

## بررسی روند تغییر پوشش گیاهی در فلات مرکزی ایران با استفاده از سری‌های زمانی ماهواره‌ای بین سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۲

مریم ذوالفقاری<sup>۱</sup>، بهزاد رایگانی<sup>۲\*</sup>، باقر نظامی بلوچی<sup>۱</sup>، حمید گشتاسب<sup>۲</sup>، علی جهانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>گروه محیط زیست طبیعی و تنوع زیستی، دانشکده محیط زیست کرج، کرج، ایران  
<sup>۲</sup>گروه ارزیابی و مخاطرات محیط زیستی، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۰۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱

### چکیده

پوشش گیاهی از مجموعه‌هایی که به صورت خود به خود در حال رشد هستند، تشکیل شده است. محصولات شاخص پوشش گیاهی مودیس (MODIS (VI در چندین مطالعه سیستم رصد زمین (EOS)، نقش عمده‌ای ایفا می‌کنند. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی در محدوده فلات مرکزی ایران با استفاده از سری زمانی داده‌های سنجنده از دور است. استفاده از این داده‌ها که مربوط به سنجنده مودیس (MODIS MOD13A2) و ماهواره ترا (Terra) هستند، ۱۶ روزه بوده و با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر ارائه می‌شوند، در طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۲ انجام پذیرفت. برای این منظور از معنی‌داری روش‌های من‌کندال و همبستگی خط پارامترهایی مانند حداکثر پوشش گیاهی ماهانه و حداکثر پوشش گیاهی سالانه بر اساس حداکثر پوشش گیاهی ماهانه در سطح ۱ درصد استفاده شد. این دو روش بررسی معنی‌داری، نتایج مشابهی نشان دادند، از این رو، بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از هر دو آن‌ها امکان‌پذیر است. با توجه به خشک و نیمه‌خشک بودن منطقه، براساس مطالعات مشابه، شاخص پوشش گیاهی PVII مناسب‌ترین شاخص پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شد. بررسی روند معنی‌داری این شاخص پوشش گیاهی نشان داد در محدوده فلات مرکزی ایران، افزایش معنی‌داری پوشش گیاهی در استان‌های قم، سمنان، خراسان جنوبی، اصفهان و یزد قابل مشاهده است (مقادیر ضریب همبستگی، بزرگ‌تر از ۰/۱۸+ برای تصاویر ماهانه و اعداد بیش‌تر از ۰/۶۰۶+ برای تصاویر سالانه (سطح معنی‌داری یک درصد)). چنین کاهش معنی‌داری پوشش گیاهی در استان‌های خراسان رضوی، قم، اصفهان و یزد مشاهده گردید (مقادیر ضریب همبستگی کم‌تر از ۰/۱۸- برای تصاویر ماهانه و اعداد کوچک‌تر از ۰/۶۰۶- برای تصاویر سالانه (سطح معنی‌داری یک درصد)). نتایج این مطالعه مناطق حساس و آسیب دیده فلات مرکزی ایران را به خوبی نشان داد که در آینده می‌تواند در مدیریت بهتر پوشش گیاهی موثر باشد.

**کلید واژگان:** تحلیل روند، ماهواره ترا، معنی‌داری من‌کندال، معنی‌داری همبستگی خطی، مودیس

## مقدمه

Elvidge and Chen, 1995; Bannari *et al.*, 2006; Aliabadi *et al.*, 2014). در طول دو دهه گذشته شاخص‌های گیاهی و به‌خصوص محصولات شاخص پوشش گیاهی<sup>۶</sup> MODIS کاربرد وسیعی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی پیدا کرده‌اند (Nateghi *et al.*, 2017). در مطالعات مختلف، پوشش گیاهی در سطح دنیا مشخص شده است، شاخص NDVI و EVI که از اهمیت بالاتری برخوردارند، می‌توانند نمایانگر پوشش سبز سطح زمین باشند و هر ۱۶ روز یکبار یک مجموعه داده قابل اتکا در اختیار محققین قرار دهند<sup>۷</sup>. در این میان، محصولات شاخص پوشش گیاهی NDVI سنجنده MODIS وظیفه مهمی در پایش و ارزیابی پوشش گیاهی دارد (Huete and Didan, 1999). بر اساس منحنی پاسخ شاخص پوشش گیاهی، افزایش میزان تراکم پوشش گیاهی، با مقادیر بالاتر شاخص‌های پوشش گیاهی در ارتباط است (Mattson and Merrill, 2002; Zarei *et al.*, 2016; Gholam Hosseini *et al.*, 2010; Kouchali *et al.*, 2019). گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته پوشش گیاهی با روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است، همچنین عدم وجود اطلاعات موقعیت‌دار دقیق در گذشته از مهم‌ترین مشکلاتی است که در مسئله بررسی تغییرات پوشش گیاهی وجود دارد. در این حالت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و سنجش از دور به دلیل دید وسیع و یکپارچه و برنامه‌ریزی بهتر جهت مدیریت محیط زیست و به‌عنوان جدیدترین اطلاعات برای مطالعه پوشش گیاهی و تخمین پارامترهای بیوفیزیکی و بیوشیمیایی گیاهان ضرورت می‌یابد (Alavi Panah, 2003; Khawaja al-Din, 1997; Aliabadi, 2014; Kazemi Nia, 2018; Sanaeinejad *et al.*, 2008). محققین زیادی به‌منظور بررسی پوشش گیاهی از داده‌های سنجش از دور استفاده نموده و این روش را مناسب این نوع مطالعات ارزیابی نموده‌اند (Huete, 1999; Mokhtari *et al.*, 2001; Mohammadyari *et al.*,

سرزمین ایران با ۱/۶۴۸/۱۹۵ کیلومتر مربع مساحتی که دارد یکی از واحدهای جغرافیایی خاصی است که به‌علت موقعیت طبیعی و شرایط اقلیمی و خصوصیات زیستی، در هر گوشه‌ای، از ویژگی بوم‌شناختی مشخصی برخوردار است. طبق نظر دانشمندان گیاه‌شناس در ایران دخالت چهار منشاء سازنده طبیعی را می‌توان قابل قبول دانست: منشاء گیاهی اروپا و سیبری<sup>۱</sup>، منشاء گیاهی ایران و تورانی<sup>۲</sup>، منشاء گیاهی مدیترانه‌ای<sup>۳</sup> و منشاء گیاهی سند و سودانی<sup>۴</sup>. بین استوا و قطب‌ها، با تغییر فصول، سبز بودن پوشش گیاهی افزایش و کاهش می‌یابد<sup>۵</sup>. اهمیت مطالعه تنوع گونه‌های گیاهی غیرقابل انکار است (Abbasi and Amiri, 2010). پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر می‌شوند (Pettorelli *et al.*, 2005; Nateghi *et al.*, 2017). شناخت ویژگی‌های پوشش‌های گیاهی و روابط موجود در بین گونه‌های گیاهی و نیز عوامل محیطی، همواره مورد توجه بوم‌شناسان بوده است (Depew, 2004; Hoersch and Schmidt, 2002; Magee *et al.*, 2008). بررسی تغییرات کاربری و پوشش زمین جهت درک تغییرات محیط در سطح محلی و جهانی بسیار اهمیت دارد (Tiwari & Jain, 2014; Rayegani *et al.*, 2019). روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات یک منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند. یکی از روش‌های مطالعه تغییرات، استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی است. تاکنون شاخص‌های گیاهی برای ارزیابی و برآورد پارامترهای بیوفیزیکی و بیوشیمیایی مختلف گیاهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این شاخص‌ها به دلیل سهولت استفاده یکی از متداول‌ترین روش‌های سنجش از دور برای برآورد چنین پارامترهایی می‌باشند (Barret *et al.*, 1994; Barret *et al.*, 1994).

