

بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و ارتباط آن با دمای سطح زمین (مطالعه موردی: شهرستان کوثر)

بهروز سبحانی^{۱*}، الهام ملانوری^۲

*۱-استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی
 ۲- دانشجوی دکترای آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی
 ایمیل نویسنده مسئول: sobhani@uma.ac.ir

چکیده

پوشش گیاهی، به عنوان بخش مهمی از زمین، نقشی ضروری در تأمین مواد آلی موجودات زمینی، تنظیم چرخه کربن و ارتقای تبادل انرژی ایفا می‌کند. پوشش گیاهی طبیعی به دلیل تغییرات آب و هوایی فصلی و سالانه تغییر می‌کند با این حال، پوشش گیاهی می‌تواند معیاری برای تغییرات آب و هوایی جهانی باشد. هدف از این پژوهش بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در ۳۱ سال اخیر و ارزیابی تغییر تراکم پوشش گیاهی در شهرستان کوثر و همچنین بررسی رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین است. در مطالعه حاضر با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ نقشه‌های NDVI و دمای سطح زمین در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۲۲ تهیه شد. و سپس با استفاده از رگرسیون وزن دار جغرافیایی به ارزیابی رابطه بین پوشش گیاهی و دما پرداخته شد. در نهایت با آستانه گذاری در نقشه‌های NDVI وسعت تراکم پوشش گیاهی با تراکم زیاد و با تراکم متوسط و کم در منطقه سنجیده شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است، در سال ۱۹۹۱ وسعت پوشش گیاهی متراکم ۱۱ کیلومتر مربع و وسعت پوشش گیاهی با تراکم متوسط و کم حدود ۹۷ کیلومتر می‌باشد. که در سال ۲۰۲۲ وسعت پوشش گیاهی متراکم ۸ کیلومتر، و وسعت پوشش گیاهی با تراکم متوسط و کم ۸۶ شده است. بنابراین در ۳۱ سال اخیر حدود ۱۲ کیلومتر از پوشش گیاهی در منطقه کاسته شده است. بررسی نقشه‌های LST نشان می‌دهد در بازه زمانی مورد مطالعه ۸ درجه دمای سطح زمین گرم شده است. در نهایت بررسی رابطه‌ی پوشش گیاهی و دما نشان می‌دهد. همبستگی معنی داری بین دو متغیر وجود دارد.

کلمات کلیدی

"NDVI"، "دمای سطح زمین"، "رگرسیون وزن دار جغرافیایی"

1- مقدمه

گیاهی طبیعی به دلیل تغییرات آب و هوایی فصلی و سالانه تغییر می‌کند با این حال، پوشش گیاهی می‌تواند معیاری برای تغییرات آب و هوایی جهانی باشد (باقر زاده و همکاران، ۲۰۲۰). در واقع پوشش گیاهی اثری معنی دار بر روی فعل و انفعالات متقابل بین پدیده‌های جوی و اکوسیستم‌های زمینی دارد؛ و همواره متأثر از عوامل طبیعی و یا انسانی دستخوش تغییرات زیادی است که شرایط و عملکرد اکوسیستم را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (جهان تیغ و همکاران، ۱۳۹۸). در طول دو دهه گذشته شاخص‌های گیاهی کاربرد وسیعی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس کوچک تا مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیدا کرده اند (ناطقی و همکاران، ۱۳۹۵). شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی (NDVI²) یک شاخص مهم برای پوشش گیاهی در مقیاس بزرگ است. بزرگی NDVI شدت فعالیت پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و این شدت بیشتر ساختار و ویژگی‌های عملکردی اکوسیستم را منعکس می‌کند (جنو

پوشش گیاهی، به عنوان بخش مهمی از زمین، نقشی ضروری در تأمین مواد آلی موجودات زمینی، تنظیم چرخه کربن و ارتقای تبادل انرژی ایفا می‌کند (دست گردی و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین پوشش گیاهی یک شاخص حساس برای تغییرات محیطی جهانی است و نقش مهمی در انتقال انرژی بین زمین و جو و در نگهداری و بهینه‌سازی خدمات اکوسیستم ایفا می‌کند (جنو^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). در واقع پوشش گیاهی از زیست بوم‌های اصلی زمین است و نقش غیرقابل جایگزینی در تنظیم و حفاظت از هوا سپهر، آب و خاک، کاهش غلظت گازهای گلخانه‌ای و افزایش و حفظ ثبات آب و هوا دارد (درویشی و همکاران، ۱۴۰۱). پوشش گیاهی نقش محوری در اثرات منفی شهری و کاهش اثر جزیره گرمایی شهری سطحی ایفا می‌کند (جنو و همکاران، ۲۰۱۹)، به طور کلی پوشش گیاهی مهمترین عاملی است که خاک، اتمسفر و رطوبت را به یکدیگر پیوند می‌دهد. پوشش

² Normalized difference vegetation index

¹ GAO

متفاوت باشد، دشوار است (عباس نژاد و همکاران، ۱۴۰۱). با توجه به محدودیت‌های حاصل از تغییرپذیری مکانی و زمانی و هزینه‌بر بودن مطالعات میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش وسیع و چند زمانه بودن نتایج قابل قبولی را در بررسی تغییرات پوشش گیاهی ارائه می‌نماید (جهان تیغ و همکاران، ۱۳۹۸). پیشرفت فناوری سنجش از دور طی سال‌های اخیر سبب شده است کارشناسان، سیاره زمین را به طور همه جانبه و دقیق تر مطالعه کنند. مطالعه‌های پوشش گیاهی از جمله مطالعه‌های مهمی است که با استفاده از سنجش از دور انجام می‌شود و از این راه رشد، بیماری، رطوبت، خشکی و شادابی گیاه مطالعه می‌شود (کفایت مطلق و همکاران، ۱۳۹۶). مطالعات متعددی در زمینه بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش از دور و شاخص‌های گیاهی صورت گرفته که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

