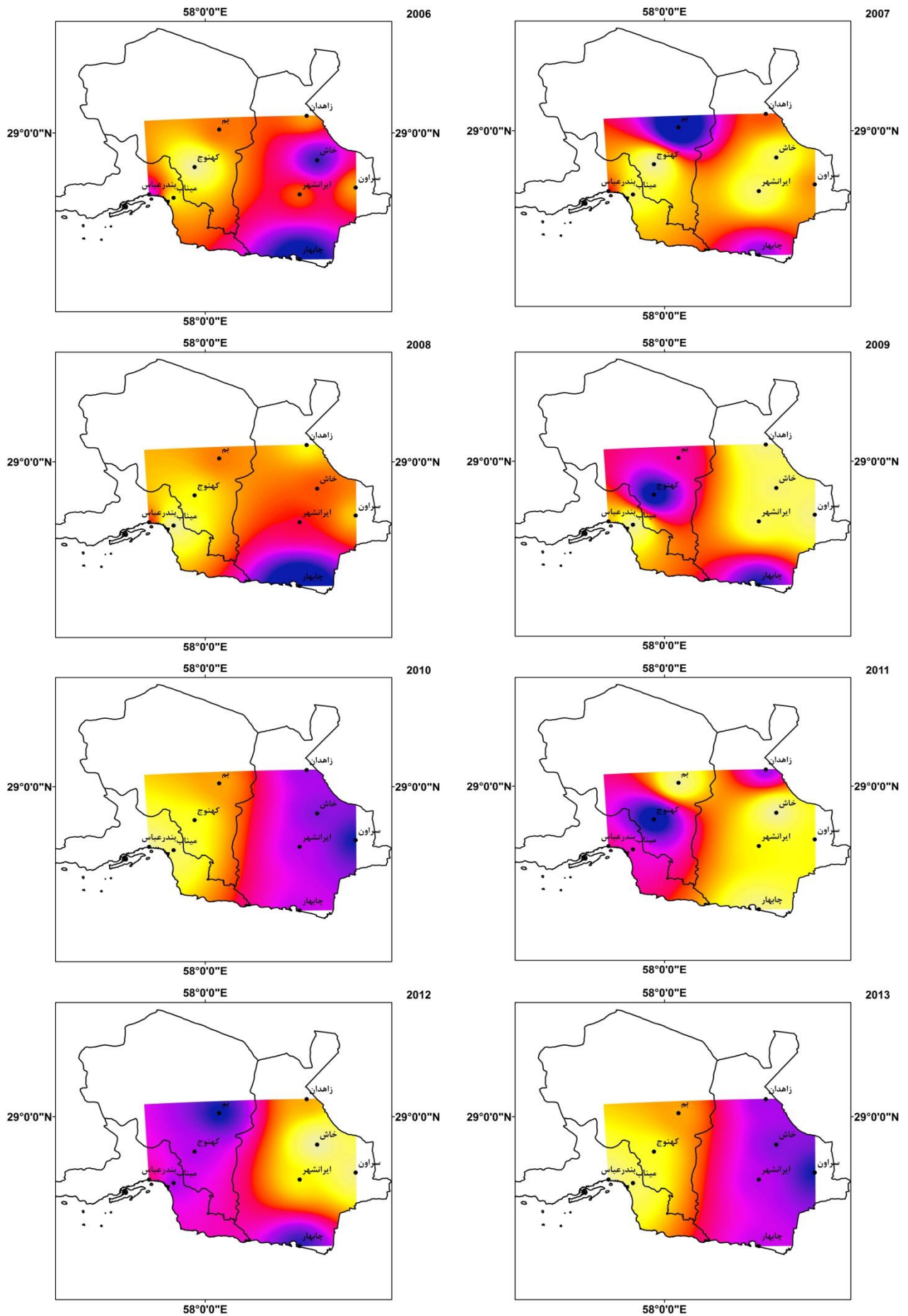
گردوخاک است. در این سال‌ها ایستگاه چابهار، میناب و بندرعباس در بخش‌های جنوبی از وضعیت بهتری برخوردار هستند. نکته قابل توجه این است که در سال ۲۰۰۴ در ایستگاه چابهار در جنوب شرقی منطقه و به‌طور کلی، نیمه شرقی شامل ایستگاه‌های زاهدان، خاش، سراوان و ایرانشهر مقدار شاخص DSIA افزایش داشته که با رنگ آبی و بنفش نشان داده شده است. این وضعیت در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷ و ۲۰۰۸ تکرار شده است. در برخی سال‌ها مانند سال ۲۰۰۹، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۶ مناطق با مقادیر بالای DSIA در نیمه غربی منطقه مورد مطالعه تمرکز دارد که شامل ایستگاه‌های بم، کهنوج، میناب و بندرعباس است. در برخی سال‌ها مانند سال ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ در کل منطقه مورد مطالعه میزان شاخص DSIA بالا بوده است که با رنگ‌های قرمز، نارنجی، آبی و بنفش در نقشه‌ها قابل مشاهده است.

سراوان، ایرانشهر و چابهار در بیشتر سال‌های مورد مطالعه است که با رنگ‌های آبی، بنفش و قرمز مشخص شده‌اند.