<sup>5</sup>[https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD\\_NDVI\\_M](https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOD_NDVI_M)

<sup>6</sup>Vegetation Index

<sup>7</sup><http://girps.net/modis-vegetation-index-spatial-map/>

<sup>1</sup>Euro-Syberien Flora

<sup>2</sup>Irano- Touranien Flora

<sup>3</sup>Mediterranean Flora

<sup>4</sup>Sindo-Sudanien Flora

به‌طور خلاصه، می‌توان دو هدف کشف و شناسایی مدل احتمالی مولد داده‌ها و پیش‌بینی مقادیر آینده سری را برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی برشمرد (Bozorg Nia and Khorrami, 2008). سری زمانی داده‌های دورسنجی به‌طور گسترده در مطالعات پوشش گیاهی بکار گرفته می‌شوند (Kermani et al., 2016). در این مطالعه از تحلیل سری زمانی داده‌های شاخص گیاهی سنجنده مودیس جهت بررسی پوشش گیاهی در فلات مرکزی ایران استفاده شده است.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** فلات مرکزی ایران از شمال غرب و غرب به رشته کوه‌های زاگرس و از شمال به البرز محدود است و در جنوب آن زمین‌های پست خشک واقع شده است. کشور ایران با مساحت ۱۶۴۸/۱۹۵ کیلومتر مربع بین ۴۴ تا ۶۳/۱۵ درجه طول و ۲۵/۴ تا ۳۹/۴۵ درجه عرض جغرافیایی در نیمکره شمالی (جنوب غربی آسیا) واقع شده است. از نظر پوشش گیاهی با توجه به پراکندگی، ناچیز و ضعیف بودن آن‌ها باید گفت اغلب این دشت‌ها فاقد هر نوع پوشش گیاهی می‌باشند (Ghobadian, 1982).

**تصاویر ماهواره‌ای و پردازش داده‌ها:** داده‌های مربوط به پوشش گیاهی (MOD13A2)، مربوط به ماهواره ترا و محصول سنجنده مودیس است. این داده‌ها مربوط به level 3 و ۱۶ روزه هستند و قدرت تفکیک مکانی آن‌ها 1km (اندازه پیکسل 1km×1km) است. بر اساس مطالعه مشابه قبلی (Kermani et al., 2016) با توجه به خشک و نیمه خشک بودن اغلب محدوده‌های مطالعاتی در این پژوهش، از شاخص PVI (شاخص بررسی پوشش گیاهی در مناطق بیابانی)، به‌منظور آنالیز پوشش گیاهی استفاده گردید. اغلب شاخص‌های پوشش گیاهی (VI) از ترکیبی از محدوده انرژی الکترومغناطیس در بخش قرمز (RED) و مادون قرمز

(2014). تغییر در سلامت و تراکم پوشش گیاهی ناشی از تغییرات اقلیمی می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر اکوسیستم‌های جهان به‌ویژه اکوسیستم‌های شکننده خشک و نیمه‌خشک داشته باشد. پوشش مکانی و در دسترس بودن داده‌های سری زمانی، سامانه‌های سنجش از دور را به ابزاری ایده‌آل برای در نظر گرفتن پویایی‌های گیاهی در مقیاس گسترده تبدیل کرده است (Harris et al., 2014). نقش تعیین‌کننده سنجش از دور، در ارزیابی و پایش پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌ها است. یکی از سنجنده‌هایی که اطلاعات دقیق و به‌روز شاخص گیاهی دورسنجی را رایگان در اختیار کاربران قرار می‌دهد، سنجنده مودیس است. سنجنده MODIS که روی دو ماهواره ترا<sup>۸</sup> و آکوا<sup>۹</sup> قرار گرفته، با دارا بودن اطلاعات طیفی ارزشمند، فرآورده‌های زیادی را تهیه نموده است. فرآورده شاخص‌های پوشش گیاهی که با عنوان کوتاه شده MOD13 شناخته می‌شود توسط سنجنده مودیس و ماهواره ترا ایجاد گردیده و فرآورده MYD13 هم توسط ماهواره آکوا گردآوری و تهیه و منتشر می‌گردد. فرآورده‌های MOD13 و MYD13 در برگزیده شاخص‌های پوشش گیاهی<sup>۱۰</sup> هستند (تارنمای ناسا<sup>۱۱</sup>) (Mir Ahsani et al., 2020; Nasa). نواحی مانند خاک و شهرهایی که دارای پوشش گیاهی کم‌تری نسبت به نواحی مانند زمین‌های کشاورزی و مرتع می‌باشند، دارای دمای بیش‌تری هستند، زیرا پوشش گیاهی همواره به‌صورت مانع برای ورود حرارت بوده است و رابطه معکوس با حرارت سطحی دارد (Goward et al., 1985). سری زمانی، مجموعه‌ای از مشاهدات است که بر حسب زمان (یا هر کمیت دیگر) مرتب شده باشد. سری‌های زمانی<sup>۱۲</sup> را معمولاً به‌صورت گسسته یا پیوسته بررسی می‌کنند و در بسیاری از زمینه‌ها مانند اقتصاد، تجارت و بازرگانی، علوم مهندسی، علوم طبیعی و علوم اجتماعی کاربرد دارند (Nirumand and Bozorgnia, 2011; Shahriari et al., 2012).

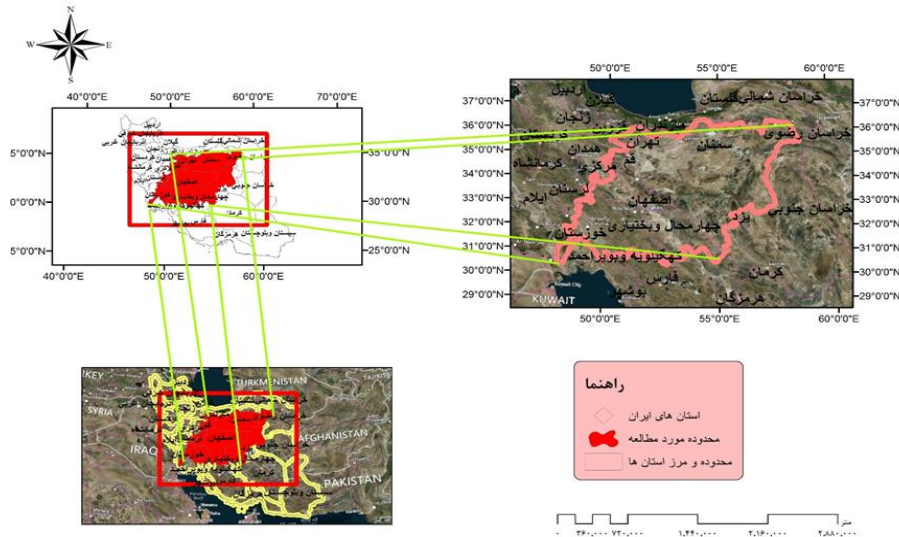
<sup>11</sup><https://www.nasa.gov>

<sup>12</sup>Time series

<sup>8</sup>Terra

<sup>9</sup>Aqua

<sup>10</sup>Vegetation Indices



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه در محدوده فلات مرکزی ایران

با استفاده از روش‌های مختلف از قبیل بازدید میدانی، آزمون خطا، مطالعه و سایر روش‌ها امکان‌پذیر است. مطابق با نتایج مطالعات قبلی در محدوده‌های خشک و نیمه خشک ایران، شاخص PVI<sup>15</sup> بهترین شاخص پوشش گیاهی تشخیص داده شد (Sanaeinejad *et al.*, 2008; Kermani *et al.*, 2018). شاخص‌های مختلفی از قبیل: SAVI, PVI<sup>15</sup>, EVI, NDVI برای بررسی پوشش گیاهی وجود دارند. از کاربرد شاخص‌های گیاهی برای اهداف مختلف چند دهه می‌گذرد و هنوز هم در سطح وسیعی استفاده می‌شود (Akbari, 2003). از جمله مهم‌ترین شاخص‌های گیاهی در مطالعات دورسنجی در زیر معرفی شده‌اند. شاخص PVI<sup>15</sup> از جمله شاخص‌های تعدیل‌کننده خط خاک به شمار می‌رود که ضمن بهره گرفتن از بخش قرمز و مادون قرمز نزدیک به کمک رابطه خط خاک ضرایب تعدیل دارد (Kermani *et al.*, 2016):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad TVI = \sqrt{NDVI + 0.5}$$

$$CTVI = \frac{(NDVI + 0.5)}{|(NDVI + 0.5)|} \cdot \sqrt{|(NDVI + 0.5)|}$$

نزدیک (NIR) تشکیل شده‌اند (Arthur *et al.*, 2008; Rayegani *et al.*, 2019). در حالت کلی شاخص‌های پوشش گیاهی به دو دست Z اصلی تقسیم می‌شوند و در واقع تقسیم‌بندی آن‌ها بر اساس ارتباط این شاخص‌ها با خط خاکی است:

