



بررسی سری زمانی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی سیلان با استفاده از تکنیک

سنجش از دور

فرهاد هاشمیان

ابراهیم فتائی*

مرضیه مسیبی

علی اکبر ایمانی

دانشجوی دکترا، گروه آموزشی علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل، اردبیل، ایران
استاد، گروه آموزشی علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران
استادیار، گروه آموزشی علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران
دانشیار، گروه آموزشی علوم کشاورزی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران

چکیده مبسوط

مقدمه: نواحی پوشش گیاهی از اجزای اساسی اکوسیستم مراتع محسوب می شوند که تحت تأثیر پستی و بلندی های بزرگ و کوچک، و همچنین عوامل خاک و اقلیم شکل می گیرند. مدیریت اصولی این اکوسیستم ها مستلزم شناسایی نواحی پوشش گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی است. تشخیص رابطه بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی از اهمیت بالایی برخوردار است، چراکه این درک می تواند به مدیریت بهتر اکوسیستم های مرتعی منجر شود. در سال های اخیر، داده های پوشش گیاهی استخراج شده از تصاویر ماهواره ای به ابزاری قدرتمند در گردآوری اطلاعات در مورد پویایی پوشش گیاهی در مقیاس جهانی تبدیل شده اند. چراکه این تصاویر امکان پایش منابع طبیعی را با صرف زمان و هزینه کمتر فراهم می سازند. در میان شاخص های ماهواره ای، شاخص NDVI بیشترین کاربرد را در بررسی پوشش گیاهی داشته است. منطقه کوهستانی سیلان از منظر حفاظتی، نقش مهمی در کنترل فرسایش و سیلاب های منطقه ایفا می کند. از سوی دیگر، مراتع سیلان به عنوان ییلاق عشایر، نقشی کلیدی در تأمین نیازهای دام و معیشت عشایر و روستاییان منطقه داشته اند. از این رو، هرگونه تغییر در پوشش گیاهی مراتع سیلان می تواند هم نقش حفاظتی این مراتع را تحت تأثیر قرار دهد و هم دسترسی به منابع آب و معیشت طیف گسترده ای از ساکنان عشایری، روستایی و شهری را به خطر بیندازد. لذا، این پژوهش به بررسی تغییرات تراکم پوشش گیاهی مراتع سیلان طی یک دوره ۱۷ ساله می پردازد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۱۲

مواد و روش ها: جهت استخراج مقادیر پوشش گیاهی (مرتعی) در کوهستان سیلان از تصاویر ماهواره ای لندست در طی دوره آماری ۲۰۰۳-۲۰۱۹ به مدت ۱۷ سال و در زمان وجود تراکم کامل پوشش گیاهی (خرداد و تیرماه) استفاده شد. کاربری اراضی منطقه بر اساس روش طبقه بندی نظارت شده استخراج و مشخص شد کاربری غالب در منطقه مرتعی می باشد. بنابراین جهت بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی از شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی مرتعی (NDVI) و آزمون من-کندال استفاده شد.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد که میانگین شاخص NDVI در طول ۱۷ سال مطالعه در کلاس های ارتفاعی مختلف شامل مراتع ارتفاع پایین، متوسط و بالا به ترتیب برابر با ۰/۳۴۹، ۰/۳۳۸، ۰/۳۹۵ و ۰/۱۸۴ بوده است. بیشترین مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۹ و در محدوده ارتفاعی ۲۵۰۰ تا ۳۵۰۰ متر مشاهده شد و کمترین مقدار مربوط به سال ۲۰۱۴ و در ارتفاع بالاتر از ۳۵۰۰ متر بود. بررسی روند تغییرات شاخص NDVI نشان داد که در دوره آماری ۱۷ ساله، میانگین کل کلاس کاربری مرتع و کلاس مرتع با ارتفاع متوسط (۲۵۰۰-۳۵۰۰ متر) روند افزایشی معناداری در سطح اطمینان ۰/۰۵ داشته اند. به طوری که NDVI در کلاس کاربری مرتع با نرخ ۰/۰۰۴ و در کلاس مرتع با ارتفاع متوسط با نرخ ۰/۰۰۶ در سال افزایش یافته است. بر اساس نتایج، افزایش هایی بیش از ۰/۲ در NDVI عمدتاً در کلاس ارتفاعی متوسط (۲۵۰۰-۳۵۰۰ متر) مشاهده شد. در حالی که افزایش هایی بین ۰/۰۵ تا ۰/۲ در هر دو کلاس ارتفاعی متوسط و پایین (۱۵۰۰-۲۵۰۰ متر) مشاهده گردید.

واژه های کلیدی: کوهستان

سیلان، پوشش گیاهی، گرادیان

ارتفاعی، شاخص NDVI

تصاویر ماهواره ای

نتیجه گیری: نتایج این پژوهش نشان داد شاخص NDVI ابزاری مؤثر در پایش بلندمدت تغییرات پوشش گیاهی مراتع است. بیشترین افزایش تراکم پوشش گیاهی در ارتفاعات متوسط (۲۵۰۰-۳۵۰۰ متر) مشاهده شد، در حالی که نواحی بالاتر از ۳۵۰۰ متر کاهش نسبی داشته اند. بنابراین، استفاده از داده های ماهواره ای در مدیریت پایدار مراتع ضروری است.

نویسنده مسئول: ابراهیم فتائی

نشانی: گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، اردبیل، ایران. **تلفن:** ۰۹۱۴۳۵۴۹۴۰۰. **پست الکترونیکی:** eafataei@gmail.com

استناد: هاشمیان فرهاد، فتائی ابراهیم، مسیبی مرضیه، ایمانی علی اکبر. بررسی سری زمانی تغییرات پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی سیلان با استفاده از تکنیک سنجش از دور.

پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست. ۱۴۰۴؛ ۳(۱۱): ۴۸-۳۱.

حقوق نویسندگان محفوظ است. این مقاله با دسترسی آزاد و تحت مجوز مالکیت خلاقانه <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0> در فصلنامه پژوهش های نوین در مهندسی محیط زیست منتشر شده است. هرگونه استفاده غیرتجاری فقط با استناد و ارجاع به اثر اصلی مجاز است.



مقدمه

مناطق کوهستانی به دلیل تغییرات شدید در گیاهان و محیط اطرافشان، به عنوان یکی از پیچیده‌ترین اکوسیستم‌ها می‌باشند. این مناطق به دلیل وجود تنوع زیستی بسیار بالا و نیز تنوع گیاهی و جانوری خاص و ویژه در هر ارتفاع و شیب متفاوت حتی در مساحت‌های خیلی کوچک به عنوان نقاط داغ تنوع زیستی شناخته می‌شوند (رابک و همکاران ۲۰۱۹). کوهستان‌ها از اساسی‌ترین اجزای پشتیبانی‌کننده چرخه حیات بر روی کره زمین هستند. با این وجود این اکوسیستم‌ها در همه جنبه‌ها بسیار آسیب‌پذیر و شکننده می‌باشند (رفیعی و کریمی ۲۰۲۳). پوشش گیاهی و تکامل آن در مناطق کوهستانی به عنوان مهم‌ترین رکن بررسی تغییرات می‌باشد. به عبارت دیگر تأثیرات محیطی می‌تواند با بررسی پوشش گیاهی در محیط‌های کوهستانی مورد سنجش قرار گیرد. بنابراین همبستگی بین پوشش گیاهی و عوامل محیطی یکی از مهم‌ترین مسائل تأثیرگذار در شکل‌گیری ساختار جوامع گیاهی و پراکنش آن‌ها در مناطق کوهستانی می‌باشد. پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده که این عوامل شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (پتورلی و همکاران ۲۰۰۵). از آنجا که پراکنش جغرافیایی پوشش گیاهی در یک محیط کوهستانی مرتفع تقریباً با تنوع توپوگرافی آن مربوط می‌شود از این رو پارامترهای فیزیوگرافی از قبیل ارتفاع، شیب و جهت شیب به عنوان مشخصه‌های ورودی برای توزیع پوشش گیاهی در چشم‌اندازهای کوهستانی مهم هستند (هورچ و همکاران ۲۰۰۲). عظیمی وند (۱۹۹۰) نشان داد رابطه نزدیکی بین واحدهای ژئومورفولوژیک پوشش گیاهی و خاک در منطقه دامغان وجود دارد. هم‌چنین عامل اصلی تغییر پوشش گیاهی واحد کوهستان را اختلاف ارتفاع از سطح دریا معرفی کرد.

مناطق کوهستانی به علت تفاوت در ارتفاع، شیب و جهت و ساختار زمین‌شناسی، طیف گسترده‌ای از انواع پوشش گیاهی را در بر می‌گیرند (کامرانی و همکاران ۲۰۰۴، کومر ۲۰۱۰). به عبارت دیگر از بین عوامل مختلف توپوگرافی، ارتفاع، جهت و شیب تأثیر زیادی بر توزیع و الگوی پوشش گیاهی به‌ویژه در مناطق کوهستانی دارند (وود و همکاران ۲۰۱۱). ارتفاع از سطح دریا از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر پراکنش پوشش گیاهی است و به روش‌های مختلف از جمله تأثیر بر شرایط اقلیمی، نحوه تشکیل و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تأثیر بر رواناب سطحی، فرسایش و مهاجرت (جابجایی یا پراکنش) بذر گیاهان ایفای نقش

می‌کند (گرزیل و همکاران ۲۰۱۴، هی و همکاران ۲۰۰۷). در واقع، تعامل پیچیده عوامل محیطی متفاوت در رابطه با ارتفاع از سطح دریا سبب تغییر در انواع زیستگاه‌ها و جوامع گیاهی متفاوت می‌شود (هگازی و همکاران ۲۰۰۷، هوبنر و همکاران ۱۹۹۵). اظهار داشته‌اند که توپوگرافی از عوامل بسیار مؤثر بر ترکیب گونه‌ای زیر اشکوب در جنگل‌های خزان‌کننده است. شکراللهی و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی آثار ویژگی‌های خاک و عوامل فیزیوگرافی بر پوشش گیاهی در بخشی از مراتع بیلاقی پلور به منظور تعیین ارتباط دو ویژگی پوشش تاجی و تراکم گیاهی با عوامل محیطی پرداختند. نتایج نشان داد که درصد پوشش تاجی و تراکم گونه‌های گیاهی منطقه بررسی‌شده در واحدهای کاری مختلف، متفاوت بوده و متأثر از خصوصیات فیزیوگرافی و عوامل خاک است. با این وجود گردآوری اطلاعات درباره تغییرات پیوسته پوشش گیاهی (به‌خصوص مناطق کوهستانی) توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در چنین شرایطی استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌کند (ویسی و همکاران ۲۰۲۲).