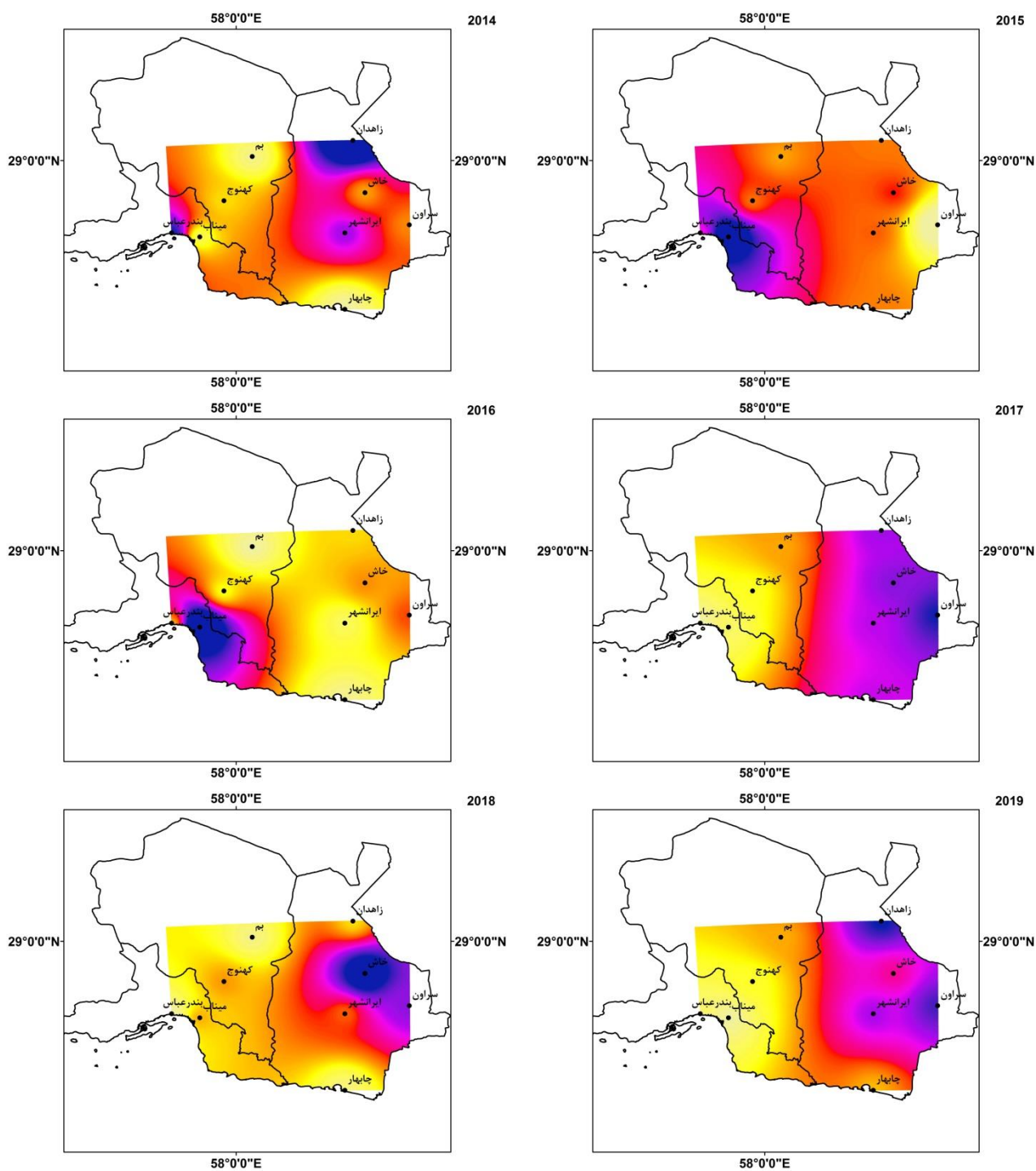
آنچه که می‌توان به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی بیان کرد تمرکز اصلی مقادیر بالای شاخص DSIA در نیمه شرقی منطقه مورد مطالعه در ایستگاه‌های زاهدان، خاش،



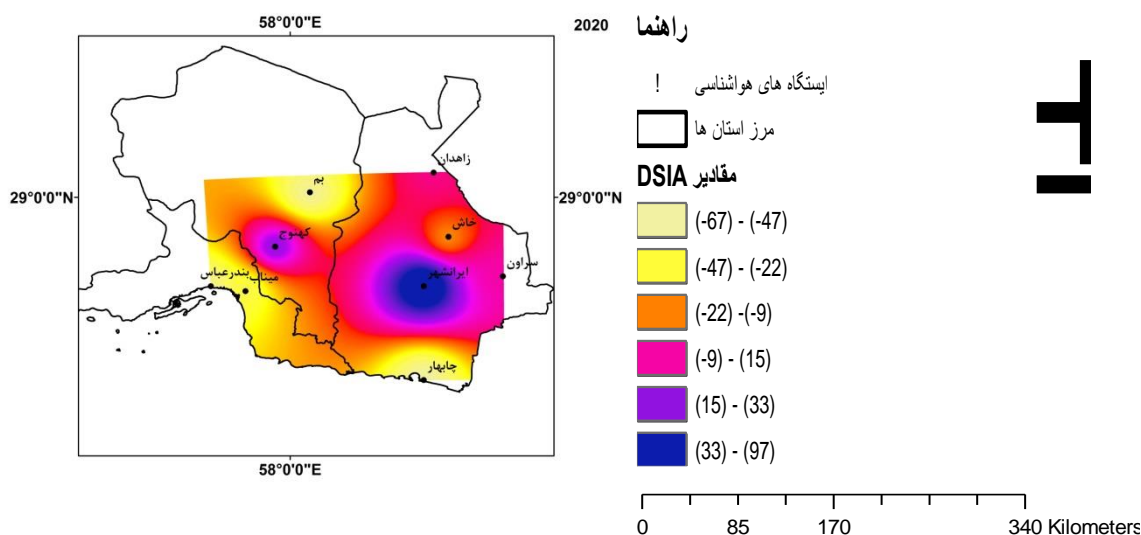
شکل ۴- تغییرات مکانی شاخص DSIA در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰



