

## ارزیابی و تحلیل بیابان‌زایی با استفاده از روش تحلیل بردار تغییر (منطقه مورد مطالعه: شهرستان قلعه گنج)

فاطمه نرماشیری<sup>۱</sup>، مهدی قربانی<sup>۲\*</sup>، غلامرضا زهتابیان<sup>۳</sup>، حسین آذر نیوند<sup>۴</sup>، امیر علم بیگی<sup>۴</sup> و رولند ورنر شولز<sup>۵</sup>

- ۱- دکترای مهندسی منابع طبیعی، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
 ۲- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران، پست الکترونیک: mehghorbani@ut.ac.ir  
 ۳- استاد، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
 ۴- استادیار، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
 ۵- استاد، دانشگاه زوریخ، سوئیس

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۴/۲۱

### چکیده

بیابان‌زایی به عنوان یک تهدید جدی برای محیط‌های خشک و نیمه‌خشک و حتی نیمه‌مرطوب در چند دهه اخیر محسوب می‌شود و مانع اصلی توسعه پایدار جهانی است. در نتیجه، نظارت بر روند تغییرات آن از اقدامات ضروریست. یکی از روش‌های مقرون به صرفه، اغلب رایگان و در دسترس برای نظارت بر تغییرات این مناطق، استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی است. در این مطالعه با استفاده از روش تحلیل بردار تغییر اقدام به ارزیابی و تحلیل شدت بیابان‌زایی در بخشی از شهرستان قلعه‌گنج در جنوب استان کرمان شده‌است. بدین منظور ابتدا در گوگل ارث انجین از باندهای تصاویر لندست ۸ در دو بازه زمانی ۲۰۱۴ (دوره زمانی اول) و بازه زمانی ۲۰۲۰ (دوره زمانی دوم) برای ماه‌های اسفند و فروردین استفاده شده‌است. تصحیحات لازم روی آنها اعمال و برای هر دو دوره به صورت جداگانه میانگین‌گیری و بعد شاخص‌های EVI و BSI محاسبه شده‌است. در مرحله بعد با استفاده از این دو شاخص و روش تحلیل بردار تغییر در محیط نرم‌افزار GIS، به تعیین بزرگی تغییرات و جهت تغییرات بیابان‌زایی در منطقه مورد پرداخته شده‌است. دستاورد این پژوهش گویای غالب بودن روند احیای منطقه در طی سال‌های مورد مطالعه است و نتایج کلی حکایت از این موضوع دارد که توسعه کشاورزی و در کنار آن تغییر کاربری اراضی بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های پایش و روند بیابان‌زایی در منطقه داشته‌اند؛ بدین صورت که شاهد تخریب اراضی در اطراف مناطق مسکونی هستیم و از سویی رابطه تنگاتنگی بین فعالیت‌های کشاورزی و مناطق احیایی در منطقه وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، تحلیل بردار تغییر، قلعه‌گنج، BSI، EVI.

### مقدمه

تخریب شوند، امکان بازگشت آنها به حالت اولیه غیرممکن و یا به زمان طولانی نیاز دارد (Jalili, 2020). البته تعاریف متعددی از بیابان‌زایی وجود دارد، با این حال همه تعاریف دارای دو اصل مشترک هستند. بیابان‌زایی ناشی از فعالیت‌های انسانی است، یا حداقل این فعالیت‌های انسانی موجب تسریع روند بیابان‌زایی می‌شوند. نخستین نتیجه

حدود ۹۰ میلیون هکتار (برابر ۵۵ درصد از جغرافیای سیاسی ایران)، تحت سیطره اکوسیستم بیابانی است، اکوسیستم‌هایی که تحت حاکمیت دائمی استرس ناشی از عوامل محیطی شکل گرفته و تکامل می‌یابند، در صورتی که تحت تأثیر پدیده‌های نوظهور طبیعی یا دخالت انسان

(CVA: Change Vector Analysis) یکی از این روش‌هاست (Salih *et al.*, 2017; Ebrahimian & Alesheikh, 2019). مشخص کردن محدوده تغییرات در کنار ماهیت تغییرات از مزایای بسیار مهم این روش نسبت به سایر روش‌ها می‌باشد (Carvalho Júnior *et al.*, 2011; Ebrahimpour *et al.*, 2013; kavosi & Frarajzadeh, 2015). در میان تمام تکنیک‌های جبری تشخیص تغییرات، CVA توانایی ارائه اطلاعات تغییر طیفی را از نظر اندازه تغییر و جهت تغییر فراهم می‌کند (Civco *et al.*, 2002; Allen & Kupfer, 2000; Becerril-Pina *et al.*, 2016). روش آشکارسازی بردار تغییرات بر پایه آشکارسازی تغییرات رادیومتریک بین دو مجموعه زمانی داده ماهواره‌ای بر اساس روش حد آستانه‌گذاری استوار است (Xiaolu & Bo, 2011; Bhavani *et al.*, 2018). CVA ورود دو مجموعه داده لازم می‌باشد (Nateghi *et al.*, 2016). Lu *et al.* (۲۰۰۴) محاسن روش CVA را چنین برمی‌شمارند: (۱) پردازش و تجزیه و تحلیل همزمان تغییرات روی تمامی باندهای چندطیفی لایه‌های اطلاعاتی (ورودی؛ ۲) خطاهای متداول مکانی - طیفی ناشی از زمان‌های مختلف تصویر و یا سنسورهای مختلف ماهواره‌ها را که برای تصویر ایجاد می‌شود، کم کرده و یا از بین می‌برد؛ (۳) قابلیت آشکارسازی تغییرات پوشش گیاهی و شرایط اراضی را دارد. Dawelbait و Morari (۲۰۱۲) نیز از روش CVA برای ارزیابی روند بیابانزایی در نواحی نیمه‌خشک ساوانا در سودان بر اساس تصاویر لندست استفاده کرده و آن را یک روش دقیق و کم هزینه برای بدست آوردن اطلاعات پوشش گیاهی و نوع سطح خاک در مناطق در معرض خطر بیابانزایی شناسایی کرده‌اند.