در سال‌های اخیر تصاویر و اطلاعات ماهواره‌ای، به ابزار قدرتمندی برای جمع‌آوری اطلاعات درباره پویایی پوشش گیاهی در اکوسیستم‌های مختلف سراسر جهان تبدیل شده است. زیرا با این ابزار امکان بررسی تغییرات دوره‌ای پدیده‌ها مانند کاربری اراضی، پوشش گیاهی، مدیریت اراضی و غیره در حداقل زمان و با کم‌ترین هزینه، مقدور می‌گردد (ویلز ۲۰۱۵) و هم‌چنین تغییرات ناگهانی و یا با روند آرام در گذر زمان را نیز نشان می‌دهد (مرادی و همکاران ۲۰۱۲). با توجه به محدودیت‌های حاصل از تغییرپذیری مکانی و زمانی و هزینه‌بر بودن مطالعات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل ویژگی‌هایی مانند تصویربرداری مکرر در فواصل زمانی کوتاه، چند طیفی بودن، پوشش زمینی وسیع، افزایش روزافزون توان تفکیک و تشخیص پدیده‌ها، به‌روز و قابل‌دسترس بودن و چند زمانه بودن، نتایج قابل قبولی را در بررسی تغییرات پوشش گیاهی ارائه می‌نماید (جهان تیغ و همکاران ۲۰۱۹، دهشیر و همکاران ۲۰۱۵، ملانوری و سبحانی ۲۰۲۳). با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان مقایسه میزان انعکاس پوشش گیاهی در باندهای مختلف تصاویر ماهواره‌ای، مخصوصاً باندهای مادون قرمز نزدیک و باند قرمز و استخراج شاخص‌های طیف مختلف فراهم می‌شود که این موضوع از نقاط قوت استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است (کورانی و همکاران ۲۰۱۵).

شد. با توجه به نتایج، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ دارای روند افزایشی بوده و همبستگی آن با میانگین بارندگی سالانه مثبت و ضریب همبستگی برابر با ۰/۳۸ بود.

سیلان سومین قله بلند ایران دارای کوه آتشفشان نیمه فعال و دریاچه کوچک در قله می‌باشد. سیلان به‌خاطر آبگرم‌های طبیعی دامنه کوه، طبیعت تابستانی زیبا و پیست اسکی آلوارس مورد توجه گردشگران است. قسمت شرقی کوه سیلان به قله آتشفشان سیلان که در بلندای ۴۸۱۱ متری قرار دارد، منتهی می‌شود. تمام قله‌های سیلان در همه ایام سال پوشیده از یخ و برف‌های دائمی هستند. این اثر به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد از جمله وجود یخچال‌ها، آبشارها و دره‌های زیبا و همچنین وجود دریاچه‌ای زیبا در دهانه آتشفشان اصلی جذابیت‌های فراوانی را به آن بخشیده است و از این‌رو کوهنوردان فراوانی را از سراسر کشور و جهان به سوی خود جلب می‌نماید. کوهستان ساوالان از کانون‌های مهم آبگیر دائمی رودهای آذربایجان می‌باشد. دامنه‌های شمالی آن به دره رود قره‌سو و اهرچایی و دامنه‌های جنوبی آن به شاخه‌های آجی چای منتهی می‌گردد. یکی از مهم‌ترین عوامل در ناپایداری دامنه‌های منطقه مذکور در ارتفاعات، بالا بودن توان رسوب‌دهی بر اثر فقر پوشش گیاهی، نوع سنگ مادر، شیب نسبتاً تند آبراهه‌های منطقه بوده که موجب تخریب فیزیکی و جریان‌های واریزه‌ای می‌گردد و پیدایش جریان واریزه‌های فراوان در پای پرتگاه‌ها و بروزدهای سنگی شیب‌دار، در ارتباط با عوامل اقلیمی، زمین ساخت و جریان‌های حاصل از بارش‌ها رگباری و نیروی ثقل می‌باشد. به لحاظ پوشش گیاهی منطقه سیلان به‌طور کلی ناحیه‌ای کوهستانی است. در مناطق کم ارتفاع‌تر پوشش عمده مراتع خوش‌خوراک غالب می‌باشد. تغییرات شدید ارتفاع در این منطقه بالطبع باعث تغییرات وسیع آب و هوایی و سایر عوامل اکولوژیک شده است. بنابراین رویش متنوعی در گرادیان ارتفاعی می‌توان مشاهده کرد. بر این اساس پوشش گیاهی کوهستان سیلان، از نظر حفاظتی نقش به‌سزایی در کنترل فرسایش و سیلاب در منطقه دارد. بنابراین هرگونه تغییر در پوشش گیاهی کوهستان سیلان، علاوه بر آن که نقش حفاظتی مراتع سیلان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، از طرف دیگر دسترسی به منابع آبی و زندگی قشر وسیعی از عشایر و روستاییان و حتی شهرنشینان را دچار مخاطره می‌کند. بنابراین در این تحقیق روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی در طول دوره زمانی ۱۷ ساله منطقه سیلان در طول گرادیان ارتفاعی مورد بررسی قرار گرفت.

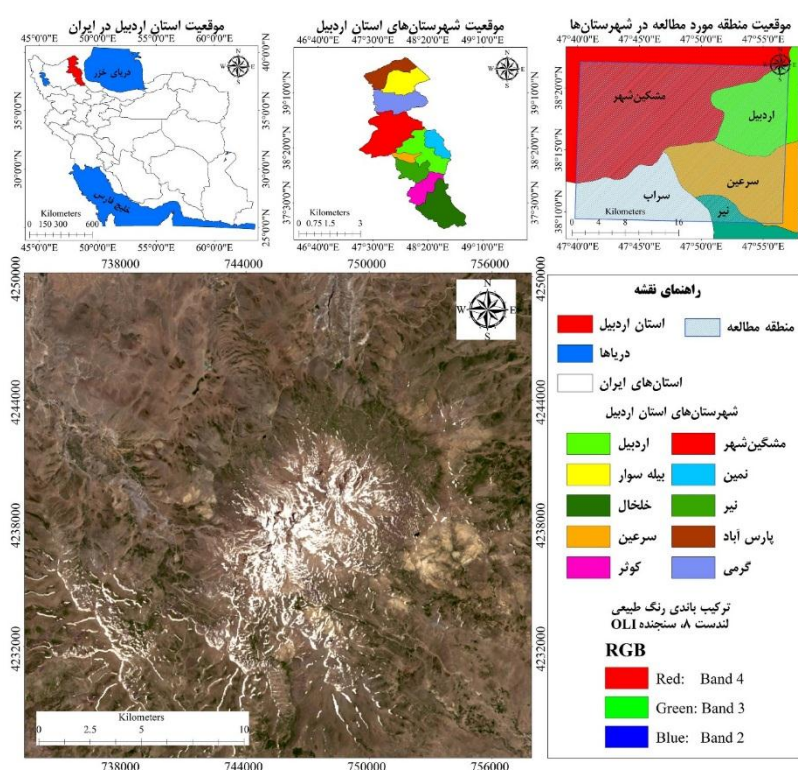
شاخص‌های پوشش گیاهی به‌طور گسترده به‌عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و عوامل دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (مچی و همکاران ۲۰۱۱، رضایی و همکاران ۲۰۲۴). در میان شاخص‌های مختلف دورسنجی پوشش گیاهی، شاخص نرمال شده تفاضلی پوشش گیاهی (NDVI)^۱ مناسب‌ترین شاخص برای بررسی توزیع و تغییرات پوشش گیاهی است. (ویو و همکاران ۲۰۱۶، ایاناده و همکاران ۲۰۱۷، کوندا و همکاران ۲۰۱۷، رضایی و همکاران ۲۰۲۴). پایه این شاخص، بر اساس اختلاف در بازتاب‌های طیفی (باند‌های انعکاسی قرمز و مادون‌قرمز نزدیک) ناشی از وضعیت پوشش گیاهی حاکم می‌باشد (هرب و همکاران ۲۰۱۸). در سطح جهانی و منطقه‌ای مطالعات زیادی بر اهمیت شاخص مذکور در نشان دادن ویژگی‌های مکانی و زمانی پوشش گیاهی تأکید دارند، به‌طور مثال تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی طی دوره هشت ساله با استفاده از NDVI و از طریق تجزیه و تحلیل روند و همبستگی جزئی در جنوب بیابان Mu Us چین مورد بررسی قرار گرفت (لیو و همکاران ۲۰۱۷). بررسی اجرای شاخص بر روی تصاویر ماهواره‌ای لندست بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد که این شاخص برای برآورد پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک زاگرس مناسب می‌باشد (میرزائی زاده و همکاران ۲۰۱۶). در تحقیقی که فرج زاده و همکاران در سال ۱۳۸۹ در ناحیه زاگرس به انجام رساندند، این‌گونه بیان شد که پوشش گیاهی بر اساس ارتفاع بوده و توزیع فضایی پوشش گیاهی با شرایط اقلیمی ارتباط زیادی دارد. میسرا و چاو دوری در سال ۲۰۱۵ در مطالعه‌ای بر روی کوهستان هیمالیا با استفاده از ابزار سنجش از دور و NDVI به بررسی روند رشد فصلی گیاهان منطقه در طول ماه‌های مختلف بر اساس ارتفاع پرداختند. در این بررسی از تصاویر ماهواره MODIS استفاده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که در مناطق با ارتفاع کم‌تر از ۸۰۰ متر روند منفی در میانگین سالیانه سبزیگی وجود داشت. همچنین این روند برای ارتفاع بین ۸۰۰ تا ۱۶۰۰ در اغلب مناطق مثبت و برای ارتفاعات بیش‌تر از ۱۶۰۰ نیز منفی به‌دست آمد. در مطالعه دیگری فولادی دوقزلو و همکاران (۲۰۲۲) تغییرات شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های تصاویر سنجنده MODIS در حوضه هامون- جازموریان در جنوب شرق ایران بررسی نمودند پوشش گیاهی این حوضه به‌طور دقیق آنالیز و سپس روند تغییرات این شاخص در این بازه زمانی ۲۳ ساله با استفاده از آزمون من‌کنندال بررسی