ادامه شکل ۴- تغییرات مکانی شاخص DSIA در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰



ادامه شکل ۴- تغییرات مکانی شاخص DSIA در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰



ادامه شکل ۴- تغییرات مکانی شاخص DSIA در منطقه مورد مطالعه طی سال های ۲۰۰۰-۲۰۲۰

مقادیر بالایی از شاخص NDVIA به صورت لکه‌های صورتی مشاهده می‌شود.

در سال ۲۰۰۷ این لکه‌ها گسترش نسبی را به سمت مرکز منطقه داشته‌اند و به صورت جزئی در اطراف ایستگاه‌های چابهار و خاش نیز دیده می‌شود. این وضعیت تا سال ۲۰۰۹ ادامه داشته است. طی سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱ تغییرات چندانی در مقادیر مثبت NDVIA مشاهده نمی‌شود، اما در سال ۲۰۱۲ وسعت لکه‌های صورتی کاهش چشم‌گیری داشته است که به معنای کاهش شاخص NDVIA است. از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ مقادیر مثبت NDVIA در نیمه غربی منطقه مورد مطالعه به صورت لکه‌های صورتی رنگ بر روی نقشه‌های دیده می‌شود.

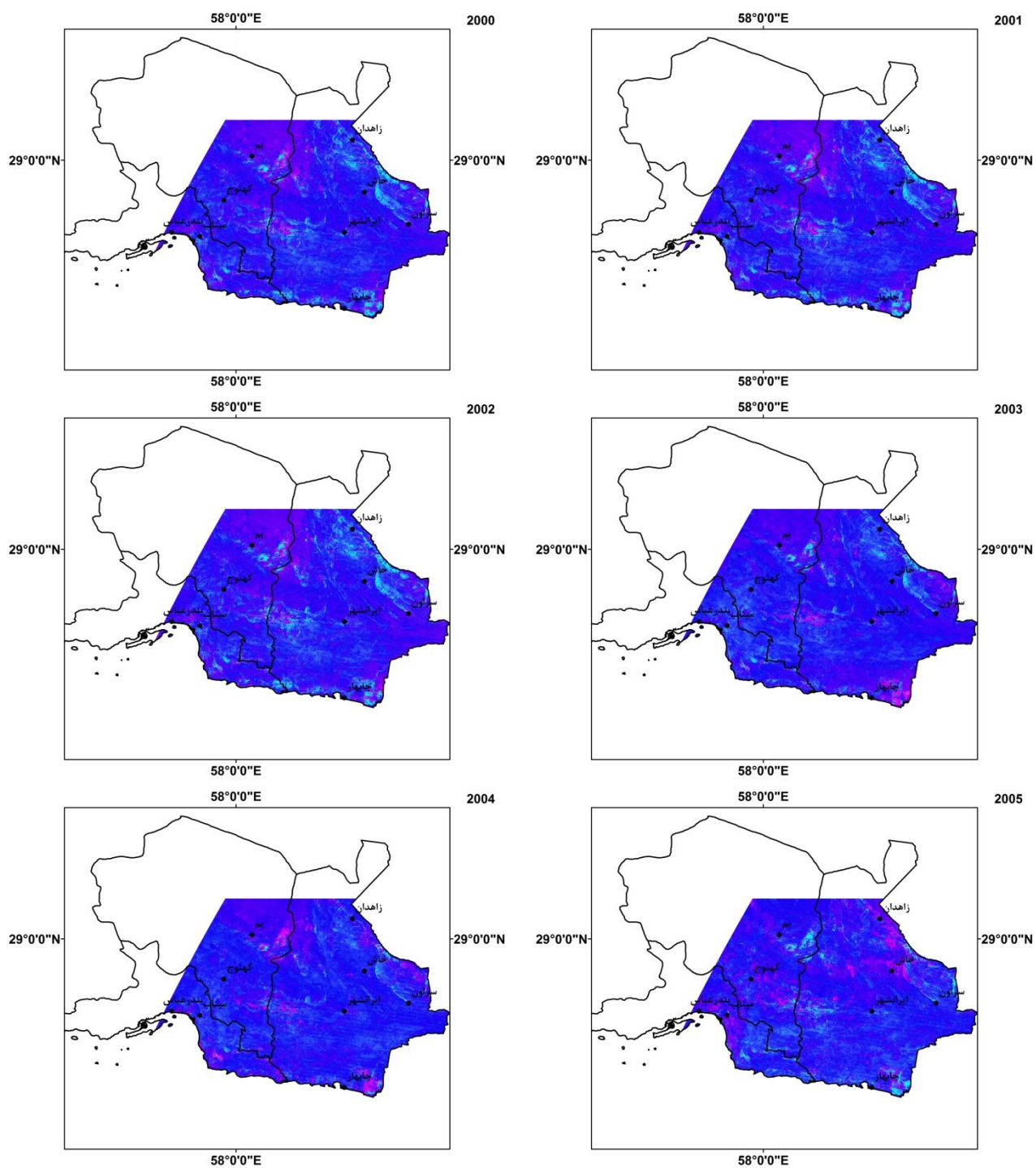
نتایج تحلیل همبستگی

نتایج تحلیل ضریب همبستگی پیرسون نشان داد، شاخص NDVIA دارای همبستگی معنادار و منفی با شاخص DSIA است ($r = -0.52$ $p\text{-value} < 0.05$).