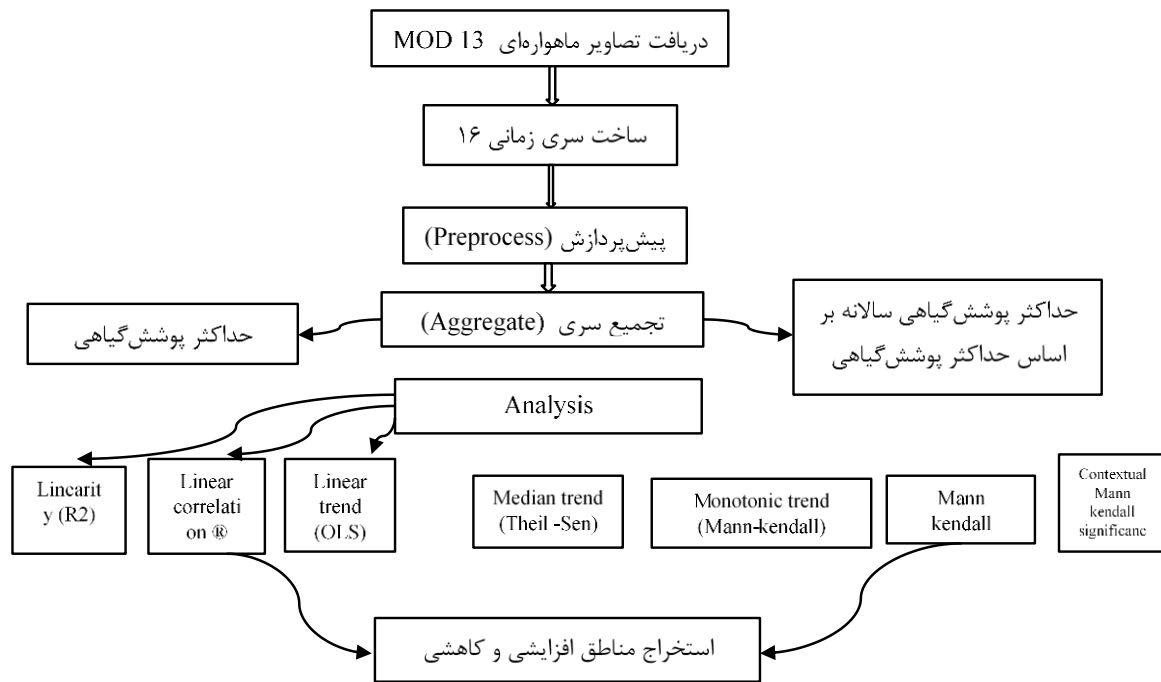
- ۱- اگر خطوط هم‌سبزی‌نگی از مرکز عبور کنند و یا در یک نقطه به هم برسند در این حالت نمونه‌های شاخص این گروه SAVI-RVI-NDVI<sup>13</sup> هستند.
- ۲- خطوط هم‌سبزی‌نگی موازی خط خاکی هستند که این شاخص‌ها را شاخص‌های عمودی (Perpendicular) می‌نامند که در واقع شدت پوشش گیاهی با فاصله عمودی از خط خاکی مشخص می‌شود. نمونه‌های معروف این شاخص عبارتند از: Wdvi, PVI و DVI.

**روش اجرای تحقیق:** با استفاده از محصول MOD13A2 سنجنده مودیس ماهواره تراه روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از معنی‌داری روش‌های من‌کنندال و همبستگی خطی Linear Correlation (R) هر یک از پارامترها از قبیل حداکثر پوشش گیاهی ماهانه<sup>14</sup> و حداکثر پوشش گیاهی سالانه<sup>15</sup> بر اساس حداکثر پوشش گیاهی ماهانه مشخص گردید. انتخاب شاخص طیفی مناسب اکوسیستم‌های خشک

<sup>15</sup> Max annual

<sup>13</sup>Normalized Difference Vegetation Index

<sup>14</sup>Max monthly



شکل ۲- خلاصه روش تحقیق.

داده‌های MOD13A2 و ساخت سری زمانی و تحلیل و آنالیزهای مربوط به آن و تحلیل معنی‌داری پوشش گیاهی با کمک مدل‌ساز روندهای زمین انجام گردید. برای بررسی پوشش گیاهی، تصاویر MOD13A2 از سال ۲۰۰۲ تا سال ۲۰۱۸ تهیه گردید و سری زمانی این تصاویر ۱۶ روزه ساخته شد. سپس، آنالیزهای مختلف انجام شد و تصاویر مختلف با توجه به سری زمانی ساخته شدند. همچنین برای برطرف نمودن اثر نواری<sup>۱۶</sup> در تصاویر از روش Inverse PCA<sup>۱۷</sup> استفاده شد. نوعی از خطاهای رادیومتریک به وجود آمده در تصاویر سنجش از راه دور، مربوط به خطاهای دستگاهی می‌باشد. یکی از رایج‌ترین خطاهای دستگاهی، خطای نوارشدگی است (Rahmati and Asghari Bajestani, 2016). در مرحله پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای با بکارگیری روش‌های مختلف به تصحیح این خطا پرداخته می‌شود. به وسیله Inverse PCA سعی می‌گردد تا حد امکان اختلافات از بین بروند، در مقابل اطلاعات تا حد امکان حفظ شوند و کمتر از بین بروند. در این پژوهش پس از بررسی‌های متعدد، این نتیجه حاصل گردید که نیازی به انجام Inverse PCA یا Denoise نیست چون تصاویر

$$TTVI = \sqrt{(NDVI + 0.5)} \quad PVI_1 = \frac{aNIR - R + b}{\sqrt{a^2 + 1}}$$

$$PVI_2 = \frac{NIR - aR + b}{\sqrt{1 + a^2}} \quad DVI = aNIR - R$$

$$SAVI = \frac{NIR - R}{NIR + R + L}(1 + L) \quad TSAVI_1 = \frac{a(NIR - aR - b)}{R + aNIR - ab}$$

$$TSAVI_2 = \frac{a(NIR - aR - b)}{R + aNIR - ab + X(1 + a^2)}$$

$$MSAVI_1 = \frac{NIR - R}{NIR + R + L}(1 + L) \quad WdVI = NIR - aR$$

$$MSAVI_0 = \frac{2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}}{2}$$

$$EVI = \frac{NIR - RED}{NIR + C1RED - C2BLUE + L}(1 + L)$$

در تمامی رابطه‌های بالا، مقادیر بازتابندگی باند مادون قرمز NIR= باند قرمز RED=، باند آبی BLUE=، شیب خط خاک=a، عرض از مبدا خط خاک b، C1 و C2 و L و به ترتیب برابر است با ۷٫۵ و ۱۰.

در این پژوهش، ساخت شاخص مناسب پوشش گیاهی (PVI1) از تصاویر NIR، RED و NDVI موجود در

<sup>17</sup>The Denoise Panel

<sup>16</sup>Bounding

رتبه‌بندی (Kendall, 1955) برای دو مجموعه مشاهدات  $y = y_1, y_2, \dots, y_n$  و  $x = x_1, x_2, \dots, x_n$  به شرح زیر است: آماره  $S$  مطابق با رابطه ۱ محاسبه می‌شود:  $S = \sum_{i,j} a_{ij} b_{ij}$  در حالی که رابطه ۲:

$$a_{ij} = \text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & x_i < x_j \\ 0 & x_i = x_j \\ -1 & x_i > x_j \end{cases}$$

تحت فرض صفر،  $X$  و  $Y$  مستقل هستند و به صورت تصادفی مرتب می‌شوند.

رابطه ۳:  $\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$ . اگر مقادیر  $Y$  با سری زمانی  $X$  جایگزین شوند، یعنی ۱، ۲، ...،  $n$ ، تست می‌تواند به‌عنوان یک تست روند (Mann, 1945) استفاده شود. رابطه ۴:  $S = \sum_{i,j} a_{ij} = \sum_{i,j} \text{sgn}(x_j - x_i)$  (Khaled et al., 1998). تست روند من‌کندال آمار تست Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) محاسبه شده به‌عنوان رابطه ۵:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

جایی که  $n$  تعداد نقاط داده است،  $x_i$  و  $x_j$  مقادیر داده در سری‌های  $i, j$  هستند ( $j > i$ ) و  $\text{sgn}(x_j - x_i)$  تابع علامت است.

