

Analysis of Vegetation Changes Based on Vegetation Indices (Case Study: Rasht County)

Seyed Asghari Sareskanrud^{1*}, Aboozar Sadeghi², Hamid Soleimani³, Nesa Akbari⁴

¹ Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran,

Email: s.sayyad@uma.ac.ir

² PhD Student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

³ MSc Student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

⁴ MSc Student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Article Info

Article type:

Research Full Paper

Article history:

Received: 2024-10-21

Accepted: 2025-01-05

Keywords:

Vegetation Cover

Vegetation Index

Rasht

Landsat

GEE

ABSTRACT

This study investigates changes in vegetation cover and land surface temperature in Rasht County during the years 2010, 2015, 2020, and 2024. To achieve this, Landsat satellite imagery and various vegetation and water indices, including NDVI, MNLI, MSR, SAVI, OSAVI, VARI, MNDWI, IPVI, and EVI, were utilized. The data were processed through the Google Earth Engine (GEE) platform and analyzed with high precision. The vegetation data analysis revealed a significant reduction in vegetation health and density in areas undergoing urban and industrial development. In particular, the NDVI and SAVI indices highlighted severe degradation of vegetation in the northern and eastern parts of Rasht, where agricultural and forest lands have been converted into residential and industrial areas. These changes have also led to a decline in environmental quality. Regarding land surface temperature (LST), results showed a considerable increase in urban areas due to reduced vegetation cover and the expansion of hard infrastructure such as asphalt and concrete. The phenomenon of urban heat islands was clearly observed. Average temperatures ranged from 17.6°C to 65.3°C across the study years. Areas with dense vegetation experienced lower temperatures due to higher evapotranspiration, whereas areas with little to no vegetation and substantial hard surfaces exhibited higher temperatures. This research underscores the importance of using vegetation and water indices for environmental monitoring. The findings can serve as a foundation for improving management strategies to protect natural resources, mitigate the adverse impacts of urban and industrial development, and enhance the quality of life for local residents. Furthermore, the results highlight the need for continuous monitoring of vegetation and land surface temperature to identify critical areas and develop appropriate solutions.

Cite this article: Sareskanrud, S.A., Sadeghi, A., Soleimani, H., Akbari, N. (2025). Analysis of Vegetation Changes Based on Vegetation Indices (Case Study: Rasht County). Journal of the Climate Change research, 6 (21), 87-104.



نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی



فصلنامه علمی دانشگاه گلستان

سال ششم / شماره مسلسل بیست و یکم / بهار ۱۴۰۴ / صفحات: ۸۷-۱۰۴

بررسی تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در شهرستان رشت

صیاد اصغری سراسکانرود^{۱*}، ابوذر صادقی^۲، حمید سلیمانی یوزبند^۳، نسا اکبری^۴

^۱ گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران، رایانامه: s.sayyad@uma.ac.ir

^۲ دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

^۴ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل علمی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۷/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۱۵ واژه‌های کلیدی: پوشش گیاهی شاخص گیاهی رشت لندست GEE	این پژوهش به بررسی تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در شهرستان رشت طی سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ پرداخته است. برای این منظور، از تصاویر ماهواره‌ای لندست و شاخص‌های متنوع گیاهی و آبی شامل NDVI، MNDWI، VARI، IPVI و EVI استفاده شده است. این داده‌ها در سامانه Google Earth Engine (GEE) پردازش شدند و نتایج با دقت بالا تحلیل گردیدند. تحلیل داده‌های پوشش گیاهی نشان داد که در مناطق تحت توسعه شهری و صنعتی، کاهش قابل توجهی در سلامت و تراکم پوشش گیاهی رخ داده است. به‌طور خاص، در نواحی شمالی و شرقی رشت، شاخص‌های NDVI و SAVI نشان‌دهنده تخریب شدید پوشش گیاهی و تبدیل زمین‌های کشاورزی و جنگلی به مناطق مسکونی و صنعتی هستند. این تغییرات همچنین به کاهش کیفیت زیست‌محیطی منجر شده است. در تحلیل دمای سطح زمین، نتایج نشان داد که دما در مناطق شهری به دلیل کاهش پوشش گیاهی و افزایش زیرساخت‌های سخت مانند آسفالت و بتن، به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است. پدیده جزیره حرارتی شهری به‌وضوح قابل مشاهده بود. میانگین دما از ۱۷/۶ تا ۶۵/۳ درجه سلسیوس در سال‌های مورد مطالعه متغیر بوده است. مناطق دارای پوشش گیاهی انبوه به دلیل تبخیر و تعرق بیشتر، دمای پایین‌تری را تجربه کرده‌اند، در حالی که مناطق فاقد پوشش گیاهی و دارای زیرساخت‌های سخت، دماهای بالاتری نشان دادند. این پژوهش بر اهمیت استفاده از شاخص‌های گیاهی و آبی برای پایش تغییرات محیط‌زیستی تأکید دارد. یافته‌ها می‌توانند مبنای بهبود برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای حفاظت از منابع طبیعی، کاهش اثرات منفی توسعه شهری و صنعتی و بهبود کیفیت زندگی ساکنان منطقه باشند. علاوه بر این، نتایج بر اهمیت پایش مستمر پوشش گیاهی و دمای سطح زمین برای شناسایی مناطق بحرانی و تدوین راهکارهای مناسب تأکید می‌کنند.

استناد: سراسکانرود، صیاد اصغری؛ صادقی، ابوذر؛ سلیمانی یوزبند، حمید؛ اکبری، نسا. (۱۴۰۴). بررسی تغییرات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در شهرستان رشت. نشریه پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۶ (۲۱)، ۸۷-۱۰۴.

Doi: 10.30488/CCR.2025.484698.1252

ناشر: دانشگاه گلستان

© نویسندگان.