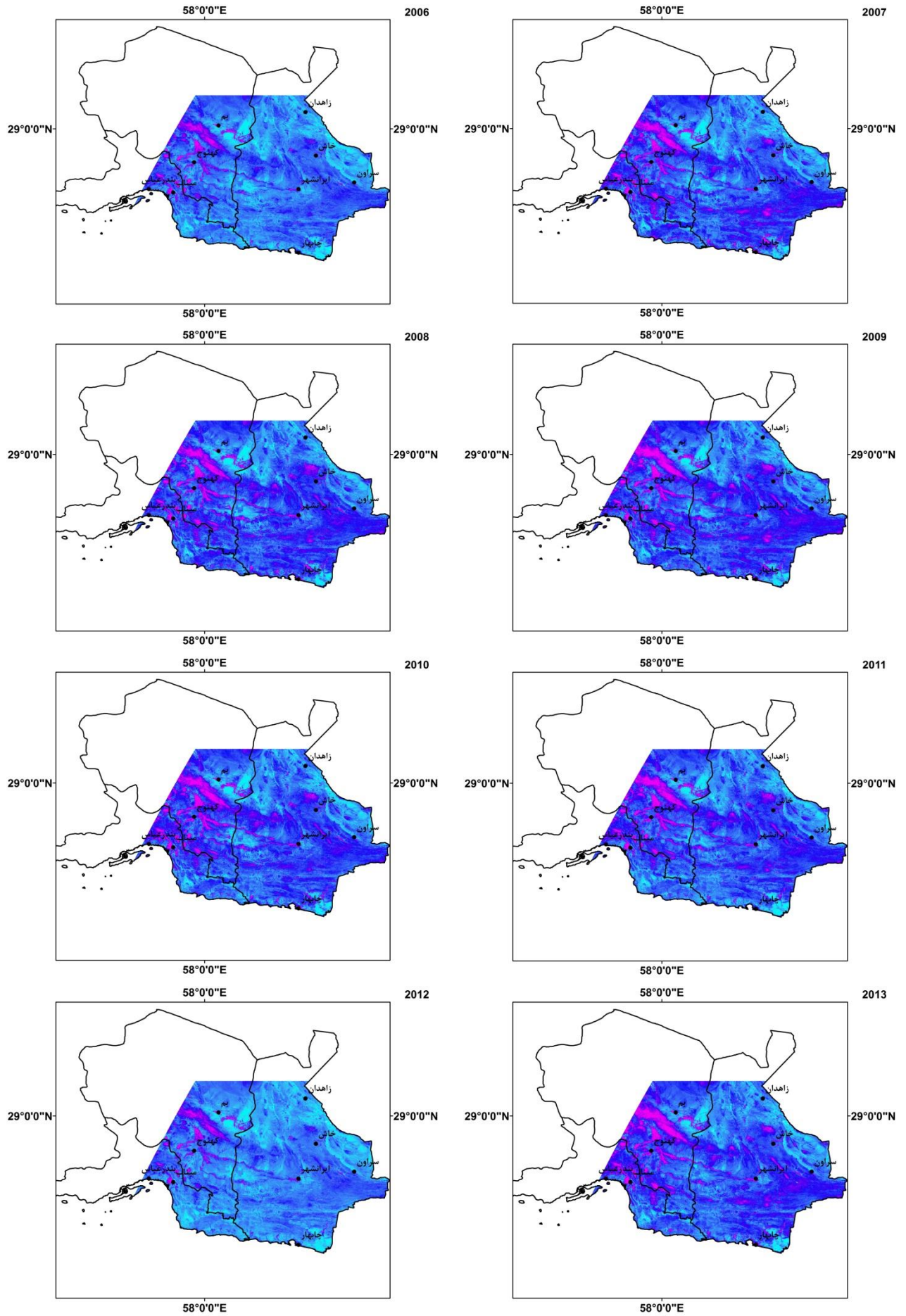
تغییرات مکانی شاخص NDVIA

شکل ۵ روند تغییرات مکانی شاخص NDVIA را در منطقه مورد مطالعه طی دوره زمانی ۲۰۰۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد. در این تصاویر برای تفکیک مقادیر مختلف NDVIA از رنگ‌های آبی (طیف‌های مختلف رنگ آبی) که نشان‌دهنده مقادیر منفی NDVIA است، بنفش و صورتی که بیانگر مقادیر مثبت NDVIA است، استفاده شد. تصاویر نشان می‌دهد در سال ۲۰۰۰ یعنی سال شروع دوره مورد مطالعه، بیشتر سطح منطقه با رنگ آبی (به معنای مقادیر منفی شاخص NDVIA) پوشیده شده و مناطق با وضعیت مثبت پوشش گیاهی به صورت نقطه‌ها و لکه‌های صورتی رنگ پراکنده در کل منطقه به چشم می‌خورد.