رابطه ۶:

$$\text{Sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

واریانس، طبق رابطه ۷ محاسبه می‌شود:

$$\text{VAR}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

در مواردی که اندازه نمونه  $n < 10$  باشد، آزمون استاندارد عادی آزمون  $Z_s$  با استفاده از معادله زیر محاسبه می‌شود رابطه ۸:

دارای نویزهای قابل توجهی نیستند. در مرحله بعد، برای حداکثر پوشش گیاهی ماهانه اثر فصلی حذف شد. بخش Deseason به‌منظور حذف اثر فصلی از سری مورد استفاده قرار می‌گیرد. سه گزینه برای این بخش ارائه شده است که در این پژوهش، بخش Anomalies مورد استفاده قرار گرفت. به‌عبارت دیگر به‌منظور تشخیص بهتر روند طولانی مدت، تغییرات فصلی مرتبط با چرخه‌های سالانه حذف گردید که این کار معمولاً با عنوان حذف اثر فصلی شناخته می‌شود (Kermani et al., 2016). تغییرات فصلی به تغییراتی که در دوره‌های تناوبی کوتاه و در طی یک سال پیش می‌آیند، گفته می‌شود. این تغییرات مربوط به عواملی هستند که به‌طور منظم و چرخه‌ای روی یک دوره کم‌تر از یک سال عمل می‌کنند (Abdullah Nejad, 2016). در طی سال‌های گذشته محققین روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری را جهت بررسی روند سری‌های زمانی ارائه دادند (Hamed and Rao, 1998). در روش‌های پارامتری نیاز است که داده‌ها مستقل بوده و از توزیع نرمال پیروی کنند. در صورتی که در روش‌های غیرپارامتری نیاز نیست داده‌ها از توزیع نرمال پیروی کنند و این روش‌ها نسبت به داده‌های پرت و گم شده حساسیت کمتری دارند (Hamed and Rao, 1998; Yue et al., 2002; Hamed, 2007). بین آزمون‌های روند غیرپارامتری برای تشخیص روند سری‌های زمانی روش من‌کندال (MK) مناسب‌تر است. مخصوصاً برای داده‌های هیدرولوژی که نامتوازن و دارای داده‌های پرت هستند (Hamed, 2007; Khaliq et al., 2009). فرض اصلی اغلب مطالعات تحلیل روند با آزمون من‌کندال، استفاده از داده‌های مستقل و تصادفی است (Bagherpour et al., 2018). در این پژوهش، از یکی از روش‌های ناپارامتریک روند یعنی من‌کندال به‌منظور نمایش معنی‌دار بودن تغییرات در سری زمانی در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸ استفاده شد. آزمون‌های روند پارامتریک قوی‌تر از غیرپارامتری هستند، اما آن‌ها نیاز به داده‌ها مستقل دارند و به‌طور معمول توزیع می‌شوند. آزمون همبستگی

جدول ۱- ضریب همبستگی فیشر

درجه آزادی	٪۱	٪۵	درجه آزادی	٪۵	٪۱	درجه آزادی
۱	۱/۰۰۰	۰/۹۹۷	۲۴	۰/۴۹۶	۰/۳۸۸	
۲	۰/۹۹۰	۰/۹۵۰	۲۵	۰/۴۸۷	۰/۳۸۱	
۳	۰/۹۵۹	۰/۸۷۸	۲۶	۰/۴۷۸	۰/۳۷۴	
۴	۰/۹۱۷	۰/۸۱۱	۲۷	۰/۴۷۰	۰/۳۶۷	
۵	۰/۸۷۴	۰/۷۵۴	۲۸	۰/۴۶۳	۰/۳۶۱	
۶	۰/۸۳۴	۰/۷۰۷	۲۹	۰/۴۵۶	۰/۳۵۵	
۷	۰/۷۹۸	۰/۶۶۶	۳۰	۰/۴۴۹	۰/۳۴۹	
۸	۰/۷۶۵	۰/۶۳۲	۳۵	۰/۴۱۸	۰/۳۲۵	
۹	۰/۷۳۵	۰/۶۰۲	۴۰	۰/۳۹۳	۰/۳۰۴	
۱۰	۰/۷۰۸	۰/۵۷۶	۴۵	۰/۳۷۲	۰/۲۸۸	
۱۱	۰/۶۸۴	۰/۵۵۳	۵۰	۰/۳۵۴	۰/۲۷۴	
۱۲	۰/۶۶۱	۰/۵۳۲	۶۰	۰/۳۲۵	۰/۲۵۰	
۱۳	۰/۶۴۱	۰/۵۱۴	۷۰	۰/۳۰۲	۰/۲۳۲	
۱۴	۰/۶۲۳	۰/۴۹۷	۸۰	۰/۲۸۳	۰/۲۱۷	
۱۵	۰/۶۰۶	۰/۴۸۲	۹۰	۰/۲۶۷	۰/۲۰۵	
۱۶	۰/۵۹۰	۰/۴۶۸	۱۰۰	۰/۲۵۴	۰/۱۹۵	
۱۷	۰/۵۷۵	۰/۴۵۶	۱۲۵	۰/۲۲۸	۰/۱۷۴	
۱۸	۰/۵۶۱	۰/۴۴۴	۱۵۰	۰/۲۰۸	۰/۱۵۹	
۱۹	۰/۵۴۹	۰/۴۳۳	۲۰۰	۰/۱۸۱	۰/۱۳۸	
۲۰	۰/۵۳۷	۰/۴۲۳	۳۰۰	۰/۱۴۸	۰/۱۱۳	
۲۱	۰/۵۲۶	۰/۴۱۳	۴۰۰	۰/۱۲۸	۰/۰۹۸	
۲۲	۰/۵۱۵	۰/۴۰۴	۵۰۰	۰/۱۱۵	۰/۰۸۸	
۲۳	۰/۵۰۵	۰/۳۹۶	۱۰۰۰	۰/۰۸۱	۰/۰۶۲	

نیز از اهمیت برخوردار است. عدد این معنی‌داری برای تصاویر ماهانه و سالانه به ترتیب  $\pm 0/18$  و  $\pm 0/606$  است. در این پژوهش نتایج و نقشه‌های حاصل از معنی‌داری همبستگی خطی و من‌کندال با یکدیگر مقایسه شدند و نتایج حاصل از آن‌ها تا حد زیادی به یکدیگر شبیه بودند.

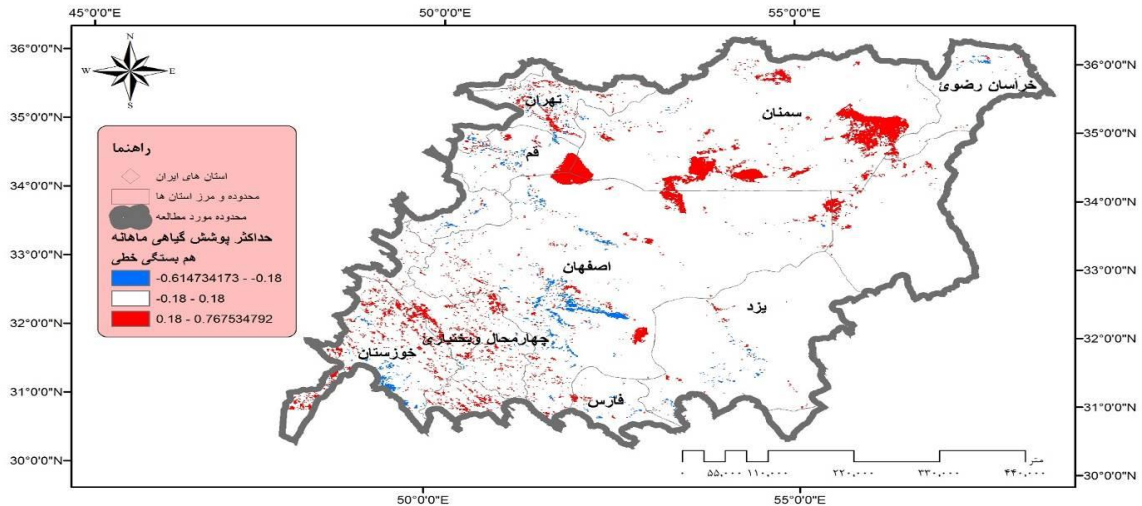
**آزمون همبستگی خطی (Linear correlation):** در آزمون همبستگی بر اساس تعداد دوره بررسی درجه آزادی  $(n-2)$  بر آورد شد و بر اساس مقادیر ضریب همبستگی و درجه آزادی، سطح معنی‌داری ۱ درصد و ۵ پنج درصد مطابق با جدول فیشر (جدول ۱) معنی‌داری روند بررسی شد. در صورتی که مقدار ضریب همبستگی از جدول بیش‌تر بود روند معنی‌دار تشخیص داده شد.