مقدمه

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 کرده‌اند و دانشمندان و متخصصان سنجش از دور، نقش شاخص‌های گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای را در بررسی منابع طبیعی و محیط زیست ارزیابی کرده‌اند، زیرا کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. پوشش گیاهی به عنوان یکی از اجزای کلیدی اکوسیستم‌های زمینی، نقشی حیاتی در حفظ تعادل زیست‌محیطی و پایداری اکولوژیکی دارد (ناطق و همکاران، ۱۳۹۶). گیاهان نه تنها به عنوان منابع غذایی و زیستی برای انسان‌ها و حیوانات عمل می‌کنند، بلکه در فرآیندهای مختلفی نظیر چرخه کربن، تثبیت نیتروژن، حفظ خاک و تنظیم آب و هوا نقشی اساسی دارند. تشخیص پوشش اراضی کمک شایانی به مدیریت مناطق و تصمیم‌گیری می‌کند و همچنین مقایسه تصاویر بدست آمده از یک دوره زمانی مشخص می‌تواند روند تغییرات هر منطقه را نشان دهد (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲). از این رو، پایش و بررسی تغییرات پوشش گیاهی در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای و جهانی برای فهم بهتر تعاملات بین اکوسیستم‌ها و فعالیت‌های انسانی ضروری است (Adam et al., 2010). تغییرات در پوشش گیاهی می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد که به طور کلی می‌توان آن‌ها را به دو دسته طبیعی و انسانی تقسیم کرد. عوامل طبیعی شامل تغییرات اقلیمی، بلایای طبیعی نظیر آتش‌سوزی‌های جنگلی، سیلاب‌ها و طوفان‌ها هستند (میرزایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). از سوی دیگر، فعالیت‌های انسانی نظیر کشاورزی، جنگل‌زدایی، شهرسازی و صنعت می‌توانند تغییرات چشم‌گیری در پوشش گیاهی ایجاد کنند (Bao et al., 2014). این تغییرات می‌توانند تأثیرات عمیقی بر روی تنوع زیستی، کیفیت خاک و آب و حتی جوامع انسانی داشته باشند (عزیزقلاتی و همکاران، ۱۳۹۵). گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات

پیوسته پوشش گیاهی توسط روش‌های معمول بسیار مشکل و پرهزینه است. پیشرفت فناوری ماهواره‌ای در سال‌های گذشته این امکان را برای کارشناسان علوم زمین فراهم نموده است که سیاره زمین را با دقت بیشتر و به صورت همه‌جانبه مطالعه نمایند (کفایت مطلق و معنوی‌پور، ۱۴۰۱). در این میان، سنجش از دور و استفاده از شاخص‌های گیاهی به عنوان ابزارهای کارآمد و موثر برای پایش و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی مطرح شده‌اند (Thug & Tokunaga, 2002). پوشش‌های گیاهی به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است (Petorelli et al., 2005). سنجش از دور شامل استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و هوایی برای جمع‌آوری اطلاعات از سطح زمین بدون تماس مستقیم است (احمدی و نارنگی‌فرد، ۱۳۹۴). این تکنولوژی امکان مشاهده و تحلیل مناطق وسیعی از سطح زمین را با دقت زمانی و مکانی بالا فراهم می‌کند (Tuxen et al., 2011). شاخص‌های گیاهی، مقادیری عددی هستند که از داده‌های طیفی جمع‌آوری شده توسط سنجنده‌های ماهواره‌ای به دست می‌آیند (احمدی و همکاران، ۱۳۹۵). این شاخص‌ها بر اساس ویژگی‌های نوری گیاهان در طول موج‌های مختلف طراحی شده‌اند و می‌توانند اطلاعات مفیدی درباره وضعیت و تغییرات پوشش گیاهی ارائه دهند (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۰). برخی از معروف‌ترین و پرکاربردترین شاخص‌های گیاهی شامل شاخص پوشش گیاهی استاندارد (NDVI)، شاخص تفاوت گیاهی بهبود یافته (EVI)، شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌شده (MSAVI) و شاخص سبزی‌نگی (GCI) هستند (Albed et al., 2014). هر یک از این شاخص‌ها بر اساس ویژگی‌های خاص طیفی گیاهان و نیازهای مطالعاتی مختلف طراحی شده‌اند و می‌توانند اطلاعات مختلفی درباره سلامت، تراکم و تغییرات پوشش گیاهی ارائه دهند (سنجری و برومند، ۱۳۹۲).

شاخص پوشش گیاهی استاندارد (NDVI) به‌عنوان یکی از کاربردی‌ترین شاخص‌ها در مطالعات پوشش گیاهی، بر اساس تفاوت بین بازتابش نور در طیف قرمز و نزدیک به مادون قرمز محاسبه می‌شود (Fatiha et al., 2013). این شاخص می‌تواند به خوبی تراکم و سلامت پوشش گیاهی را نشان دهد و در مطالعات مختلفی از جمله کشاورزی، جنگل‌داری و محیط زیست مورد استفاده قرار می‌گیرد. شاخص تفاوت گیاهی بهبود یافته (EVI) نیز به‌عنوان توسعه‌یافته‌ای از NDVI، با اصلاحاتی در محاسبه بازتابش‌ها، اطلاعات دقیق‌تری درباره تراکم و سلامت پوشش گیاهی ارائه می‌دهد (Jafarnia & Akabarinia, 2014). در دهه‌های اخیر، با پیشرفت فناوری‌های سنجش از دور و افزایش دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای با دقت بالا، امکان پایش تغییرات پوشش گیاهی در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف به‌طور چشمگیری افزایش یافته است (فتحی‌زاد و همکاران، ۱۳۹۲). این داده‌ها می‌توانند به تحلیلگران و پژوهشگران کمک کنند تا تغییرات طولانی‌مدت و کوتاه‌مدت در پوشش گیاهی را شناسایی کرده و اثرات مختلف زیست‌محیطی و انسانی بر روی این تغییرات را ارزیابی کنند (Smits et al., 1999). به‌عنوان مثال، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های گیاهی می‌توان اثرات تغییرات اقلیمی بر روی رشد و پراکنش گیاهان را بررسی کرد، روند جنگل‌زدایی و تخریب زیستگاه‌ها را پایش نموده و برنامه‌های مدیریتی و حفاظتی موثرتری را برای حفظ و احیای پوشش گیاهی تدوین کرد (محمدیاری و همکاران، ۱۳۹۳). در این راستا، مطالعات متعددی در سرتاسر جهان صورت گرفته است که در ادامه به بررسی چندین مورد از آن‌ها پرداخته می‌شود. ابراهیمی و همکاران (۱۳۹۹) در مطالعه‌ای به بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان پرداختند. در این پژوهش از تصاویر ماهواره لندست از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ استفاده شده است. نتایج نشان داد که مقدار پوشش گیاهی از ۰/۲۵ در سال ۲۰۰۳ به ۰/۱۸ در سال ۲۰۱۸ کاهش یافته و دمای سطح زمین در یک