در این تحقیق از شاخص ارتقا یافته پوشش گیاهی (EVI: Enhanced vegetation Index) به عنوان مجموعه اول و از شاخص خاک لخت (BSI: Bare Soil Index) به عنوان مجموعه دوم داده‌ها استفاده شده است. شاخص EVI اطلاعات کاملی را در رابطه با تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی ارائه می‌دهد و نیز بسیاری از مسائلی که

بیابانزایی بر جوامع انسانی، کاهش بهره‌وری از زمین است (Salih *et al.*, 2017; Ding & Xingming, 2021). از سویی مطابق با تعریف UNCCD، بیابانزایی عبارت است از: تخریب اراضی در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه‌مرطوب تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و یا فعالیت‌های انسانی (UNCCD, 2012). به دلیل تفاوت در تفسیر تعریف UNCCD از بیابانزایی، شاخص‌های مختلفی مانند فرسایش و رسوب، پوشش گیاهی چندساله و زیست‌توده و ... برای تعیین وضعیت بیابانزایی استفاده شده‌اند (Le Houerou, 2006; Dawelbait and Morari, 2012; Karamesoutia *et al.*, 2018; Karavitis *et al.*, 2020). اما در یک نظرسنجی از ۹۰ متخصص، از بین رفتن پوشش گیاهی و بهره‌وری آن در طول زمان به عنوان شاخص اصلی بیابانزایی تعریف شده است (Hellden, 2008). از سویی، زوال پوشش گیاهی مؤلفه‌ای است که از آن به عنوان نخستین شناسه بیابانزایی یاد می‌کنند و دست کم به دو میلیون سال پیش برمی‌گردد (Kemp, 1994). آنچه مسلم است این است که نمود نهایی وضعیت فرایندهای مختلفی که منجر به بیابانزایی می‌شوند در نهایت در وضعیت پوشش گیاهی منطقه نمود پیدا می‌کند (Akbari *et al.*, 2007; Darvish, 2019). در همین راستا، Sepehr و همکاران (۲۰۱۲) در بررسی شاخص‌های بیابانزایی بر اساس DPSIR، ضمن معرفی شاخص‌های پوشش گیاهی و خاک به عنوان شاخص‌های وضعیت، شاخص‌های مربوط به تعیین پوشش گیاهی را به عنوان اولویتی با اهمیت بالاتر در مطالعات مربوط به بیابانزایی دانسته‌اند. با توجه به اینکه روند تخریب سرزمین در واقع تخریب پوشش گیاهی و کاهش بهره‌وری است، استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی (مانند EVI، NDVI، LAI و ...) برای توصیف بیابانزایی تکامل پیدا کرده است (Hu *et al.*, 2020).

در حال حاضر روش‌ها و ابزارهای متعددی برای آشکارسازی تغییرات بیابانزایی وجود دارد که بر تحقیقات میدانی و سنجش از دور متمرکزند (Zhan *et al.*, 2021). استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به روش تحلیل بردار تغییر

جنوبی‌ترین بخش استان کرمان بین ۲۶ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۲۷ درجه و ۴۸ دقیقه عرض جغرافیایی و ۵۷ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۴۹ دقیقه طول جغرافیایی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه دارای آب و هوای نیمه مرطوب و اقلیم بیابانی می‌باشد و در سال‌های اخیر به علت کاهش بارندگی شاهد خشکسالی بوده است. بارندگی‌های این منطقه به طور کلی تحت تأثیر دو توده پرفشار و کم‌فشار هستند که همه ساله در تابستان از سوی اقیانوس هند (باران‌های موسمی) و در زمستان از سوی دریای مدیترانه تحت تأثیر قرار می‌گیرند که بعضاً سیل‌آسا خواهند بود. میانگین ارتفاع شهر قلعه گنج از سطح دریا ۴۵۰ متر است. حداکثر دما در تابستان ۵۲ و حداقل دما در زمستان ۲ درجه است، همچنین براساس منحنی آمبروترمیک منطقه بیشترین بارندگی در فصل زمستان (ماه‌های دی و بهمن) بوده که موجب آغاز فصل رویش می‌باشد و درصد پوشش گیاهی در ماه‌های مارس و آوریل در منطقه به اوج خود می‌رسد. بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۱۳۱۶۹ نفر (۳۶۳۸ خانوار) بوده است. به علت کمبود زیرساخت‌های کارخانجات و مراکز مهم اقتصادی فعال در این شهرستان عمده مردم به کشاورزی و دامداری مشغول هستند.

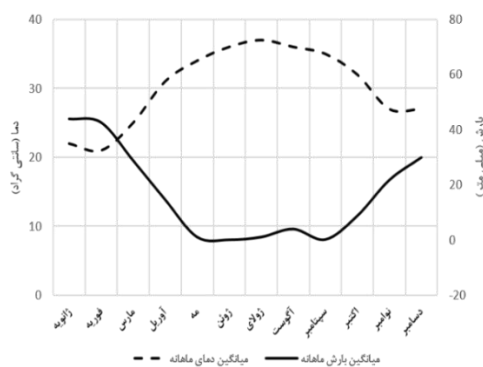
ایجاد ناخالصی در شاخص NDVI می‌کنند مانند اثرهای زمینه خاک و گردوغبارهای برجا مانده را روی پوشش گیاهی کاهش می‌دهد اما مسئله مربوط به اثرهای توپوگرافی را نمی‌تواند برطرف کند (Matsushita *et al.*, 2007; Firouzi *et al.*, 2019; Shammi & Meng, 2021). BSI نیز شاخص نرمال شده تفاوت دو نوع پوشش گیاهی با زمینه‌های مختلف است. استفاده از این شاخص باعث افزایش تمایز بیشتر بین مناطق با تاج پوشش متراکم، تاج پوشش پراکنده، اراضی کشاورزی آیش و خاک لخت می‌شود (Azizi *et al.*, 2008; Nguyen *et al.*, 2021). از سویی تشخیص اراضی کشاورزی از غیرکشاورزی را ممکن می‌کند (Nateghi *et al.*, 2016; Mzid *et al.*, 2021)، همچنین می‌تواند شاخص مناسبی برای نمایش گسترش و تغییرات مناطق مسکونی باشد (Li & Chen, 2014).

هدف از این مطالعه ارزیابی و آشکارسازی تغییرات بیابان‌زایی با استفاده از علم سنجش از دور به کمک تصاویر ماهواره لندست در شهرستان قلعه گنج است.

## مواد و روش‌ها

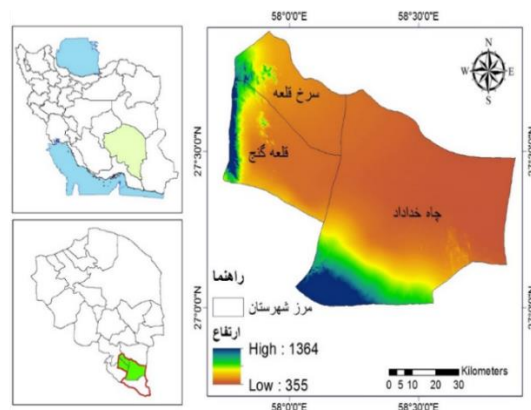
### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان قلعه گنج می‌باشد که در