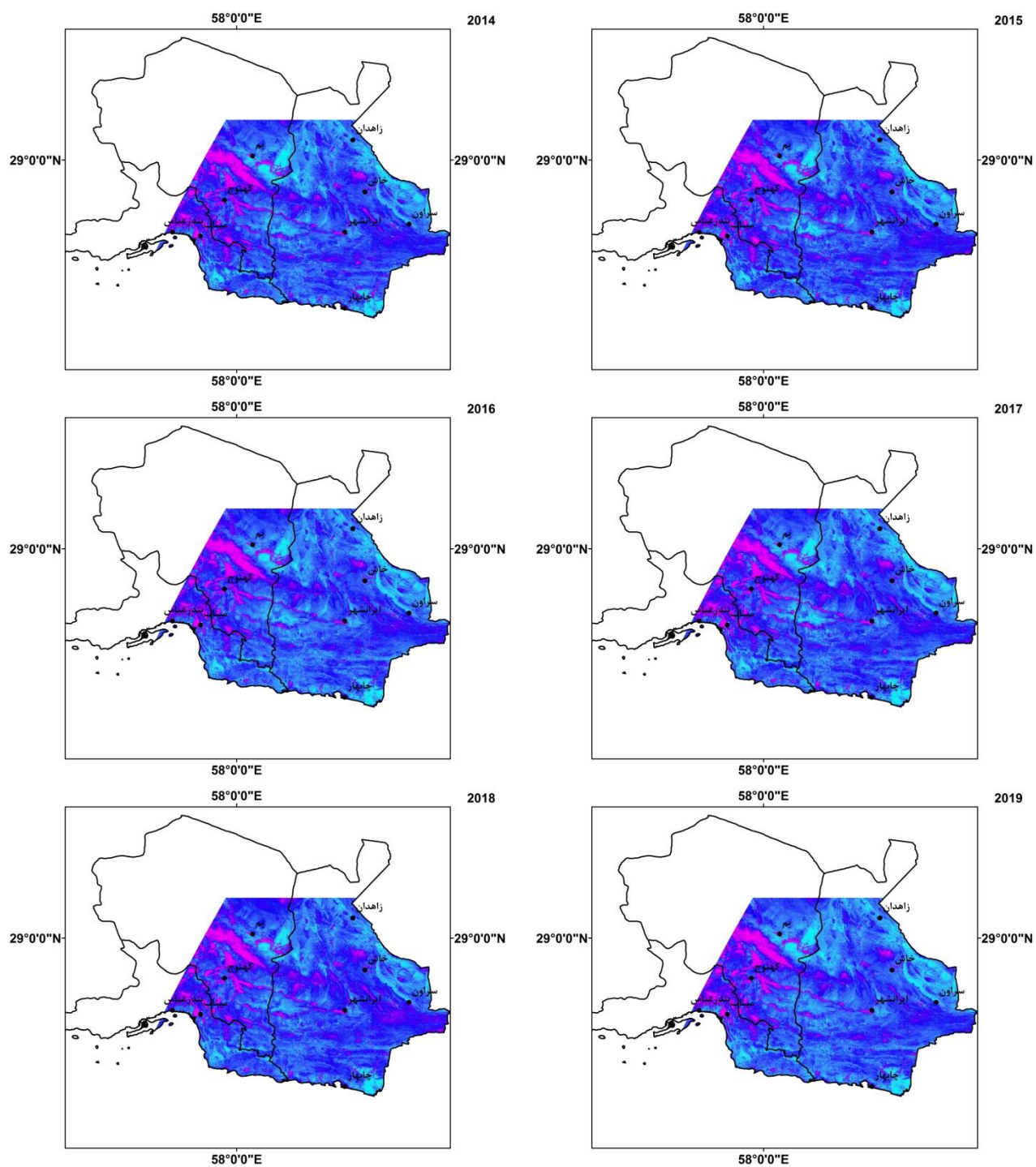
این وضعیت در اطراف ایستگاه‌های چابهار، بم و بندرعباس و بخش‌هایی نزدیک به مرکز و ایستگاه کهنوج به صورت لکه‌های صورتی متمرکز وجود دارد. این وضعیت تا سال ۲۰۰۵ ادامه دارد و در این سال گسترش بیشتری در بخش‌های شرقی و شمال شرقی در اطراف ایستگاه‌های زاهدان و خاش داشته است که نشان‌دهنده افزایش شاخص NDVIA در این بخش‌ها است؛ اما از سال ۲۰۰۵ به بعد با حرکت از شرق به غرب از میزان شاخص NDVIA کاسته شده است و تنها در بخش‌های غربی در نزدیکی ایستگاه‌های بم، کهنوج، میناب و بندرعباس



