

## ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده توران)

فرزانه کرمانی<sup>۱</sup>، بهزاد رایگانی<sup>۲\*</sup>، باقر نظامی<sup>۳</sup>، حمید گشتاسب<sup>۴</sup>، حسن خسروی<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۱

### چکیده

پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های خشکی به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی محیط‌زیست است و نقش مهمی در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند. تجزیه و تحلیل داده‌های سری زمانی پوشش گیاهی به‌طور قابل توجهی درک ما را از تغییرات بلندمدت پوشش گیاهی بهبود می‌بخشد. هدف از تحقیق حاضر ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده توران با استفاده از داده‌های سری زمانی پوشش گیاهی سنجنده MODIS از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ است. برای بررسی تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی از روش‌های ناپارامتری روند میانه (تیل - سن) و معنی‌داری من-کندال استفاده شد و این روش‌ها بر روی چهار شاخص گیاهی NDVI، EVI، SAVI و PVIII اعمال گردید. برای انتخاب شاخص طیفی مناسب اکوسیستم خشک توران، بازدید میدانی صورت گرفت. نتایج حاصل از بازدید میدانی نشان داد شاخص PVIII بهترین شاخص پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی است. نتایج مربوط به تحلیل روند نشان داد که تمرکز مناطق با روند کاهشی یا تخریب یافته، بیشتر در شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی همچنین غرب و جنوب غربی منطقه است. مناطق بهبود یافته یا با پوشش گیاهی افزایش یافته، مناطق میانی و جنوبی منطقه مطالعاتی را شامل می‌شوند. همچنین مناطق با ثبات یا بدون روند در کل منطقه پراکنده‌اند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل روند، تیل-سن، سری زمانی، من-کندال، MOD13Q1.

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشکده محیط‌زیست

۲. استادیار گروه محیط‌زیست و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست، نویسنده مسئول / behzad.raygani@gmail.com

۳. استادیار گروه محیط‌زیست و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست

۴. دانشیار گروه محیط‌زیست و تنوع زیستی، دانشکده محیط‌زیست

۵. استادیار گروه احیا و مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی و کشاورزی، دانشگاه تهران

## مقدمه

ارزیابی و نظارت بر اکوسیستم‌ها از نیازهای کلیدی تحقیق در زمینه تغییرات جهانی، مدیریت اکوسیستم‌ها و حفاظت از تنوع زیستی است (پرش<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). پویایی زمانی اکوسیستم‌های خشکی دارای تغییرات پیوسته و ناپیوسته است و به ندرت بدون هیچ تغییری باقی مانده است (د جونگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۳).

گیاهان نخستین و مهم‌ترین تولیدکننده در هر اکوسیستم‌اند (اسمیت<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های خشکی به‌عنوان یک شاخص مهم در ارزیابی محیط‌زیست است و نقش مهمی در حفظ تعادل اکوسیستم‌ها ایفا می‌کند (پرینگل<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). پوشش گیاهی نه تنها بخش اصلی اکوسیستم‌های خشکی را تشکیل می‌دهد، بلکه نقش بسیاری مهمی در تبادلات انرژی، چرخه آب و چرخه‌های بیوژئوشیمیایی در سطح زمین دارد (پنگ<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). تغییر پوشش گیاهی یکی از مباحث بسیار مهم محیط‌زیستی در دنیای امروز به شمار می‌رود؛ زیرا به‌عنوان یک محرک در تغییر شرایط زیستگاهی و ترکیب گونه‌هاست و موجب ایجاد اختلال در اکوسیستم خواهد شد (ران نو و نوبرت<sup>۶</sup>، ۲۰۱۴).

سیر طبیعی سری زمانی را در درازمدت، روند می‌گویند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۲۰۱۰). این روش یکی از بنیادی‌ترین تحلیل‌های سری زمانی برای جست‌وجوی حضور روندهای بلندمدت است (شیخ و همکاران، ۲۰۱۱). تغییرات سری زمانی می‌تواند به علت تغییرات در روند<sup>۷</sup> به وجود آید که تعدادی از آن‌ها طبیعی و بعضی ناشی از عوامل دیگرند (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۲۰۱۰). آشکارسازی و توصیف روند تغییرات در طول زمان، اولین گام اساسی در تعیین نیروهای محرک و شناخت مکانیسم تغییرات است و در این فرایند، تولید نقشه‌هایی با دقت مطلوب، از عناصر مختلف سرزمین

یکی از ابزارهای مهم در پایش عرصه‌های منابع طبیعی و محیط‌زیست به شمار می‌آید (عباس‌زاده تهرانی و صابری، ۲۰۱۲). به همین دلیل، ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی برای درک بهتر روابط و کنش‌های متقابل بین انسان و پدیده‌های طبیعی با هدف مدیریت بهتر و استفاده بهینه از منابع به شمار می‌رود (آرخی و همکاران، ۲۰۱۱). چنین ارزیابی‌هایی اغلب نیاز به استفاده از داده‌های ماهواره‌ای دارد (بوتو و گروثولند<sup>۸</sup>، ۲۰۰۶)؛ چراکه بررسی منابع زمینی با استفاده از روش‌های سنتی معمولاً زمان‌بر و مستلزم هزینه‌های زیاد است (موسوی و همکاران، ۲۰۰۷). سنجش از دور تکنیک مفیدی برای تشخیص تغییرات پوشش گیاهی است (ساکاموتو<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۰۵). در سال‌های اخیر استفاده از محصولات پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای، به ابزاری قدرتمندی برای جمع‌آوری اطلاعات درباره پویایی پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های سراسر جهان تبدیل شده است؛ زیرا اجازه می‌دهد تا با کارآمدترین زمان و کمترین هزینه بر منابع طبیعی و اکوسیستم نظارت داشته باشیم (ویلیس<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۵) و همچنین منجر به آشکارسازی تغییرات ناگهانی و غیرمترقبه یا تغییرات با روند آرام در گذر زمان نیز می‌شود (مرادی و همکاران، ۲۰۱۳).

سنجنده مودیس توسط دو سکوی ماهواره Terra که از سال ۱۹۹۹ و Aqua که از سال ۲۰۰۲ به فضا پرتاب شدند، کل سطح زمین را در یک تا دو روز تصویربرداری می‌کند. تولیدات شاخص طیفی گیاهی مودیس (MOD13) داده‌های قابل اعتمادی هستند که می‌توانند در تفسیر روند تغییرات پوشش گیاهی به کار گرفته شوند (سولانو<sup>۱۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۰). در این راستا تحقیقات زیادی با استفاده از داده‌های پوشش گیاهی سنجنده مودیس صورت گرفته است. برای مثال، ایکرت<sup>۱۲</sup> و همکاران (۲۰۱۵) در مغولستان در طول سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱، جیانگ<sup>۱۳</sup> و همکاران (۲۰۱۵) از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ در حوضه رودخانه زرد در چین،