### نتایج

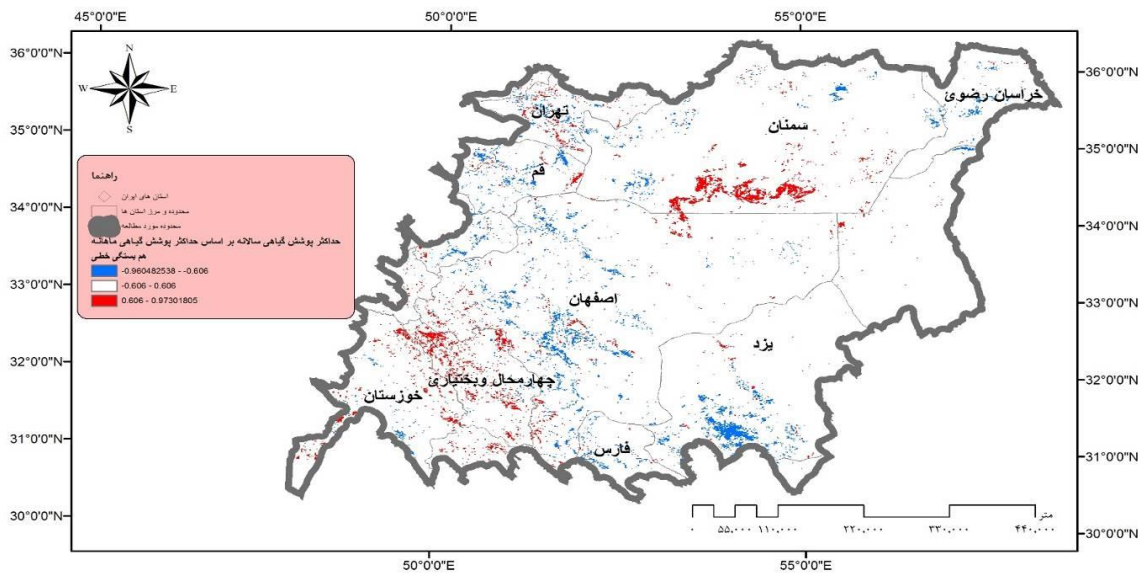
در این پژوهش، مناسب‌ترین محصول سری زمانی پوشش

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases}$$

مقدار مثبت ZS نشان‌دهنده روند افزایش است در حالی که مقادیر منفی ZS روند کاهش را نشان می‌دهد. به‌طور کلی، سطح معنی‌داری  $\alpha = 0/01$  و  $\alpha = 0/05$  مورد استفاده قرار می‌گیرد (Gocic and Trajkovic, 2013). معنی‌داری را می‌توان در سطوح ۱ درصد و ۵ درصد بررسی نمود. معنی‌داری در سطح ۱ درصد، اگر اعداد موجود در راهنمای تصویر من‌کندال از  $\pm 2/54$  و در معنی‌داری در سطح ۵ درصد، اگر اعداد موجود در راهنمای نقشه از  $\pm 1/96$ ، بیش‌تر و کم‌تر باشد، معنی‌دار است و در نقشه سطوح معنی‌دار نمایش داده می‌شوند. در این پژوهش، معنی‌داری در سطح ۱ درصد برای تصویر Mann-kendall significance-Z بررسی گردید. معنی‌داری تصاویر همبستگی خطی LC (R)



شکل ۳- حداکثر پوشش گیاهی ماهانه



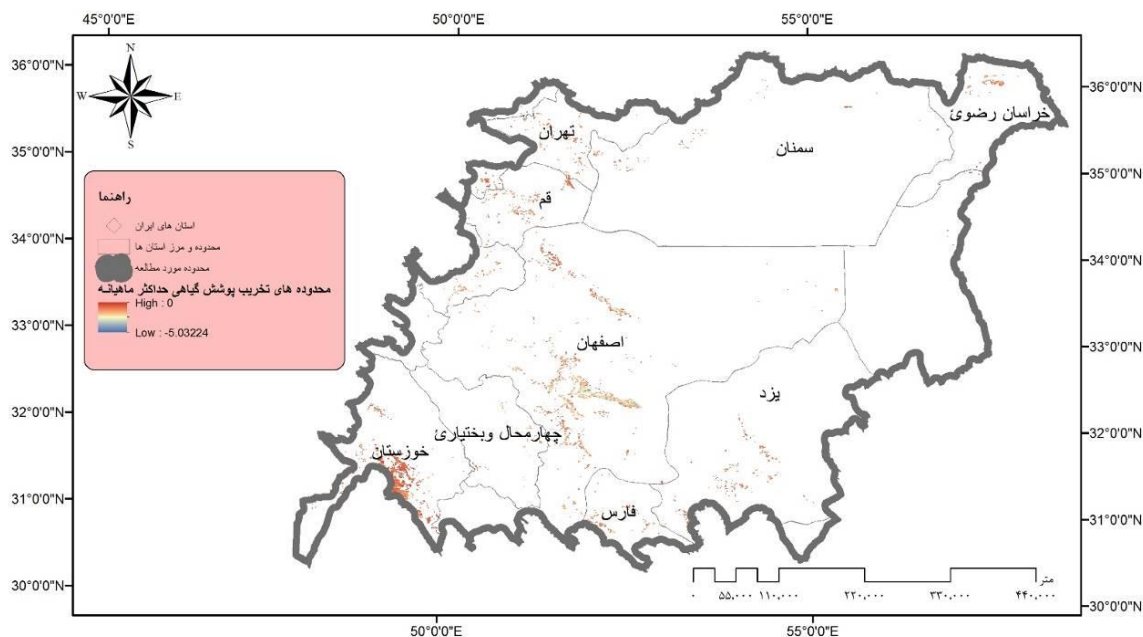
شکل ۴- حداکثر پوشش گیاهی سالانه بر اساس حداکثر پوشش گیاهی ماهانه

می‌دهد، در ۱۶ روز و فواصل ماهانه به‌دست آمده است. مجموعه محصولات MODIS VI: MOD13Q1: 16-day 250m (قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر)، MOD13A1: 16-day 500m VI (قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر)، MOD13A2: 16-day 1km VI (قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر)، MOD13A3: Monthly 1km (قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر)، MOD13C1: 16-day 0.05deg (قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر)، MOD13C2: Monthly 0.05deg, day 0.05deg VI (Didan et al., 1999).

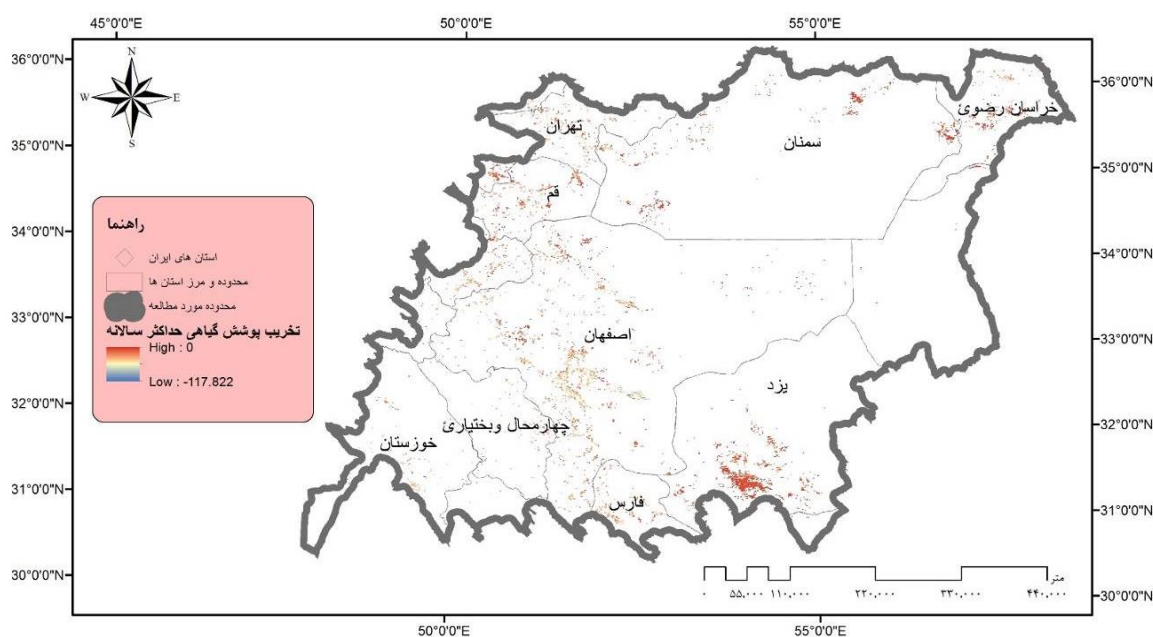
تحلیل و بررسی پوشش گیاهی (شاخص PVI1) در طی سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۸: در تمام پژوهش انجام

گیاهی یعنی MOD13A2 استفاده شده است. یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه سیستم رصد زمین (EOS)، بررسی کمیت و نقش پوشش گیاهی زمینی در فرآیندهای بزرگ جهانی با هدف فهمیدن چگونگی عملکرد زمین به‌عنوان یک سیستم است. محصولات (MOD13) مودیس، مقایسه‌های سری زمانی و مکانی مداوم از شرایط پوشش گیاهی جهانی را ارائه می‌دهد که می‌تواند برای نظارت بر فعالیت‌های پوشش گیاهی فتوسنتزی زمینی در حمایت از فنولوژی گیاهی (زیست‌فیزیکی)، تشخیص تغییر و تعبیر آن استفاده شود. نقشه‌های شاخص پوشش گیاهی مشبک که تغییرات مختلف مکانی و زمانی در فعالیت‌های پوشش گیاهی را نشان