در مطالعه‌ای ناطقی و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی تغییرات پوشش گیاهی براساس شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش از دور در جزیره قشم پرداخته‌اند. هدف از این تحقیق ارزیابی چهار شاخص NDVI، SAVI، RVI، WAVI در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده OLI و ETM استفاده شده است. نتایج این تحقیق حاکی از آن است شاخص SAVI با بیشترین ضریب کاپا بهترین عملکرد و شاخص WAVI ضعیفترین نتایج را از بین شاخص‌ها داشته است. همچنین نتایج نشان داد در طی ۱۳ سال ۲۱ درصد به مساحت جنگل‌های حرا و ۶۰ درصد به اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی طبیعی داخل جزیره افزوده شده است. در مطالعه‌ای عموشاهی و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی تغییرات NDVI تیپ پوشش گیاهی در طبقات مختلف دمای کوهستان در منطقه شیر کوه استان یزد پرداخته‌اند. در این مطالعه با استفاده از نمونه‌گیری‌های داده‌های اقلیمی و تصاویر ماهواره‌ای، رابطه‌ی میان تغییرات دما و تغییر میزان پوشش گیاهی در دو ماه سرد و گرم ارزیابی کرده‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد تغییرات NDVI تیپ‌های گیاهی یکسان در ماه‌های مختلف سال با افزایش ارتفاع و تغییر طبقات دمایی بین رویشگاه‌های سرد و گرم در یک منطقه کوهستانی می‌تواند تحت تاثیر افزایش دمای محیط، کمتر شود. منصور مقدم و همکاران (۱۳۹۹) به مطالعه و پیش بینی تغییرات دمای سطح زمین و بررسی اثر مجاورت و تغییرات پوشش اراضی در شهر یزد پرداخته‌اند. در این

و همکاران، ۲۰۱۹). الگوی استفاده از زمین به دلیل افزایش فعالیت‌های انسانی دائماً در حال دگرگونی است (منصور مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). بررسی پایداری روند تغییرات پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین موضوعات مدیریت و کنترل پوشش گیاهی در راستای توسعه پایدار است. تغییرات در مساحت پوشش گیاهی عوامل مختلف دارد، از قبیل استفاده چوب درختان جنگل برای سوخت، فشار دام بر مراتع، آتش‌سوزی جنگلها و خشکسالی‌ها باعث کاهش در مساحت و از بین رفتن پوشش گیاهی می‌شود (محمود و همکاران، ۱۴۰۰). در طول زمان الگوهای پوشش زمین و به دنبال آن کاربری اراضی دچار تغییرات عمده می‌شوند (دینگ و همکاران، ۲۰۱۳). عوامل مؤثر بر تغییرات پوشش گیاهی عمدتاً شامل دو نوع است: تغییرات آب و هوا و فعالیت‌های انسانی است (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۹) تغییرات در شرایط آب و هوایی ممکن است اثرات نامطلوبی بر فعالیت پوشش گیاهی داشته باشد در حالی که باعث رشد پوشش گیاهی و اثرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی روی پوشش گیاهی می‌شود (دینگ و همکاران، ۲۰۱۳). به طور کلی هرگونه تغییر سریع در شرایط آب و هوایی باعث تغییرات قابل توجهی در الگوهای رشد گیاهان شده و بسته به شدت این تغییرات ممکن است باعث جابجایی مکانی و زمانی آنها و در نهایت حتی منجر به حذف آنها از جوامع گیاهی یک منطقه خاص شوند (درویشی و همکاران، ۱۴۰۱). بنابراین، آشکار کردن رابطه فضایی ناپایدار و الگوی واکنش بین فعالیت پوشش گیاهی و تغییرات آب و هوا می‌تواند مبنایی نظری برای مقابله با تغییرات اقلیمی و بهبود سازگاری اکوسیستم فراهم کند و به بخش مهمی از تحقیقات تغییر جهانی تبدیل شده است. دمای کره زمین در دهه‌های اخیر به طور مداوم افزایش یافته است، در ارتباط با جمعیت و رشد اقتصادی، و گرمایش جهانی به یک چالش بین‌المللی برای قرن بیست و یکم تبدیل شده است. ریز اقلیم شهری به دلیل تغییرات کاربری اراضی و شهرنشینی سریع دستخوش تغییرات شدیدی شده است و سبب گرمایش جهانی شده است. جزیره گرمایی شهری اثرات منفی جدی بر اکوسیستمهای شهری و رفاه انسان دارد (نوربخش و همکاران، ۱۴۰۱). ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی در سطح منطقه‌ای و استانی با استفاده از روش‌های میدانی به دلیل وسعت زیاد، پیچیدگی، میزان و ماهیت آنکه می‌تواند در زمان و مکان

¹ Zheng

(NDVI) طی سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که میانگین ارزش NDVI طی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۶، ۱۴/۴۶ درصد بیشتر از ۲۰۰۰-۲۰۰۷ بود. مقایسه داده‌ها نشان داد که فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی به ترتیب ۴۲.۳۵٪ و ۵۷.۶۵٪ به NDVI در منطقه مورد مطالعه کمک می‌کنند. پس از تجزیه و تحلیل عوامل متعدد مرتبط با NDVI انسانی، شیب‌های بازسازی شده توسط "پروژه دانه برای سبز" به عنوان عامل اصلی تأثیرگذاری فعالیت‌های انسانی در نظر گرفته شد. جیو^۱ و همکاران (۲۰۱۹) مطالعاتی در مورد بررسی روابط ناهمگون فضایی بین عوامل آب و هوایی و NDVI در چین طی سال‌های ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۳ انجام داده‌اند. در این پژوهش برای درک رابطه بین تغییر اقلیم و فعالیت پوشش گیاهی، از روش مدل رگرسیون وزن دار جغرافیایی (GWR) استفاده شده است. نتایج نشان داد هنگامی که نرخ فزاینده فتوسنتز از تنفس فراتر رفت، همبستگی مثبت بین پویایی پوشش گیاهی و تنوع آب و هوا منعکس شد. با این حال، فرآیند پیوسته و پویا واکنش فعالیت پوشش گیاهی به تغییرات آب و هوا توسط شرایط ناهمگن فضایی در تغییرات آب و هوا و پوشش گیاهی تعیین می‌شود. علاوه بر این، توصیف پویا فعالیت پوشش گیاهی ناشی از اقلیم از افزایش تا کاهش آن در مناطق مختلف انتظار می‌رود که پایه‌ای علمی برای شروع استراتژی‌های سازگاری مبتنی بر اکوسیستم در پاسخ به تغییرات آب و هوایی جهانی فراهم کند. باقرزاده و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر شاخص تفاوت پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) در شمال شرق ایران پرداخته‌اند. هدف از این پژوهش بررسی روابط بین تغییرات بین سالانه/ماهانه ویژگی‌های اقلیمی و نوسانات NDVI توسط چهار تیپ گیاهی در دشت مشهد- چناران، شمال شرق در دوره زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۶ بوده است. نتایج این تحقیق نشان داد شاخص NDVI را برای بیان تنوع پوشش گیاهی در شرایط آب و هوایی نیمه خشک مورد تأیید است و به کارگیری این شاخص در روابط بین ویژگی‌های آب و هوایی و رشد پوشش گیاهی موثر است.