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ارتفاعات بالای ۱۵۰۰ متری کوهستان سبلان در استان اردبیل را در بر گرفته که در زون ۳۸ سیستم تصویر UTM^۲ واقع شده است. کاربری غالب این منطقه مرتعی بوده که عمدتاً بهره‌برداران آن جوامع عشایری و روستایی منطقه است. این منطقه دارای پوشش گیاهی خوبی بوده به‌طوری که هر ساله در اواسط خرداد ماه فصل بهار عشایر غالباً مغانی، به‌عنوان مراتع ییلاقی به این منطقه کوچ می‌کنند. در واقع مراتع سبلان نقش کلیدی در تأمین نیازهای

دامداران منطقه دارد. علاوه بر آن بسیاری از سر شاخه‌های رودخانه‌های مهم منطقه همچون بالغی‌چای، نیرچای، خیاوچای و غیره از ارتفاعات سبلان سرچشمه می‌گیرد که نقش بسیار مهمی در تأمین منابع آب شرب و زراعی منطقه دارد. شیب متوسط منطقه مورد مطالعه نیز ۳۳ درصد است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران، استان و شهرستان‌ها

جدول ۱- مشخصات تصاویر ماهواره‌ای در طی دوره زمانی ۱۷ ساله

نام ماهواره	نوع سنجنده	قدرت تفکیک مکانی	سال برداشت	زمان برداشت	گذر و ردیف ماهواره
لندست ۴ و ۵	TM	۳۰ متر	۲۰۰۳-۲۰۰۶		
لندست ۷	ETM+	۳۰ متر	۲۰۰۷-۲۰۱۲	تیرماه	۱۶۷-۳۳
لندست ۸	OLI	۳۰ متر	۲۰۱۳-۲۰۱۹		

روش تحقیق

به منظور بررسی و پایش روند تغییرات پوشش گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی در منطقه سیلان تعداد ۱۷ سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ مورد استفاده قرار گرفت. مشخصات تصاویر ماهواره‌ای در طی سری زمانی در جدول ۱ نشان داده شده است.

پس از دریافت تصاویر ماهواره‌ای مذکور، جهت کنترل کیفیت داده‌ها، خطاهای اتمسفری، هندسی و رادیومتری با برنامه ENVI5.3 مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که غالب تصاویر دریافتی دارای سیستم مختصات بود، بنابراین نیازی به تصحیح هندسی نبود. جهت تصحیح رادیومتری، مقادیر ^{3}DN تصویر به تابش 4 کالیبره شد (زونگرانا و همکاران ۲۰۱۵، تاکار و همکاران ۲۰۱۷). سپس با استفاده از ماژول $^{5}FLAASH$ تصحیح اتمسفری گردید (دابی و همکاران ۲۰۱۴، کانتا کومار و نیلامستی ۲۰۱۵، زونگرانا و همکاران ۲۰۱۵، ماشوری و همکاران ۲۰۱۷). این ماژول توانایی اصلاح طول موج در ناحیه مرئی و مادون قرمز نزدیک 7 و مادون قرمز نزدیک موج کوتاه 8 تا بالای ۳ میکرومتر را دارا می‌باشد. پارامترهای مورد نیاز برای تصحیح اتمسفری از اطلاعات فایل متنی MTL و همچنین از DEM ۳۰ متری سنجنده ASTER 9 استخراج گردید.

یکی دیگر از مسائل چالش برانگیز در مرحله پیش پردازش تصاویر سنجنده ETM+، تصحیح خطای نوارهای سیاه (گپ به خطوط نوار شدگی) می‌باشد که با نام SLC-off 10 مشهور است. به منظور

رفع این خطا از افزونه Landsat Gapfill در محیط نرم افزار ENVI5.3 استفاده گردید.

جهت بررسی کاربری‌های اراضی در محدوده مورد مطالعه از روش طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شد که بدین منظور از ۲۳ نقطه تعلیمی استفاده شد. جهت تعیین بهینه‌ترین نقاط تعلیمی جهت استخراج کاربری‌های اراضی از تصاویر گوگل ارث و مطالعات کاکه مم و همکاران (۲۰۲۰) استفاده شد. نقشه کاربری اراضی به دست آمده شامل ۳ کاربری اراضی کشاورزی دیم، مناطق مسکونی و مراتع بوده است (شکل ۲). به طوری که در طول سال‌های مورد مطالعه به دلایل شرایط آب و هوایی، خاک، پوشش و دسترسی به منطقه تغییرات ناچیزی در کاربری اراضی اتفاق افتاده بوده است.

بر اساس شکل ۲ مشاهده می‌گردد که کاربری مرتع به عنوان کاربری غالب در محدوده می‌باشد. بنابراین جهت بررسی تغییرات روند پوشش گیاهی در طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ از شاخص تفاضل شده نرمال پوشش گیاهی برای کاربری مرتع استفاده شد. در تهیه شاخص مذکور مناطق دارای کاربری مسکونی و اراضی دیم از محدوده حذف گردید. در این شاخص ترکیبی از فرمول نرمالیزه شده و استفاده از مناطق دارای بالاترین مقدار جذب و بازتاب کلروفیل، سبب می‌شود که این شاخص به ویژه در شرایط پوشش گیاهی متراکم برای بررسی سلامت گیاهان مناسب باشد (هورلی و همکاران ۲۰۱۴). در رابطه ۱ نحوه محاسبه این شاخص نشان داده شده است.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

ارائه گردید و سپس در سال ۱۹۶۶ توسط کندال توسعه یافت و در همان سال‌ها مورد توجه سازمان هواشناسی جهانی 12 قرار گرفت (دسیلوا و همکاران ۲۰۱۵)، مقادیر مثبت و منفی Z در این آزمون به ترتیب نشان‌دهنده افزایش و کاهش روند است (هانگ و همکاران ۲۰۱۷).

در این آزمون ابتدا اختلاف بین هر یک از مشاهدات با تمام مشاهدات محاسبه شده و پس از آن پارامتر S بر مبنای من

سپس به منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی مرتعی از آزمون من-کندال 11 استفاده گردید. آزمون من-کندال یک آزمون غیر پارامتری است که معمولاً برای تشخیص روند تکاملی در مجموعه داده‌های محیطی، اقلیمی و هیدرولوژیکی استفاده می‌شود (هانگ و همکاران ۲۰۱۷). این آزمون روند افزایشی یا کاهشی یکنواخت را در داده‌های مناطق مورد مطالعه از نظر آماری مورد بررسی قرار می‌دهد. این آزمون توسط من در سال ۱۹۴۵

3- Digital Numbers

4- Radiance

5- Module

6- Fast Line of sight Atmospheric Analysis of Spectral Hyper cubes

7- Near-Infrared

8- Shortwave Infrared

9- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer

10- Scan Line Corrector

11- Mann-Kendall

12- World Meteorological Organization

(۱۹۴۵) و کندال (۱۹۷۵) از رابطه ۲ مورد محاسبه قرار خواهد گرفت.

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_i) \quad (2)$$

که در آن x_j مقادیر داده‌های متوالی، n مجموع طول داده‌ها و sgn از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

$$\operatorname{sgn}(\theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } \theta > 0 \\ 0 & \text{if } \theta = 0 \\ -1 & \text{if } \theta < 0 \end{cases} \quad (3)$$

من و کندال نشان دادند که وقتی $n > 8$ باشد، آماره S تقریباً به‌طور نرمال توزیع شده و میانگین آن صفر و انحراف معیار آن از طریق رابطه ۴ به دست می‌آید.