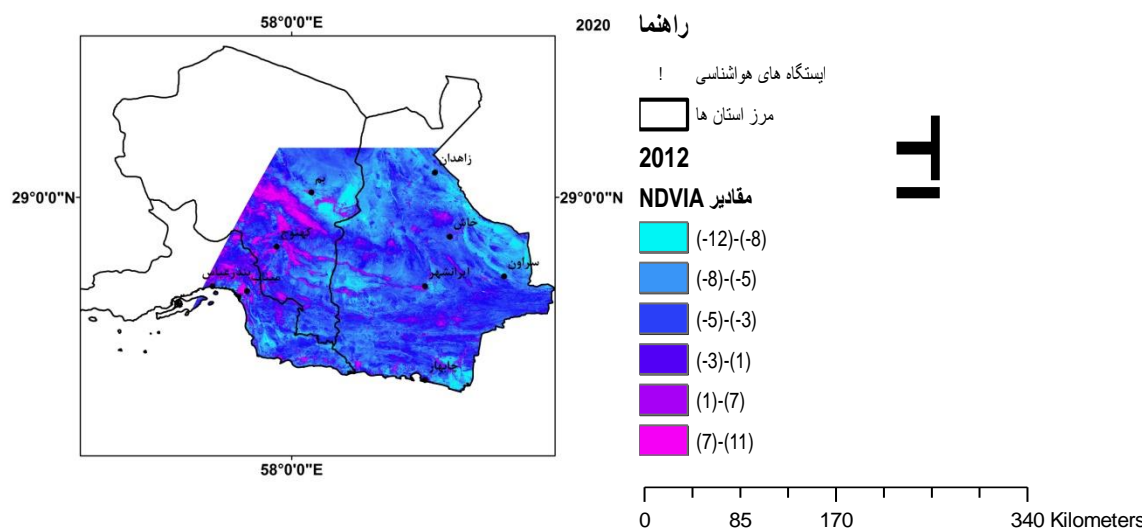
شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص NDVI در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰



ادامه شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص NDVIA در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۰



ادامه شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص NDVI در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰



شکل ۵- تغییرات مکانی شاخص NDVI در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۰

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه روند تغییرات مکانی و زمانی ناهنجاری طوفان‌های گردوخاک در جنوب شرقی ایران در یک دوره آماری ۲۱ ساله از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی با استفاده از شاخص DSIA مورد بررسی قرار گرفت. روند تغییرات زمانی را می‌تواند به دو بخش قبل و بعد از سال ۲۰۱۲ تقسیم کرد. در سال ۲۰۱۲ بیشترین مقدار شاخص DSIA مشاهده شده است (۹۶ درصد).

نتایج نشان داد تا قبل از سال ۲۰۱۲، شاخص DSIA در بیشتر سال‌های مطالعه دارای روند صعودی و مثبت بود، در حالی که بعد از سال ۲۰۱۲ تا پایان دوره زمانی مطالعه، شاخص DSIA روند کاهشی داشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت طی دهه اخیر، فراوانی طوفان‌های گردوخاک در منطقه جنوب شرق ایران کاهش یافته است. از نظر مکانی تغییرات شاخص DSIA در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه تغییرات زیادی داشته است.

تصاویر نشان می‌دهد در ابتدای طول دوره آماری، تنها بخش‌های کوچکی از شرق و شمال شرق منطقه یعنی در نزدیکی محل ایستگاه‌های زاهدان، خاش و ایرانشهر مقادیر شاخص DSIA مثبت و افزایشی است. اما به تدریج طی سال‌های مختلف بعدی، این نواحی گسترش بیشتری را از شرق به غرب و از شمال به جنوب به ویژه در جنوب شرقی منطقه در نزدیکی ایستگاه چابهار داشته است که به معنای افزایش طوفان‌های گردوخاک در این بخش‌ها است.

حتی در برخی از سال‌ها شدت افزایش و گسترش این رنگ‌ها تا حدی افزایش پیدا کرده است که تقریباً کل منطقه را پوشانده است. که به صورت بخش‌هایی جدیدی با مقادیر مثبت DSIA دیده می‌شود.

به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد منطقه مورد مطالعه از نظر پوشش گیاهی دارای شرایط چندان مطلوبی نیست و تا قبل از سال ۲۰۰۵ پوشش گیاهی به صورت پراکنده در منطقه گسترش داشته که با رنگ صورتی در نقشه‌ها به نمایش درآمده است و تمرکز بالای این رنگ را می‌توان در محل ایستگاه‌های بم، چابهار، سراوان و مرکز (نزدیک ایستگاه کهنوج) مشاهده کرد، اما از سال ۲۰۰۵ به بعد تمرکز اصلی مناطق با مقادیر مثبت شاخص NDVI تنها در بخش‌های غربی است.

از نظر زمانی بیشترین مقدار شاخص NDVI مربوط به سال ۲۰۱۴ است (۱۱ درصد) و به‌طور کلی از سال ۲۰۱۲ به بعد این شاخص روند تغییرات مثبت و افزایشی داشته است. نکته قابل توجه این است که بر اساس تصاویر پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۵ به صورت پراکنده در کل منطقه گسترش دارد، اما در سال‌های پس از آن فقط به صورت لکه‌های کوچک در برخی بخش‌ها و با تمرکز بیشتر در بخش‌های غربی باقی مانده است.

با توجه به همبستگی منفی و معنادار بین شاخص NDVI و DSIA، از سال ۲۰۱۲ به بعد با افزایش

NDVIA مقادیر DSIA نیز منفی است که می‌تواند به نقش عوامل دیگر اشاره کند. بنابراین می‌توان انتظار داشت در مواردی نقش پوشش گیاهی بر روی طوفان‌های گردوخاک در مقایسه با سایر عوامل بی‌تأثیر است که این نتایج [۷،۲۲] مشابهت دارد. در مطالعه‌ای بیان می‌شود که شرایط پوشش گیاهی تنها در برخی از سال‌ها مطلوب بود و در سایر سال‌ها خیلی اختلاف قابل توجهی در نتایج وجود نداشت و در نتیجه تغییرات پوشش گیاهی خیلی تأثیر محسوسی در روند تغییرات شاخص DSIA نداشت [۷].

بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده در این زمینه، تأثیر سایر عوامل نظیر عوامل اقلیمی یا دمای سطح زمین نیز در نظر گرفته شود. موضوع نگران‌کننده کاهش پوشش گیاهی در نیمه شرقی منطقه مورد مطالعه است که وسعت بیشتری از استان سیستان و بلوچستان را شامل می‌شود و می‌تواند دلیلی بر افزایش فراوانی طوفان‌های گردوخاک در این استان باشد.

References

- [1]. Abbasi, H. R., Opp, C., Groll, M., Rohipour, H., Khosroshahi, M., Khaksarian, F., & Gohardoust, A. (2018). Spatial and temporal variation of the aeolian sediment transport in the ephemeral Baringak Lake (Sistan Plain, Iran) using field measurements and geostatistical analyses. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 61(4), 315-326
- [2]. Alizadeh Choobari, O., Zawar-Reza, P., Sturman, A. (2014). The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: a review. *Atmospheric Research*, 138, 152-165. doi:10.1016/j.atmosres.2013.11.007
- [3]. Albugami, S., Palmer, S., Cinnamon, J., & Meersmans, J. (2019). Spatial and temporal variations in the incidence of dust storms in Saudi Arabia revealed from in situ observations. *Geosciences (Switzerland)*, 9(162), 1-20, doi: 10.3390/geosciences9040162
- [4]. Behrooz, R. D., Kaskaoutis, D. G., Grivas, G., & Mihalopoulos, N. (2020). Human health risk assessment for toxic elements in the extreme ambient dust conditions observed in Sistan, Iran. *Chemosphere*, 262,

میزان شاخص NDVIA و به تبع بهبود شرایط پوشش گیاهی از میزان شاخص DSIA کاسته شده است. تأثیر این همبستگی به صورت مکانی نیز مشاهده شد به صورتی که با حرکت از شرق به غرب منطقه با افزایش شاخص NDVIA از میزان DSIA کاسته شد. این یافته‌ها با نتایج [۱۱] و همکاران قابل مقایسه است که در آن گزارش شده با افزایش شاخص DSI در منطقه مورد مطالعه مقادیر NDVI کاهش یافته است.

البته در برخی از سال‌های قبل و بعد از سال ۲۰۱۲ نتایج متناقضی مشاهده شد. پدیده گردوخاک و نحوه تولید و انتشار آن پدیده پیچیده‌ای است که عوامل مختلفی بر تولید و انتشار آن تأثیرگذار هستند و صرفاً در نظر گرفتن عامل پوشش گیاهی در توجیه رفتار آن نمی‌تواند کافی باشد و شاید علی‌رغم وجود همبستگی منفی، این دلیلی بر وجود برخی تناقضات در نتایج است. برای مثال، در سال ۲۰۲۰ با وجود منفی بودن مقادیر

127835.doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127835

- [5]. Broomandi, P., Karaca, F., Guney, M., Fathian, A., Geng, X., & Kim, J. R. (2021). Destinations frequently impacted by dust storms originating from southwest Iran. *Atmospheric Research*, 248, 105264. doi: 10.31224/osf.io/zm6vn
- [6]. Ebrahimi Khusfi, Z., & Roustaei, F. (2022). Dust storm index anomaly for sand-dust events monitoring in western Iran and its association with the NDVI and LST anomalies. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 11101-11115. doi: 10.1007/s11356-021-16416-7
- [7]. Eskandari, H., Borji, M., Khosravi, H., & Mesbahzadeh, T. (2016). Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. *Solid Earth*, 7, 905-915. doi: 10.5194/se-7-905-2016
- [8]. Evans, S., Ginoux, P., Malyshev, S., & Shevliakova, E. (2016). Climate-vegetation interaction and amplification of Australian dust variability. *Geophysical Research Letters*, 43(22), 11-823. doi: 10.1002/2016GL071016
- [9]. Hamidi, M., Kavianpour, M. R., & Shao, Y. (2017). A quantitative evaluation of the