با توجه به مطالب بیان شده و مطالعات صورت گرفته در ارتباط با این موضوع، هدف از این پژوهش بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در ۳۰ سال اخیر و ارزیابی تغییر تراکم پوشش گیاهی است

پژوهش اثر تغییرات پوشش اراضی شهر یزد در سه دسته مناطق شهری، پوشش گیاهی و زمین‌های بایر بر دمای سطح زمین را در طی ۳۰ سال اخیر با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ بررسی می‌کنند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است در دوره زمانی مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه، کاهش پوشش گیاهی و به همراه افزایش مناطق شهری، سبب افزایش دمای سطح زمین شده است. همچنین نتایج دیگر این تحقیق نشان داد افزایش مجاورت با پوشش گیاهی از طریق ایجاد زمین‌های سبز با افزایش میزان نسبت پوشش گیاهی در مجاورت پوشش‌های مختلف و نیز کاهش مساحت زمین‌های بایر، می‌تواند راهکار مناسبی در مقابله با تأثیر گسترش شهرنشینی در سال‌های اخیر بر روی دمای سطح زمین باشد. عباس نژاد و همکاران (۱۴۰۱) به مطالعه بررسی روند تغییرات سربسبزی پوشش گیاهی در استان مازندران پرداخته‌اند. در این پژوهش از داده‌های سری زمانی NDVI سنجنده MODIS ماهواره‌های Terra و Aqua استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد تغییرات پوشش‌های گیاهی طبیعی متأثر از تغییرات اقلیمی است، چرا که فعالیت‌های انسانی در آن‌ها محدود می‌باشد؛ پراکنش مکانی روندهای پوشش‌های گیاهی نیز نشان داد که بخش وسیعی از روندهای کاهشی در مناطق جلگه‌ای شمال استان و بیش تر روند افزایشی در اراضی جنگلی و پوشش‌های مرتعی رخ داده است. بنابراین روند گرمایش زمین می‌تواند مهم ترین عامل افزایشی در استان مازندران باشند. نوربخش و همکاران (۱۴۰۱) به بررسی ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI با دمای سطح زمین در شهر تهران پرداخته‌اند. در این مطالعه دمای سطح زمین با روش تک کاناله با استفاده از تصاویر لندست برآورد شد. و با استفاده از شاخص NDVI و EVI تراکم پوشش پیاپی در منطقه مورد مطالعه سنجیده شد. نتایج این تحقیق حاکی از آن است دمای سطح زمین و پوشش گیاهی رابطه عکس دارند، همچنین، رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص EVI برابر با ۲۳/۳۱ درصد بود و رابطه آن با شاخص NDVI در حدود ۲۴- درصد بود؛ این موضوع بیانگر این است که این دو شاخص با اختلافی جزئی شبیه به هم هستند. ژانگ و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه اثرات تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسانی بر تنوع پوشش گیاهی مرتع در فلات لس چین مورد بررسی قرار داده‌اند. در این مطالعه، تغییرات مکانی-زمانی در پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی MODIS

¹ Gui

استفاده از شاخص NDVI تراکم پوشش گیاهی سنجیده شده است؛ و سپس دمای سطح زمین به روش Single channel برآورد شده است. در نهایت با استفاده از رگسیون وزن دار جغرافیایی رابطه بین پوشش گیاهی و دما سنجیده شد.

جدول ۱: مشخصات تصویر لندست

تاریخ	گذر	مسیر	نوع سنجنده	نوع ماهواره
۱۹۹۱/۰۸/۰۸	۳۴	۱۶۷	TM	لندست ۵
۲۰۲۲/۰۸/۰۵	۳۴	۱۶۷	OLI2	لندست ۹

• شاخص پوشش گیاهی NDVI:

شاخص گیاهی تفاوت نرمال شده (NDVI) توسط روسه و همکاران (۱۹۷۴) ارائه شده است. NDVI بر اساس تفاوت بین مادون قرمز نزدیک (NIR) و جذب رنگدانه در قرمز (VIS یا قرمز مرئی) است (باقر زاده و همکاران، ۲۰۲۰). این شاخص به عنوان شناخته شده ترین شاخص پوشش گیاهی، برای ارزیابی سلامت و تراکم پوشش گیاهی با اندازه گیری تغییرات در جذب کلروفیل گیاه است (ربیعی و همکاران، ۲۰۲۲). در واقع NDVI معیاری از فعالیت فتوسنتزی پوشش گیاهی زمینی است هنگامی که در طول زمان ادغام می شود، نشان داده شده است که با زیست توده سبز بالای زمین همبستگی دارد و همچنین فعالیت فتوسنتزی پوشش گیاهی تحت تأثیر آب و هوا است (زانگ و همکاران، ۲۰۱۹) به طور کلی NDVI به آشفته گیاهی جوی، آلودگی ابرها، پس زمینه خاک و روشنائی و هندسه مشاهده حساس است (روی، ۱۹۹۷). شاخص NDVI بر اساس رابطه ۱ محاسبه می شود