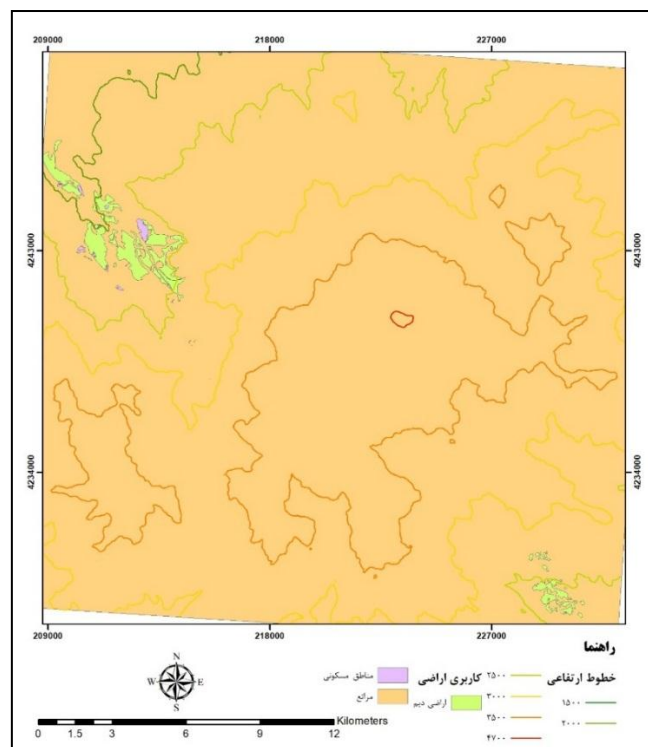
$$\operatorname{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (4)$$

که در آن t_i تعداد داده‌های یکسان در دسته i ام می‌باشند. آماره آزمون استاندارد شده Z از طریق رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & s > 0 \\ 0 & s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & s < 0 \end{cases} \quad (5)$$

مقادیر مثبت یا منفی آماره Z ، به ترتیب روند افزایشی یا کاهشی را نشان می‌دهد (یونس و همکاران ۲۰۱۸). آماره Z از توزیع نرمال استاندارد با میانگین صفر و واریانس واحد پیروی می‌کند. فرض صفر (عدم وجود روند) به شرطی پذیرفته می‌شود که قدر مطلق Z محاسبه شده از مقدار Z نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α کم‌تر باشد. در غیر این صورت فرض صفر رد می‌شود. در واقع این آزمون بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش و یا رد فرض صفر، تصمیم‌گیری می‌نماید. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری

داده‌ها است و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. بنابراین چنانچه مقدار p -value از ۰/۰۵ کم‌تر باشد، فرض صفر رد می‌شود. به عبارتی وجود روند در سری داده‌ها با سطح معنی‌داری ۰/۰۵ پذیرفته می‌شود. اما اگر مقدار p -value از ۰/۰۵ بیش‌تر باشد، فرض صفر پذیرفته می‌شود که به معنای عدم وجود روند در سری داده‌ها در سطح معنی‌داری، ۰/۰۵ است (راهمن و همکاران ۲۰۱۷). در این بررسی جهت محاسبه آزمون من-کندال از افزونه XLSTAT در محیط برنامه Excel استفاده گردید.



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی تهیه شده بر اساس روش طبقه‌بندی نظارت شده

تخمین گر سن^{۱۳} از رابطه ناپارامتری ۶ مورد محاسبه قرار می‌گیرد که توسط تایل (۱۹۵۰) و سن (۱۹۶۸) ارائه شده است.

در آزمون من-کندال شیب خط روند سری داده‌ها با روش

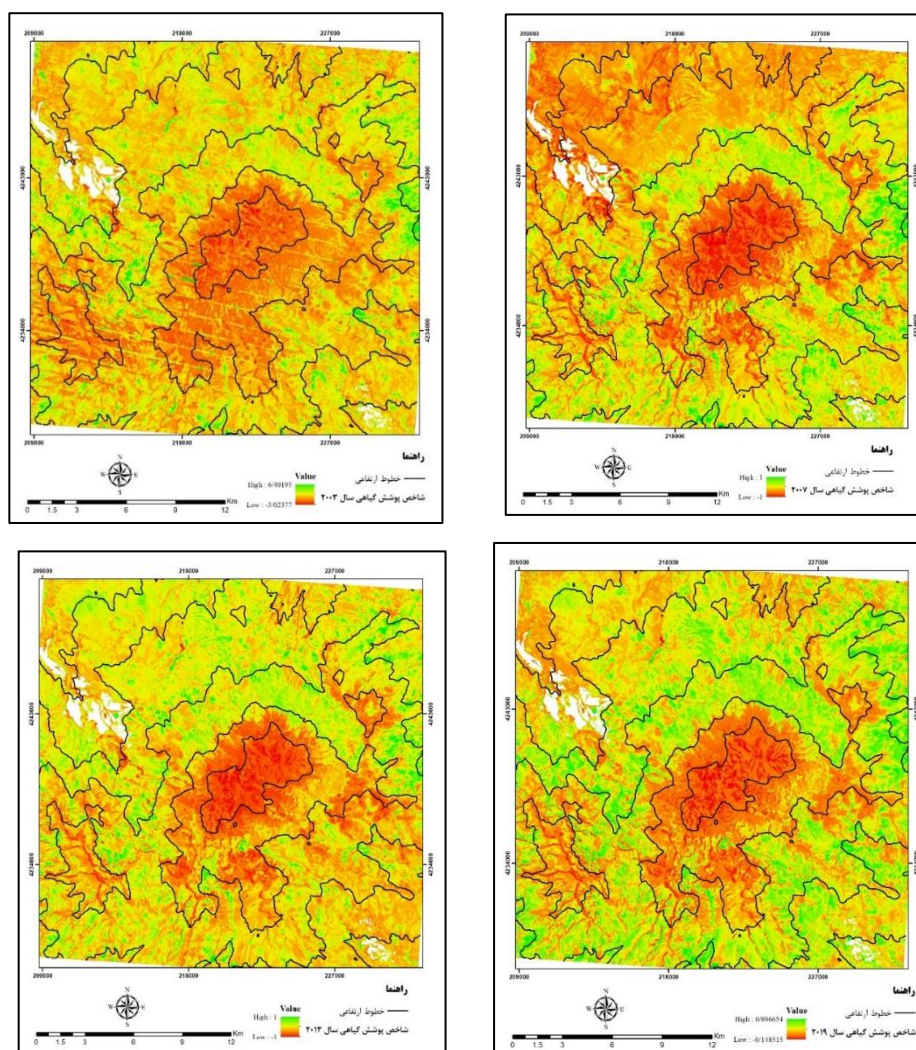
$$\beta = \text{Median} \left[\frac{X_j - X_i}{j - i} \right] \quad \forall i < j \quad (5)$$

آن مثبت است، به معنای مناطق بهبود پوشش گیاهی و در صورتی که منفی باشد، آنگاه این موضوع به معنای کاهش پوشش مرتعی در محدوده آن پیکسل تلقی گردید. مناطقی که مقدار ارزش عددی حاصل از تفریق شاخص‌ها در بازه‌های زمانی مورد مطالعه صفر باشد، این موضوع به معنای عدم تغییر پوشش مرتعی است.

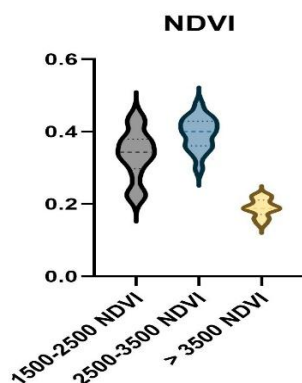
که در آن β برآوردگر شیب خط روند و X_i و X_j به ترتیب مقادیر مشاهداتی زام و i ام می‌باشد. مقادیر مثبت β نشان‌دهنده روند افزایشی و مقادیر منفی آن روند کاهشی را نشان می‌دهد. جهت تهیه نقشه تغییرات شاخص پوشش گیاهی مرتعی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ از محیط برنامه ArcMap استفاده شد (گودرزی و همکاران ۲۰۱۹). به‌طوری‌که نقاطی که بعد از تفاضل مقادیر پیکسل‌ها بازه‌های زمانی مورد مطالعه، مقادیر عددی پیکسل‌های

محدوده ارتفاعی ۲۵۰۰-۳۵۰۰ متری و کم‌ترین مقدار در سال ۲۰۱۴ در محدوده ارتفاعی بیش از ۳۵۰۰ متر مشاهده شد. بررسی توزیع مقادیر شاخص تراکم پوشش گیاهی در دوره زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ در ۳ بازه ارتفاعی ۱۵۰۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۳۵۰۰ و بیش از ۳۵۰۰ متر (شکل ۴) نشان می‌دهد تغییرات واریانس شاخص تراکم پوشش گیاهی در بازه ارتفاعی ۱۵۰۰-۲۵۰۰ بسیار زیاد بوده است. بیش‌ترین تراکم پوشش گیاهی در بازه ۲۵۰۰-۳۵۰۰ متر مشاهده شده است و در بازه بالای ۳۵۰۰ متر تراکم پایین به دلیل شرایط آب و هوای ارتفاعات بالا مشاهده شده است.

شکل ۳ مقادیر پیکسلی NDVI در چهار مقطع زمانی ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹ را نشان می‌دهد. سپس مقادیر متوسط هر سال در کلاس کاربری مرتعی و محدوده‌های ارتفاعی ۱۵۰۰-۲۵۰۰، ۲۵۰۰-۳۵۰۰ و بیش از ۳۵۰۰ متر محاسبه گردید. نتایج نشان داد که مقدار متوسط NDVI در ۱۷ سال مورد مطالعه در کل کلاس کاربری مرتعی، کلاس مرتعی ارتفاعی پایین، میانی و بالا به ترتیب ۰/۳۴۹، ۰/۳۳۸، ۰/۳۹۵ و ۰/۱۸۴ می‌باشد. بیش‌ترین مقدار شاخص تراکم پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۹ و در



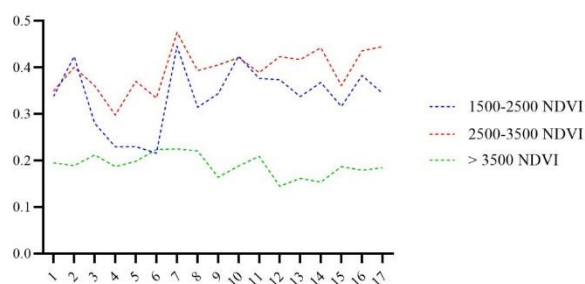
شکل ۳- نقشه رستری NDVI در چهار مقطع زمانی ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۹



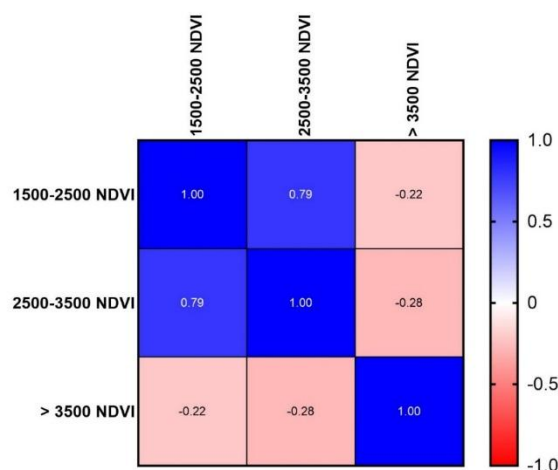
شکل ۴- تغییرات واریانس مقادیر شاخص تراکم پوشش گیاهی در محدوده ارتفاعی

نزدیک به هم و از الگوی یکسان تبعیت نموده است. در حالی که این تغییرات در بازه بیش از ۳۵۰۰ متر متفاوت می باشد. این میزان همبستگی بر اساس تابع پیرسون در شکل ۶ نشان داده شده است.