8. Baugh & Groeneveld  
9. Sakamoto  
10. Willis  
11. Solano  
12. Eckert  
13. Jiang

1. Parrish  
2. de Jong  
3. Smith  
4. Pringle  
5. Peng  
6. Rannow & Neubert  
7. Trend

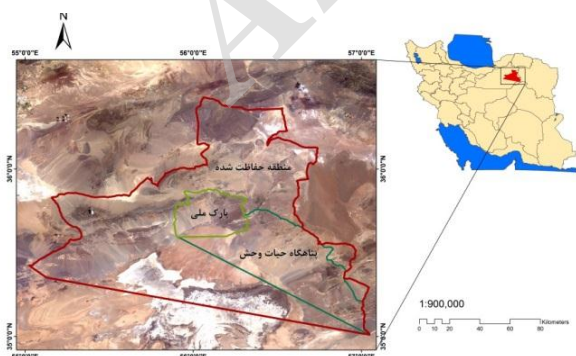
زمانی MOD13Q1 سنجنده مودیس و انتخاب شاخص طیفی پوشش گیاهی مناسب منطقه خشک و نیمه خشک بر اساس بازدید میدانی و نقاط کنترل زمینی، تغییرات روند بلندمدت پوشش گیاهی در منطقه حفاظت شده توران از سال ۲۰۰۱ تا پایان سال ۲۰۱۵ مورد بررسی قرار گیرد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

منطقه حفاظت شده توران به مساحت ۱۴۴۱۵۲۳ هکتار، در جنوب شهرستان شاهرود (استان سمنان) جای دارد و قسمت کوچکی از جنوب شرقی آن در استان خراسان قرار گرفته است (توکلی مهر و دیباج، ۲۰۱۰).

مختصات جغرافیایی این منطقه بین ۵۷° ۵۴' تا ۳۵° ۵۷' ۰۳" طول شرقی و ۳۴° ۵۵' ۳۵" تا ۳۶° ۳۲' ۳۸" عرض شمالی است (شکل ۱). تقریباً تمام منطقه توران اقلیم خشک دارد و برخی از مناطق کوهستانی، اقلیم نیمه خشک دارند. تنوع گونه‌ای این منطقه در آسیای غربی کم نظیر است. در این منطقه تعداد ۶۵۴ گونه گیاهی شناسایی شده است که تعداد ۵۷ گونه گیاهی بومی ایران‌اند. گیاهان این منطقه دارای ارزش‌های مختلف دارویی، تجاری، صنعتی و زینتی است. مجموعه توران بهترین نمونه معرف منطقه رویشی ایرانی تورانی است که عرصه‌های دشتی کوهستانی را در خود جای داده است و عمدتاً پوشیده از بوته‌های کوتاه درمنه است (توکلی مهر و دیباج؛ ۲۰۱۰).



شکل (۱): موقعیت منطقه مطالعاتی

Figure (1): Location of the study area

کولدیتز<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۵)، در مکزیک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴، با استفاده از داده پوشش گیاهی سنجنده مودیس و استفاده از تکنیک تحلیل روند، تغییرات پوشش گیاهی را به دست آوردند. در ایران نیز، عباس‌زاده تهرانی و صابری (۲۰۱۲) با استفاده از شاخص‌های NDVI و EVI سنجنده MODIS به بررسی الگوی تغییرات روند پوشش اراضی در طول سال ۲۰۱۱ پرداختند.

در کشور مطالعات اندکی درباره روند بلندمدت پوشش گیاهی با داده‌های سری زمانی، صورت گرفته است. حال آنکه پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه خشک به دلیل حفاظت از تنوع زیستی، ترسیب کربن، و چرای اغلب دام‌های جهانی از اهمیت بالایی برخوردار است و منبع اصلی تأمین غذا (مستقیم و غیرمستقیم) برای سایر جانداران می‌باشد (یانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه ۲/۳ کشور ایران در کمربند خشک و نیمه خشک قرار گرفته است (اکبرزاده و میرحاجی، ۲۰۰۶)، ضرورت دارد این قبیل بررسی‌ها برای انجام مدیریت بهینه در مناطق حفاظت شده صورت گیرد.

مجموعه حفاظتی توران، نمونه‌ای از مناطق خشک و بیابانی است، ولی با وجود کم بودن بارندگی و به تبع آن کمبود آب‌های زیرزمینی، از نظر تنوع پوشش گونه‌های گیاهی بسیار غنی است. در حال حاضر پستانداران وحشی، مهم‌ترین گونه‌های جانوری این منطقه را تشکیل می‌دهند. از ۴۱ گونه پستاندار وحشی بر اساس طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت، قوچ و میش گونه آسیب‌پذیر، گور ایرانی و پلنگ در خطر انقراض و یوز آسیایی در آستانه انقراض قرار دارند. همچنین از ۱۶۷ گونه پرنده این منطقه، زاغ بور پرنده بومی ایران است و طبق طبقه‌بندی اتحادیه جهانی حفاظت، ۳ گونه اردک بلوطی، عقاب شاهی و دلیجه کوچک در خطر انقراض‌اند (توکلی مهر و دیباج، ۲۰۱۰). با توجه به تأثیرات متعددی که تغییر پوشش گیاهی بر اکوسیستم و گونه‌های این منطقه خواهد داشت، در این مقاله سعی شده است با ایجاد شاخص‌های پوشش گیاهی خط خاک از محصول سری

### داده مورد استفاده

1. Colditz
2. Yang

به منظور تحلیل روند بلندمدت داده‌ها، از روش Standardized Anomalies استفاده شد؛ زیرا برای بررسی روند بلندمدت، نیاز است تغییرات کوتاه مدت از جمله تغییرات فصلی حذف شود (تی فری<sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

جدول (۱): معادله شاخص‌های مورد استفاده

Table (1): Equation for used indices

شاخص	فرمول
PVII	$\frac{(aNIR - RED + b)}{\sqrt{a^2 + 1}}$
TSAVII	$\frac{a(NIR - a * RED - b)}{(RED + a * NIR - a * b)}$
NDVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + RED}$
EVI	$\frac{NIR - RED}{NIR + C1 RED - C2 BLUE + L} (1 + L)$

NIR: باند مادون قرمز، RED: باند قرمز، BLUE: باند آبی، a: شیب خط خاک، b: عرض از مبدأ خط خاک، C1، C2 و L به ترتیب برابر است با: ۶، ۷/۵، و ۱۰

بررسی منابع نشان می‌دهد که روش‌های ناپارامتری در آزمون روند از کاربرد چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند. دلیل این امر را می‌توان نرمال نبودن توزیع نمودار در بازه زمانی طولانی مدت دانست که این امر بستگی به نوع داده به کار گرفته شده دارد (شیخ و همکاران، ۲۰۱۱؛ لافیتویچ و پولیوت<sup>۶</sup>، ۲۰۱۴؛ کولدیتز و همکاران، ۲۰۱۵).