- 3–8 July 2009 Shamal dust storms. *Aeolian Research*, 24, 133-143. doi:10.1016/j.aeolia.2016.12.004
- [10]. Hussain, S., Mubeen, M., Akram, W., Ahmad, A., Habib-Ur-Rahma, M., Ghaffar, A., Amin, A., Awais, M., Farid, H.U., Farooq, A., & Nasim, W. (2019). Study of land cover/land use changes using RS and GIS: a case study of Multan district, Pakistan. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 1-15. doi: 10.1007/s10661-019-7959-1
- [11]. Kamali, P., Tazeh, M., Kalantari, S., Fehrest, M., & Jebali, A. (2023). Investigating the relationship between dust storm index and some climatic parameters, vegetation index and land form types (Yazd-Ardakan Plain). *Desert Management*, 10(4), 93-108. doi: 10.22034/jdmal.2023.1989675.1407 [in farsi]
- [12]. Karimi, N., Namdari, S., Sorooshian, A., Bilal, M., & Hwidary, P. (2019). Evaluation and modification of SARA high-resolution AOD retrieval algorithm during high dust loading conditions over bright desert surfaces. *Atmospheric Pollution Research*, 10(4), 1005–1014. doi: 10.1016/j.apr.2019.01.008
- [13]. Kianian, A. & Mobarghaei Dinan, N. (2017). Zoning the Soil Affected by Wastewater Irrigation with Using IDW Method (Case Study, South of the Rey City). *Environmental Researches*, 7(14), 81-90.
- [14]. Kharazmi, R., Tavili, A., Rahdari, M. R., Chaban, L., Panidi, E., & Rodrigo-Comino, J. (2018). Monitoring and assessment of seasonal land cover changes using remote sensing: a 30-year (1987-2016) case study of Hamoun Wetland, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(6), 355, 1-23. doi: 10.1007/s10661-018-6726-z
- [15]. Maleki, H., Sorooshian, A., Goudarzi, G., Nikfal, A., Baneshi, M.M. (2009). Temporal Profile of PM10 and Associated Health Effects in one of the Most Polluted Cities of the World (Ahvaz, Iran) between 2009 and 2014. *Aeolian Research*, 22, 135-140. doi: 10.1016/j.aeolia.2016.08.006
- [16]. Miri, A., Maleki, S., & Middleton, N. (2021a). An investigation into climatic and terrestrial drivers of dust storms in the Sistan region of Iran in the early twenty-first century. *Science of the Total Environment*, 757, 143952. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.143952
- [17]. Miri, A., Dragovich, D., Dong, Z. (2021b). Wind flow and sediment flux profiles for vegetated surfaces in a wind tunnel and field-scale windbreak. *Catena*, 196, 104836.
- [18]. Mosavi Baygi, M. & Ashraf, B. (2011). Study of leading to drought of autumn and winter synoptic patterns in Khorasan Razavi Province. *Journal of soil and water conservation*, 18(4), 184-167. [in farsi]
- [19]. Namdari, S., Valizadeh Kamran, K., & Sorooshian, A. (2021). Analysis of some factors related to dust storms occurrence in the Sistan region. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(33), 45450-45458. doi: 10.1007/s11356-021-13922-6
- [20]. Nicholson, S. E., & Farrar, T. J. (1994). The influence of soil type on the relationships between NDVI, rainfall, and soil moisture in semiarid Botswana. I. NDVI response to rainfall. *Remote Sensing of Environment*, 1994, 207-220. doi: 10.1016/0034-4257(94)90038-8
- [21]. Rashki, A., Arjmand, M., & Kaskaoutis, D. G. (2017). Assessment of dust activity and dust plume pathways over Jazmurian Basin, southeast Iran. *Aeolian Research*, 24, 145-160. doi: 10.1016/j.aeolia.2017.01.002
- [22]. Tan, M. (2016). Exploring the relationship between vegetation and dust-storm intensity (DSI) in China. *Journal of Geographical Sciences*, 26, 387-396. doi: 10.1007/s11442-016-1275-2

Investigating the trend of dust storms by DSI anomaly in southeast Iran and its relationship with the NDVI index (Research Paper)

1- Maede Nasry, PhD candidate, Combat to Desertification Department, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

2- Mohammad Rahimi*, Professor, Combat to Desertification Department, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

mrahimi@semnan.ac.ir

3- Ali Akbar Damavandi, Assistant Professor, Agricultural Extension & Education Institute, Tehran, Iran.

Received: 26 Jul. 2023

Accepted: 04 Dec. 2023

Abstract

Dust storms are natural phenomena but with serious and destructive effects on the environment and human societies. The southeast region of Iran is one of the most active sources of dust storms in Asia, dust storms occur in this region almost all year round, but their frequency is higher in summer and spring. This study aims to investigate the dust storm anomaly in the southeast of Iran during a period of 21 years (2000-2020) and its relationship with vegetation anomaly changes. The DSIA was used to examine the spatial and temporal changes of dust storms, and the NDVIA was used to examine the changes in vegetation anomalies in the region. The correlation between DSIA and NDVIA was determined by using Pearson's coefficient. The temporal trends of DSIA show that from 2000 to 2012, it had a positive and increasing trend in most of the years of the study, and the highest value of DSIA occurred in 2012, which is equal to 96%. Then, from 2012 to 2020, this trend has been decreasing, and the lowest value of DSIA equal to -67% was observed in 2020. Also, moving from east to west of the studied area, the value of the DSIA decreased. The temporal trends of the NDVIA show that from 2000 to 2012, the trend of changes is downward, but from 2012 to 2020, the trend of changes is upward. In terms of time, the highest value of the NDVIA index is related to 2014, and in general, since 2012, this index has had positive and increasing changes. Pearson correlation results showed that the DSIA index is significantly correlated with the NDVI index, this correlation is negative ($p\text{-value} < 0.05$ $r = 0.52$) due to the negative and significant correlation between the NDVIA index and the DSIA index. Since 2012, with the increase of the NDVIA index and the improvement of vegetation conditions, the DSIA index has decreased. The effect of this correlation was also observed spatially, as moving from east to west of the region, with the increase of the NDVIA index, the amount of DSIA decreases. These results can be useful for decision-makers to assess the risks of dust storm impacts and reduce its negative consequences in the southeast parts of Iran.

Keywords: Climate change, Wind erosion, Pearson correlation, Dust, Vegetation.