بررسی روند تغییرات شاخص تراکم پوشش گیاهی در طول دوره آماری از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ (شکل ۵) نشان می دهد که میزان تغییرات در دو بازه ارتفاعی ۲۵۰۰-۱۵۰۰ و ۲۵۰۰-۳۵۰۰



شکل ۵- روند خطی میزان تغییرات شاخص تراکم پوشش گیاهی در طول دوره آماری



شکل ۶- همبستگی پیرسون بین مقادیر شاخص تراکم پوشش گیاهی در بازه های ارتفاعی مختلف

ارتفاع میانی (۲۵۰۰-۳۵۰۰ متری) در سطح معنی داری ۰/۰۵ دارای روند افزایشی است، به طوری که NDVI کلاس کاربری

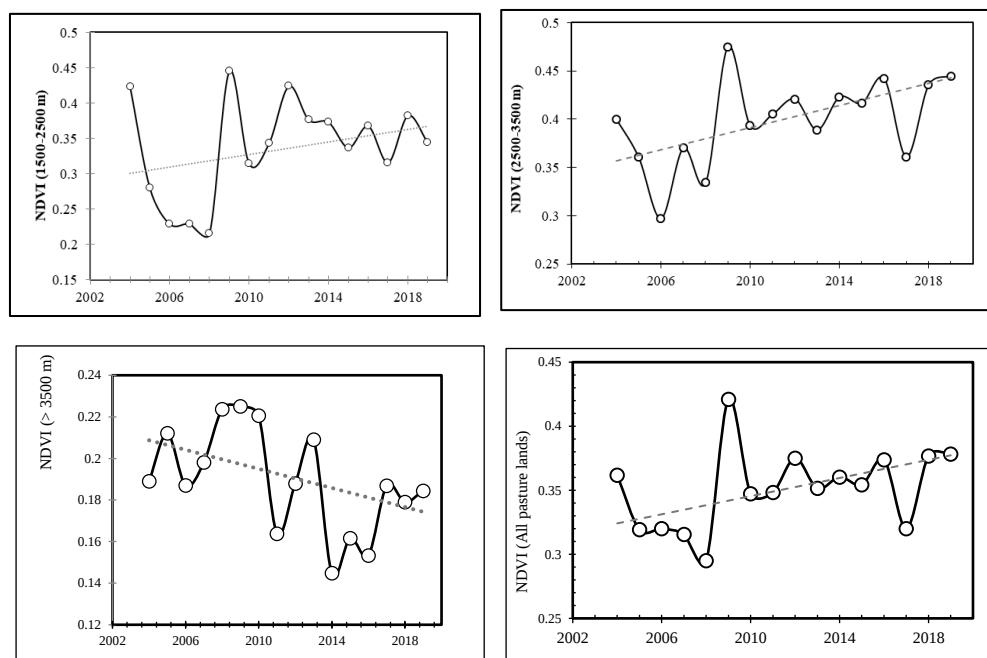
هم چنین بررسی روند تغییرات NDVI نشان داد که در طول دوره آماری ۱۷ سال متوسط کل کلاس کاربری مرتعی و کلاس مرتعی

اما بررسی شیب سن حاکی از آن بود که کلاس مرتعی ارتفاع پایین، سالانه با نرخ $0/004$ و کلاس مرتعی ارتفاع بالا، سالانه با نرخ $-0/002$ به ترتیب با افزایش و کاهش مواجه شده است.

مرتعی با نرخ $0/004$ و کلاس مرتعی ارتفاع میانی با نرخ $0/006$ طی هر سال افزایش یافته است (جدول ۲ و شکل ۷). اگرچه کلاس مرتعی ارتفاع پایین ($1500-2500$ متری) و کلاس مرتعی بالای 3500 متر دارای روند معنی‌دار افزایشی و کاهشی نیست،

جدول ۲- آماره‌های آزمون من-کندال و شیب سن NDVI

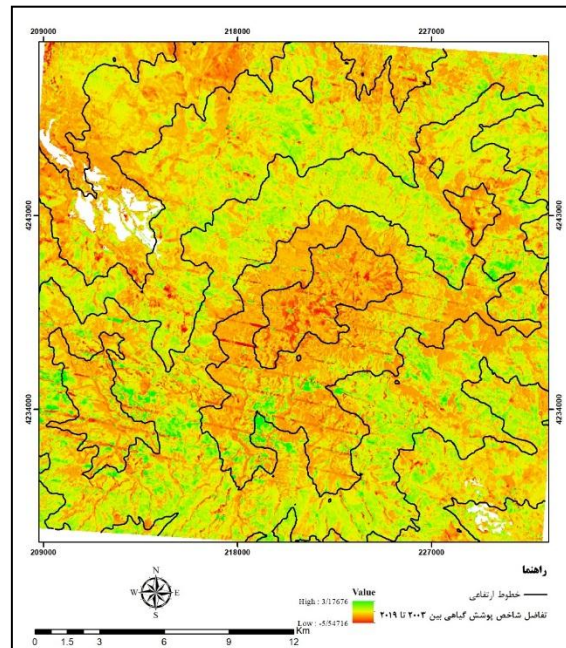
پارامتر	آماره من-کندال (Z)	شیب سن (β)	p-value
کل کاربری مرتع	$0/377$	$0/004$	$0/047$
کاربری مرتع ارتفاع پایین ($1500-2500$ m)	$0/167$	$0/004$	$0/392$
کاربری مرتع ارتفاع میانی ($2500-3500$ m)	$0/433$	$0/006$	$0/022$
کاربری مرتع ارتفاع بالا (بیش از 3500 m)	$-0/367$	$-0/002$	$0/053$



شکل ۷- شیب تغییرات شاخص تراکم پوشش گیاهی بر اساس مدل من کندال

داده است، درحالی‌که افزایش بین $0/05$ تا $0/2$ NDVI، هم در کلاس ارتفاع میانی و هم پایین ($1500-2500$ متری) دیده می‌شود. NDVI کلاس مرتعی ارتفاع بیش از 3500 متری عمدتاً دچار کاهش یا تغییرات بسیار ناچیز شده است.

پس از تفاضل مقادیر پیکسلی NDVI، نقشه تغییرات NDVI طی دوره ۱۷ سال ($2003-2019$) تهیه گردید (شکل ۸). به توجه به این نقشه و جدول ۳ مشاهده می‌شود که افزایش بیش از $0/2$ NDVI، غالباً در کلاس ارتفاعی میانی ($2500-3500$ متری) رخ



شکل ۸- تغییرات شاخص NDVI طی دوره ۱۷ ساله (۲۰۰۳-۲۰۱۹) در مراتع کوهستان سبلان

جدول ۳- تغییرات مقادیر شاخص تراکم پوشش گیاهی در دوره زمانی مورد بررسی به تفکیک طبقات ارتفاعی

طبقات ارتفاعی/شاخص تراکم پوشش	< 0.2	$0.2 - 0.5$	$0.5 - 0.8$	$0.8 - 1.0$	بیش از ۱.۰
۱۵۰۰-۲۵۰۰	۴۱۲/۷۱	۲۱۰۰/۶۶	۳۳۴۸/۱۹	۲۲۴۱/۴۹	۲۰۰/۰۵
۲۵۰۰-۳۵۰۰	۷۷۹۷/۰۱	۱۴۳۴۱/۰۱	۹۵۹۷/۲۳	۴۸۳۳/۸۷	۳۸۰/۶۱
بیش از ۳۵۰۰	۷۹۰/۶۴	۱۷۰۲/۴۵	۴۱۷۱/۳۷	۴۱۴۰/۸۲	۴۸۰/۸۲

نتایج و بحث

این مطالعه تغییرات پوشش گیاهی کوهستان سبلان در طول گرادیان ارتفاعی از طریق داده کاوی و تصاویر ماهواره‌ای در طول دوره آماری ۱۷ ساله را نشان داد. نتایج مطالعه نشان داد که استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مقایسه با مطالعات میدانی می‌تواند ابزاری برای نشان دادن تغییرات پوشش گیاهی در طول دوره‌های مختلف زمانی مورد استفاده قرار گیرد، به‌طوری‌که دسترسی به اطلاعات گذشته از طریق تصاویر ماهواره‌ای باعث کارایی بیشتر این تصاویر شده است که در مطالعات برونینگ و همکاران (۲۰۰۹) و پیا و همکاران (۲۰۲۲) و فنشولد و همکاران (۲۰۰۹) و دست گردی و همکاران (۲۰۱۸) و لاولی و همکاران (۲۰۱۶) نیز این موضوع تأیید شده است. استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهی می‌تواند در تشخیص این تغییرات و روند آن‌ها در طول دوره زمانی بسیار مناسب باشد، به‌طوری‌که در مطالعات نیک پور و همکاران (۲۰۱۹) یک همبستگی قوی بین NDVI و پوشش گیاهی نشان داده شده است که در این مطالعه نیز از این شاخص

استفاده شد. به نظر ایوبی (۲۰۱۸) شاخص‌های پوشش گیاهی می‌توانند اطلاعات مفیدی را در خصوص وضعیت پوشش گیاهی در اختیار ما قرار دهد. بدین منظور می‌توان اشاره کرد که عبدالعلی زاده و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر OLI لندست ۸ داده‌های میدانی کارایی ترکیب شاخص‌های پوشش گیاهی و روش‌های نمونه‌برداری میدانی برای ارزیابی تاج پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی و سخت‌گذر مانند سبلان را بررسی کردند. هم‌چنین دست گردی و همکاران (۲۰۲۲) جهت بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری آن از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در استان خراسان شمالی استفاده کرده‌اند. مطالعات خطیر و همکاران (۲۰۲۵) شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده را به‌عنوان یک شاخص بسیار مؤثر در نشان دادن تأثیرپذیری پوشش گیاهی معرفی و شاخص NDVI یک ابزار مهم در ارتباط با پوشش گیاهی دانسته است که در این مطالعه هم این موضوع به اثبات رسیده است. به‌طوری‌که تعیین تغییرات پوشش گیاهی منطقه

سیلان به دلیل غالبیت کاربری مرتع از طریق تغییرات کاربری اراضی به دلیل وضعیت زیست‌محیطی منطقه امکان‌پذیر نبوده و شاخص NDVI ابزار مناسبی بر اساس نتایج برای بررسی تغییرات در سیلان می‌باشد.