به همین دلیل برای بررسی تغییرات روند در تمامی شاخص‌های پوشش گیاهی، از ترکیب دو روش ناپارامتری، روند میانه (تیل-سن<sup>۷</sup>) برای تحلیل آماری شیب تغییرات و من-کندال<sup>۸</sup> برای معنی دار بودن این تغییرات استفاده شد. پس از آن مناطق منحصربه‌فرد افزایشی و کاهش‌ی در هر یک از شاخص‌های مورد بررسی بر اساس منطق بولین، به دست آمد. به طوری که ابتدا اشتراک همگی شاخص‌ها به دست آمد

در این پژوهش، محصول MOD13Q1 از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ از طریق آرشیو NASA دریافت شد. داده‌های MOD13Q1 سنجنده مودیس ماهواره ترا، هر ۱۶ روز در قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر (بالاترین قدرت تفکیک نسبت به محصولات پوشش گیاهی) به عنوان یک محصول شبکه‌ای Level-3 در سیستم تصویر سینوسی ارائه شده است (پرینگل و همکاران، ۲۰۱۲). این محصول که از سال ۲۰۰۰ تا به امروز در دسترس است، داده‌های دقیقی را برای بررسی تغییرات روند طولانی مدت پوشش گیاهی، در مقیاس محلی فراهم می‌کند (سولانو و همکاران، ۲۰۱۰).

### روش تحقیق

در این پژوهش علاوه بر شاخص‌های NDVI و EVI موجود در محصول MOD13Q1 سنجنده مودیس، دو شاخص فاصله محور TSAVII و PVII، با استفاده از باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و داده‌های کیفیت موجود در این محصول، ساخته شد تا پس از مراحل اعتبارسنجی، بهترین شاخص پوشش گیاهی در منطقه مطالعاتی مشخص شود و بر اساس آن تحلیل روند صورت گیرد. شاخص‌های TSAVII و PVII به منظور کاهش پس‌زمینه خاک و حذف اثر روشنایی خاک در مواردی است که پیکسل‌ها ترکیبی از پوشش گیاهی سبز و پس‌زمینه خاک هستند، ایجاد شده‌اند که این موضوع در اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک حائز اهمیت است (علوی‌پناه، ۲۰۰۳؛ ردوان و کانان<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲). در مجموع از ۴ شاخص طیفی پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۵ در تمامی ماه‌ها استفاده شد. معادله هریک از شاخص‌های مورد استفاده در جدول (۱) ارائه شده است. پس از ایجاد شاخص‌های مختلف به دلیل وجود ابر و غبار در تصاویر، عمل پیش‌پردازش انجام شد. برای حذف ابر و آلودگی غباری، به روش تجمیع سری<sup>۲</sup>، داده‌های ۱۶ روزه به داده‌های ماهانه با مقدار بیشینه<sup>۳</sup> تجمیع شد (فورکل<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۳). سپس برای برطرف کردن اثر فصلی

5. Teferi  
6. Latifovic & Pouliot  
7. Theil-Sen  
8. Mann-Kendal

1. Redowan & Kanan  
2. Aggregate  
3. Maximum  
4. Forkel

$$S = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{i=j+1}^n \text{sgn}(VI_j - VI_i), \text{VAR}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

$$\text{sgn}(VI_j - VI_i) = \begin{cases} 1, & VI_j - VI_i > 0 \\ 0, & VI_j - VI_i = 0 \\ -1, & VI_j - VI_i < 0 \end{cases}$$

Z آماره آزمون من-کندال است. اگر قدرمطلق آماره Z در سطح معنی داری ۵٪ بزرگتر از ۱/۹۶ باشد، روند متغیر، معنی دار است. مقدار منفی آماره Z نشان دهنده روند کاهش و مقدار مثبت Z نشان دهنده روند افزایشی است.  $VI_j$  و  $VI_i$  نشان دهنده ارزش شاخص پوشش گیاهی در سری i و j است. n طول سری زمانی (در این مطالعه ۱۵ سال) و دامنه ارزشی z از  $-\infty$  تا  $+\infty$  است.

### بازدید میدانی

در مناطق خشک و نیمه خشک با پوشش گیاهی تنک و پراکنش نامنظم باید توجه داشت که پلات انتخابی، به اندازه کافی بزرگ باشد تا بیشتر گونه های منطقه را در بر گیرد. به طوری که در این گونه مناطق، پلات باید به گونه ای انتخاب شود که حداقل ۳ تا ۴ پایه از گونه های کلیدی منطقه را در برگیرد (سورلس و گلن<sup>۶</sup>، ۱۹۹۱؛ کیلی و فتمینگهام<sup>۷</sup>، ۲۰۰۵؛ جورجین<sup>۸</sup>، ۲۰۰۹). به همین دلیل برای تعیین شاخص پوشش گیاهی مناسب منطقه، ۴ شاخص به کاررفته با استفاده از نقاط مشخص شده در پلات های  $3m \times 3m$  مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل ۲) و روند پوشش گیاهی مرتعی در آن نقاط به دست آمد.



شکل (۲): پلات پوشش گیاهی  $3m \times 3m$

Figure (2): Vegetation plot  $3m \times 3m$

بدین منظور بر اساس نظریات کارشناسی و مشورت با متخصصین اکوسیستم های خشک و بیابانی، معیاری برای

و تصویر اشتراکی از تمامی شاخص ها کسر گردید. نقاط باقی مانده در هر شاخص علامت گذاری شد. سپس بر اساس نقاط مشخص شده در آن مناطق، بازدید میدانی صورت گرفت. بازدید میدانی در ۶۲ نقطه و در پلات های  $3m \times 3m$  صورت گرفت و گرایش مرتع در هر یک از این پلات ها به دست آمد. سپس با استفاده از ارزیابی صحت گرایش مرتع نقاط بازدید شده و روند بلندمدت به دست آمده از تجزیه و تحلیل های مربوط به تمامی شاخص ها، مناسب ترین شاخص پوشش گیاهی منطقه مطالعاتی انتخاب گردید و روند تغییرات بلندمدت بر اساس شاخص انتخاب شده مورد تحلیل قرار گرفت.

### آزمون روند میانه تیل-سن

تجزیه و تحلیل روند میانه تیل-سن یک روش غیرپارامتریک آماری بابت<sup>۱</sup> است و شیب و عرض از مبدأ بین هر جفت داده مشاهداتی را محاسبه می کند (تیل<sup>۲</sup>، ۱۹۵۰؛ سن<sup>۳</sup>، ۱۹۶۸). شیب میانه تیل-سن، میانه همه شیب هاست و از فرمول زیر محاسبه می شود:

$$\beta = \text{Median}\left(\frac{VI_j - VI_i}{t_j - t_i}\right), j > i \quad (1)$$

$\beta$  شیب میانه تیل-سن، Median میانه مجموعه ارزش ها،  $t_j$  و  $t_i$  نشان دهنده سال ها و  $VI_i$  نشان دهنده ارزش شاخص پوشش گیاهی سال i است. اگر  $\beta > 0$  باشد، روند شاخص پوشش گیاهی در حال افزایش و به معنای آن است که پوشش گیاهی در این دوره از زمان بهبود یافته است. درباره  $\beta < 0$  عکس این قضیه صادق است (کائو<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۱۴).