سیر صعودی از ۲۹ درجه سلسیوس در سال ۲۰۰۳ به ۴۱/۷ درجه سلسیوس در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. این مطالعه نیز نشانگر رابطه‌ی منفی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین می‌باشد. در مطالعه‌ای دیگر ایزدیان و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست طی سه سال خشک ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۸ و سه سال مرطوب ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۲۰ به آشکارسازی پیامدهای خشک شدن زاینده‌رود و تغییرات پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین در کلان‌شهر اصفهان پرداختند. نتایج نشان داد که پوشش گیاهی از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۸ کاهش ۱۳ درصدی به مقدار ۷۵ کیلومتر مربع داشته است. همچنین دمای سطح زمین نیز روندی صعودی داشته است. به‌طوری که بیشترین میانگین دما در سال ۲۰۱۸ با ۴۰/۴ درجه سلسیوس مشاهده شد. خدائی و زندی (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای به 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 پرداختند. نتایج حاکی از این مطالعه نشان داد که در بازه زمانی مورد مطالعه، ۵۸۱۹۶ هکتار تراکم پوشش گیاهی انبوه و ۳۸۴۱۵ هکتار از تراکم پوشش گیاهی نیمه‌تراکم از بین رفته است. همچنین بررسی ارتباط پوشش گیاهی و دمای سطح زمین نشان داد شاخص پوشش گیاهی همبستگی منفی و معکوسی با دمای سطح زمین دارد و در اکثر مناطقی که پوشش گیاهی انبوه‌تری دارند، دمای کمتری دارند. سبحانی و ملانوری (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای به بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و ارتباط آن با دمای سطح زمین در شهرستان کوثر پرداختند. در این مطالعه با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ نقشه‌های NDVI و دمای سطح زمین در سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۲۲ تهیه شد. نتایج نشان داد که در ۳۱ سال اخیر حدود ۱۲ کیلومتر از پوشش گیاهی کاهش یافته و دمای سطح زمین در این دوره ۸ درجه افزایش یافته است که نشان‌دهنده یک همبستگی معنی‌دار بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین می‌باشد. تپانوسیان و همکاران (۲۰۲۱) به

کاهش تدریجی پس از ۲۰۲۳، همچنان بیش از ۶۰ درصد از مساحت کل را در بر دارد. از سال ۲۰۰۴، UHSها بیشتر در مناطق ساخته شده، به ویژه در شمال منطقه و همزمان با گسترش صنعتی و توسعه حمل و نقل (MRT)، متمرکز شده اند. این تحقیق اهمیت تحلیل LST را برای برنامه ریزی شهری و کاهش چالش های مرتبط با گرما برجسته می کند. ساتی و همکاران (۲۰۲۴) به مطالعه تأثیرات تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی در گلگت بلتستان (GB) پرداختند و نتایج آن ها نشان داد که پوشش گیاهی نقش مهمی در امنیت زیست محیطی و چرخه کربن دارد. با استفاده از شاخص های پوشش گیاهی و داده های هواشناسی (۱۹۹۱-۲۰۲۰)، روندهای رشد پوشش گیاهی فصلی و سالانه تحلیل کردند. نتایج آن ها نشان داد که شاخص NDVI در GB از سال ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۰ به طور کلی افزایش یافته است. همچنین پوشش گیاهی در تابستان واکنش قوی تری به بارش نسبت به دما دارد و این روند در بهار برعکس است. بارش زمستانی در ارتفاعات پایین تر تأثیر بیشتری بر رشد گیاهان نسبت به ارتفاعات بالاتر داشته است. فیضال (۲۰۲۴) به مطالعه به بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمین بر دمای سطح زمین (LST) در بخش راجشاهی بنگلادش پرداخته است. داده های ماهواره ای Landsat 8 و Landsat-5 برای محاسبه LST استفاده کرده و روند تغییرات در بازه زمانی ۱۵ ساله (۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰) بررسی شد. نتایج نشان دادند که LST با گذشت زمان افزایش یافته است و نواحی شمال غربی راجشاهی بالاترین مقادیر LST را دارند. همچنین پوشش گیاهی و LST رابطه مثبت دارند، به طوری که افزایش پوشش گیاهی باعث کاهش LST و کاهش آن موجب افزایش LST می شود. خاک برهنه، مناطق ساخته شده و آب ها بر LST تأثیر دارند، به طوری که رشد مناطق ساخته شده موجب افزایش LST می شود. در این مقاله، به بررسی جامع تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص های گیاهی و ارتباط آن با تغییرات دمایی پرداخته خواهد شد. ابتدا به مرور اصول و مبانی شاخص های گیاهی و روش های