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه سیلان از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ نشان‌دهنده کاهش مقادیر شاخص پوشش گیاهی با شیب ۰/۰۰۲ درصد بوده است. به‌طوری‌که روند تغییرات شاخص NDVI در بعضی از سال‌ها افزایش داشته و در برخی از سال‌ها کاهش یافته است که با مطالعات خسروی (۲۰۱۸) و مرتضوی فر (۲۰۱۷) تطبیقت دارد. بررسی تغییرات شاخص پوشش گیاهی در شهرستان ملارد نشان داد که درصد مساحت این شاخص به‌طور کلی دارای روند کاهشی بوده و از میزان زمین‌های با NDVI بیش از ۰/۵ در طی درازمدت کاسته شده است که نیازمند تدابیر و بررسی‌های لازم برای متوقف نمودن کاهش مساحت می‌باشد (حجازی زاده و سنبل ۲۰۲۲). در بررسی ویسی و همکاران (۲۰۲۲) در پایش تغییرات چند زمانه پوشش گیاهی جنگل‌های نیمه‌خشک نواح کوه با استفاده از شاخص NDVI به این نتیجه رسیدند که در مجموع تغییرات بیانگر روند نزولی پوشش گیاهی در منطقه طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ بوده است. نتایج مطالعات خدایی و زندی (۲۰۲۴) در پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارتباط آن با دمای سطح زمین و کاربری اراضی در شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور، نشان داد که پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۲ نسبت به دوره پایه ۲۰۰۰ کاهش داشته است. در تمامی این مطالعات روند کاهشی پوشش گیاهی در طول دوره‌های مطالعاتی مشاهده شده است که این موضوع در منطقه سیلان نیز مشاهده شده است.

نتایج مطالعه مشخص گردید که در منطقه سیلان تغییرات شاخص پوشش گیاهی در طول گرادیان ارتفاعی بسیار متفاوت بوده و مقادیر شاخص بسیار وابسته به ارتفاع می‌باشد. اگرچه مطالعات متعدد (صالح پور و همکاران ۲۰۱۲، پور بابائی و همکاران ۲۰۲۱) نشان داده‌اند که عامل ارتفاع از اصلی‌ترین عوامل کاهش میزان شاخص پوشش گیاهی با افزایش گرادیان می‌باشد، اما در منطقه سیلان این روند تا ارتفاع ۳۵۰۰ متر غیرقابل تأیید بوده و در ارتفاع بیش از ۳۵۰۰ متر و به دلیل وجود شرایط خاص آب و هوایی کاهش یافته است. به‌طوری‌که مطابق شکل ۶ افزایش میزان شاخص پوشش گیاهی با افزایش ارتفاع تا محدوده ارتفاعی ۳۵۰۰ متر بوده است که مغایر با نتایج علوی نیا در سال ۱۳۹۴ در بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه سیلان می‌باشد. به نظر علوی نیا با افزایش ارتفاع مقدار پوشش گیاهی می‌باید و بیش‌ترین درصد تاج پوشش گیاهی مربوط به طبقه ارتفاعی کمتر از ۲۵۰۰ متر

بوده است و علت این امر را به کاهش رویش گیاهان در ارتفاعات بالاتر با توجه به افزایش شیب و کوهستانی بودن منطقه نسبت داده است. مطالعه حاضر با این عقیده در صورت بررسی شاخص پوشش گیاهی در ارتفاع بالاتر از ۳۵۰۰ متر موافق می‌باشد. اما بیش‌ترین شاخص در مطالعه حاضر در ارتفاع ۲۵۰۰-۳۵۰۰ متر مشاهده شده است که مغایر با هم می‌باشد. علت این امر را می‌توان به نوع مطالعه، زمان برداشت تصاویر و رطوبت گیاهی در زمان مطالعه ارتباط دانست. در تحقیق‌های مهدوی و همکاران (۲۰۱۰) و میرزائی و همکاران (۲۰۰۷) نیز چنین نتیجه‌ای مشاهده شد که دلیل آن را کاهش دما به ازای افزایش ارتفاع از سطح دریا دانسته‌اند و در نهایت، شرایط دمایی برای حضور برخی گونه‌ها نامساعد شده و به همین دلیل غنای گونه‌ای با افزایش ارتفاع از سطح دریا کاهش یافته است. ارتفاع در واقع دارای گرادیان پیچیده‌ای است که شامل گرادیان شدید دما، بارندگی، برف و تشعشعات خورشیدی می‌باشد. به موازات سرد شدن هوا نسبت به ارتفاع تعداد روزهای یخبندان افزایش و مدت فصل رویش گیاهی کاهش می‌یابد و پوشش برف از اهمیت زیادی برخوردار می‌شود (رجایی ۱۳۸۳) و (توشیوکی ۲۰۰۶). به نظر باریو و همکاران (۱۹۹۷) کنش جغرافیایی تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی در محیط‌های کوهستانی مرتفع در ارتباط نزدیک با توپوگرافی است. در مطالعه رنجبر و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی روند تغییرات زمانی-مکانی پوشش گیاهی و واکنش آن به عوامل محیطی در شمال استان فارس، در مناطقی که در ارتفاع کمتر از ۲۱۰۰ متر قرار دارند NDVI روند صعودی، در دامنه ارتفاع ۲۱۰۰ تا ۲۳۰۰ روند نزولی، در دامنه ارتفاع ۲۳۰۰ تا ۲۵۰۰ مقدار NDVI تقریباً ثابت و با افزایش ارتفاع به بیش از ۲۵۰۰ متر، این روند مجدداً کاهش یافته است. در منطقه سیلان روند مشابهی در بررسی ارتفاعات از ۱۵۰۰ تا ۴۸۰۰ متری مشاهده شده است.

نتایج دستی گردی در سال ۱۴۰۱ در مطالعات تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی در شمال شرق کشور و در طی سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ نشان داد که روند رشد سبزی‌نگی پوشش گیاهی به میزان ۴۱ و ۴۷ درصد در حدود اطمینان ۵ و ۱ درصد بوده است که در منطقه سیلان حدود ۲۲ درصد مشاهده شده است. شیب روند کاهشی شاخص پوشش گیاهی (مطابق شکل ۷) نشان‌دهنده از بین رفتن پوشش گیاهی منطقه سیلان از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۹ بوده است که در صورت استمرار این روند افزون یافته و شدیدتر خواهد شد. این کاهش روند پوشش گیاهی می‌توان به‌عنوان زنگ هشدار برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و حفاظتی از اکوسیستم شکننده سیلان جهت کاهش سرعت از بین رفتن پوشش گیاهی توسط تصمیم‌گیرندگان محلی باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

یافته‌های این پژوهش نشان داد که شاخص NDVI به‌عنوان یکی از شاخص‌های معتبر پوشش گیاهی، توانایی بالایی در آشکارسازی تغییرات مکانی و زمانی تراکم پوشش گیاهی مراتع دارد. تحلیل داده‌های ماهواره‌ای در بازه زمانی ۱۷ ساله (۲۰۱۹-۲۰۰۳) در منطقه کوهستانی سبلان بیانگر آن است که روند تغییرات پوشش گیاهی در کلاس‌های ارتفاعی مختلف، متفاوت بوده و بیش‌ترین افزایش معنی‌دار در کلاس ارتفاعی متوسط (۳۵۰۰-۲۵۰۰ متر) مشاهده شده است. همچنین، شاخص NDVI در این بازه زمانی در کلاس کاربری مرتعی به‌طور کلی روندی افزایشی و معنادار را نشان داده است که می‌تواند بیانگر بهبود نسبی شرایط اکولوژیکی و یا تأثیر اقدامات مدیریتی در این مناطق باشد. با وجود این، نواحی با ارتفاع بالاتر از ۳۵۰۰ متر کاهش نسبی در NDVI را تجربه کرده‌اند که می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی

هم‌چون تغییرات اقلیمی یا فشارهای انسانی نظیر چرای بی‌رویه باشد. بنابراین، نتایج این مطالعه تأکید می‌کند که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های پوشش گیاهی نظیر NDVI ابزاری کارآمد در پایش و مدیریت پایدار مراتع به‌شمار می‌رود. همچنین، طبقه‌بندی ارتفاعی مراتع و تحلیل روندهای بلندمدت می‌تواند به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در تدوین برنامه‌های حفاظتی و بهره‌برداری منطقی از منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرد. در راستای تحقیقات آینده، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده رابطه بین تغییرات NDVI و پارامترهای اقلیمی نظیر بارش، دما و خشکسالی به‌صورت سالانه و فصلی بررسی شود تا نقش تغییرات اقلیمی در پوشش گیاهی بهتر تبیین گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، شاخص‌های مرتبط با تنوع گونه‌ای گیاهان نیز مورد بررسی قرار گیرد تا تحلیل کامل‌تری از وضعیت اکولوژیکی منطقه ارائه شود.

قدردانی

این مقاله حاصل پایان‌نامه با عنوان "ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پوشش گیاهی سبلان از طریق داده کاوی و تصاویر ماهواره‌ای" در مقطع دکترا است که با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل اجرا شده است.