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

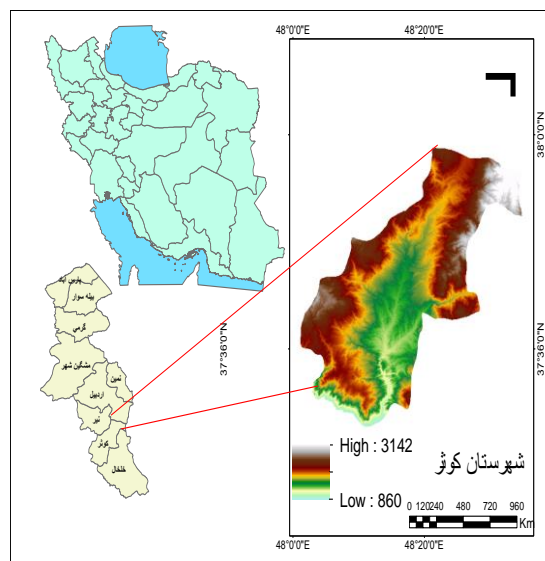
در این رابطه، RED مقدار بازتاب در محدوده باند قرمز و NIR مقدار بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک است. مقدار این شاخص بین -۱ و +۱ تغییر می کند. مقادیر منفی نشان می دهد که زمین توسط ابرها، آب یا برف پوشانده شده است. مقدار صفر نشانگر وجود سنگ ها یا خاک های برهنه است؛ در واقع سنگ ها و خاک های بایر که واکنش های طیفی مشابه در دو باند مورد استفاده دارند با مقادیر نزدیک به صفر دیده می شوند. در این شاخص خاک معمولی، معادل یک منظور می شود. هر قدر فاصله

هدف دیگر این پژوهش برآورد دمای سطح زمین و همچنین بررسی رابطه پوشش گیاهی با دمای سطح زمین است

2- روش انجام تحقیق

- محدوده مورد مطالعه

شهرستان کوثر (گیوی) با مساحت ۱۴/۳۲۱۱ کیلومتر مربع در ۴۸ درجه و ۲۹ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه ۴۱ دقیقه عرض جغرافیایی و در فاصله ۸۵ کیلومتری اردبیل قرار دارد این شهرستان از شمال با شهرستان اردبیل، از شرق با شهرستان خلخال و از غرب و جنوب با شهرستانهای نیر و میانه همسایه است شهرستان کوثر شامل دو بخش فیروزآباد و مرکزی و چهار دهستان به نامهای سنجد شمالی، سنجد غربی، سنجد جنوبی و زرج آباد و ۳۲۳ روستاست. میانگین بارندگی در این منطقه حدود ۴۴۴ میلیمتر بوده و ۸۶ تا ۹۴ درصد از مجموع بارندگی در ماههای فروردین و اردیبهشت رخ میدهد. پوشش گیاهی این شهرستان استپی و در ارتفاعات به صورت مرتع و چمنزار است (شکل ۱).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش برای بررسی تراکم پوشش گیاهی و ارزیابی تغییرات آن در ۳۱ سال اخیر از تصاویر از لندست ۵ و ۸ استفاده شده. همچنین برای برآورد دمای سطح زمین از این تصاویر ماهواره ای استفاده شده است. جدول ۱ گویای ویژگی های تصاویر اخذ شده می باشد. تصاویر اخذ شده در نرم افزار ENVI5.6 بر اساس منطقه مورد مطالعه برش داده شده و سپس تصحیحات اتمسفری بر روی آن اعمال شده است. پس از انجام تصحیحات با

پروفیل‌های اتمسفری تخمین زده می‌شود (نودسی و همکاران، ۲۰۱۶). در همین راستا برای محاسبه LST از در همین راستا برای محاسبه LST از باند ۶ سنجنده TM و از باند ۱۰ سنجنده OLI2 و از معادلات ۲، ۳ و ۴ استفاده می‌شود.

$$T_s = \gamma[\varepsilon^{-1}(\psi_1 L_{sensor} + \psi_2) + \psi_3] + \delta \quad (2)$$

$$Y = \left\{ \frac{c_2 L_{sensor} \lambda}{T_{sensor}^2} \left[\frac{\lambda^4}{c_1 L_{sensor} \lambda} + \lambda^{-1} \right] \right\}^{-1} \quad (3)$$

$$\delta = -\gamma L_{sensor, \lambda} + T_{sensor} \quad (4)$$

در این معادلات T_s مخفف LST است، دمای T_{sensor} دمای روشنایی حسگر بر حسب کلوین است، λ طول موج موثر یک باند مادون قرمز حرارتی، ε مقدار گسیلمندی، $C1 = 1.19104 \times 10^8 \text{ W m}^2 \text{ sr}^{-1} \text{ m}^{-4}$ و $C2 = 14387.7 \text{ m}$ و پارامترهای ψ_1 ، ψ_2 و ψ_3 را می‌توان به ترتیب از معادلات ۵، ۶ و ۷ تخمین زد. با اعمال آن‌ها اثر اتمسفر بر روی خروجی‌ها از بین رفته و یا تا حد زیادی تعدیل می‌شود.

$$\psi_1 = 0/14714W^2 - 0/15583W + 1/1234 \quad (5)$$

$$\psi_2 = -1/1836W^2 - 0/3760W - 0/52894 \quad (6)$$

$$\psi_3 = -0/04554W^2 + 1/8719W - 0/39071 \quad (7)$$

در این معادلات W مقدار بخار آب موجود در جو است

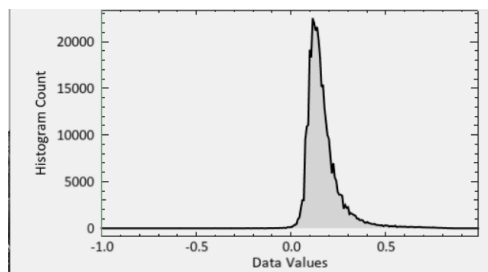
• رگرسیون وزن دار جغرافیایی

رگرسیون وزن دار جغرافیایی تکنیکی است که برای تحلیل‌های توصیفی بر روی آمار فضایی با در نظر گرفتن معادلات رگرسیون برای هر عارضه، مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیرهای Z و $R2$ جهت بررسی نتایج رگرسیون وزن دار جغرافیایی استفاده می‌شوند. برآورد محلی پارامترها با استفاده از رگرسیون جغرافیایی وزن دار از رابطه ۸ بیان می‌شود.

$$y_i = \beta_0(u_i \cdot v_i) + \sum_{j=1}^n \beta_k(u_i \cdot v_i)x_{ij} + \varepsilon_i \quad (8)$$

در رابطه ۸، Y : متغیر وابسته؛ x_i : متغیر مستقل؛ β_0 و β_1 : ضرایبی جهت تخمین؛ ε : جزء خطا؛ u_i و v_i : طول و عرض جغرافیایی نقطه i ؛ $B_k(u_i, v_i)$: پیاده سازی عامل مورد

شاخص یک پیکسل بالاتر از اندازه خاک باشد نشان دهنده تراکم پوشش گیاهی است (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۰). مقادیر مثبت وجود پوشش گیاهی را نشان می‌دهد (شکل ۲) (پنگ و همکاران، ۲۰۲۰).