### آزمون معنی داری من-کندال

این روش یک آزمون آماری ناپارامتری است و مزیت آن این است که نمونه ها به توزیع خاصی نیاز ندارند (کندال<sup>۵</sup>، ۱۹۷۵). معادله این روش در زیر ارائه شده است:

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & s > 0 \\ 0, & s = 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (2)$$

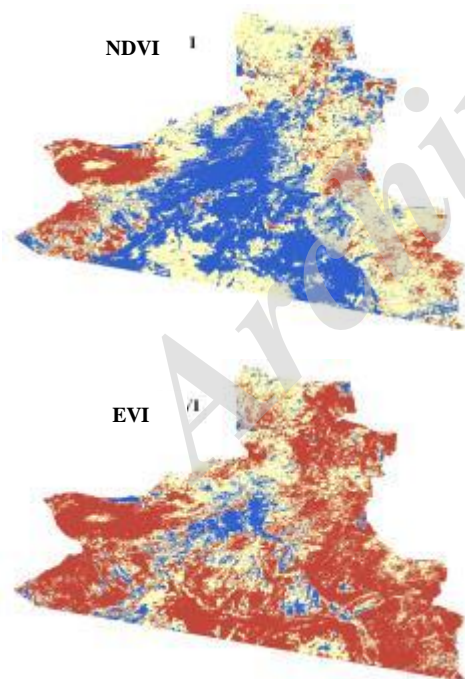
1. Robust
2. Theil
3. Sen
4. Cao
5. Kendall

6. Sorrells & Glenn
7. Keeley & Fotheringham
8. Jurgen

### روند شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی

بر اساس روند میانه تیل-سن، شیب افزایشی و کاهش‌ی مربوط به هر شاخص به دست آمد. سپس بر اساس آزمون من-کندال، معنی‌داری تغییرات شیب در هر شاخص محاسبه شد. تصاویر حاصل از نتایج این دو روش در هریک از شاخص‌ها با هم ترکیب گردید و تصاویر ترکیب‌شده طبقه‌بندی شدند.

همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، مناطق با رنگ قرمز بر اساس شیب تیل-سن دارای شیب منفی بوده و با توجه به آماره Z در آزمون من-کندال، در سطح ۵٪ معنادار هستند ( $Z < -1.96$ ). این مناطق، دارای روند معنادار کاهش‌ی، در طول این ۱۵ سال است. مناطق با رنگ آبی مناطقی هستند که دارای شیب مثبت بوده و با توجه به آماره Z در آزمون من-کندال، در سطح ۵٪ معنادار هستند ( $Z > 1.96$ ). این مناطق، دارای روند معنادار افزایش‌ی، در طول این ۱۵ سال است. مناطق با رنگ زرد مناطقی هستند که دارای شیب‌های مثبت یا منفی بوده، با توجه به آزمون من-کندال، معنادار نیستند.



تعیین روند پوشش گیاهی در جدول ۲ پیشنهاد شده است. برای تعیین روند پوشش گیاهی مرتعی در پلات‌ها، ۲ فاکتور خاک و پوشش گیاهی مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور در نقاط مشخص‌شده، مناطقی که دارای گیاهان با سن‌های مختلف بودند و خاک منطقه دارای لاشبرگ بود، مناطق با روند افزایشی و مناطقی که دارای گیاهان هم سن و خاک بدون لاشبرگ بودند، به‌عنوان مناطق بدون روند در نظر گرفته شدند. همچنین مناطقی که دارای گیاهان سمی و خاردار، از بین رفتگی گیاه در اثر چرای دام و تجمع خاک در اطراف گیاهان بودند به‌عنوان مناطق با گرایش پس‌رونده (کاهش‌ی) در نظر گرفته شد.

جدول (۲): مشخصات فاکتورهای بررسی گرایش مرتع  
Table (2): Specifications of rangeland orientation evaluation factors

فاکتور	گرایش پس‌رونده	گرایش پیش‌رونده
خاک	وجود جاهایی عاری از پوشش در سطح خاک، رنگ روشن خاک نسبت به مناطق اطراف، تجمع خاک در اطراف گیاهان در نتیجه فرسایش بادی، وجود گرد و خاک در منطقه	عدم وجود علائم فرسایش خاک وجود لاشبرگ در سطح خاک
پوشش گیاهی	وجود گیاهان بی‌ارزش از نظر چرای دام، گیاهان سمی و خاردار، عدم وجود نهال‌های جوان و میانسال، وجود گیاهان از بین رفته بر اساس چرای دام از علائم	ظهور و رشد گونه‌های چندساله

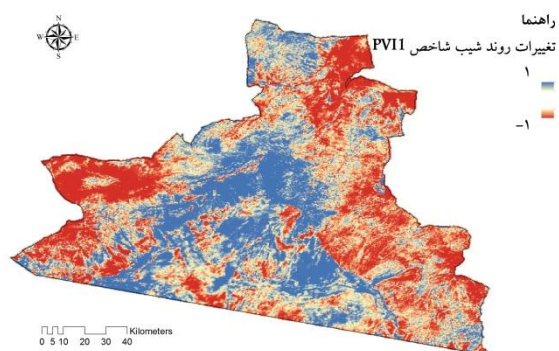
### ارزیابی صحت

یکی از متداول‌ترین روش‌های ارزیابی صحت، استفاده از ماتریس خطا است. در این روش تک‌تک نقاط نمونه‌برداری شده با کلاس طبقه‌بندی شده تلاقی می‌یابد و در نتیجه، امکان بررسی صحت طبقه‌بندی پیکسل‌ها فراهم می‌گردد (علوی‌پناه، ۲۰۰۳). در این پژوهش، صحت نقشه‌های روند شاخص‌ها برای مقایسه نفاط بازدید میدانی و تفسیر شاخص‌های طیفی، از طریق تشکیل ماتریس خطا ارزیابی شد.

### نتایج

### ارزیابی روند بلندمدت شاخص PVI1

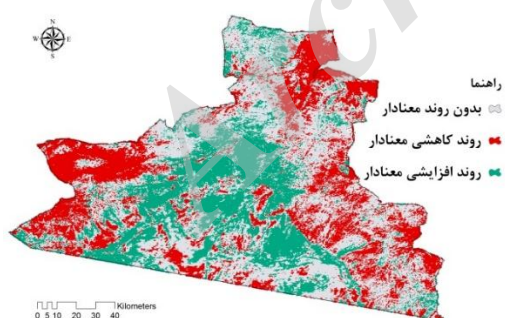
شکل (۴) شیب تغییرات روند حاصل از روش میانۀ تیلسن را نشان می‌دهد. مناطق با رنگ قرمز دارای شیب منفی و ارزش کمتر از صفر، مناطق با رنگ آبی دارای شیب مثبت و ارزش بیشتر از صفر است.



شکل (۴): شیب تغییرات روند تیل-سن شاخص PVI1.

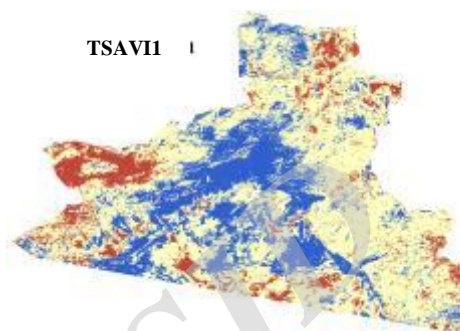
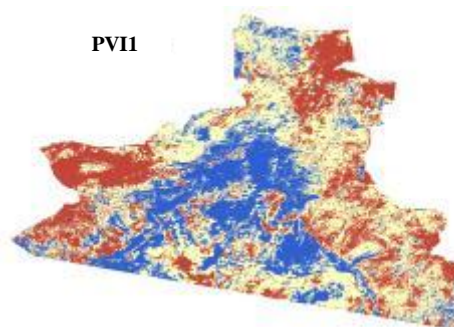
Figure (4): Slope of trend changes in the age-old index of PVI1

شکل (۵) حاصل ترکیب دو روش مورد استفاده در تحلیل روند را نشان می‌دهد. بر این اساس روند منطقه به سه سطح، با تغییرات یکنواخت تقسیم شد. مناطق با رنگ قرمز دارای روند کاهشی معنادار هستند. مناطق با رنگ سبز دارای روند افزایشی معنادار و مناطق با رنگ خاکستری دارای شیب‌های منفی و مثبت هستند اما تغییرات آن‌ها بر اساس آزمون من-کندال معنادار نیستند.