References

1. Abdolalizadeh, Z., Ghorbani, A., Mostafazadeh, R. et al. Rangeland canopy cover estimation using Landsat OLI data and vegetation indices in Sabalan rangelands, Iran. *Arab J Geosci* 2020; 13, 245.
2. Ahmadi, H., Javanshir, K., Ghanbarian, Gh., Habibian, S. An investigation on ecological characteristics of plant communities in relation to geomorphological units. *Iranian Journal of Natural Resources*, (2002); 55(1), 81-64 [In Persian].
3. Ayanlade, A. Remote sensing vegetation dynamics analytical methods: a review of vegetation indices techniques. *Geoinformatica Polonica* (2017); 16, 7-17. doi.org/10.4467/21995923GP.17.001.718.
4. Ayoubi, H. Survey of climate change on plant vegetation. Msc dissertation, Ilam University 2018. [In Persian].
5. Azarnivand, H., (1990). Evaluation of vegetation in relation to geomorphologic units in Damghan. *Proceedings of the Seminar on the issues of deserts and desert*, 566p [In Persian].
6. Barrio, G., Alvera, B., Puigdefabregas, J. and Diez, C. Response of high mountain Landscape to topographic variables: Central Pyrenees, *Landscape Ecology* 1997; 12(2), 95-115.
7. Browning, D.M., Maynard, J.J., Karl, J.W. and Peters, D.C., Breaks in MODIS time series portend vegetation change: verification using long-term data in an arid grassland ecosystem. *Ecol Appl* 2017; 27, 1677-1693.
8. Czerwinski CJ, King DJ, Mitchell SW Mapping forest growth and decline in a temperate mixed forest using temporal trend analysis of Landsat imagery, 1987–2010. *Remote Sensing of Environment*. 2014; 141(SupplementC), 188-200. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.11.006.
9. Dastigerdi, M., Nadi, M., Raeini-sarjaz, M., & Kiapasha, K.. Vegetation trend analysis using NDVI time series of Modis satellite in the northeast of Iran. *Journal of Water and Soil Conservation* 2022; 29(1), 135-150 [In Persian].
10. Dastigerdi, M. Analysis of vegetation changes and its relationship with temperature and precipitation maps using time series of satellite images in northeastern Iran. MSc thesis, University of Sari [In Persian].
11. Dehshiri, M.H., Beigi, A., Dehshiri, M.S. Investigating changes in vegetation cover (NDVI) and its relationship with rainfall using remote sensing (case study: Taft city in Yazd province). *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development* 2015; [In Persian].
12. Dehshiri, M. M. and Mahdavar, H. Alpine flora of some part of Oshtorankuh, Lorestan province. *Taxonomy and Biosystematics* 2016; 8(26), 31-40 [In Persian].
13. Dube, T., Gumindoga, W., Chawira, M. Detection of land cover changes around Lake Mutirikwi, Zimbabwe, based on traditional remote sensing image classification techniques. *African Journal of Aquatic Science* 2014; 39(1), 89-95. https://doi.org/10.2989/16085914.2013.870068.
14. Farajzadeh, M., Fatnia, A., Alijani, B., Ziaaian, P. Analysis of climatic thresholds for the growth of pastures using remote sensing data (case study of Zagros). *Journal of Spatial Planning and Geomatics* 2010; 4 (3), 177-202 [In Persian].
15. Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T.T., and Mbow, C. 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* 2009; 113(9), 1886–1898.
16. Goodarzi M, Pourhashemi M, Azizi Z Investigation on Zagros forests cover changes under the recent droughts using satellite imagery. *Journal of Forest Science* 2019; 65(1), 9-17.
17. Grzyl, A., Kiedrzyński, M., Zielińska, K.M., & Rewicz, A. The relationship between climatic conditions and generative reproduction of a lowland population of *Pulsatilla vernalis*: the last breath of a relict plant or a fluctuating cycle of regeneration. *Plant ecology* 2014; 215(4), 457-466.
18. Hejazizadeh, Z., Sonboli, Z. Evaluating the NDVI and Landuse trend Respect to Sustainable Development in Malard. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)* 2022; 3(2), 169-188 [In Persian].
19. He, M.Z., Zheng, J.G., Li, X. R., Qian, Y.L. Environmental factors affecting vegetation composition in the Alxa Plateau, China. *Journal of Arid Environments* 2007; 69, 473- 489.

20. Hegazy, A., Lovett-Doust, J., Hammouda, O., Gomaa, N. Vegetation distribution along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Community Ecology* (2022; 8(2), 151-162.
21. Herb, W. R., Janke, B., Mohseni, O., Stefan, H. G. Ground surface temperature simulation for different land covers. *Journal of Hydrology* 2008; 356(3-4), 327-343.
22. Hoersch, B., G. Braun and U. Schmidt. Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment & Urban Systems* 2002; 26: 113-139.
23. Foladi doghezloo, M., Sayadi, M. Evaluation of long-term trends in time series of normalized difference vegetation index (NDVI) in the Hamoon-Jazmurian basin. *Natural Ecosystem Management* 2021; 4(2), 26-37.
24. Huang, J., Towfiqul Islam, A.R.M., Zhang, F., Hu, Z. Spatiotemporal analysis the precipitation extremes affecting rice yield in Jiangsu province, southeast China. *International Journal of Biometeorology* 2017; 61(10), 1863-1872 .
25. Huebner, C.D., Randolph, J.C., & Parker, G.R. Environmental factors affecting understory diversity in second-growth deciduous forests. *American Midland Naturalist* 1995; 155-165.
26. Jafari, M., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H. Relationships between poshtkouh rangeland vegetative of yazd province and soil physical and chemical characteristics using multivariate analysis methods. *Iranian J. Natural resources* 2002; 55(3), 419-433 [In Persian].
27. Jahantigh, M., Jahantigh, M. Study effect of flood productivity on vegetation changes using field work and Landsat satellite images (Case study: Shandak of Sistan region). *RS & GIS for Natural Resources* 2019; 10 (4), 57.72 [In Persian].
28. Kamrani, A., Naqinezhad, A., Jalili, A. and Attar, F. Environmental gradients across wetland vegetation groups in the arid slopes of western Alborz mountains, N. Iran. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 2010; 79(4): 295-304 [In Persian].
29. Kendall, M.G. Rank Correlation Methods, second ed. (New York: Hafner 1975; <https://doi.org/10.2307/1907752> .
30. Khatir, A. A., Abdelmalik, A. M., Abdalla, M. G., Elmobark, S. A., Imad-eldin, A., Babiker, S. A., & El-Hag, F. M. Evaluation of Climate Change Effects on the Growing Season in Butana Region and North Kordofan, Sudan. *Sudan Academy of Sciences Journal Special Issue (Climate Change)* 2015; 43.
31. Khodaie, A., Zandi, R. Monitoring changes in vegetation cover and its relationship with surface temperature and land use in Khodaafrin and Kalibar cities using Remote sensing technology. *Journal of Natural Environment* 2024; 77(1), pp. 59-73 [In Persian].
32. Körner, C. (2004) Mountain biodiversity, its causes and function. *AMBIO: A Journal of the Human Environmen* 2007;. 33(13), 11-17.
33. Khoorani, A., Biniaz, M., Amirim H.R., Investigating the changes of mangrove forests between Khamir port and Gheshmiseland and its correlation with climatic elements. *J. Aqua. Ec* 2015; 5(2), 100-111 [In Persian].
34. Khosravi, H., Azareh, A., Dameneh, H. E., Sardoi, E. R., & Dameneh, H. E. Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences* 2017; 10(4), 93 .
35. Kundu, A., Dwivedi, S., Dutta, D. Monitoring the vegetation health over India during contrasting monsoon years using satellite remote sensing indices. *Arabian Journal of Geosciences* 2016; 9 (2), 144.
36. Lawley, V., Lewis, M., Clarke, K., and Ostendorf, B. Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review. *Ecological Indicators*, 2016; 60, 1273-1283 .
37. Liu, D., Wang, X., Huang, Q., Meng, X. & Lin, M. Study on the evolution law of the vegetation index in the southern Maowusu Desert. *Journal of Water Resources and Water Engineering* 2017; 28, 5-9.
38. Mahdavi, A., Hydari, M., Eshaghirad, J. Investigation on biodiversity and richness of plant species in relation to physiography and physicochemical properties of soil in Kabirkoh protected area. *Iranian journal of forest and poplar research* 2010; 3, 426-436 [In Persian].
39. Magee, T.K., Ringold, P. L., Bollman, M.A. Alien species importance in native vegetation along wadeable streams, John Day River Basin, Oregon. USA. *Plant Ecology* 2008; 195(2), 287-307.
40. Mann, H.B. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica. Journal of the econometric society* 1945; 13(3), 245-259. <https://doi.org/10.2307/1907187>.