شکل ۲ هیستوگرام شاخص NDVI

• روش‌های محاسبه LST

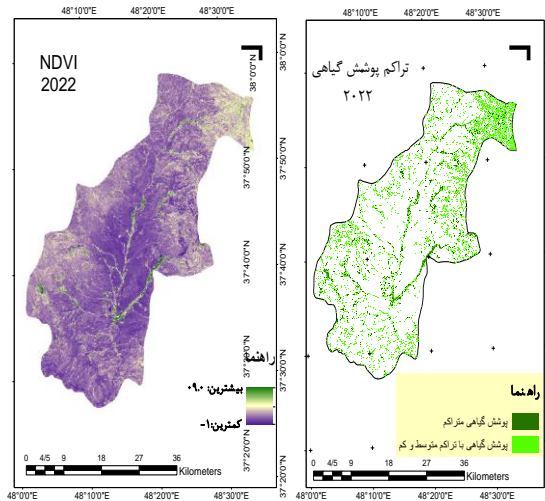
هر جسمی که دمای بالاتر از صفر درجه کلوین داشته باشد از خود تابش حرارتی ساطع می‌کند و این انرژی از اجسام یا سطح زمین ساطع می‌شود و توسط سنجنده حرارتی ثبت شده که ما با استفاده از این انرژی ثبت شده دمای سطح زمین را اندازه می‌گیریم؛ که اتمسفر بر انرژی که به سمت سنجنده ساطع می‌شود اثراتی روی آن می‌گذارد و همچنین به دلیل توان تشعشعی اجسام میزان انرژی که از سطح زمین به سمت سنجنده ساطع می‌شود با میزان انرژی که سنجنده ثبت می‌کند متفاوت است، به همین دلیل قبل از محاسبه LST ابتدا تصحیحات لازم بر روی تصویر انجام شد، مثل تصحیح رادیومتریک، تصحیح اتمسفری و اعمال اثر توان تشعشعی، محاسبه دمای درخشندگی و در نتیجه دمای سطح زمین برآورد می‌شود (عیسی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹)

• محاسبه‌ی دما با روش single channel

برای تعیین دمای واقع ی سطح زمین از الگوریتم‌های گوناگونی همچون الگوریتم تک کاناله استفاده می‌شود. این الگوریتم توسط جیمز-مونز و همکاران (2014) ارائه شده، که با هدف استخراج دمای سطح زمین با استفاده از یک باند مادون قرمز حرارتی توسعه داده شده است. در روش تک باندی دما با فرض معلوم بودن ضریب گسیل و

¹ Land Surface Temperature

شکل ۳- نقشه NDVI و تراکم پوشش گیاهی در منطقه سال ۱۹۹۱



شکل ۴- نقشه NDVI و تراکم پوشش گیاهی در منطقه سال ۲۰۲۲

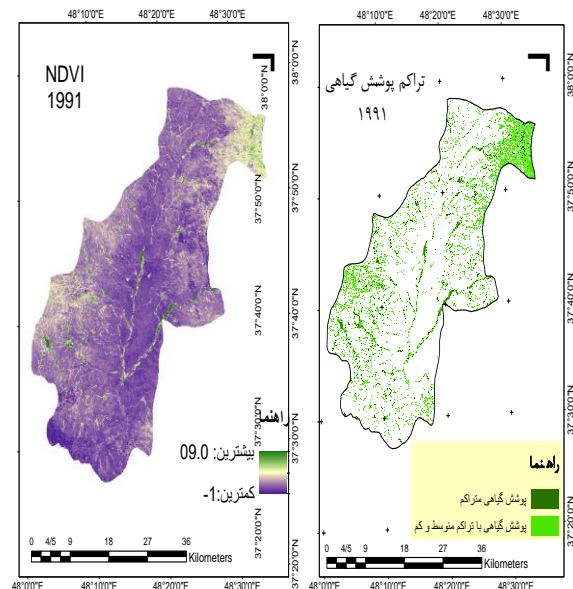
جدول ۲- تراکم پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۱ و ۲۰۲۰ در منطقه

سال	سال ۱۹۹۱	طبقات پوشش گیاهی
۲۰۲۲		
۸ (km ²)	۱۱ (km ²)	وسعت پوشش گیاهی متراکم (کیلومتر مربع)
۸۵ (km ²)	۹۷ (km ²)	وسعت پوشش گیاهی با تراکم متوسط و کم (کیلومتر مربع)

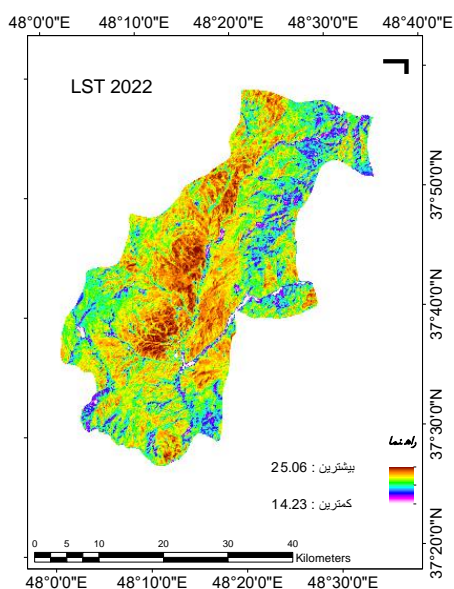
بررسی بر یک سطح پیوسته (ساری صراف و همکاران، ۱۳۹۸).