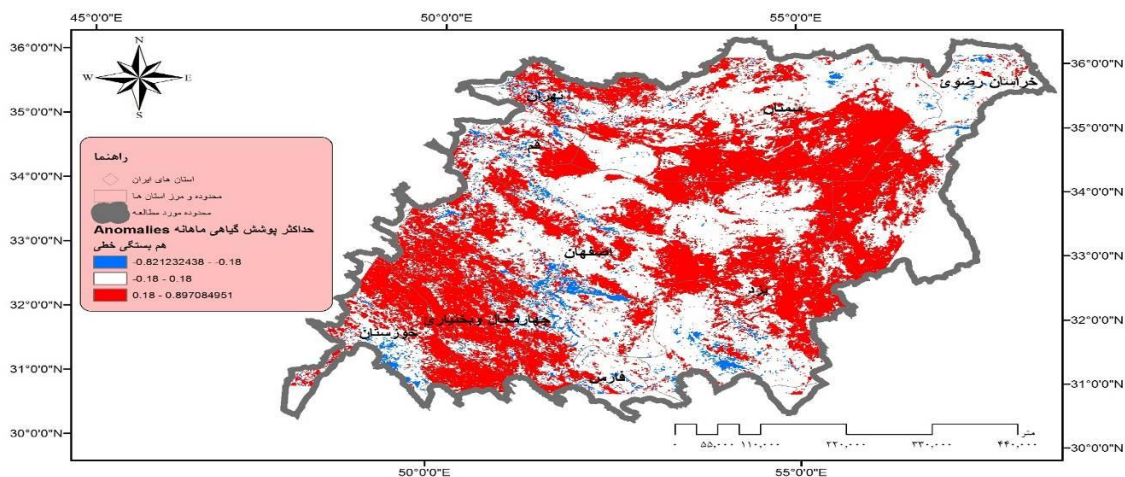
شکل ۵- محدوده‌های تخریب پوشش گیاهی حداکثر ماهانه



شکل ۶- محدوده‌های تخریب پوشش گیاهی حداکثر سالانه

رنگ آبی نشان‌دهنده کاهش معنی‌داری (اعداد ضریب همبستگی کوچک‌تر از مقدار عددی  $-0/18$  - برای تصاویر ماهانه و اعداد کم‌تر از  $-0/606$  - برای تصاویر سالانه همبستگی خطی) است. افزایش معنی‌داری برای استان خراسان رضوی، در شکل ۳ وجود دارد. استان خراسان جنوبی دارای افزایش معنی‌داری در شکل‌های ۳ و ۴ است. این افزایش برای استان قم در شکل‌های ۴ و ۵ و در استان

پذیرفته، آنالیزهای معنی‌داری همبستگی خطی و معنی‌داری من‌کندال تقریباً مشابه با یکدیگر و در سطح ۱ درصد معنی‌داری بررسی شده‌اند. همچنین در تمام آنالیزها در نقشه‌های موجود در این پژوهش، رنگ قرمز در نقشه، نشان‌دهنده افزایش معنی‌داری (اعداد ضریب همبستگی بزرگ‌تر از مقدار عددی  $+0/18$  برای تصاویر ماهانه و اعداد بیش‌تر از  $+0/606$  برای تصاویر سالانه همبستگی خطی) و



شکل ۷- حداکثر پوشش گیاهی ماهانه Anomalies

پوشش غالب در مناطق خشک و بیابانی را اغلب گیاهان یکساله، بوته‌ای‌ها و درختچه‌های کوتاه قامت تشکیل می‌دهند. به طور کلی توان تولید مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار محدود و احیاء و بازسازی آن نسبتاً دشوار است ولی با دانش بوم‌شناسی و بکارگیری نتایج حاصل از تحقیقات می‌توان موفقیت‌های زیادی کسب نمود (Peymanifard, 1996; Kardovani, 1988). شناخت ویژگی‌های پوشش گیاهی و روابط موجود در بین گونه‌های گیاهی و نیز عوامل محیطی همواره مورد توجه بوم‌شناسان بوده است (Hoersch and Schmidt, 2002; Depew, 2004; Magee et al., 2008). پوشش گیاهی به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده است (Pettorelli et al., 2005; Shokohizadegan et al., 2016). بارندگی‌ها در این مناطق بسیار نامنظم و در مواقعی با شدت زیاد می‌بارد که عمدتاً به دلیل نبود پوشش گیاهی کافی و اقدامات مدیریتی آبخیز است که باعث وقوع سیلاب‌های مخربی می‌گردد. حدود یک سوم از خشکی‌های سطح زمین جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شوند که دارای اکوسیستم شکننده و حساسی می‌باشند. تشدید فعالیت‌های انسانی در مناطق خشک و نیمه‌خشک باعث از بین رفتن پوشش گیاهی، فرسایش بادی، فرسایش آبی، شور و ماندابی شدن و در نهایت باعث بیابان‌زایی می‌شود. میزان پوشش گیاهی نقش ویژه‌ای در کنترل

سمنان در شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده شد. در استان‌های اصفهان و یزد نیز در شکل‌های ۴ و ۵ افزایش معنی‌داری مشاهده گردید. کاهش معنی‌داری برای استان‌های خراسان رضوی، قم، اصفهان و یزد در شکل‌های ۳ و ۴ وجود دارد. سایر قسمت‌های نقشه‌ها نیز، بدون روند معنی‌داری هستند (مقادیر عددی بین اعداد  $\pm 0/18$  و  $\pm 0/606$  برای تصاویر ماهانه و سالانه).

**محدوده‌های تخریب پوشش گیاهی:** هرچه شیب تغییرات بیش‌تر باشد و عدد منفی شیب بالاتر باشد بیانگر این مسئله است که تخریب با شدت بیش‌تری عمل می‌کند. مطابق با شکل‌های ۵ و ۶ هرچه در این تصاویر به رنگ آبی متمایل‌تر باشد، تخریب پوشش گیاهی بیش‌تر است. مطابق با شکل ۷، برای حذف اثرات فصلی می‌توان بر روی نقشه حداکثر پوشش گیاهی ماهانه، از بخش Deseason، قسمت Anomalies را فعال نمود. در این روش متوسط ارزشی هر پیکسل برای هر دوره زمانی محاسبه شد. سپس هر تصویر از متوسط طولانی مدت هر ماه کم شد.

### بحث و نتیجه‌گیری

فلات مرکزی ایران در مناطق خشک واقع شده است. این مناطق به دلیل بارندگی کم از لحاظ پوشش گیاهی فقیر و پراکنده و یا فاقد پوشش هستند. وزش باد در این مناطق زیاد است. تنوع جوامع گیاهی و میزان تولید بیوماس، اندک و

رطوبت، دمای بالا، وزش بادهای شدید، فرسایش خاک و تخریب اراضی ناشی از فعالیت انسان، شرایط سختی برای رشد و توسعه گیاهان دارد، به طوری که تعداد محدودی از گونه‌های گیاهی قادر به ادامه حیات هستند و در نتیجه، بخش‌های عمده فلات مرکزی ایران، با کمبود پوشش گیاهی مواجه هستند. بخش بزرگی از فلات ایران، فاقد پوشش گیاهی است و جزء اراضی خشک محسوب می‌گردد (Akbarzadeh and Mirhaji, 2006; Rostampour *et al.*, 2017; Jahantigh and Jahantigh, 2021). لازمۀ مدیریت علمی مراتع مناطق خشک و بیابانی، پایش مداوم پوشش گیاهی متناسب با تغییرات رطوبت خاک، مقدار و پراکندگی بارش و خصوصیات فیزیولوژیک گونه‌های غالب است (Kashki *et al.*, 2016). همان گونه که در پیش‌تر اشاره گردید، پوشش گیاهی در محدوده فلات مرکزی ایران، به صورت پراکنده مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، در برخی قسمت‌ها دارای افزایش معنی‌داری و در برخی دیگر از قسمت‌ها دارای کاهش معنی‌داری است. یعنی در برخی قسمت‌ها افزایش و در برخی دیگر از قسمت‌ها کاهش پوشش گیاهی به صورت پراکنده مشاهده گردید. همچنین بر اساس یافته‌های این تحقیق می‌توان میزان تخریب پوشش گیاهی در مناطقی که پوشش گیاهی کاهش یافته را مشخص نمود. در نهایت می‌توان توسط این نقشه‌ها مناطقی که میزان تخریب پوشش گیاهی در آن‌ها شدیدتر است را احیاء نمود و تدابیری به منظور حفظ این مناطق جهت تخریب کم‌تر، اندیشید. مناطقی که وضعیت پوشش گیاهی غنی‌تری دارند نیز، باید در جهت حفظ و تقویت پوشش گیاهی آن‌ها گام برداشت