شکل ۲- منحنی آمبروترمیک ۳۰ ساله منطقه مورد مطالعه

Figure 2. Ambrothermic curve of the study area for 30 years



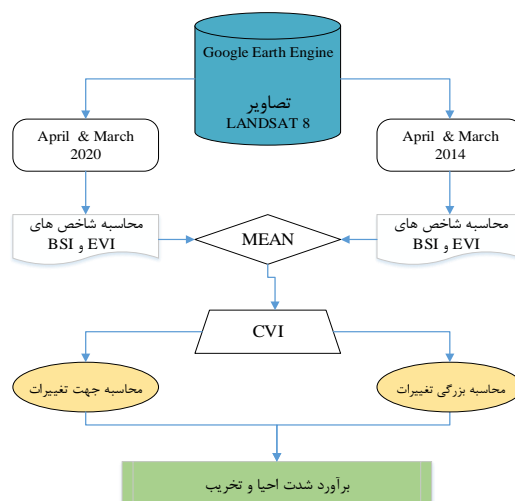
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Location of the study area

آوریل، این بود که با توجه به شناخت از محدوده مورد مطالعه پوشش گیاهی به طور کلی در این ماهها در اوج خود قرار دارد. یادآوری می‌شود که قبل از استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لازم است تصحیحاتی مانند تصحیح رادیومتریکی و اتمسفری بر روی آنها انجام و مقادیر انعکاس سطح زمین برای هر باند محاسبه شود. در حقیقت تصحیح رادیومتریکی یک مفهوم عام و تصحیح اتمسفری یک مفهوم خاص است. تصحیح رادیومتریکی عبارت است از: اصلاح تمامی خطاهای موجود (ناشی از زمین، اتمسفر، سنجنده) در امواج رسیده به سنجنده و تصحیح اتمسفری عبارت است از: اصلاح اثرهای اتمسفر (پخش و جذب) از روی امواج رسیده به سنجنده. بر اساس این تعاریف تصحیح اتمسفری زیر مجموعه تصحیح رادیومتریکی است. برای دسترسی به مقادیر انعکاس سطحی زمین برای هر باند از سامانه گوگل ارث انجین استفاده شده و تمامی تصحیحات بر روی تصاویر لندست انجام شده است.

## روش تحقیق

در مناطق خشک تخریب خاک و پوشش گیاهی منتج از عوامل اقلیمی و فعالیت‌های انسان هستند و برابر بیابانزایی در نظر گرفته می‌شوند (Karnieli et al., 2014). با توجه به این موضوع، در این تحقیق برای ارزیابی شدت بیابانزایی با استفاده از روش تحلیل بردار تغییر از دو شاخص EVI و BSI استفاده شده است. نمودار شکل (۳) مراحل انجام این پژوهش را نشان می‌دهد. در این پژوهش از انعکاس سطحی باندهای تصاویر landsat8 مربوط به ماه‌های مارس و آوریل ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰ استفاده شد. landsat 8 با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه، با استفاده از دو سنجنده عملیاتی تصویرساز زمین (OLI: Operational Land Imager) که دارای نه باند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ تا ۶۰ متر می‌باشد و سنجنده حرارتی مادون قرمز ( TIRS: Thermal Infrared Sensor) که دارای دو باند طیفی با قدرت تفکیک مکانی ۱۰۰ متر است، تصاویر سطح زمین را در ۱۱ باند در اختیار کاربران قرار می‌دهد. دلیل انتخاب ماه‌های مارس و



شکل ۳- نمودار مراحل انجام پژوهش

Figure 3. Flowchart of research step

محاسبه آن ارائه شده است.

## شاخص EVI

در این پژوهش برای ارزیابی پوشش گیاهی از شاخص EVI استفاده شد. Huete و همکاران (۱۹۹۹)، EVI را پیشنهاد کرده‌اند که در رابطه (۱) الگوریتم باندی برای

$$EVI = \frac{NIR-R}{NIR+C1 \times R - C2 \times B + L} (1 + L) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، NIR بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک،

آوریل ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰ برای محدوده مورد مطالعه با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین محاسبه شد.

#### روش CVI

در این روش، ابتدا باید دو جزء بزرگی و جهت تغییرات محاسبه شود. بدین منظور با استفاده از تغییرات EVI و BSI به تعیین بزرگی تغییرات (رابطه ۳) و نیز تعیین جهت تغییرات (رابطه ۴) بر مبنای روش تحلیل بردار تغییر توسط نرم افزار Arc GIS محاسبه شد.

$$M = \sqrt{(EVI_2 - EVI_1)^2 + (BSI_2 - BSI_1)^2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$\tan\theta = \frac{(BSI_2 - BSI_1)}{(EVI_2 - EVI_1)} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در معادلات بالا M بزرگی و شدت تغییرات بیابان زایی و  $\tan\theta$  شیب تغییرات است.  $\theta$  نیز جهت تغییرات را نشان می دهد، به طوری که اگر بین ۹۰ و ۱۸۰ باشد نشان دهنده افزایش پوشش گیاهی (رشد دوباره)، اگر بین ۲۷۰ تا ۳۶۰ درجه باشد نشان دهنده افزایش خاک لخت (تخریب) می باشد. در نهایت زوایای ۰ تا ۹۰ و ۱۸۰ تا ۲۷۰، نشان دهنده پایداری وضعیت (بدون تغییرات افزایشی یا کاهش) در پوشش گیاهی یا خاک لخت است (Lorena et al., 2002). به عبارت دیگر، قسمت هایی که  $\tan\theta$  دارای مقادیر مثبت بود بدون تغییر در نظر گرفته شد، در صورتی که  $\tan\theta$  و اختلاف EVI در دو دوره زمانی هر دو منفی بودند و منطقه در معرض تخریب در نظر گرفته شد و اگر  $\tan\theta$  منفی و اختلاف EVI دو دوره زمانی مثبت بود، منطقه احیا محسوب شد. سپس هریک از مناطق تخریب و احیا با استفاده از روش شکست طبیعی به سه کلاس طبقه بندی گردید. این روش بر اساس یک الگوریتم محاسباتی، سعی در به حداقل رساندن اختلاف بین داده ها در هر طبقه و به حداکثر رساندن اختلاف بین طبقات می کند. در واقع این الگوریتم برای ایجاد طبقات، از متوسط هر دامنه استفاده می کند تا توزیع داده ها در طول هر دامنه از یکنواختی بیشتر برخوردار باشد. در این تحقیق از نرم افزار Arc GIS 10.6

R بازتاب در باند قرمز، B بازتاب در باند آبی، L برابر یک، C1 برابر ۶ و C2 برابر ۷/۵ است. این شاخص در بازه ۱- تا ۱+ قرار دارد. از مزایای این شاخص، این است که با پیشرفت بوسیله بازتاب باند آبی در محدوده LAI (شاخص سطح برگ)، اثرهای خاک پس زمینه را تصحیح می کند و از اثرهای اتمسفر و پخش آبروسل می کاهد (Li et al., 2009; Bezerra et al., 2020). در واقع EVI یک NDVI تغییر یافته است که در آن فاکتور تنظیم خاک (L) و دو ضریب C1 و C2 لحاظ می گردد. این روش حساسیت به نواحی پوشش گیاهی را افزایش می دهد و کاهش آثار جوی را موجب می شود (Huete et al., 2002; Jiang et al., 2008). در این پژوهش برای ارزیابی بیابان زایی، EVI حاصل از تصاویر لندست ۸ در ماه های مارس و آوریل ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰ در سامانه گوگل ارث انجین محاسبه و میانگین آن برای هر سال محاسبه شده است.