۳- نتایج

شکل ۳ تراکم پوشش گیاهی در شهرستان کوثر با استفاده از شاخص NDVI نشان می‌دهد. بازه عددی بین ۱- تا ۰/۹۰ است با استفاده از آستانه گذاری در نرم افزار ENVI مقادیر بیشتر از ۰/۳ به عنوان پوشش گیاهی شناسایی شد و مناطق بیش از ۰/۶ به عنوان مراکز پوشش گیاهی متراکم که شامل باغات و درختان جنگلی هستند. وسعت کل پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه ۹۷ کیلومتر و وسعت پوشش گیاهی متراکم ۱۱ کیلومتر مربع می‌باشد (جدول ۲). شکل ۴ نیز نقشه NDVI در سال ۲۰۲۲ در منطقه نشان می‌دهد. بازه عددی آن نیز بین ۱- تا ۰/۹۰ می‌باشد. که با توجه به جدول ۲ وسعت کل پوشش گیاهی سال ۲۰۲۲ در شهرستان کوثر ۸۵ کیلومتر می‌باشد که نسبت به سال ۱۹۹۱، ۱۲ کیلومتر کاهش یافته است. همچنین وسعت پوشش گیاهی متراکم ۸ کیلومتر است بنابراین وسعت باغات و پوشش‌های جنگلی نیز نسبت به سال ۱۹۹۱ کاهش یافته است. با توجه به شکل ۳ و ۴ تراکم پوشش گیاهی در شهرستان کوثر در مناطق شمال و شمال شرق در واقع مناطق منتهی به شهرستان اردبیل و استان گیلان، بیشتر است.



شکل ۵ و ۶ مقدار دمای سطح زمین را در سال های ۱۹۹۱ و ۲۰۲۲ نشان می‌دهد. مقدار LST در سال ۱۹۹۱



شکل ۶ نقشه دمای سطح زمین در سال ۲۰۲۲

جدول ۳. ضریب همبستگی بین مقادیر LST و NDVI

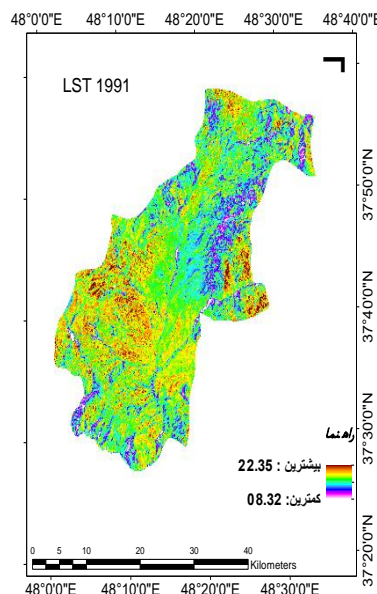
متغیر	تاریخ	R (همبستگی)	Sig (معنی داری)	P_value
NDVI	۱۹۹۱	۰/۷	+	-۷.۶۶
NDVI	۲۰۲۲	۰/۸	+	-۱۱

• نتیجه گیری

اهمیت پوشش گیاهی به عنوان عامل پویا و موثر بر شرایط زیستی ایجاب می کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه های تعیین شود. آشنکارسازی تغییرات در سنجش از دور تکنولوژی بسیار مفیدی است که می توان آن را برای به دست آوردن لایه های اطلاعاتی از خاک و پوشش گیاهی به کار برد. در این پژوهش ابتدا تراکم پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در هر دو سال ۱۹۹۱ و ۲۰۲۲ برآورد شد. سپس با استفاده از آستانه گذاری وسعت پوشش گیاهی سنجیده شد؛ که در سال ۱۹۹۱ وسعت پوشش گیاهی متراکم حدود ۱۱ کیلومتر و در سال ۲۰۲۲، ۸ کیلومتر مربع است به طور کلی ۳ کیلومتر از وسعت و درختان جنگلی در شهرستان کوثر کم شده است همچنین مساحت پوشش گیاهی متوسط و کم تراکم در سال ۱۹۹۱ حدود ۹۷ کیلومتر و در سال ۲۰۲۲ حدود ۸۵ کیلومتر می باشد؛ که در ۳۱ سال اخیر پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه کاهش چشمگیری داشته است. عوامل انسانی و طبیعی کنیری در تغییر، تراکم و وسعت پوشش گیاهی موثر است

بین ۵۳ سانتی گراد تا ۲۳ درجه سانتی گراد متغیر است، که در سال ۲۰۲۲ بازه دمایی بین ۶۰ درجه تا ۳۲ درجه است. بررسی ها نشان می دهد دمای هوا در ۳۱ سال اخیر به طور میانگین ۸ درجه سانتیگراد در شهرستان کوثر گرم تر شده است. گرم شدن دمای سطح زمین علل متفاوتی دارد یکی از این عوامل از بین رفتن پوشش گیاهی است. همسو است. مناطق جنوبی منطقه مورد مطالعه دمای بیشتری نسبت به دیگر مناطق دارد. و مناطق شمالی و شمال شرقی منطقه نیز دمای کمتری دارد. ارزیابی نقشه NDVI و LST در هر دو سال نشان می دهد مناطقی که دارای پوشش گیاهی زیادی هست دمای کمتری دارد. همانطور که کاکه ممی و همکاران (۱۳۹۹) نیز گفته اند پوشش گیاهی باعث تعدیل دمای سطح زمین می شود.

با توجه به جدول ۳ بررسی رگرسیون وزن دار جغرافیایی نشان داد همبستگی معنی دار بین دما و پوشش گیاهی وجود دارد. وابستگی بین دو متغیر در سال ۱۹۹۱، ۰/۷ است و در سال ۲۰۲۲ حدود ۰/۸ است که در هر دو سال همبستگی بالایی دارد همانطور که باقر نژاد و همکاران (۲۰۲۰) و منصور مقدم (۱۳۹۹) ذکر کرده تغییرات آب و هوایی به ویژه دما باعث تغییر تراکم پوشش گیاهی در منطقه می شود.



شکل ۵ نقشه دمای سطح زمین در سال ۱۹۹۱

بنابراین در منطقه مورد مطالعه دما حدود ۸ درجه افزایش داشته است. با اعمال رگرسیون وزن دار جغرافیایی مشخص شد که بین دما و پوشش گیاهی همبستگی معنی دار وجود دارد. که مقدار همبستگی (R) آن در سال ۱۹۹۱، ۰/۷ و در سال ۲۰۲۲، ۰/۸ می باشد و مقدار Sig آن صفر می باشد. به طور کلی هر چقدر Sig کمتر از ۰.۰۵ باشد و مقدار R نزدیک به ۱ باشد همبستگی بین دو داده بیش تر است.