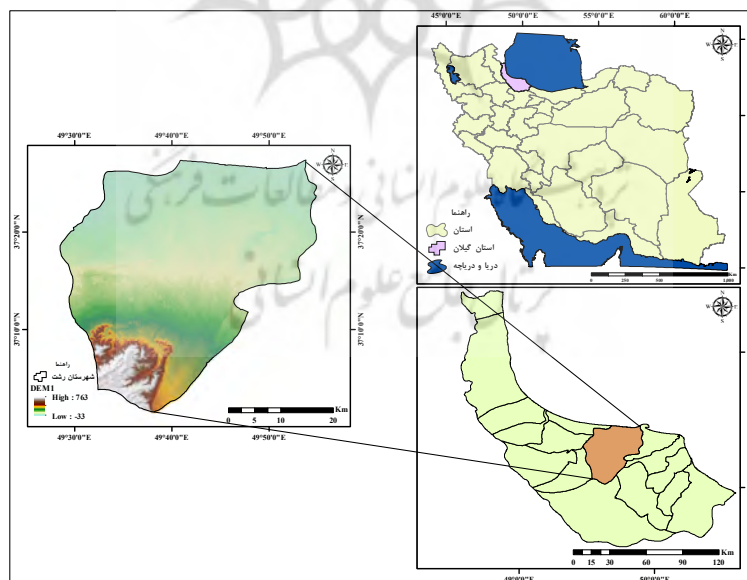
بررسی تغییرات پوشش زمین (LC) و جزیره حرارتی شهری سطحی (SUHI)، تحلیل روابط بین دمای سطح زمین (LST) و عوامل محیط زیستی و ارزیابی دقت داده های دمای سطح زمین در ایروان پرداختند. با استفاده از تصاویر ماهواره ای Landsat (سال های ۱۹۸۹، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۸) و سه الگوریتم یادگیری ماشین برای استخراج داده های LC و SUHI و همچنین شاخص UTFVI برای ارزیابی اکولوژیکی استفاده کردند. یافته های آن ها نشان داد هماهنگی مکانی قابل توجهی بین داده های دمای سطح زمین پهپاد (UAV) و ماهواره مشاهده می شود. مناطق سبز و ساخته شده به عنوان عوامل اصلی تأثیرگذار بر تغییرات دمای سطح زمین شناسایی شدند. افزایش مناطق ساخته شده و کاهش فضای سبز در ایروان مشاهده شد. این تغییرات منجر به بدتر شدن وضعیت اکولوژیکی (مطابق طبقه بندی UTFVI) شد، اما افزایش پوشش گیاهی و کاهش انتشار گرمای انسانی می تواند به بهبود شرایط کمک کند. در صورت کاهش یا نبود گرمای انسانی، ساخت و سازهای جدید شهری می توانند شاخص های اکولوژیکی نظیر UTFVI را بهبود بخشند. نتایج نشان می دهند که مناطق مسکونی با تراکم بالا و کم به ترتیب ۲،۲۹ و ۱۴،۰۸ کیلومتر مربع گسترش خواهند یافت. شاخص شهری (UI) به عنوان پیش بینی کننده دمای سطح زمین، همبستگی بالایی با LST نشان داده است ($R^2=0.8962$ در تابستان و $R^2=0.9212$ در زمستان). همچنین پیش بینی می شود که مناطق با دمای تابستان ۲۴-۲۸ درجه سانتی گراد و زمستان ۱۴-۱۶ درجه سانتی گراد کاهش یابند، در حالی که مناطق با دمای تابستان ۳۵-۴۲ درجه و زمستان ۲۶-۳۲ درجه سانتی گراد افزایش پوشش خواهند داشت. تامابوریال (۲۰۲۴) تغییرات کاربری و پوشش زمین (LULC)، دمای سطح زمین (LST) و توزیع نقاط داغ شهری (UHS) در پاتومتانی از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۲۳ را بررسی کرده است. نتایج نشان داد مناطق ساخته شده نسبت به سال ۱۹۹۷ دو برابر شده و بیشتر در امتداد محور شمال جنوب متمرکز هستند. پوشش گیاهی، با وجود

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه: شهر رشت بعنوان مرکز استان گیلان و یکی از کلان شهرهای ایران در شمال ایران است که با ارتفاع متوسط ۸ متر از سطح دریاهای آزاد و فاصله ۳۳۰ کیلومتری شمال باختری تهران و مسیر راه اصلی قزوین به بندر انزلی در جلگه مرکزی گیلان واقع شده است این شهر همچنین بزرگترین و پرجمعیت‌ترین شهر شمالی ایران در بین سه استان حاشیه دریای خزر محسوب می شود. رشت متراکم ترین شهر ایران به لحاظ نسبت جمعیت به وسعت است. رشت یکی از قطب‌های تولید برنج، ایران تولید کننده بزرگ فولاد و قطب تولید نانو داروهای ضد سرطان کشور یکی از مهم‌ترین شهرهای ایران است. آب و هوای رشت از جمله آب و هوای معتدل کاسپین و شبه مدیترانه‌ای است که دارای تابستان‌های گرم و شرجی و زمستان‌های سرد و مرطوب است. همچنین رشت دارای رتبه اولین میزان بارش مراکز استان‌های ایران و به شهر باران شهره است (خداجو و همکاران، ۱۴۰۰).

مختلف محاسبه آن‌ها پرداخته خواهد شد. سپس به تحلیل کاربردهای مختلف این شاخص‌ها در مطالعات تغییرات پوشش گیاهی و ارزیابی اثرات عوامل طبیعی و انسانی بر این تغییرات پرداخته می‌شود. در نهایت، نتایج این بررسی می‌تواند به بهبود روش‌های مدیریتی و حفاظتی در برابر تغییرات زیست محیطی و تأثیرات تغییرات اقلیمی کمک کند.

هدف از این مقاله، ارائه یک بررسی جامع از تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص‌های گیاهی و تحلیل ارتباط آن با تغییرات دمایی است. در این راستا، ابتدا اصول و مبانی شاخص‌های گیاهی و روش‌های مختلف محاسبه آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس کاربردهای این شاخص‌ها در مطالعات مرتبط با تغییرات پوشش گیاهی و ارزیابی تأثیر عوامل طبیعی و انسانی بر این تغییرات تحلیل می‌شود. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند راهکارهایی جهت بهبود مدیریت و حفاظت از منابع زیستی در مواجهه با تغییرات زیست محیطی و چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی ارائه دهد.