#### شاخص BSI

مواردی که پوشش گیاهی کمتر از ۵۰ درصد است مقادیر محاسبه شده برای شاخص گیاهی به واقعیت نزدیک نیست (Rikimaru, 2003). به همین دلیل برای مشخص کردن نواحی فاقد پوشش گیاهی از BSI استفاده می شود. اساس BSI بر تأثیر متقابل خاک بدون پوشش و پوشش دار استوار است. این شاخص از اطلاعات باند مادون قرمز میانی برای جداسازی پوشش گیاهی از دیگر پوشش ها استفاده می کند. منطق اساسی این رویکرد، بر پایه ارتباط متقابل و قوی (همبستگی شدید منفی) میان بازتاب خاک بدون پوشش و وضعیت پوشش گیاهیست (MirzaeiZadeh et al., 2015). رابطه (۲) نحوه محاسبه این شاخص را بیان می کند. شاخص BSI بین ۰ تا ۲۰۰ متغیر است که هرچه به ۲۰۰ نزدیک تر باشد خاک بدون پوشش گیاهی است (Fitrianto et al., 2018) و هر چه به ۲۰۰ نزدیک تر باشد خاک لخت تر و بایرتر است.

$$BSI = \frac{(SWIR+R)-(NIR+B)}{(SWIR+R)+(NIR+B)} * 100 + 100 \quad \text{رابطه (۲)}$$

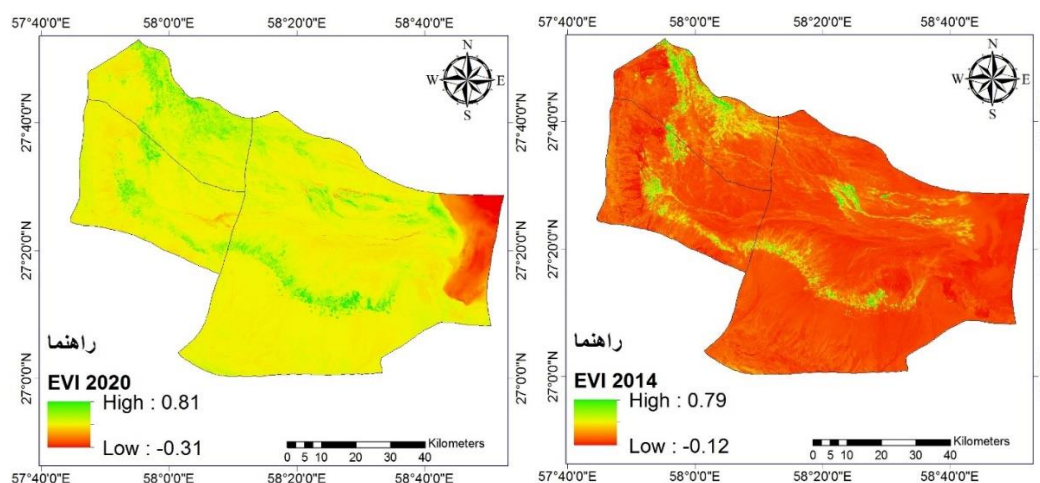
این شاخص نیز مانند شاخص EVI در دو بازه زمانی

(بدین معنی که دامنه EVI به طور کلی افزایش داشته است). دلیل افزایش بیشترین مقدار شاخص EVI بهبود پوشش گیاهی در برخی از مناطق بوده است و همچنین دلیل کاهش کمترین مقدار این شاخص نیز آبیگری نواحی شرقی محدوده مورد مطالعه در سال ۲۰۲۰ بوده که به صورت رنگ قرمز در نقشه EVI ۲۰۲۰ قابل مشاهده است. یادآوری می شود که دلیل تفاوت رنگ دو نقشه EVI نیز همین موضوع می باشد.

برای تعیین نقاط شکست طبیعی استفاده شد.

## نتایج

شکل ۴ نقشه میانگین شاخص EVI ماه های مارس و آوریل را در سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰ که در سامانه گوگل ارث انجین محاسبه شده است، نشان می دهد. اراضی کشاورزی در هر دو تصویر قابل مشاهده است، به طور کلی بیشترین مقدار شاخص EVI با توجه به این نقشه ها در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۴ افزایش و کمترین مقدار آن نیز کاهش یافته است



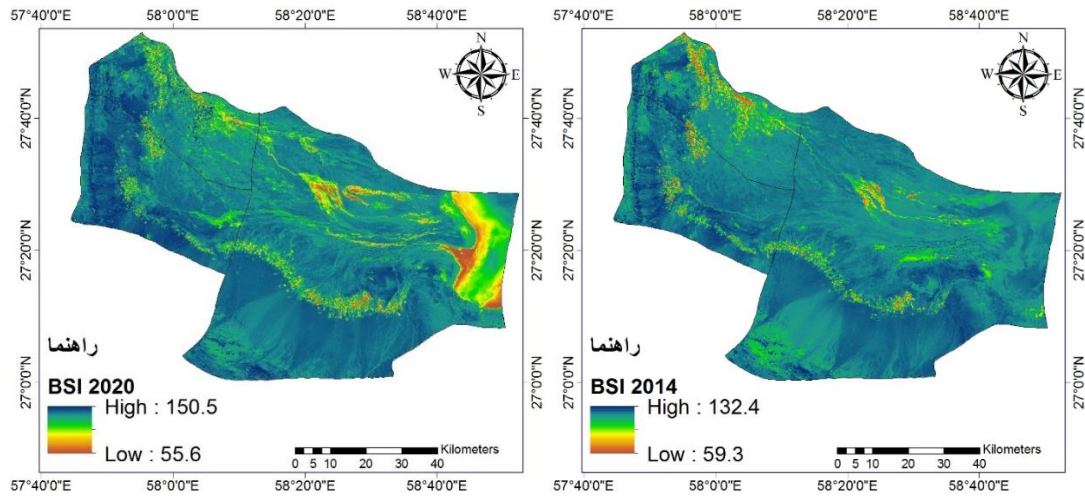
شکل ۴- نقشه های شاخص EVI در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰

Figure 4. Maps of EVI in 2014 & 2020

آمده، مقادیر بزرگی تغییرات در برخی نواحی مرکزی و شرق محدوده نسبت به سایر منطقه بیشتر بوده است (شکل ۶). این بزرگی تغییر به علت تغییر زیاد در شاخص EVI در نتیجه آبیگری نواحی شرقی در سال ۲۰۲۰ است. شکل ۷ مناطق بدون تغییر و نیز مناطقی را که در معرض تخریب و احیا قرار گرفته اند نشان می دهد. مطابق با این نتایج، در نواحی جنوبی و غربی تخریب و نواحی شمالی، مرکزی و جنوب شرقی احیا انجام شده است. در نواحی شرقی و برخی از نواحی مرکزی تغییر رخ نداده است. به طور کلی میانگین و انحراف معیار بزرگی تغییر در نواحی تخریب یافته به ترتیب ۳/۵ و ۵/۵ و در نواحی احیا شده ۴/۱ و ۶/۴ می باشد.