یکی از مهم ترین عوامل تغییرات آب و هوایی است که از بین عوامل آب و هوایی، دما مهمترین مولفه آب و هوا است که تاثیر می گذارد. در این مطالعه همچنین مقدار دما در هر دو سال مورد مطالعه ارزیابی شد؛ و سپس با استفاده از رگرسیون وزن دار جغرافیایی رابطه بین دما و پوشش گیاهی بررسی شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار دما در سال ۱۹۹۱ در شهرستان کوثر ۵۳ درجه سانتی گراد می باشد. اما در سال ۲۰۲۲ بیشترین مقدار دما به بیش از ۶۰ درجه رسیده است.

منابع

- محمود، سید عبدالرؤف، روستا، ایمان، مزیدی، احمد. (۱۴۰۱). بررسی پایداری روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه آبریز شمالی افغانستان). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۲(۲)، ۱۷-۳۵.
- عباس نژاد الچین، احمد، درویش صفت، علی اصغر. (۱۴۰۲). بررسی روند تغییرات سربسزی پوشش گیاهی (Greening و Browning) با استفاده از سری زمانی MODIS-NDVI در استان مازندران. *پژوهش های علوم و فناوری چوب و جنگل*. ۳۰(۱)، ۱۲۵-۴۰.
- درویشی، یوسف، زارعی، میلاد، سیار کوردی، میر کیوان. (۱۴۰۱). پیش بینی تغییرات پوشش گیاهی و روند انتشار دی اکسید کربن بر اساس سناریوی پروژه REDD. *نشریه محیط زیست طبیعی*. ۷۵(۱)، ۱۳۵-۱۱۹.
- دستی گردی، مرتضی، نادى، مهدی، رائینی سرجاز، محمود Tکیا پاشا، خدیجه. (۱۴۰۱). تحلیل روند پوشش گیاهی با استفاده از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در شمال شرق ایران. *مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک*، ۲۹(۱)، ۱۳۵-۱۵۰.
- ناطقی، سعیده، نوحه گر، احمد، احسانی، امیر هوشنگ، بذرافشان، ام البنین. (۱۳۹۶). بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس شاخص های گیاهی با استفاده از سنجش از دور. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۴(۴)، ۷۹۰-۷۷۸.
- منصورمقدم، محمد، روستا، ایمان، زمانی، محمدصادق، مختاری، محمد حسین، کریمی فیروزجایی، محمد، علوی پناه، سید کاظم. (۱۴۰۰). مطالعه و پیش بینی تغییرات دمای سطح زمین شهر یزد: بررسی اثر مجاورت و تغییرات پوشش اراضی. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۲(۴)، ۲۷-۱.
- کفایت مطلق، امیدرضا، مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۶). بررسی روند تغییرات نمایه NDVI ایران در کمربندهای ارتفاعی. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲۸(۴)، ۸۴-۷۱.
- نوربخش، مهرداد، نظری نژاد، امیر. (۱۴۰۱). بررسی ارتباط شاخص های پوشش گیاهی NDVI و EVI با دمای سطح زمین در شهر تهران. *جغرافیا و روابط انسانی*، ۵(۱)، ۲۳۶-۲۲۵.
- جهان تیغ، منصور، جهان تیغ، معین. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر بهره وری سیلاب بر روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از داده های میدانی و تصاویر لندست (مطالعه موردی: منطقه شندک سیستان). *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۱۰(۴)، ۷۳-۵۷.
- باعقیده، محمد، علیجانی، بهلول، و ضیاییان، پرویز. (۱۳۹۰). بررسی امکان استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI در تحلیل خشکسالی های استان اصفهان. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱(۴)، ۱-۱۶.
- عموشاهی، سولماز، اخوان، حسان، ستوده، احد. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات NDVI تیپ پوشش گیاهی در طبقات مختلف دمایی کوهستان (مطالعه موردی: کوهستان شیرکوه استان یزد)، فصلنامه انسان و محیط زیست، ۱۶(۱)، ۳۷-۵۰.
- ساری صراف، بهروز، نقی زاده، حبیبه، رسولی، علی اکبر، جهانبخش، سعید، بابائیان، ایمان. (۱۳۹۸). مدل سازی و تحلیل فضایی عمق برف در پهنه شمالی ایران. *پژوهش های جغرافیایی طبیعی*، ۵۱(۴)، ۶۷۱-۶۵۱.

- کاکه ممی، آزاد، قربانی، اردوان، اصغری سراسکانرود، صیاد، قلعه، احسان & غفاری، سحر. (۱۳۹۹). بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین. *سنجش/زودور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. ۱۱(۲)، ۴۸-۲۷.

- Bagherzadeh, A., Hoseini, A. V., & Totmaj, L. H. (2020). The effects of climate change on normalized difference vegetation index (NDVI) in the Northeast of Iran. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(2), 671-683. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00724-x>
- Gao, J., Jiao, K., & Wu, S. (2019). Investigating the spatially heterogeneous relationships between climate factors and NDVI in China during 1982 to 2013. *Journal of Geographical Sciences*, 29(10), 1597-1609. <https://doi.org/10.1007/s11442-019-1682-2>
- Gui, X., Wang, L., Yao, R., Yu, D., & Li, C. (2019). Investigating the urbanization process and its impact on vegetation change and urban heat island in Wuhan, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(30), 30808-30825. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06273-w>
- Rabiei, J., Khademi, M. S., Bagherpour, S., Ebadi, N., Karimi, A., & Ostad-Ali-Askari, K. (2022). Investigation of fire risk zones using heat-humidity time series data and vegetation. *Applied Water Science*, 12(9), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13201-022-01742-z>
- Roy, D. P. (1997). Investigation of the maximum Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and the maximum surface temperature (Ts) AVHRR compositing procedures for the extraction of NDVI and Ts over forest. *International Journal of Remote Sensing*, 18(11), 2383-2401. <https://doi.org/10.1080/014311697217675>
- Peng, W., Wang J., Zhang, J. & Zhang, Y. (2020). Soil moisture estimation in the transition zone from the Chengdu Plain region to the Longmen Mountains by field measurements and LANDSAT 8 OLI/TIRS-derived indices. *Arabian Journal of Geosciences*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5152-z>.
- Zheng, K., Wei, J. Z., Pei, J. Y., Cheng, H., Zhang, X. L., Huang, F. Q., Li, F. M., & Ye, J. S. (2019). Impacts of climate change and human activities on grassland vegetation variation in the Chinese Loess Plateau. *Science of the Total Environment*, 660, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.022>