فرسایش و جلوگیری از بیابانی شدن این مناطق دارد. مطالعات مختلفی در زمینه معرفی شاخص‌های گیاهی جهت نمایش تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام گرفته است که نتایج این مطالعات بیان‌گر این است که به دلیل متغیر بودن خصوصیات پوشش گیاهی و همچنین اختلاف در داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده نمی‌توان شاخص خاصی جهت ارزیابی پوشش گیاهی برای تمام مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی نمود. برای هر منطقه با توجه به خصوصیات پوشش گیاهی و خاک و نیز داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده، شاخص و یا شاخص‌هایی را که با مطالعات صحرائی معنی‌دار باشد، می‌توان معرفی نمود (Pelham Abbasi, 2010). اگرچه پوشش گیاهی استان اصفهان از نظر کمی از مناطق فقیر ایران به‌شمار می‌رود اما از دیدگاه تنوع گیاهی و گونه‌ای تا حدودی غنی است و در حدود ۲۰۰۰ گونه گیاهی در استان شناسایی شده است. براساس تقسیم‌بندی اقلیم‌های رویشی پابو، استان اصفهان در فلور ایرانی-تورانی واقع شده است. استان سمنان در بخش شمالی کوهستانی و در بخش جنوبی بیابانی است که نشان‌دهنده تنوع زیاد و طیف وسیعی از رویش گیاهان می‌باشد و یکی از اساسی‌ترین اقدامات به دنبال برنامه‌ریزی محیط زیست در مناطق مختلف شناخت جغرافیا و پوشش گیاهی است (Safiallah and Jalili, 2013). از جمله عواملی که پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نوسان و تغییر سال به سال بارندگی است. در اکوسیستم‌های بیابانی مناطق خشک و نیمه‌خشک، به خصوص اراضی شور، پراکنش، ترکیب و تنوع گونه‌های گیاهی به گرا دیان شیمیایی و فیزیکی خاک بستگی دارد. اکوسیستم مناطق خشک و بیابانی به دلیل کمبود

## References

Abbasi, S., Amiri Baghbadrani, F., 2010. The importance of vegetation in measuring biodiversity, National Conference on Biodiversity and its effects on agriculture

and the environment, 17 August, National Plant Gene Bank of Iran. pp. 662-667. (In Persian).

Abdullah Nejad, K., 2016. Random time series models in predicting monthly rainfall. Case

- Study: Hashemabad Station, Gorgan. Journal of Spatial Planning 5(17), 15-25. (In Persian)
- Akbari, M., 2003. Evaluation and classification of desertification with RS and GIS technique in the arid region of northern Isfahan. Master Thesis. Desertification group. Isfahan University of Technology. Faculty of Natural Resources, 167 p. (In Persian)
- Akbarzadeh, M., Mirhaji, S., 2006. Vegetation changes due to rainfall in the steppe pastures of Rudshor. Iranian Range and Desert Research 13 (3), 222-235. (In Persian)
- Alavi Panah, S., 2003. Application of Remote Sensing in Earth Sciences. Ecology 34(1), 29-38. (In Persian).
- Aliabadi, K., Entezari, A., Eskandari, N., 2014. Estimation of Physical Parameter (Biomass) of Vegetation Using Remote Sensing Data. Quarterly Journal of Geographical Studies of Arid Areas 4(15), 23-33. (In Persian)
- Asian Cheetah and Related Ecosystem Conservation Project. 2008. Environmental Protection Organization, Phase I Report. 73 p. (In Persian).
- Bachelet, D., Neilson, R.P., Lenihan, J.M., Drapek, R.J., 2001. Climate change effects on vegetation distribution and carbon budget in the United States. Ecosystems 4, 164-185.
- Bagherpour, M., Sidian, S.M., Fathabadi, A., Mohammadi, A., 2018. Evaluation of the efficiency of Man Kendall test in identifying the trend of self-correlated series. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering 11(36), 11-21. (In Persian)
- Bannari, A., Staenz, K., Haboudane, D., Khurshid, K., 2006. Sensitivity analysis of chlorophyll indices to soil optical properties using ground-reflectance data. 2006 IEEE International Symposium on Geoscience and Remote Sensing, IEEE. pp. 120-123.
- Baret, F., Jacquemoud, S., 1994. Modeling canopy spectral properties to retrieve biophysical and biochemical characteristics, Imaging spectrometry—a tool for environmental observations, Springer. pp. 145-167.
- Bozorg Nia, S., Khorrani, M., 2008. Time series analysis with MINITAB 14 software. Sokhan Gostar, 336 p. (In Persian).
- Depew, J.J., 2005. Habitat selection and movement patterns of cattle and white-tailed deer in a temperate savanna. Master thesis. Rangeland Ecology and Management group. Texas A&M University, 85 p.
- Elvidge, C.D., Chen, Z., 1995. Comparison of broad-band and narrow-band red and near-infrared vegetation indices. Remote sensing of environment 54, 38-48.
- Faber-Langendoen, D., Keeler-Wolf, T., Meidinger, D., Tart, D., Hoagland, B., Josse, C., Navarro, G., Ponomarenko, S., Saucier, J.-P., Weakley, A., 2014. EcoVeg: a new approach to vegetation description and classification. Ecological Monographs 84 (4), 533-561.
- Ghobadian, A., 1982. Central Plateau of Iran, Yazd Province Natural Landscape in Relation to Desert Issues (General Survey, Geomorphology, Pedology, Hydrology and Hydrogeology). Jundishapur University, 350 p. (In Persian)
- Gholam Hosseini, Q., Ismaili, H., Ahani, H., Teymouri, A., Ebrahimi, M., Kimi, H., Zahrabi, H., 2010. Topographic and Climatic Factors on the Distribution of *Brown Bear (Ursus arctos) (Carnivora: Ursidae)* (Linnaeus, 1758) in Fars Province Using Geographic Information System (GIS). Iranian Journal of Biology 23(2), 215-233. (In Persian)
- Gocic, M., Trajkovic, S., 2013. Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. Global and Planetary Change 100, 172-182.
- Goward, S.N., Cruickshanks, G.D., Hope, A.S., 1985. Observed relation between thermal emission and reflected spectral radiance of a complex vegetated landscape. Remote sensing of Environment 18, 137-146.
- Hamed, K.H., 2008. Trend detection in hydrologic data: the Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of hydrology 349, 350-363.
- Hamed, K.H., Rao, A.R., 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. Journal of hydrology 204, 182-196.
- Harris, A., Carr, A.S., Dash, J., 2014. Remote sensing of vegetation cover dynamics and resilience across southern Africa. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 28, 131-