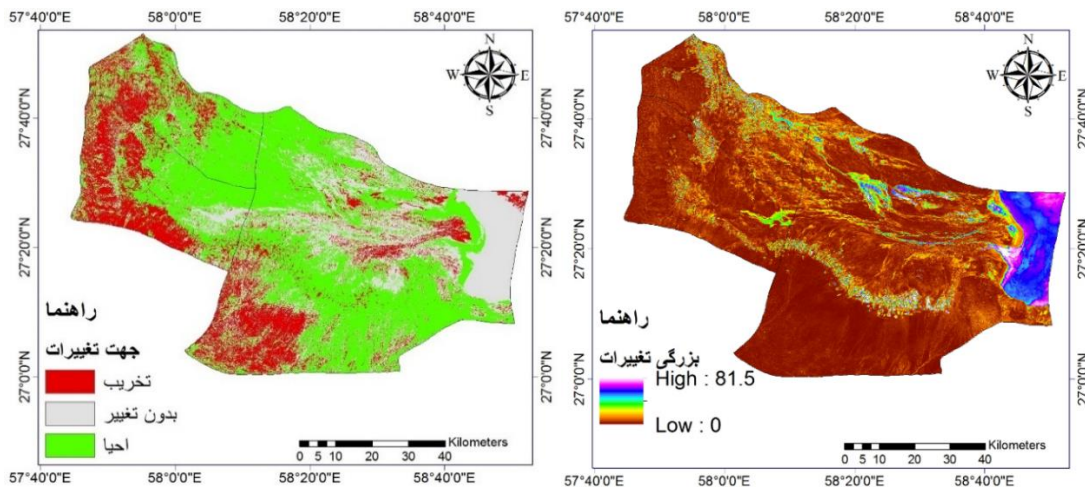
شکل ۵ نقشه های میانگین شاخص BSI ماه های مارس و آوریل را در سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰ نشان می دهد. با توجه به این نقشه ها مقدار این شاخص در اراضی کشاورزی کمترین حد و در اراضی بایر بیشترین مقدار است. به طوری که بیشترین مقدار این شاخص در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۴ افزایش و کمترین مقدار آن نیز تا حدودی کاهش یافته است (بدین معنی که دامنه BSI نیز به طور کلی افزایش داشته است اما نه به میزان تغییرات EVI).

پس از محاسبه میزان تغییرات شاخص های BSI و EVI طی دو دوره مطالعاتی، مقادیر بزرگی تغییرات و جهت تغییرات در نرم افزار Arc GIS 10.6 تعیین شد. مطابق با نتایج به دست



شکل ۵- نقشه‌های شاخص BSI در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۲۰

Figure 5. Maps of BSI in 2014 & 2020



شکل ۶- نقشه بزرگی تغییرات

Figure 6. The strength of changes map



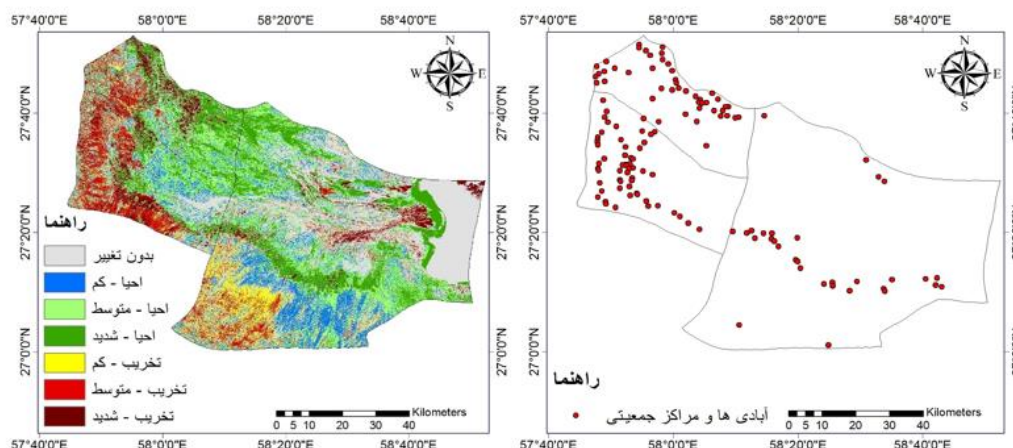
شکل ۷- نقشه جهت تغییرات

Figure 7. The direction of changes map

توسعه اراضی کشاورزی هستیم، همین موضوع باعث شده است که شدت احیا بیشتر از نواحی دیگر باشد. جدول ۱ مقادیر و درصد مساحت کلاس‌های مختلف تخریب را تا احیا نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل، مساحت مناطقی که در جهت احیاء پیش‌رفته‌اند نسبت به مناطق تخریب‌یافته و یا بدون تغییر بیشتر و به میزان ۴۸/۵ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه است؛ همچنین بیشترین شدت مقدار احیاء به صورت متوسط در جریان است.

شکل ۹ تغییرات کلی منطقه مورد مطالعه و نیز شدت و جهت تغییرات (احیا و تخریب) را نشان می‌دهد. مطابق با نتایج به‌دست آمده شدت تخریب در نواحی غربی با شدت بیشتری در حال رخ دادن است. همچنین در نواحی جنوبی شدت تخریب بیشتر از متوسط می‌باشد. یادآوری می‌شود که بیشتر نواحی تخریبی نزدیک مناطق مسکونی است. احیا به صورت نواری در مناطق مرکزی و شمال غربی با شدت بیشتری در حال رخ دادن است. در این مناطق به‌ویژه در نوار مرکزی شاهد





شکل ۸- نقشه موقعیت مراکز جمعیتی

شکل ۹- نقشه کلاس‌بندی شدت تخریب و احیا محدوده مورد مطالعه

Figure 9. Classification map of the severity of degradation & rehabilitation Figure 8. Location map population centers