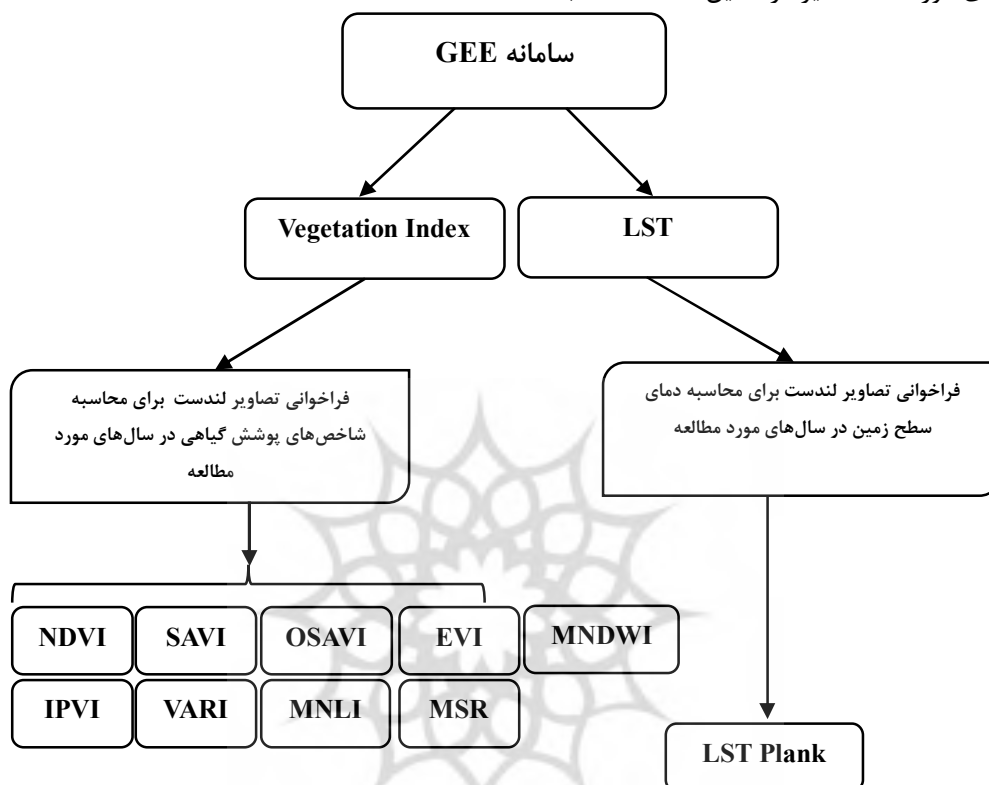
شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

۲۰۱۵ (نهم ژوئن) از ماهواره لندست ۸، برای سال ۲۰۲۰ (ششم ژوئن) از ماهواره لندست ۸، و برای سال ۲۰۲۴ (نهم ژوئن) از ماهواره لندست ۹ استخراج شد.

روش پژوهش: در این پژوهش، با توجه به سال‌های مورد مطالعه، تصاویر ماهواره‌ای به ترتیب برای سال ۲۰۱۰ (دوم ژوئن) از ماهواره لندست ۵، برای سال

گردیدند. از آنجا که پردازش‌ها مستقیماً در سامانه GEE انجام شد، نیازی به دانلود تصاویر و اعمال تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری نبود. همچنین، فرمول‌های پردازش شاخص‌ها تنها با یک بار نوشتن کد در این سامانه اجرا و محاسبه شدند.

از آنجا که ماهواره‌های لندست ۸ و ۹ دارای باند پانکروماتیک هستند، تصاویر مربوط به این سال‌ها از دقت ۳۰ متری به دقت ۱۵ متری پن‌شاپ (pan-sharpen) شدند تا دقت تحلیل افزایش یابد. این تصاویر همگی در سامانه GEE پردازش شده و شاخص‌های مورد مطالعه نیز در همین سامانه محاسبه



شکل ۲: فلوچارت روش تحقیق

طیف‌های قرمز و نزدیک به مادون قرمز محاسبه شده و ابزاری مؤثر برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه بوده است. به‌طور کلی، استفاده از شاخص NDVI در این پژوهش امکان ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی پوشش گیاهی را فراهم کرده و به شناسایی مناطق آسیب‌دیده و روند تخریب زیست‌محیطی کمک کرده است.

شاخص SAVI: این شاخص توسط Huete (1984) با هدف حداقل کردن اثرات خاک زمینه در انعکاسات پوشش گیاهی پیشنهاد شد.

L: فاکتور تعدیل کننده اثر خاک است. مقدار آن برای پوشش تنک برابر ۱ و برای پوشش متوسط برابر ۰/۵ و

شاخص NDVI: شاخص NDVI یک شاخص سنجش از دور متداول است که بر اساس ویژگی‌های طیفی جذب و بازتاب کلروفیل گیاهان ایجاد شده و برای ارزیابی وضعیت سلامت و فعالیت رشد پوشش گیاهی استفاده می‌شود. محدوده مقادیر NDVI بین -۱ و +۱ است. هرچه مقدار به +۱ نزدیک‌تر باشد، پوشش گیاهی بیشتر است. زمانی که مقدار به -۱ نزدیک‌تر باشد، پوشش سطحی زمین شامل آب، یخ یا برف است (لیو و همکاران، ۲۰۲۳). شاخص NDVI در این پژوهش به‌عنوان یکی از شاخص‌های متداول برای ارزیابی وضعیت سلامت و تراکم پوشش گیاهی به کار رفته است. این شاخص بر اساس تفاوت بازتابش

اما برای پوشش انبوه یا صفر و یا ۰/۲۵ در نظر گرفته نمونه‌های هدف از ایجاد این شاخص، حذف اثر تیرگی خاک می‌باشد (Huete, ۱۹۸۸). شاخص SAVI در این پژوهش برای ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی با حذف اثرات خاک زمینه مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص با اضافه کردن یک فاکتور تعدیل‌کننده، تأثیر بازتاب خاک را کاهش داده و دقت بیشتری در مناطق با پوشش گیاهی تنک ارائه می‌دهد. این شاخص در کنار سایر شاخص‌های گیاهی، به تحلیل دقیق‌تر تغییرات محیط‌زیستی و شناسایی نواحی بحرانی در منطقه مطالعه کمک شایانی کرده است.

شاخص OSVI: شاخص OSVI (Optimized Soil Adjusted Vegetation Index) در این پژوهش برای ارزیابی دقیق‌تر پوشش گیاهی با کاهش تأثیر نور خاک مورد استفاده قرار گرفته است. این شاخص، بهبود یافته SAVI، به دلیل حساسیت بالاتر به پوشش گیاهی در مناطق با تراکم کم تا متوسط، ابزار مؤثری برای شناسایی تغییرات در سلامت و تراکم گیاهان بوده است. استفاده از این شاخص به درک بهتر تغییرات زیست‌محیطی و شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در منطقه مطالعه کمک کرده است.

شاخص EVI: شاخص پوشش گیاهی (Enhanced Vegetation Index) یکی از شاخص مهم در سنجش از دور است که برای ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی به کار می‌رود. این شاخص به منظور بهبود شاخص NDVI طراحی شده است و نسبت به آن حساسیت بالاتری به پوشش گیاهی دارد.