شکل (۵): روند بلندمدت حاصل از ترکیب دو روش تیل-سن و منکندال شاخص PVI1. مناطق با رنگ سبز دارای شیب مثبت و  $Z > 1.96$  می‌باشند. مناطق با رنگ قرمز دارای شیب منفی و  $Z < -1.96$  هستند مناطق با رنگ خاکستری شیب‌های مثبت یا منفی دارند و آزمون من-کندال آن‌ها معنادار نیست.

Figure (5): The long-term trend resulting from the combination of the two-year Tiel-Sen and Minckandal methods of the PVI1 index



راهنما

$Z > ۶۹.۱$  شیب کاهشی و

$۶۹.۱ < Z < ۶۹.۱$  شیب افزایشی یا کاهشی و

$Z < ۶۹.۱$  شیب افزایشی و

شکل (۳): ترکیب آزمون من-کندال و شیب تیل سن شاخص‌های طیفی. مناطق با رنگ قرمز دارای روند کاهشی معنی دار و مناطق با رنگ آبی دارای روند افزایشی معنادار است. مناطق زرد رنگ روند تغییرات معناداری ندارند.

Figure (3): Combination of the Me-Kendal test and the tilt slope of the Spectral Indicators

### انتخاب شاخص مناسب بر اساس بازدید میدانی

بازدید میدانی در نقاط منحصربه‌فرد هر شاخص طیفی پوشش گیاهی صورت گرفت. نتایج مربوط به برآورد دقت و ضریب کاپا حاصل از ارزیابی صحت برای هر شاخص بر اساس روند پوشش گیاهی موجود در بازدید میدانی در جدول (۲) آورده شده است. بر این اساس شاخص PVI1 با ضریب کاپا ۰/۷۸۹۷ و صحت کل ۸۸/۷۱٪ دارای بیشترین صحت است.

جدول (۲): نتایج آزمون صحت

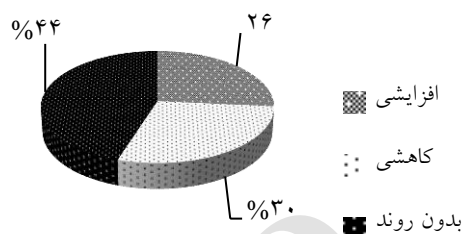
Table (2): Accuracy Test Results

ارزیابی شاخص شاخص طیفی	صحت کل (%)	ضریب کاپا
PVI1	۸۸/۷۱	۰/۷۸۹۷
TSAVI	۶۷/۷۴	۰/۵۶۷۴
EVI	۶۳/۰۶	۰/۵۲۸۸
NDVI	۵۶/۴۵	۰/۴۱۵۹

گیاهی آن منطقه تعیین شود تا موجب دستیابی به نتایج قابل اعتماد نیز گردد (ارزانی و همکاران، ۲۰۰۸). یکی از دلایل اهمیت این تحقیق، بهینه‌سازی روند بلندمدت پوشش گیاهی در منطقه خشک با استفاده از ایجاد شاخص‌های طیفی فاصله‌محور توسط داده‌های ۱۶ روزه سری زمانی سنجنده مودیس و پیشنهاد معیاری برای صحت روند موجود در واقعیت زمینی این شاخص‌هاست. بیشتر مطالعات صورت گرفته در زمینه روند (هیوت<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۲؛ اکلونده<sup>۳</sup>، ۲۰۰۳؛ اولسون<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۵؛ آنیامبا<sup>۵</sup> و توکر، ۲۰۰۵؛ جیاسیلان<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۷؛ دی یونگ<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۱؛ فنشولت و پرود<sup>۸</sup>، ۲۰۱۲؛ فنشولت<sup>۹</sup> و همکاران، ۲۰۱۲؛ ایستمن<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۱۳؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۱۵؛ کولدیتز و همکاران، ۲۰۱۵)، بدون مقایسه شاخص‌های طیفی مختلف، شاخص NDVI را به‌عنوان شاخص کارآمد منطقه معرفی کرده و تغییرات روند را بر اساس این شاخص به دست آورند. اما نتایج این مطالعه نشان داد این شاخص بر اساس بازدید میدانی، با ضریب کاپای ۰/۴۱۵۹ در ردیف چهارمین شاخص از ۴ شاخص مورد بررسی قرار گرفته است. بدین ترتیب با انتخاب شاخص طیفی مناسب منطقه خشک و ارزیابی روند بلندمدت، تجزیه و تحلیل روند مورد بهینه‌سازی قرار گرفت و فقط به شاخص طیفی NDVI کفایت نشد؛ زیرا زمانی که هدف، مطالعه پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، باید شاخص‌های طیفی‌ای انتخاب گردد تا به‌طور مؤثرتری از میزان اثر خاک بکاهند.

نتایج مقایسه بین شاخص‌های طیفی پوشش گیاهی نشان داد بر اساس ارزیابی صحت، شاخص پوشش گیاهی عمودی<sup>۱۱</sup> دارای بالاترین ضریب کاپا و صحت کل و بعد از آن به‌ترتیب شاخص‌های TSAVI، EVI و NDVI می‌باشد.

بر اساس نمودار (۱)، از ۱۴۴۱۵۲۳ هکتار مساحت کل منطقه تحت حفاظت توران، ۳۸۱۷۳۷ هکتار از اراضی آن دارای روند افزایشی، ۴۱۰۸۸۴ هکتار از آن دارای روند کاهش و ۶۴۸۹۰۱ هکتار از آن بدون روند معنادار است.



نمودار (۱): درصد مساحت تحت تأثیر هر یک از کلاس‌های روند  
Graph (1): The percentage of area affected by each of the trend classes

## بحث و نتیجه‌گیری

اهمیت پوشش گیاهی به‌عنوان اولین عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی اکوسیستم‌ها ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه‌های زمانی مختلف تعیین گردد (زارع‌گاریزی و همکاران، ۲۰۱۲). تغییرات افزایشی، کاهش و چرخه‌ای پوشش گیاهی تحت تأثیر عوامل متعدد بوده که آگاهی از میزان و نوع این تغییر در مقیاس مکانی و زمانی خاص برای مدیریت و ارزیابی منابع و اکوسیستم‌ها حائز اهمیت است (بهندری<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). از جمله گیاهان غالب منطقه بر اساس بازدید میدانی شامل *Zygophyllum sp*، *Artemisia sp*، *Haloxyylon*، *Astragalus sp*، *Tamarix sp*، *Atraphaxis sp* می‌باشند. همچنین از نظر فرم رویشی، حدود ۴۵ درصد گیاهان منطقه دارای شکل رویشی تروفیت هستند.