جدول ۱- مساحت کلاس‌های مختلف تخریب و احیا

Table 1. Area of Different Degradation and Rehabilitation Classes

کلاس	مساحت (Km2)	درصد (%)	مساحت (Km2)	درصد (%)
Class	Area	Percent	Area	Percent
بدون تغییر No change	1768	29	1768	29
احیا - کم Low-Re	768.2	12.6		
احیا - متوسط Moderate-Re	1231.5	20.2	2956.9	48.5
احیا - شدید Severe-Re	957.2	15.7		
تخریب - کم Low-De	475.5	7.8		
تخریب - متوسط Moderate-De	524.3	8.6	1371.7	22.5
تخریب - شدید Severe-De	371.9	6.1		
کل	6096.6	100	6096.6	100

**بحث**

پوشش گیاهی و خاک به کمک روش تحلیل بردار تغییر، برای یک دوره شش ساله مورد استفاده قرار گرفت. در منطقه مورد مطالعه عوامل طبیعی مانند میزان بارندگی اندک و اقلیم خشک و عوامل انسانی مانند کاهش حقایبه جازموریان و افزایش برداشت منابع آبی، شاهد کاهش کمیت

یکی از مهمترین قابلیت‌های استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، همه‌نگری، مشاهده و پایش فرایندها برای بررسی تحولات حتی در دوره‌های کوتاه‌مدت است. در این مطالعه پایش تغییرات بیابانزایی با استفاده از دو شاخص



تحت تأثیر مناطق روستایی و نه تحت تأثیر تغییرات پوشش بوده‌اند، بلکه حساسیت به فرسایش آبی و ایجاد رواناب‌ها در این نقاط، خاک این مناطق را مستعد دوره‌های خشک و فرسایش بادی کرده‌است. در دهستان سرخ قلعه شاهد هر دو فرایند تخریب و احیای شدید هستیم. در این دهستان فرایند توسعه با شتاب بیشتری قابل مشاهده بوده است، یعنی همزمان شاهد افزایش شمار گلخانه‌ها و بهبود شرایط کشاورزی در منطقه بوده‌ایم و از سویی افزایش مشاغل خدماتی با تغییر کاربری و توسعه روستایی همراه بوده است. هر چند در این دهستان فرایند احیاء در فواصل بین روستاها یعنی مراتع نیز به صورت افزایش پوشش گیاهی طبیعی نیز قابل رؤیت است. به‌طورکلی (جدول ۱) مساحت مناطقی که به سمت احیاء پیش می‌روند در منطقه مورد مطالعه بیشتر از تخریب است. نتایج کلی حکایت از این موضوع دارد که توسعه کشاورزی و در کنار آن تغییر کاربری اراضی بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های پایش و روند بیابان‌زایی در منطقه داشته‌اند؛ بدین صورت که شاهد تخریب اراضی در اطراف مناطق مسکونی هستیم و از سویی رابطه تنگاتنگی بین فعالیت‌های کشاورزی و مناطق احیایی در منطقه وجود دارد. این نتایج با مطالعات Zhang و Deng (۲۰۲۰) که به بررسی روند تعاملات انسان و طبیعت و سازوکارهای مربوط به بیابان‌زایی در بیابان‌های شمال چین پرداخته‌اند و ضمن اشاره به دوره‌های تاریخی مهاجرت و احیای کشاورزی، فعالیت‌های انسانی را عامل اصلی تشدید بیابان‌زایی در منطقه می‌دانند و توجه به دامنه و مقیاس فعالیت‌های کشاورزی را راه‌حل جلوگیری از تشدید فرایند مذکور اعلام کرده‌اند، همخوانی دارد. همچنین با مطالعه Dawelbait و Morari (۲۰۱۲) در سودان و Becerril-Pina و همکاران (۲۰۱۵) در مکزیک که به بررسی روند و خطر بیابان‌زایی به کمک روش تحلیل بردار تغییر و با استفاده از تصاویر لندست پرداخته‌اند و شدت بیابان‌زایی در اطراف مناطق مسکونی را به علت تغییر کاربری اراضی، سوء مدیریت و فعالیت‌های کشاورزی بیشتر برآورد کرده‌اند، همخوانی دارد. اما باید توجه کرد که شاخص‌های مذکور فقط توسعه پوشش

و کیفیت منابع آبی هستیم (Soleimani Sardo et al, 2017) که اولین نمود آن بر روی پوشش گیاهی (طبیعی و کشاورزی) و کیفیت خاک متأثر از فعالیت‌های کشاورزی است. در نتیجه دو شاخص پوشش گیاهی و خاک نماینده مناسبی برای نمایش و ارزیابی روند بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه تشخیص داده شدند. از سویی، روش‌های پایش مبنی بر سنجش از دور در کنار بازدیدهای میدانی نتایج قابل قبول و منطقی ارائه می‌دهند و در تصحیح خطاهای تفسیری احتمالی بسیار کمک کننده هستند. مقایسه شدت تغییرات در منطقه مورد مطالعه (شکل ۹) نشان از بیشترین تخریب در مناطق جنوب غربی منطقه یعنی دهستان قلعه گنج و حواشی مناطق مسکونی آن دارد که می‌توان علت آن را توسعه مناطق مسکونی، تمایل ساکنان این دهستان به مشاغل خدماتی و تغییر کاربری اراضی کشاورزی دانست. از آنجا که این دهستان مرکز شهرستان قلعه گنج نیز است روند توسعه شهری و تغییرات کاربری و کاهش تمایل ساکنان به ادامه فعالیت‌های کشاورزی نسبت به سایر دهستان‌ها بیشتر است. در مقابل، بیشترین تغییرات احیاء در دهستان چاه‌دادخدا (شرق و مرکز منطقه مورد مطالعه) و در اطراف روستاهای این دهستان قابل ردیابی است. از دلایل روند احیایی این منطقه می‌توان به افزایش تمایل ساکنان به توسعه کشاورزی به دلیل راه‌اندازی سردخانه‌های منطقه و تعاونی‌های کشاورزی در کنار بهبود شرایط بارش (که به وضوح با آبگیری شرق منطقه نیز همخوانی دارد) در منطقه اشاره کرد. طی سال‌های اخیر توسعه محصولات ماندنی مانند حنا و چای‌ترش در این دهستان مورد توجه گروه‌های توسعه‌ای شهرستان قرار گرفته و سبب ایجاد انگیزه برای توسعه کشت این محصولات شده است؛ از سویی در تعدادی از روستاها کشاورزان به کمک صندوق‌های خرد اعتباری اقدام به خرید ابزارآلات و ماشین‌آلاتی از جمله بسته‌بندی علوفه و ... کرده‌اند که نشان از تسهیل شرایط کشاورزی در منطقه و جلوگیری از رهاسازی اراضی دارد. البته تنها در بخش‌هایی از این دهستان تغییرات در شاخص BSI موجب ایجاد کلاس‌های تخریبی کم تا متوسط شده‌است، این بخش‌ها نه