شاخص IPVI: شاخص پوشش گیاهی IPVI (Infrared Percentage Vegetation Index) برای اولین بار توسط کریپن در سال ۱۹۹۰ معرفی شد و به منظور به حداقل رساندن تأثیرات خاک و بهبود دقت در اندازه‌گیری پوشش گیاهی طراحی شده است.

شاخص MNDWI: شاخص MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index) برای شناسایی و استخراج مناطق آبی به کار می‌رود. این شاخص به ویژه در مطالعات مربوط به آب‌های سطحی، مانند دریاچه‌ها و رودخانه‌ها، کاربرد دارد و به دلیل طراحی خاص خود، می‌تواند به طور مؤثری تأثیرات خاک و پوشش گیاهی را کاهش دهد. بنابراین، شاخص MNDWI نقش کلیدی در شناسایی تغییرات منابع آبی و ارائه بینشی درباره تأثیرات عوامل محیطی و انسانی بر این منابع در منطقه رشت داشته است. استفاده از این شاخص به درک بهتر روابط میان تغییرات پوشش گیاهی و منابع آبی کمک کرده و این موضوع به صورت تفصیلی در بخش نتایج و تحلیل‌های مقاله ارائه شده است.

شاخص VARI: شاخص VARI (Visible Atmospherically Resistant Index) برای ارزیابی پوشش گیاهی طراحی شده است. این شاخص به ویژه برای کاهش تأثیرات جوی و اتمسفری بر روی اندازه‌گیری‌های گیاهی کاربرد دارد و به دلیل استفاده از باندهای مرئی، حساسیت بالایی به تغییرات در پوشش گیاهی دارد.

شاخص MNLI: شاخص MNLI (Modified Normalized Leaf Index) برای ارزیابی پوشش گیاهی و به ویژه برای شناسایی و تفکیک مناطق دارای پوشش گیاهی طراحی شده است. این شاخص به دلیل بهبود در دقت و کاهش تأثیرات جوی و خاک، به عنوان یک گزینه مفید در مطالعات اکولوژیکی و کشاورزی شناخته می‌شود.

شاخص MSR: شاخص MSR (Modified Simple Ratio) برای ارزیابی پوشش گیاهی به کار می‌رود. این شاخص به ویژه برای تفکیک مناطق گیاهی از غیرگیاهی و بهبود دقت در اندازه‌گیری‌های پوشش گیاهی طراحی شده است.

جدول ۱: روابط هر یک از شاخص‌های مورد استفاده

منبع	فرمول	شاخص
Liu et al (2023)	$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$	NDVI
Huete (1988)	$\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED + L)} * (1 + L)$	SAVI
Rondeaux et al (1996)	$\frac{(1 + L)(NIR - RED)}{0.16 + (NIR + RED)}$	OSAVI
Huete et al (2002)	$2.5 * \frac{(NIR - RED)}{(NIR + 6 * RED - 7.5 * BLUE + 1)}$	EVI
Crippen (1990)	$NIR / (NIR + RED)$	IPVI
Xu (2002)	$(Green - MIR) / (Green + MIR)$	MNDWI
Gitelson et al (2002)	$(Green - Red) / (Green + Red - Blue)$	VARI
Yang et al (2008)	$\frac{(NIR^2 - Red) * (1 + L)}{NIR^2 + Red + L}$	MNLI
Chen (1999)	$((NRI/Red) - 1) / ((NRI/Red) + 1)$	MSR