در مناطق مختلف به خصوص در مناطق خشک، شرایط خاک زمینه، تغییرات صافی یا زبری، سایه یا اختلاف در میزان مواد آلی و همچنین اختلاف رطوبت، اثر چشمگیری روی بازتاب طیفی و محاسبه شاخص پوشش گیاهی می‌گذارد (علوی‌پناه، ۲۰۰۳). بنابراین برای بررسی پوشش گیاهی هر منطقه لازم است ابتدا شاخص مناسب پوشش

1. Bhandari

2. Huete  
3. Eklundh  
4. Olsson  
5. Anyamba  
6. Jeyaseelan  
7. de Jong  
8. Fensholt & Proud  
9. Fensholt  
10. Eastman  
11. Perpendicular Vegetation Index 1



زیست‌کره را تهدید می‌کند، چرای بی‌رویه و فشار دام بر روی مراتع منطقه است. چرای دام یکی از کاربری‌های فراوانی است که در توران صورت می‌گیرد و از این طریق بخش وسیعی از پوشش گیاهی منطقه، مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد. در حال حاضر، تعداد کثیری آغل بویژه در بخش‌های شمالی، شرق، شمال غربی، غرب و جنوب غربی منطقه وجود دارد. بر اساس گزارش جامع طرح مدیریت توران (۲۰۱۶) در حدود ۲۱۲ آغل در داخل و جای جای این مجموعه حفاظتی قرار گرفته است که ۱۲۸ آغل در زون حفاظت شدید منطقه حفاظت‌شده این ناحیه قرار دارد. این در حالی است که زون حفاظت شدید دربرگیرنده زیستگاه گونه‌های بارز حیات وحش و گونه‌های گیاهی آسیب‌پذیر منطقه است و کلیه فعالیت‌های بهره‌برداری و از جمله تعلیف دام در آن از فروردین ۱۳۵۱ غیرمجاز است. نتایج فاکتورهای روند پوشش گیاهی پیشنهادشده در مناطق خشک (جدول ۲) نشان داد در مناطقی که چرای مفرط وجود داشت، از جمله نزدیک آغل‌ها و مناطق روستایی، گیاهان مهاجم و غیرخوش‌خوراک مانند *Euphorbia*, *Peganum harmala* و *Alhaghi* جای گیاهان خوش‌خوراک را اشغال کرده‌اند که این نشان از تخریب مرتع در آن نواحی است. همچنین از دیگر علائم تخریب پوشش گیاهی در منطقه عدم وجود نهال‌های جوان، تجمع خاک در اطراف گیاهان در اثر فرسایش بادی، وجود گرد و خاک‌های شدید در مناطق تخریب‌یافته است و نتایج شاخص طیفی PVII نیز این مناطق را تخریب‌شده نشان داد. همچنین قسمت اعظم مناطق با روند بهبود پوشش گیاهی در مرکز منطقه مطالعاتی و مناطق تخریب‌یافته بیشتر در حواشی منطقه است. از جمله علائم بهبود پوشش گیاهی که بر اساس بازدید میدانی مشخص شد، می‌توان به وجود گیاهان چندساله، عدم وجود علائم فرسایش و وجود لاشبرگ در خاک اشاره کرد. این امر به علت همپوشانی آن ناحیه با پارک ملی است که اولویت اصلی آن حفاظت از تنوع زیستی و اکوسیستم‌هاست. به طوری که در این ناحیه ۷۴٪ این منطقه تحت تأثیر روند افزایشی بوده و ۶٪ آن دارای روند تخریبی و ۲۰٪ آن بدون

بنابراین شاخص PVII با ضریب کاپای ۰/۷۸۹۷ و صحت کل ۸۸/۷۱٪ به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص پوشش گیاهی برای رسیدن به اهداف مورد نظر انتخاب شد. این شاخص با توجه به پارامترهای خط خاک، شیب و عرض از مبدأ، برای به حداقل رساندن اثرات خاک و جوی، پس از شاخص NDVI مطرح شد. شاخص PVII که توسط پری و لوتنچلاجر<sup>۱</sup> (۱۹۸۴) توسعه یافت برای بهبود عملکرد شاخص PVI مطرح شده و جزو شاخص‌های گیاهی فاصله‌محور است که هدف اصلی این شاخص‌های گیاهی، حذف اثر روشنایی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک که پوشش گیاهی نادر است، می‌باشد (ایستمن، ۲۰۱۵). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده ترکیب دو روش میانه تیل-سن و معنی‌داری من-کندال در کاوش روند تغییرات بلندمدت مؤثر شناخته شد و این با نتایج لونتسا<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، فنشولت<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۲)، کائو و همکاران (۲۰۱۴)، کولدیتز و همکاران (۲۰۱۵) و ژیانگ و همکاران (۲۰۱۵)، نیز مطابقت دارد. بر اساس نتایج حاصل از این دو روش، مناطق با شیب منفی و آماره  $Z < -1.96$  در سطح معنی‌داری ۵٪ در کلاس تغییرات منفی جای گرفتند که این مناطق به‌عنوان مناطق تخریب‌یافته در منطقه توران در نظر گرفته شد. این روند در اکثر مناطق به‌صورت پراکنده وجود دارد، اما تمرکز آن بیشتر در شمال شرقی، شرق و جنوب شرقی همچنین غرب و جنوب غربی منطقه بیشتر است. همچنین مناطق با شیب مثبت و آماره  $Z > 1.96$  در سطح معنی‌داری ۵٪ در کلاس تغییرات مثبت جای گرفتند که این مناطق به‌عنوان مناطق بهبودیافته در منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد و تمرکز آن بیشتر در مناطق میانی و جنوبی است. مناطق با شیب مثبت یا منفی، اما با آماره  $-1.96 < Z < 1.96$  به‌عنوان مناطق بدون روند معنادار و با ثبات در نظر گرفته شد که در بیشتر منطقه حفاظت‌شده توران پراکنده است.

درباره تخریب پوشش گیاهی بر اساس نظر کارشناسان این منطقه، یکی از خطراتی که به‌طور جدی ذخیره‌گاه

1. Perry & Lautenschlager  
2. Lunetta  
3. Fensholt

خشک با تصاویر سری زمانی سنجش از دور و مقایسه آن با واقعیت زمینی، فاکتورهای ارائه شده در جدول (۲) مورد ارزیابی قرار گیرد و با توجه به نیازهای پژوهشی محققان در این زمینه به کار گرفته شود. همچنین بر اساس نتایج مشخص شد بیشتر مناطق تخریب یافته پوشش گیاهی در مناطق حاشیه‌ای و در دسترس صورت گرفته است. بدین سبب پیشنهاد می‌شود شیوه مدیریت مرتع و کنترل چرا در این نواحی بازنگری شود و در مناطق تخریب شده، مراتع برای دستیابی به شرایط طبیعی احیا شوند.