- multi-temporal data based on MODIS imagery as indicator. *Journal of Ecological Indicators*, 117: 106579.
- Bhavani, M., Hanifar Sangeetha, V., Kalaivani, K., Ulagapriya, K. and Saritha A., 2018. Change detection algorithm for multi-temporal satellite images: A review. *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7 (2): 206-209.
  - Carvalho Júnior, O.A., Guimarães, R.F., Gillespie, A.R, Silva, N.C. and Gomes, R.A.T., 2011. A new approach to change vector aAnalysis using distance and similarity measures. *Journal of Remote Sensing*, 3: 2473-2493.
  - Civco, D.L., Hurd, J.D., Wilson, E.H., Song, M. and Zhang, Z., 2002. A comparison of land use and land cover change detection methods. *American Congress on Surveying & Mapping – American Society for Photogrammetry and Remote Sensing 2002 Annual Conference Proceedings*.
  - Darvish, M., 2019. An introduction to the method of desertification assessment in Iran using adopted Criteria and Indicators. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 10 (3): 301-383 (In Persian).
  - Dawelbait, M. and Morari, F., 2012. Monitoring desertification in a Savannah region in Sudan using Landsat images and spectral mixture analysis. *Journal of Arid Environments*, 80: 45-55.
  - Ding, H. and Xingming, H., 2021. Spatiotemporal change and drivers' analysis of desertification in the arid region of northwest China based on geographic detector. *Journal of Environmental Challenges*, 4: 100082.
  - Ebrahimian, R. and Alesheikh, A., 2019. A change vector analysis method to monitor drought using landsat data. *The international archives of the Photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, volume XLII-4/W18, GeoSpatial Conference: 12–14 October 2019, Karaj, Iran (In Persian).
  - Ebrahimzadeh, S., Bazrafshan, J. and Ghorbani, K.H., 2013. Comparative study between satellite and ground-based drought indices using change vector analysis technique (Case study of Kermanshah province). *Journal of Water and Soil*, 27 (5):1034-1045 (In Persian).
  - Firouzi, F., Tavosi, T. and Mahmoudi, P., 2019. Investigating the sensitivity of NDVI and EVI vegetation indices to dry and wet years in arid and semi-arid regions (Case study: Sistan plain, Iran). *Scientific-Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 28 (110):163-179 (In Persian).
  - Fitrianto, A. C., Darmawan, A., Tokimatsu, K. and Sufwandika, M., 2018. Estimating the age of oil palm trees using remote sensing technique. In IOP گیاهی و یا تغییرات کمی پوشش را مورد بررسی قرار می‌دهند، در حالی که روند احیای حقیقی در یک منطقه، زمانی حاصل می‌شود که توسعه پوشش گیاهی پایدار (بهبود شاخص های کمی و کیفی به شیوه ای توامان) باشد؛ البته این مهم جز با توسعه پایدار کشاورزی در مناطقی مانند منطقه مورد مطالعه قابل دستیابی نیست. همانطور که Macías و همکاران (۲۰۲۰) با بررسی شاخص تخریب و فرسایش خاک به کمک تصاویر لندست در مکزیک، عامل اصلی تخریب را تغییر کاربری به نفع کشاورزی ناپایدار بیان می‌کنند. در نتیجه برای جلوگیری از بیابانی‌شدن، جلوگیری از هر گونه اقدام غیرهدفمند و غیرجامع ضروریست. Hu و همکاران (۲۰۲۰) نیز تنها راه کنترل بیابانزایی را اقدامات نظارتی هدفمند بر فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی می‌دانند.

#### منابع مورد استفاده

- Akbari, M., karimzadeh, H.R, Modarres, R. and Chakoshi, B., 2007. Assessment and classification of desertification using RS & GIS techniques (Case study: the Arid Region, in the North of Isfahan). *Iranian journal of Range and Desert Reseach*, 14 (2): 124-142 (In Persian).
- Allen, T.R. and Kupfer, J.A., 2000. Alication of spherical statistics to change vector analysis of Landsat data: Southern Aalachian spruce-fir forests. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 74: 482–493.
- Azizi, Z., Najafia, A. and Sohrabia, H., 2008. Forest canopy density estimating, using satellite images. *Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37: Part B8 (In Persian).
- Becerril-Pina, R., Diaz-Delgado, C., Mastachi-Lozaa, C.A. and Gonzalez-Sosab, E., 2016. Integration of remote sensing techniques for monitoring desertification in Mexico. *Journal of Human and Ecological Risk Assessment*, 22 (6): 1323–1340.
- Becerril-Pina, R., Mastachi-Lozaa, C.A., Gonzalez-Sosab, E., Diaz-Delgado, C. and Ba, K.H.M., 2015. Assessing desertification risk in the semi-arid highlands of central Mexico. *Journal of Arid Environments*, 120: 4-13.
- Bezerraa, F.G.S., Aguiara, A.P.D., Alvaláb, R.C.S., Giarollaa, A., Bezerraa, K.R.A., Limac, P.V.P.S., Do Nascimento, F.R. and Araie, E., 2020. Analysis of areas undergoing desertification, using EVI2