41. Mirzaei, J., Akbarinia, M., Hosseini, S.M., Sohrabi, H., Hosseinzadeh, J. Biodiversity of herbaceous species in related to physiographic factor in forest ecosystems in central Zagros. *Iranian Journal of Biology* 2007; 20(4), 375-382 [In Persian].
42. Mirzaei zadeh, V., niknejad, M., haydari, M. Monitoring and predicting changes in vegetation density using remote sensing (Case study: Venet watershed, Ilam province). *Jfer* . 2016; 3(1), 19-32. URL: <http://yujs.yu.ac.ir/jzfr/article-1-70-fa.html> [In Persian].
43. Mishram Niti B., Chaudhuri, G. Spatio-temporal analysis of trends in seasonal vegetation productivity across Uttarakhand, Indian Himalayas, 2000-2014. 2015; *Applied Geography*. 56, 29-41.
44. Moradi, F., Mokhtari, M.H., Sarkargar, A. Comparison of techniques for detecting land use changes in urban areas and developing an optimal model for evaluating changes using remote sensing and GIS. *International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development* CRC Press; 2012 [In Persian].
45. Mollnouri, E, Sobhani, B. nvestigating changes in vegetation cover using the NDVI index and its relationship with land surface temperature: a case study in Kowsar County. *Environmental Science Studies* 2023; 9 (3):8841-8851
46. Mortazavifar, M. Investigating the effects of climate change on vegetation in the east of Mazandaran. Msc dissertation, University of Yazd CRC Press; 2018. [In Persian]
47. Mushore, TD., Mutanga, O., Odindi, J., Dube, T. Assessing the potential of integrated Landsat 8 thermal bands, with the traditional reflective bands and derived vegetation indices in classifying urban landscapes. *Geocarto International* 2017; 32(8), 886-899 .
48. Nikpour, N., Negaresh, H., Fotoohi, S., Hosseini, S.Z., Bahrami, S. Monitoring the trend of vegetation changes one of the most important indicators of land degradation (in Ilam province). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 2019; 5(4), 21-48 [In Persian]
49. Ning, T., Liu, W., Lin, W., Song, X.. NDVI variation and its responses to climate change on the northern Loess Plateau of China from 1998 to 2012. *Advances in Meteorology* CRC Press; 2015 .
50. Parente, C., (2013) TOA reflectance and NDVI calculation for Landsat 7 ETM+ images of Sicily. In: *Electronic international interdisciplinary conference: 351-354* EDIS-Publishing Institution of the University of Zilina <https://hdl.handle.net/11367/23184>.
51. Pei, F., Wu, C., Liu, X., Li, X., Yang, K., Zhou, Y., Xia, G. Monitoring the vegetation activity in China using vegetation health indices. *Agricultural and forest meteorology* 2018; 248, 215-227 .
52. Pettorelli, N., Vik, O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J., Stenseth, N.C. Using the satellite –derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology and evolution* 2005; 9 (20).
53. Pourbabaei, H., Salehi, A., Sadat Ebrahimi, S., Khodaparast, F. The effects of altitude and the most important soil components on vegetation characteristics, Asalem watershed). *Iranian Journal of Forest* 2021; 13(3), 285-304 [In Persian].
54. Rafiee, F., Karimi, A. Review on threatened agent of mountain ecosystems. 6th International Congress of Developing Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of 2023; Iran-<https://civilica.com/doc/1622701>.
55. Rajaei, A., 2003. Wheathering. Nima pub. Tabriz [In Persian].
56. Rahbek, C., Borreggard, M.K., Colwell, R.K., Dalsgaard, B., Holt, B.G., Morueta-Holme, N., Nogues-Bravo, D., Whittaker, R.J., Fjeldsa. J. Humboldt's enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity? *Science* 2019; 365 pp. 1108-1113.
57. Ranjbar, A., Valia, A., Mokarramb, M., Taripanahc, F. Analyzing of the spatio-temporal changes of vegetation and its response to environmental factors in north of Fars province, Iran. *Iranian Journal of Remote Sensing & GIS* 2020; 11(4), 61-82. doi: 10.52547/gisj.11.4.61 [In Persian].
58. Senf, C., Leitão, P.J., Pflugmacher, D., van der Linden, S., Hostert, P. Mapping land cover in complex Mediterranean landscapes using Landsat: Improved classification accuracies from integrating multi-seasonal and synthetic imagery. *Remote Sensing of Environment* 2015; 156, 527-536 .
59. Shokrollahi, SH., Moradi, H.R., & Dianati Tilaki, Gh. A. Effects of soil properties and physiographic factors on vegetation cover (Case study: Polur Summer Rangelands). *Iranian Journal of Range and Desert Reseach* 2012; 19(4), 656-668 [In Persian]

60. Thakkar, A.K., Desai, V.R., Patel, A., Potdar, M.B. Post-classification corrections in improving the classification of Land Use/Land Cover of arid region using RS and GIS: The case of Arjuni watershed, Gujarat, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 2017; 20(1), 79-89 .
61. Toshiyuki, O.M., Adachi, M.U., Takayuki, N. Relationships between vegetation types and soil properties along a topographical gradient on the northern coast of the Brogger Peninsula, Svalbard . *Polar Biosci* 2006; 19, 63-72.
62. Vaisi, V., Ranjbar-Fordoei, A., & Mousavi, S. H. Multi-temporal changes detection of vegetation covers in Navah-Kooh semiarid forests using Remote Sensing (1975-2015). *Desert Ecosystem Engineering* 2022; 4(9), 57-70 [In Persian].
63. Wang, J., Rich, P.M., Price, K.P. Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *Int. J. Remote Sens* 2003; 24, 2345–2364 .
64. Willis, K.S. Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. *Biological Conservation* 2015; 182, 233-242 .
65. Wood, S.W., Murphy, B.P., Bowman, D.M. Firescape ecology: How topography determines the contrasting distribution of fire and rain forest in the south-west of the Tasmanian wilderness world heritage area, *J. Biogeogr* 2011; 38, 1807–1820.
66. Wu, C., Peng, D., Soudani, K., Siebicke, L., Gough, C. M., Arain, M. A., Bohrer, G., Lafleur, P. M., Peichl, M., Gonsamo, A., Xu, S., Fang, B. Ge, Q., Land surface phenology derived from normalized difference vegetation index (NDVI) at global FLUXNET sites, *Agr. Forest Meteorol* 2017; 233, 171–182.
67. Wulder, M.A., White, J.C., Loveland, T.R., Woodcock, C.E., Belward, A.S., Cohen, W.B., Fosnight, E.A., Shaw, J., Masek, J.G., Roy, D.P. The global Landsat archive: Status, consolidation, and direction. *Remote Sensing of Environment* 2016; 185, 271-283.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.11.032>.
68. Xie, Y., Sha, Z., Yu, M. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. *Journal of Plant Ecology* 2008; 1(1), 9-23.
<https://doi.org/10.1093/jpe/rtm005>.
69. Zoungrana, B., Conrad, C., Amekudzi, L.K., Thiel, M., Da, E.D., Forkuor, G., Löw, F. Multi-Temporal Landsat Images and Ancillary Data for Land Use/Cover Change (LULCC) Detection in the Southwest of Burkina Faso. *West Africa. Remote Sensing* 2015; 7(9), 12076-12102 .



Investigating the time series of vegetation cover changes in Sabalan mountain areas using remote sensing technique

Farhad Hashemian
Ebrahim Fataei*
Marzieh Mosayebi
Aliakbar Imani

Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

Department of Agricultural science, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

Received: 26 Jul 2025

Accepted: 04 Oct 2025

Keywords: Sabalan mountain, Vegetative cover, Elevation gradient, NDVI index, Satellite images

Extended Abstract

Introduction: Vegetation areas are considered essential components of rangeland ecosystems, which are shaped by the influence of large and small elevations, as well as soil and climate factors. The principled management of these ecosystems requires the identification of vegetation areas in relation to environmental factors. Recognizing the relationship between vegetation and environmental factors is of great importance, as this understanding can lead to better management of rangeland ecosystems. In recent years, vegetation data extracted from satellite images have become a powerful tool in gathering information about vegetation dynamics on a global scale; Because these images allow for the monitoring of natural resources with less time and cost. Among satellite indices, the NDVI index has been most widely used in studying vegetation cover. From a conservation perspective, the Sabalan mountainous region plays an important role in controlling erosion and flooding in the region. On the other hand, the Sabalan rangelands, as a nomadic summer resort, have played a key role in meeting the livestock and livelihood needs of the nomads and villagers in the region. Therefore, any change in the vegetation cover of Sabalan rangelands can affect both the protective role of these rangelands and jeopardize access to water resources and the livelihoods of a wide range of nomadic, rural, and urban residents. Therefore, this study examines changes in the density of vegetation cover of Sabalan rangelands over a 17 year period.

Materials and Methods: To extract the values of vegetation cover (pasture) in Sabalan Mountains, Landsat satellite images were used during the statistical period 2003-2019 for 17 years and during the period of full vegetation density (June and July). The land use of the region was extracted based on the supervised classification method and it was determined that the dominant land use in the rangeland area was pasture; therefore, the Normalized Difference Rangeland Vegetation Index (NDVI) and the Mann-Kendall test were used to examine the trend of vegetation changes.

Results and Discussion: The results showed that the average NDVI index during the 17 years of study in different altitude classes including low, medium and high altitude rangelands was 0.349, 0.338, 0.395 and 0.184, respectively. The highest value of the vegetation density index was observed in 2009 and in the altitude range of 2500 to 3500 meters, and the lowest value was observed in 2014 and at altitudes above 3500 meters. An examination of the trend of changes in the NDVI index showed that in the 17-year statistical period, the average of the total rangeland use class and the rangeland class with medium altitude (2500–3500 meters) had a significant increasing trend at the 0.05 confidence level; So that NDVI in the rangeland use class increased at a rate of 0.004 and in the medium altitude rangeland class at a rate of 0.006 per year. According to the results, increases of more than 0.2 in NDVI were observed mainly in the medium altitude class (2500–3500 m); while increases between 0.05 and 0.2 were observed in both the medium and low altitude classes (1500–2500 m).

Conclusion: The results of this study showed that the NDVI index is a tool in long-term monitoring of rangeland vegetation change. The greatest increase in vegetation density was observed at medium altitudes (2500–3500 m), while areas above 3500 m had a relative decrease. Therefore, satellite data are used in sustainable rangeland management.

Corresponding author: Ebrahim Fataei

Address: Department of Environmental Science and Engineering, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran

Tel: +989143549400 **Email:** eafataei@gmail.com

Citation: Hashemian F, Fataei E, Mosayebi M, Imani A.K. Investigating the time series of vegetation cover changes in Sabalan mountain areas using remote sensing technique. Journal of New Researches in Environmental Engineering. 2025; 3(11): 31-48.



© 2024, This article published in Journal of New Researches in Environmental Engineering (JNREE) as an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>). Non-commercial use, distribution and reproduction of this article is permitted in any medium, provided the original work is properly cited.