Investigation of changes in vegetation cover using the NDVI index and its relationship with the Land surface temperature (case study: Kausar city)

Behrouz Sobhani^{1*}, Elham Mollanouri²

1*-Professor of Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili

2- Ph.D. student of Hydrology and Meteorology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili

email Address: sobhani@uma.ac.ir

Abstract

Introduction

Vegetation, as an important part of the earth, plays an essential role in providing organic matter to terrestrial organisms, regulating the carbon cycle and promoting energy exchange (Das Gardi et al., 1401). In fact, vegetation is one of the main ecosystems of the earth and plays an irreplaceable role in regulating and protecting the atmosphere, water and soil, reducing the concentration of greenhouse gases and increasing and maintaining climate stability (Darvishi et al., 1401). Vegetation plays a central role in the negative urban effects and reducing the surface urban heat island effect (Jio et al., 2019), in general, vegetation is the most important factor that connects soil, atmosphere and humidity. Natural vegetation changes due to seasonal and annual climate changes, however, vegetation can be a measure of global climate change (Bagherzadeh et al., 2020). During the last two decades, plant indices have been widely used in natural resource studies and vegetation monitoring from small scale to regional and global scales (Natighi et al., 2016). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) is an important index for large-scale vegetation cover. The magnitude of NDVI indicates the intensity of vegetation activity, and this intensity reflects more of the structure and functional characteristics of the ecosystem (Jeo et al., 2019). The pattern of land use is constantly changing due to the increase of human activities (Mansour Moghadam et al., 2019). Investigating the sustainability of vegetation changes is one of the most important issues of vegetation management and control in the direction of sustainable development. Changes in the area of vegetation have different factors, such as the use of forest trees for fuel, livestock pressure on pastures, forest fires, and droughts cause a decrease in the area and loss of vegetation (Mahmoud et al., 1400). Over time, land cover patterns and land use undergo major changes (Ding et al., 2013). Factors affecting vegetation changes mainly include two types: climate changes and human activities (Zhang et al., 2019). Evaluation of vegetation changes at the regional and provincial levels using field methods due to the large extent, complexity, rate and The nature of what can be different in time and place is difficult (Abbas Nejad et al., 1401). Due to the limitations resulting from spatial and temporal variability and the cost of field studies, the use of satellite images provides acceptable results in the investigation of vegetation cover changes due to its wide coverage and multi-temporal nature (Jehan Tigh et al., 2018). The advancement of remote sensing technology in recent years has made experts to study the planet Earth comprehensively and more precisely. Vegetation studies are one of the important studies that are carried out using remote sensing and in this way the growth, disease, moisture, dryness and freshness of the plant are studied (Kefait Mutlaq et al., 2016). According to the stated contents and the studies conducted in connection with this issue, the purpose of this research is to investigate the changes in vegetation cover using the NDVI index in the last 30 years and to evaluate the change in the density of vegetation cover. It is also a study of the relationship between vegetation cover and the Land Surface Temperature.

Methodology

Kausar city (Givi) with an area of 14.3211 square kilometers is located at 48 degrees 29 minutes of longitude and 37 degrees 41 minutes of latitude and is located at a distance of 85 kilometers from Ardabil. It is neighboring with Nair and Miene cities. The average rainfall in this region is about 444 mm and 86 to 94% of the total rainfall occurs in the months of April and May. The vegetation of this city is steppe and in the highlands in the form of pastures and meadows. In this research, images from Landsat 8 and 5 were used to investigate vegetation density and evaluate its changes in the last 31

years. These satellite images have also been used to estimate the Land Surface Temperature. The images obtained in ENVI5.6 software are cut based on the study area and then atmospheric corrections are applied on it. After making corrections, vegetation density has been measured using the NDVI index; This was presented by Rose et al (1974). NDVI is based on the difference between near infrared (NIR) and pigment absorption in the red (VIS or visible red) (Bagherzadeh et al. 2020). As the most well-known vegetation index, this index is used to evaluate the health and density of vegetation by measuring changes in plant chlorophyll absorption. And then the temperature of the earth's surface is estimated by the single channel method. Various algorithms are used to determine the real Land Surface Temperature, such as the single-channel algorithm. This algorithm was presented by James-Mons et al. (2014), which was developed with the aim of extracting Land Surface Temperature using a thermal infrared band. In the single-band method, the temperature is estimated assuming that the emission coefficient and atmospheric profiles are known. Finally, in this research, the relationship between vegetation cover and temperature was measured using geographic weighted regression.

Conclusion

In this research, vegetation density was estimated using NDVI index in both years 1991 and 2022. Then, the extent of vegetation was measured by thresholding; that in 1991, the area of dense vegetation cover is about 11 km and in 2022, it is 8 square km, in general, 3 km of the area and forest trees in Kausar city have decreased, also the area of medium and low density vegetation cover in 1991 is about 97 km and In 2022, it will be about 85 kilometers; that in the last 31 years, the vegetation in the study area has decreased significantly. Many human and natural factors are effective in the change, density and extent of vegetation cover. One of the most important factors of climate change is that among the climate factors, temperature is the most important component of the climate that affects it. In this study, the temperature value was also evaluated in both years of the study; And then, using geographic weighted regression, the relationship between temperature and vegetation was investigated. The results showed that the highest temperature in 1991 in Kausar city was 53 degrees Celsius. But in 2022, the maximum temperature has reached more than 60 degrees. Therefore, in the studied area, the temperature has increased by about 8 degrees. By applying geographic weighted regression, it was found that there is a significant correlation between temperature and vegetation. Its correlation value (R) is 0.7 in 1991 and 0.8 in 2022 and its Sig value is zero. In general, the more Sig is less than 0.05 and the R value is closer to 1, the higher the correlation between two data.

Keywords

NDVI, Land Surface Temperature, geographic weighted regression