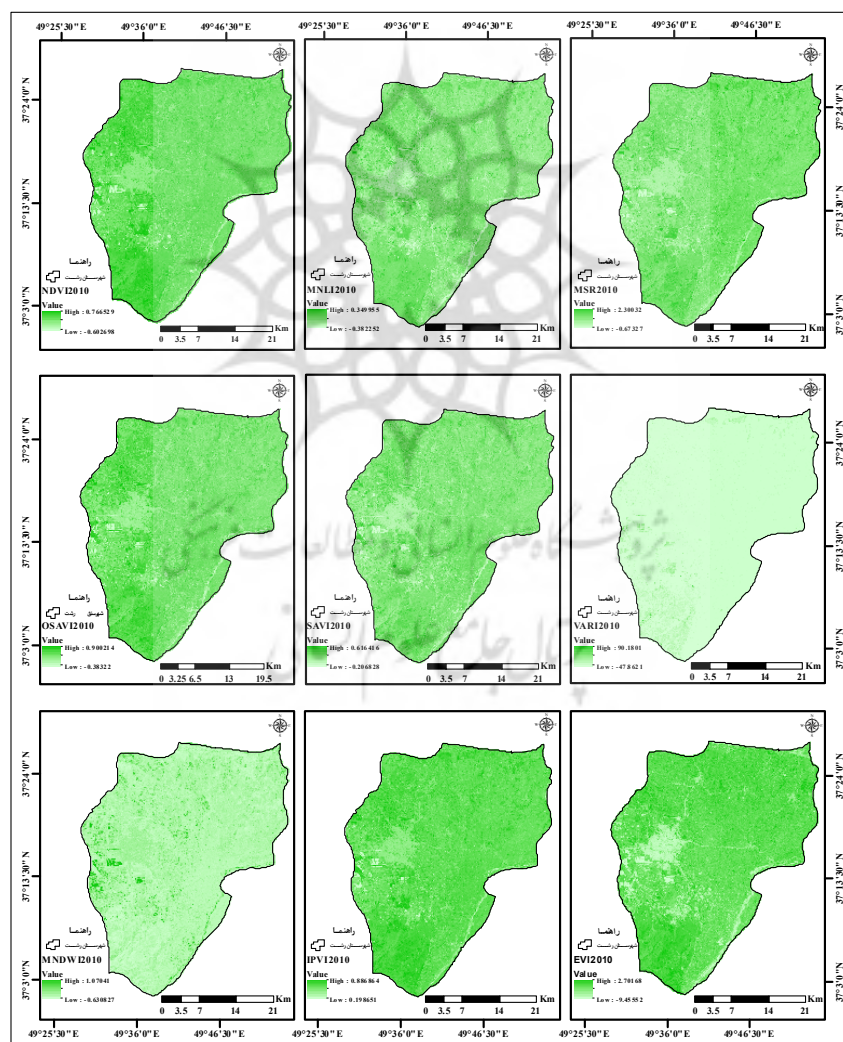
نتایج

تحلیل داده‌های ماهواره‌ای با استفاده از تصاویر لندست ۵، ۸ و ۹ به ترتیب برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ با بهره‌گیری از شاخص‌های مختلف گیاهی و آبی، چشم‌اندازی جامع و دقیق از تغییرات محیط‌زیستی در منطقه رشت ارائه داد. این پژوهش با توجه به شکل‌های ۳ تا ۶، پوشش گیاهی و وضعیت منابع آبی و مقایسه نتایج حاصل از انواع مختلف شاخص‌های ذکر شده پرداخته است. در زمینه پوشش گیاهی، شاخص‌های NDVI و SAVI که به‌عنوان معیارهای شناخته‌شده برای ارزیابی سلامت و تراکم پوشش گیاهی به کار می‌روند، کاهش محسوسی در مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهند. این کاهش، به‌ویژه در نواحی که تحت توسعه شهری و صنعتی قرار گرفته‌اند، به‌خوبی نمایان است. توسعه زیرساخت‌های شهری، مانند احداث جاده‌ها، ساختمان‌ها و کارخانجات، منجر به تخریب اراضی کشاورزی و جنگلی شده است. به‌عنوان مثال، در نواحی شمالی و شرقی رشت که به‌طور سنتی از زمین‌های کشاورزی غنی برخوردار بودند، میزان NDVI و SAVI به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است. این امر نشان‌دهنده از بین رفتن بخش قابل توجهی از پوشش گیاهی و تبدیل این اراضی به مناطق مسکونی و صنعتی است. از سوی دیگر، تحلیل شاخص‌های MNDWI که به منظور ارزیابی دینامیک آب‌های سطحی به کار می‌رود،

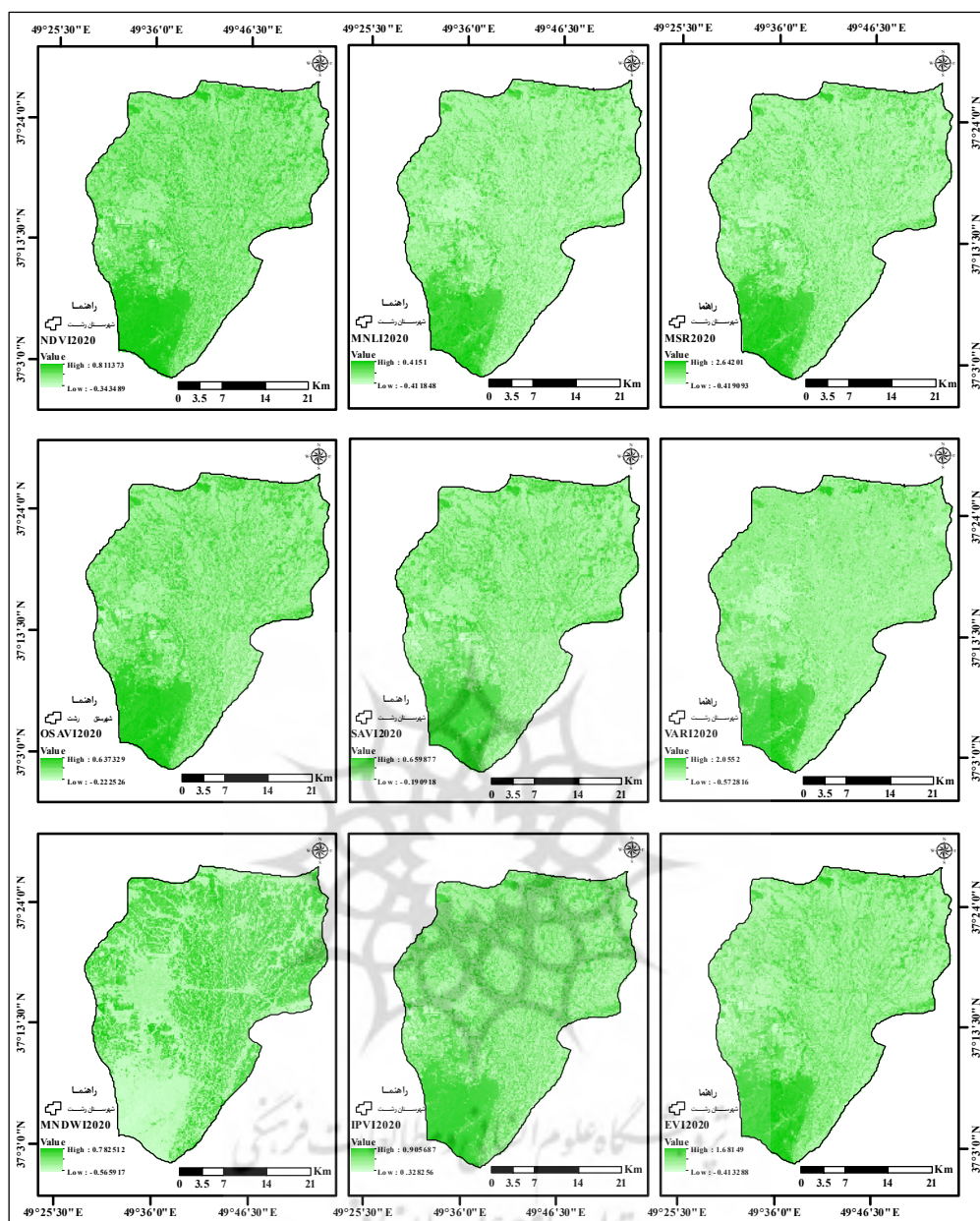
نشان‌دهنده تغییرات چشمگیری در این زمینه است. در برخی از نواحی مطالعه، افزایش سطح آب‌های سطحی مشاهده شده است که می‌تواند ناشی از بارندگی‌های شدید و غیرمنتظره یا تغییرات اقلیمی باشد. به‌عنوان مثال، در نواحی جنوبی و غربی رشت، سطح آب‌های سطحی در مقایسه با دهه گذشته افزایش یافته است. این تغییرات ممکن است به دلیل تغییرات هیدرولوژیکی منطقه و یا تغییرات الگوهای بارش مرتبط باشد. در مقابل، در برخی از مناطق شمال شرقی، ممکن است کاهش سطح آب‌های سطحی به دلیل خشکسالی‌های مکرر و کاهش منابع آب زیرزمینی باشد. این کاهش می‌تواند تأثیرات منفی عمیقی بر روی اکوسیستم‌های محلی، کشاورزی و منابع آب شرب منطقه تأثیر بگذارد. علاوه بر این، شاخص‌های IPVI و VARI که برای ارزیابی دقیق‌تر پوشش گیاهی و خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند، توانسته‌اند تغییرات جزئی‌تر در وضعیت پوشش گیاهی را نشان دهند. نتایج حاصل از این شاخص‌ها حاکی از آن است که در مناطقی با پوشش گیاهی ضعیف، کاهش چشم‌گیری در سلامت و تراکم گیاهان مشاهده شده است. به‌عنوان نمونه، در مناطق غربی رشت که تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی سنتی و جنگل‌زدایی قرار گرفته‌اند، شاخص‌های IPVI و VARI کاهش قابل توجهی را نشان می‌دهند، به‌طوری‌که این کاهش در برخی نواحی بیشتر مشاهده شد. همچنین،