- 139.
- Hoersch, B., Braun, G., Schmidt, U., 2002. Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment and Urban Systems* 26, 113-139.
- Huete, A., Justice, C., Van Leeuwen, W., 1999. MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis document 3, 295-309.
- Huete, A.R., Didan, K., 1999. MODIS vegetation index (MOD 13) algorithm theoretical basis document. Science Team Members Wim Van Leeuwen<sup>1</sup>, MODIS Associate Science Team Member, the University of Arizona, 129 p.
- Jahantigh, M., Jahantigh, M., 2021. Investigation of Wind Erosion Status and Identification of Suitable Species for Soil Conservation (Case Study: Gharghari Region, Sistan, Iran). *Degradation and Rehabilitation of Natural Land* 1(2), 59-68. (In Persian)
- Kardovani, p., 1988. Characteristics (Climatic, Soil and Geomorphological) of Dry Areas and Its Issues. *Journal of the Faculty of Literature and Humanities, University of Tehran* 26 (1, 2, 3, 4), 154-168. (In Persian)
- Kashki, M. T., Shahmoradi, A., Namdoost, T., 2016. Investigation of the dynamics and trend of vegetation changes in desert ecosystems (Case study: Jajarm region, North Khorasan). *Journal of Desert Ecosystem Engineering* 4(7), 87-98. (In Persian)
- Kazemina, A., 2018. Application of remote sensing and GIS in the investigating vegetation coverage. *Geospatial Engineering Journal* 9(1), 75-85. (In Persian)
- Kermani, F., Raygani, B., Nezami, B., Goshtasb, H., Khosravi, H., 2016. Evaluating the trend of vegetation changes in Turan Biosphere Reserve using remote sensing data. Master Thesis. Natural Resources-Environmental Engineering group, Land Evaluation and Management, Faculty of Environment, 71 p. (In Persian)
- Kermani, F., Raygani, B., Nezami, B., Goshtasb, H., Khosravi, H., 2018. Assessing the trend of vegetation changes in arid and semi-arid regions (Case study: Turan Protected Area). *Journal of Desert Ecosystem Engineering* 6(17), 1-14. (In Persian)
- Persian)
- Khaliq, M.N., Ouarda, T.B., Gachon, P., Sushama, L., St-Hilaire, A., 2009. Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers. *Journal of Hydrology* 368, 117-130.
- Khwajeddin, S. J., 1997. The role of remote sensing in the development of agriculture and sustainable natural resources and the use of this data in agricultural and industrial planning, the first seminar on the role of industry in agricultural development, Shahrak Scientific and Research Publications in collaboration with Mani Publications, Isfahan. pp. 447-460. (In Persian)
- Kouchali, F., Nezami Balochi, B., Goshtasb, H., Raigani, B., 2019. Identification of key habitats for the protection of brown bear (*Ursus arctos*) in the northern slopes of Alborz. *Journal of Animal Environment* 10(3), 1-8. (In Persian)
- Magee, T.K., Ringold, P.L., Bollman, M.A., 2008. Alien species importance in native vegetation along wadeable streams, John Day River basin, Oregon, USA. *Plant Ecology* 195, 287-307.
- Mattson, D.J., Merrill, T., 2002. Extirpations of grizzly bears in the contiguous United States, 1850–2000. *Conservation Biology* 16, 1123-1136.
- Mir Ahsani, M. S., Salman Mahini, A. R., Sufyanian, A., Mohammadi, J., Modares, R., Jafari, R., Pourmanafi, S., 2020. Evaluating the trend of vegetation changes using time series images and Mann-Kendall test in Gavkhooni watershed. *Journal of Environmental Science* 45(1), 99-114. (In Persian)
- Mohammadyari, F., Pourkhabaz, H. R., Tavakoli, M., Aqdar, H., 2014. Preparation of vegetation map and monitoring of its changes using remote sensing techniques and geographic information system (Case study: Behbahan city). *Geographical Information Quarterly (Sepehr)* 23(92), 23-34. (In Persian)
- Mokhtari, A., Faiznia, S., Ahmadi, H., Khajauddin, S., Rahnama, F., 2001. Application of Remote Sensing in Preparation of Land Use Information Layers and Land Cover in MPSIAC Soil

- Erosion Model. Journal of Research and Construction 13(1), 82-87. (In Persian)
- Nateghi, S., Lamenter, A., Ehsani, A., Bazrafshan, A., 2017. Investigation of vegetation changes based on vegetation indices using remote sensing. Iranian Journal of Range and Desert Research 24 (4), 778-790. (In Persian).
- Nirumand, H. A., Bozorgnia, S.A., 2011. Time Series. Payame Noor University, 292 p. (In Persian)
- Pelham Abbasi, A., 2010. Barriers and limitations of the use of remote sensing in estimating plant parameters in arid and semi-arid regions. Geographical Information Quarterly (Sephehr) 18(72), 28-31. (In Persian)
- Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C.J., Stenseth, N.C., 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. Trends in Ecology & Evolution 20, 503-510.
- Peymanifard, B., 1996. A study of some ecological characteristics of arid and semi-arid regions. The second national conference on desertification and various methods of desertification, September 1 and 2, Deputy Minister of Education and Research of the Ministry of Jihad Sazandegi. pp. 1-7. (In Persian)
- Rahmati, M., Asghari Bajestani, M., 2016. Presenting a method to eliminate the ribbon error in the images of linear array sensors. Journal of the Iranian Association of Electrical and Electronic Engineers 13(2), 93-102. (In Persian)
- Rayegani, B., Jahani, A., Sattari Rad, A., Shoghi, N., 2019. Predicting Land Use Change for 2030 Using Remote Sensing and Landsat Multi-Time Images (Case Study: Mashhad). Journal of Land Management 10(2), 249-269. (In Persian)
- Rayegani, B., Barati, S., Goshtasb, H., Sarkheil, H., Ramezani, J., 2019. An effective approach to selecting the appropriate pan-sharpening method in digital change detection of natural ecosystems. Ecological Informatics 53, 100984.
- Richardson, A.J., Everitt, J.H., 1992. Using spectral vegetation indices to estimate rangeland productivity. Geocarto International 7, 63-69.
- Rostampour, M., Jafari, M., Tavili, A., Azarnivand, H., Islami, S.V., 2017. Study of plant composition and diversity along the soil salinity gradient of the rangelands of Daq Petregan, South Khorasan. Journal of Desert Ecosystem Engineering 6(16), 11-24. (In Persian)
- Safiallah, S., Jalili, S., 2013. Study of geography and vegetation and environmental threatening factors in Semnan province. National Conference on Environmental Research of Iran, November 30, Permanent Secretariat of the Conference. pp. 1-10. (In Persian)
- Sanaeinejad, S. H., Astaraei, A., Mir Hosseini, P., Keshavarzi, A., 2008. Using Satellite Images for Vegetation Studies (Comparison of Different Vegetation Indicators - Case Study of Neishabour Region). 5th National Congress of Agricultural Machinery and Mechanization Engineering, 6 and 7 September, Iranian Agricultural Machinery and Mechanization Engineering Association. pp. 1-10. (In Persian)
- Shahriari, H., Shariati, N., Muslimi, A., 2012. Presenting a Method for Stable Prediction of Time Series Using in Financial Problems Using Robust Method. Quarterly Journal of Financial Knowledge, Securities Analysis 5(3), 97-114. (In Persian)
- Shokohizadegan, S., Khosravi, H., Azarnivand, H., Zehtabian, Gh. R., Rayegani, B., 2016. Evaluation and monitoring of vegetation based on fuzzy logic using satellite images (Case study: Bamoo-Shiraz National Park). Geographical Information Quarterly (Sephehr) 25(100), 157-166. (In Persian)
- Tiwari, A., Jain, K., 2014. GIS Steering smart future for smart Indian cities. International Journal of Scientific and Research Publications 4, 442-446.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., Cavadias, G., 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. Hydrological processes 16, 1807-1829.
- Zarei, A., Abedi, S., Mahmoudi, M., Peyravi Latif, Sh., 2016. Evaluation of hibernation habitat of *Ursus arctos* Syriacus using generalized linear modeling (GLM) and geographical weight regression (GWR) in southern Iran. Applied Ecology 4(14), 75-85. (In Persian)

## Investigating the trend of vegetation change in the central Plateau of Iran with the help of remotely sensed time series between 2002-2018

Maryam Zolfaghary<sup>1</sup>, Behzad Rayegani<sup>\*2</sup>, Bagher Nezami Balouchi<sup>1</sup>, Hamid Gostasb<sup>2</sup>,  
Ali Jahani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Biodiversity and Natural Environment, College of Environment, Karaj, Iran

<sup>2</sup>Department of Assessment and Environment Risks, Research Center of Environment and Sustainable Development, Tehran, Iran

\*Corresponding author: [bhz.ray@gamil.com](mailto:bhz.ray@gamil.com)

### Abstract

Vegetation consist of collections with spontaneous growing. MODIS vegetation index plays an essential role in several studies about EOS (Earth Observation System). The aim of this research is evaluation of vegetation trends in Central Plateau of Iran. This aim was done by remote sensing data and time series. Using the data are related to (MOD13A2) MODIS sensor and Terra satellite and they are 16 days with spatial resolution 1km during 2002 to 2018. For this purpose, we used from significance of Mann Kendall and linear correlation parameters such as maximum monthly vegetation maximum annually vegetation based on maximum monthly vegetation at 1% level were used. Analyses show the similarity between two significant methods, so considering of vegetation trend is possible with using both of them. Regarding arid and semiarid of the region, based on similar study, PVI1 vegetation trend is considered as a suitable vegetation in the area of study. Considering significant trend of this vegetation indicates that in Central Plateau of Iran, increasing of significant in vegetation in Qom, Semnan, South Khorasan, Esfahan and Yazd provinces are visible (Values greater than +0.18 for monthly images and numbers greater than +0.606 for annual images). Also, decreasing significant of vegetation was observed in Khorasan-e Razavi, Qom, Esfahan and Yazd provinces (Values less than -0.18 for monthly images and numbers smaller than -0.606 for annual images). Result of this study indicates sensitive and vulnerable regions in Central Plateau of Iran that can be effective in better management of vegetation in the future.

**Keywords:** Trend evaluation, Terra, Mann-Kendall, Significant of linear correlation, MODIS