- pp. 468-474.
- Li, B., Tang, H. and Chen, D., 2009. Drought monitoring using the modified temperature/vegetation dryness index, 2nd International Congress on Image and Signal Processing, 17-19 Oct. 2009, China.
  - Li, S. and Chen, X., 2014. A new bare-soil index for rapid mapping developing areas using landsat8 data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-4. ISPRS Technical Commission IV Symposium, 14 – 16 May 2014, Suzhou, China.
  - Lorena, R.B., Santos, J.R., Shimabukuro, Y.E., Brown I.F. and Heinrich Kux, H.J., 2002. A change vector analysis technique to monitor land use/land cover in SW Brazilian amazon: Acre state. Proceedings of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), 1–8.
  - Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques. Journal of Remote Sensing, 25 (12): 2365-2407.
  - Macías, M.J.G., Carbajala, N. and Vargasb, J.T., 2020. Soil deterioration in the southern Chihuahuan Desert caused by agricultural practices and meteorological events. Journal of Arid Environments, 176: 104097.
  - Matsushita, B., Wei, Y., Jin, C., Yuyichi, O. and Guoyn, Q., 2007. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density Cypress forest. Sensors, 7 (11): 2636-2651.
  - MirzaeiZadeh, V., Niknejad, M. and Hojjati, S.M., 2015. Estimation of forest canopy density using FCD. Ecology of Iranian Forests, 3 (5): 75-63 (In Persian).
  - Mzid, N., Pignatti, S., Huang, W. and Casa, R., 2021. An analysis of bare soil occurrence in arable croplands for remote sensing topsoil applications. Journal of Remote Sensing, 13: 474-488.
  - Nateghi, S., Nohegar, A., Ehsani, A.H. and Bazrafshan, O., 2016. Coastal desert land use monitoring using change vector analysis technique during 2001 to 2014 (Case study: Qeshm Island). Iranian Journal of Range and Desert Research, 23 (2): 404-416 (In Persian).
  - Nguyen, C.T., Chidthaisong, A., Diem, P.K. and Huo, L.Z.H., 2021. A modified bare soil index to identify bare land features during agricultural fallow-period in Southeast Asia using Landsat8. Land, 10: 231-245.
  - Rikimaru, A., 2003. Concept of FCD mapping model and semi-expert system. Japan Overseas Forestry Consultants Association. Rep. 72 pp.
  - Conference Series: Earth and Environmental Science, 148 (1): 012020.
  - Hellden, U., 2008. A coupled human-environment model for desertification simulation and impact studies. Global and Planetary Change, 64: 158-168.
  - Hu, Y., Hana, Y. and Zhang, Y., 2020. Land desertification and its influencing factors in Kazakhstan. Journal of Arid Environments, 180: 104203.
  - Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. and Ferreira, L.G., 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Journal of Remote Sensing of Environment, 83(1-2), 195-213.
  - Huete, A., Justice, C. and Van Leeuwen, W., 1999. MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis document, 3: 213-227.
  - Jalili, A., 2020. Do's and don'ts in desert ecosystems and selecting the proper management strategy, 5 (2): 3 - Serial Number 21. DOI: 10.22092/irn.2020.121625. (In Persian).
  - Jiang, Z., Huete, A., Didan, K. and Miura, T., 2008. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. Journal of Remote Sensing, 112: 3833–3845.
  - Karamesoutia, M., Panagosb, P. and Kosmas, C., 2018. Model-based spatio-temporal analysis of land desertification risk in Greece. Journal of Catena, 167: 266–275.
  - Karavitis, C.A., Tsesmelis, D.E., Oikonomoub, P.D., Kairis, O., Kosmasa, C., Fassouli, V., Ritsema, C., Hessel, R., Jetten, V., Moustakas, N., Todorovic, B., Skondras, N.A., Vasilakou, C.G., Alexandris, S., Kolokytha, E., Stamatakos, D.V., Stricevi, R., Chatzigeorgiadis, E., Brandt, J., Geeson, N. and Quaranta, G., 2020. A desertification risk assessment decision support tool (DRAST). Journal of Catena, 187: 104413.
  - Karnieli, A., Qin, Z., Wu, B., Panov, N. and Yan, F., 2014. Spatio-temporal dynamics of land-use and land-cover in the Mu Us Sandy Land, China, using the change vector analysis technique. Journal of Remote Sensing, 6 (10): 9316-9339.
  - Kavosi, M. and Frarajzadeh, M., 2015. The evaluation of vegetation variations trend using linear regression methods and change vector analysis. Journal of Geography and Environmental Planning, 25 (4): 69-82. (In Persian)
  - Kemp, R., 1994. Technology and the transition to environmental sustainability: The problem of technological regime shifts. Journal of Futures, 26 (10): 1023-1046.
  - Le Houerou, H.N., 2006. Desertization. In: Lal, R. (Ed.), Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida,

- hazard severity in the Jaz-Murian region. *RS & GIS for Natural Resources*, 7 (4):31-44 (In Persian).
- UNCCD, Z.N.L.D., 2012. United Nations convention to combat desertification.
  - Xiaolu, S. and Bo, C.H., 2011. Change detection using change vector analysis from landsat TM Images in Wuhan. *Procedia Environmental Sciences*, 11: 238 – 244.
  - Zhan, Q., Zhao, W., Yang, M. and Xiong, D., 2021. A long-term record (1995–2019) of the dynamics of land desertification in the middle reaches of Yarlung Zangbo River basin derived from Landsat data. *Journal of Geography and Sustainability*, 2: 12–21.
  - Zhang, D. and Deng, H., 2020. Historical human activities accelerated climate-driven desertification in China's Mu Us Desert. *Journal of Science of the Total Environment*, 708: 134771.
  - Salih, A.A.M., Ganawa, El-T. and Elmah, A.A., 2017. Spectral mixture analysis (SMA) and change vector analysis (CVA) methods for monitoring and mapping land degradation/desertification in arid and semiarid areas (Sudan), using Landsat imagery. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 20: 21–29.
  - Sepehr, A., Ekhtesasi, M.R. and Almodaresi, S.A., 2012. Development of desertification indicator system based on DPSIR (Take advantages of Fuzzy-TOPSIS). *Geography and Environmental Planning Journal*, 45 (1): 33-50. (In Persian)
  - Shammi, S.A. and Meng, Q., 2021. Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. *Journal of Ecological Indicators*, 121: 107124.
  - Soleimani Sardo, M., Tavili, A., Alipour, A. and Hashemi, S.M., 2017. Evaluation of desertification

## Evaluation and analysis of desertification change using change vector analysis method (Ghalehgang County)

F. Narmashiri<sup>1</sup>, M. Ghorbani<sup>2\*</sup>, Gh.R. Zehtabian<sup>3</sup>, H. Azarnivand<sup>3</sup>, A. AlamBeigi<sup>4</sup> and R.W. Scholz<sup>5</sup>

1- Ph.D. Student of Natural Resource Engineering, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran

2\*- Corresponding author, Associate Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran, Email: mehghorbani@ut.ac.ir

3- Professor, Department of Rehabilitation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Karaj, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agricultural Extension & Education, Faculty of Economics and Agricultural Development, Tehran University, Karaj, Iran

5- Professor, ETH Zurich, Department of Environmental System Sciences, Zurich, Switzerland

Received:04/28/2021

Accepted:07/12/2021

### Abstract

Desertification has been considered a threat to arid, semi-arid, and even semi-humid climates in recent decades and it is an obstacle to sustainable global development, so monitoring its changes is urgent. Using remote sensing and GIS is one of the cost-effective, often free, and accessible methods to monitor changes in these areas. In this study, the change vector analysis method was used for the evaluation and analysis of desertification change in a part of Ghalehganj county in the south of Kerman province. For this purpose, Landsat 8 image bands in two time periods of 2014 (first period) and 2020 period (second period) for March and April were used in Google Earth Engine. Image pre-processing was applied and averaging was done separately for both periods, followed by the calculation of EVI and BSI indices. For the next step, using these two indicators and the change vector analysis method in the GIS software, the magnitude, and direction of desertification change trends were determined. The results of the present research indicated the dominance of the reclamation process in the region during the years studied and the overall results indicate that the development of cultivated lands and land-use change has the greatest impact on monitoring indicators and desertification trends in the region. Thus, degradation of lands around residential areas is witnessed, and on the other hand, there is a significant relationship between agricultural activities and rehabilitation areas in the region.

**Keywords:** Change vector analysis, desertification, Ghalehgang, BSI, EVI.