روند یا پایدار است. به طور کلی این مطالعه نشان داد ساخت شاخص‌های پوشش گیاهی فاصله محور از محصول سری زمانی سنجنده مودیس، که باعث کاهش اثر بازتابندگی خاک در اکوسیستم‌های خشک می‌شود، می‌تواند باعث بهبود ارزیابی روند بلندمدت در مقیاس محلی شود و اطلاعات مفیدی برای شناسایی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق خشک در اختیار ما قرار دهد. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آتی بررسی تغییرات روند پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های

### منابع

1. Abbaszadeteherani, N. And Saberi, N., 2012. "Seasonal Land Cover Change Assessment Using Remote Sensing Data Analysis". Proceedings of 3th International Conference on Environmental Planning & Management. Tehran. (in Persian).
2. Akbarzadeh, M. and Mirhaji, S.T., 2006. Vegetation changes under precipitation in Steppic rangelands Rudshur. Iranian Journal of range and desert reaserch 13(3), 222-235.
3. Alavipanah, K, 2003. Application of remote sensing in the Earth Sciences (Soil). Tehran. pp. 45-60. (in Persian).
4. Anyamba, A. and Tucker, C.J., 2005. Analysis of Sahelian vegetation dynamics using NOAA-AVHRR NDVI data from 1981-2003. Journal of Arid Environments 63(3), 596-614.
5. Arkhi, S., Niazi, Y., Adibnejad, M., 2011. Vegetation monitoring using remote sensing techniques in Ilam Dam Basin. Geography and Development Iranian Journal 24, 121-136. (in Persian).
6. Arzani, H., Nouri, S., Kaboli, S.H., Moradi, H.M. And Ghelich Nia, H. 2008. Determination of suitable indices for vegetation cover assessment in summer rangelands in south of Mazandaran. Journal of Natural Resource of Iran 61(4), 997-1016. (in Persian).
7. Baugh, W.M., Groeneveld, D.P., 2006. Broadband vegetation index performance evaluated for a low-cover environment. International Journal of Remote Sensing 27(21), 4715-4730.
8. Bhandari, S., 2011. Monitoring Forest Dynamics using Time Series of Satellite Image Data in Queensland, Australia.
9. Cao, R., Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Lv, Z., Chen, Z., 2014. Inter-annual variations in vegetation and their response to climatic factors in the upper catchments of the Yellow River from 2000 to 2010. Journal of Geographical Sciences 24(6), 963-979.
10. Colditz, R.R., Ressler, R.A., Bonilla-Moheno, M., 2015. Trends in 15-year MODIS NDVI time series for Mexico. In Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (Multi-Temp), 2015 8th International Workshop on the (pp. 1-4). IEEE.
11. de Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E., Dent, D.L., 2011. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. Remote Sensing of Environment 115(2), 692-702.
12. de Jong, R., Verbesselt, J., Zeileis, A., Schaepman, M.E., 2013. Shifts in global vegetation activity trends. Remote Sensing 5(3), 1117-1133.
13. Eastman, J. Ronald. 2015. TerrSet TUTORIAL, Clark University
14. Eastman, J.R., Sangermano, F., Machado, E.A., Rogan, J., Anyamba, A., 2013. Global trends in seasonality of normalized difference

- vegetation index (NDVI) 1982–2011. *Remote Sensing* 5(10), 4799-4818.
15. Eckert, S., Hüsler, F., Liniger, H., Hodel, E., 2015. Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. *Journal of Arid Environments* 113, 16-28.
  16. Eklundh, L., Olsson, L., 2003. Vegetation index trends for the African Sahel 1982–1999. *Geophysical Research Letters* 30(8). 1-13.
  17. Fensholt, R. and Proud, S.R., 2012. Evaluation of earth observation based global long term vegetation trends—Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series. *Remote sensing of Environment* 119, 131-147.
  18. Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T.T., Mbow, C., 2009. Evaluation of earth observation based long term vegetation trends—Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. *Remote Sensing of Environment* 113(9), 1886-1898.
  19. Forkel, M., Carvalhais, N., Verbesselt, J., Mahecha, M.D., Neigh, C.S., Reichstein, M., 2013. Trend change detection in NDVI time series: Effects of inter-annual variability and methodology. *Remote Sensing* 5(5), 2113-2144.
  20. Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G., 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment* 83(1), 195-213.
  21. Jeyaseelan, A.T., Roy, P.S., Young, S.S., 2007. Persistent changes in NDVI between 1982 and 2003 over India using AVHRR GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies) data. *International Journal of Remote Sensing* 28(21), 4927-4946.
  22. Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y., Shen, W., 2015. Spatio-temporal analysis of vegetation variation in the Yellow River Basin. *Ecological Indicators* 51, 117-126.
  23. Jurgen, D., 2009. Species constancy depends on plot size – a problem for vegetation classification and how it can be solved. *Journal of Vegetation Science*. 20: 754-766.
  24. Keeley, Jon E. & C.J. Fotheringham, 2005. Plot shape effects on plant species diversity measurements. *Journal of Vegetation Science*. 16: 249-256.
  25. Kendall M, 1975. *Rank Correlation Methods*. London: Charles Griffin.
  26. Latifovic, R. and Pouliot, D., 2014. Monitoring cumulative long-term vegetation changes over the Athabasca oil sands region. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* 7(8), 3380-3392.
  27. Lunetta, R.S., Knight, J.F., Ediriwickrema, J., Lyon, J.G., Worthy, L.D., 2006. Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote sensing of environment* 105(2), 142-154.
  28. Moradi, F., Mokhtari, M.H., Ardakhni, A., 2013. "Compare of Techniques of urban areas and changes in land use optimization models to assess changes using remote sensing and GIS". *International congress of Civil and Architectural Engineering Sustainable Urban Development*. Tabriz. (in Persian).
  29. Muosavi, A., Farahpour, p., Shokri, M., Soleimani, K., Godarzi, M., 2007. Vegetation cover change during 25 years, Case of Lar Dam Basin. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 3, 186-200. (in Persian).
  30. Niromand, H., And Bozornia, M., 2010. *Introduction to time series*. University of Pherdosi. Mashhad. (in Persian).
  31. Olsson, L., Eklundh, L., Ardö, J., 2005. A recent greening of the Sahel—trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environments* 63(3), 556-566.
  32. Parrish, J.D., Braun, D.P. and Unnasch, R.S., 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. *BioScience* 53(9), pp.851-860.
  33. Peng, J., Liu, Z., Liu, Y., Wu, J., Han, Y., 2012. Trend analysis of vegetation dynamics

- in Qinghai-Tibet Plateau using Hurst Exponent. *Ecological Indicators* 14(1), 28-39.
34. Perry Jr, C.R. and Lautenschlager, L.F., 1984. Functional equivalence of spectral vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 14(1-3), 169-182.
35. Pringle, M.J., Denham, R.J., Devadas, R., 2012. Identification of cropping activity in central and southern Queensland, Australia, with the aid of MODIS MOD13Q1 imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 19, 276-285.
36. Rannow, S. and Neubert, M., 2014. Managing protected areas in central and eastern Europe under climate change. 322p.
37. Redowan, M. and Kanan, A.H., 2012. Potentials and Limitations of NDVI and other Vegetation Indices (VIS) for Monitoring Vegetation Parameters from Remotely Sensed Data. *Bangladesh Res. Pub. J.*, 7(3), pp.291-299.
38. Sakamoto, T., Yokozawa, M., Toritani, H., Shibayama, M., Ishitsuka, N., Ohno, H., 2005. A crop phenology detection method using time-series MODIS data. *Remote sensing of environment* 96(3). 366-374.
39. Sen, P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Stat. Assoc.* 63 (324), 1379-1389.
40. Sheikh, V.B., Bahremand, A., Mooshakhian, Y., 2012. A Comparison of Trends in Hydrologic Variables in the Atrak River Basin Using Non-parametric Trend Analysis Tests. *Water and Soil Conservation* 2, 1-22. (in Persian).
41. Smith, A.M., Kolden, C.A., Tinkham, W.T., Talhelm, A.F., Marshall, J.D., Hudak, A.T., Boschetti, L., Falkowski, M.J., Greenberg, J.A., Anderson, J.W., Kliskey, A., 2014. Remote sensing the vulnerability of vegetation in natural terrestrial ecosystems. *Remote Sensing of Environment* 154, 322-337.
42. Solano, R., Didan, K., Jacobson, A., Huete, A., 2010. MODIS Vegetation Indices (MOD13) C5 User's Guide, Terrestrial Biophysics and Remote Sensing Lab, The University of Arizona.
43. Sorrells, L. & S. Glenn, 1991. Review of Sampling Techniques used in Studies of Grassland Plant Communities. *Journal of Proc. Okla. Acad. Sci.*, 71:43-45.
44. Tavakolimehr, Sh., Dibaj, P., 2010. National Park, Wild Life Refuge and Protected Area of Touran. Tehran, Olive leaf, 64 p. (in Persian).
45. Teferi, E., Uhlenbrook, S., Bewket, W., 2015. Inter-annual and seasonal trends of vegetation condition in the Upper Blue Nile (Abay) Basin: dual-scale time series analysis. *Earth System Dynamics*, 6 (2).
46. Thiel, H., 1950. A rank-invariant method of linear and polynomial regression analysis, Part 3. In *Proceedings of Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen A*. 53, 1397-1412.
47. Willis, K.S., 2015. Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. *Biological Conservation* 182, 233-242.
48. Yang, J., Weisberg, P.J., Bristow, N.A., 2012. Landsat remote sensing approaches for monitoring long-term tree cover dynamics in semi-arid woodlands: Comparison of vegetation indices and spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment* 119, 62-71.
49. ZarehGarizi, A., Bordisheikh, A., Mahini, A., 2012. Using logistic regression in spatial patterns modeling of vegetation change (Case Study: Chehelchai Watershed of Golestan province). *Geographic Space* 37, 55-68. (in Persian).
- 50.

## Assessing the vegetation trends in arid and semi-arid regions (Case study: Touran Protected Area)

Farzaneh Kermani<sup>1</sup>, Behzad Rayegani<sup>2\*</sup>, Bagher Nezami<sup>3</sup>, Hamid Goshtasb<sup>4</sup>, Hassan Khosravi<sup>5</sup>

Received: 03/06/2017

Accepted: 12/12/2017

### Introduction

Vegetation cover is an important indicator in the arid and semi-arid areas and plays an important role in balancing the ecosystems. Monitoring vegetation cover changes is of great importance because of vegetation effects on the environment. This monitoring provides detailed quantitative and qualitative information. It is therefore important to monitor dynamic changes in vegetation and to investigate the factors that are driving these changes in order to guide regional environmental management. Changes in vegetation could be tracked by satellite time-series data and trend analysis. Analysis of vegetation time series improves considerably our understanding of vegetation annual changes. Touran Biosphere Reserve accommodates three areas of Wildlife Refuge, National Park, and Protected Area. This reserve is the second largest biosphere reserve in the world. In terms of international categories, Touran is a special habitat of steppe grasslands in Central Asia and Desert-Saharas peculiar to West Asia. The aim of this research is to evaluate vegetation trend in Touran Protected Area using MODIS vegetation time series data from 2001 to 2015.

### Materials and methods

The 16-day composite MODIS VI product with 250m spatial resolution from Terra (MOD13Q1) was downloaded from the Land Processes Distributed Active Archive Centre (LP DAAC) for the Touran protected the area and the years from 2001 to 2015. The MOD13Q1 product includes normalized difference vegetation index (NDVI), Enhanced Vegetation Index (EVI), infrared band, red band, and quality assessment (QA) information. Before the time series analysis, different vegetation indices (NDVI, EVI, TSAVI1, and PVII) were created. Then, the vegetation indices were aggregated to monthly composites by applying the arithmetic max of each month and standardized anomalies (Z score) of the monthly vegetation indices data were calculated to remove the seasonality. Several studies using the more robust Theil-Sen trend analysis and Mann-Kendall tests were conducted to explore the trend analysis of vegetation using NDVI, EVI, TSAVI1, and PVII. A field survey was conducted to select a suitable vegetation index.

### Result

*Accuracy* assessment results showed the Kappa coefficient for the PVII, TSAVI1, EVI, and NDVI indices to be 0.78971, 0.5674, 0.5288, and 0.4159, respectively. Field survey results showed that PVII is the best index in the study area. According to the results of the Theil-Sen slope analysis and the Mann-Kendall test, the trend was divided into 3 levels. Vegetation with Theil-Sen slope  $< 0$  and Z values less than -1.96 has a significantly decreasing trend. Vegetation with Theil-Sen slope  $< 0$  or Theil-Sen slope  $> 0$ , but with Z values ranging from -1.96 to 1.96 has no trend, and vegetation with Theil-Sen slope  $> 0$  and  $Z > 1.96$  has a significantly increasing trend. Results related to inter-annual trends show that vegetation degradation or decreasing trend occur in the northeast, east, and southeast, as well as the west and southwest region. Vegetation cover improves in central and southern of Touran protected area. Areas without a trend or stable regions are dispersed in the entire region. Vegetation cover improves in central and southern of Touran protected area. Areas without trend or stable regions are dispersed in the entire region. Results indicated that vegetation cover declines in 30% of Touran protected area, vegetation cover increases in 26% of study area but in 44% of Touran protected area no trend in vegetation cover was detected.

### Discussion and Conclusion

Combining methods including the coefficient of variation, the Theil-Sen median trend analysis, and the Mann-Kendall test provide an effective way to investigate the characteristics of variations in vegetation. According to

1 .M.S.C. Student of Assessment and land use planning, Collage of Environment, Department of Environment

2. Assistant Prof., Collage of Environment, Department of Environment/ behzad.raygani@gmail.com

3. Assistant Prof., Collage of Environment, Department of Environment

4. Associate Prof., Collage of Environment, Department of Environment

5. Assistant Prof., Arid and Mountainous Regions Reclamation Department, College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

experts in this area, the overgrazing on rangelands of this area is one of the dangers that threaten the biosphere reserve. Overall, this study showed that the creation of distant-base vegetation indexes from the MODIS Time Series product could improve the evaluation of the long-term trend on a local scale. The method of this paper provides useful information for identifying vegetation changes in arid and semi-arid areas. For future studies, it is suggested studying the changes in vegetation trends in arid ecosystems in order to evaluate remote-sensing time-series images.

**Keywords:** MOD13Q1, Theil-sen, Time series, Trend analysis, Mann-Kendall, Vegetation Change.

Archive of SID