صحیح این تغییرات از اهمیت بالایی برخوردار است. برنامه‌ریزی‌های محیط زیستی و توسعه پایدار با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از شاخص‌های گیاهی و آبی می‌تواند به حفظ تعادل اکولوژیکی و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی کمک کند. اتخاذ استراتژی‌های مناسب برای کاهش تأثیرات منفی توسعه شهری و صنعتی بر محیط‌زیست، حفاظت از منابع آبی و خاک، و افزایش پوشش گیاهی در این منطقه ضروری است. این اقدامات نه تنها می‌تواند به حفظ منابع طبیعی و ارتقای کیفیت محیط‌زیست کمک کند، بلکه به بهبود وضعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه نیز منجر خواهد شد.

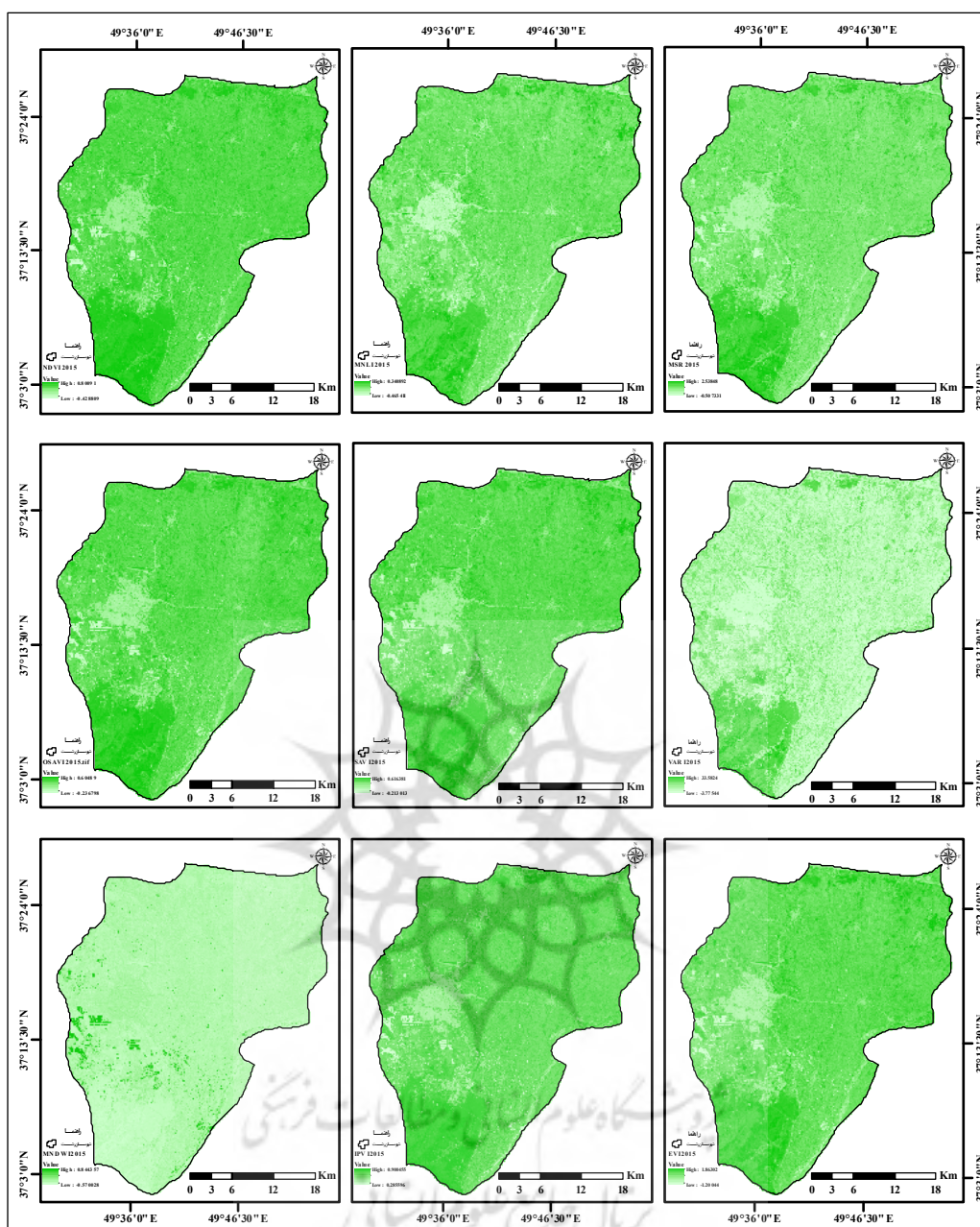
شاخص‌های MSR و OSAVI که برای بهبود دقت در تفکیک پوشش گیاهی و خاک از یکدیگر به کار می‌روند، تأثیرات منفی فعالیت‌های انسانی را بر روی گیاهان به‌خوبی نشان داده‌اند. برای مثال، در بخش‌های مرکزی و شمالی منطقه که فعالیت‌های صنعتی و شهری گسترده‌ای در آن‌ها صورت گرفته است، کاهش بیشتری در شاخص MSR مشاهده شد. تحلیل جامع این شاخص‌ها نشان می‌دهد که منطقه رشت در دهه اخیر تحت تأثیر تغییرات محیط زیستی و انسانی قابل توجهی قرار گرفته است. این تغییرات، اگر به‌درستی مدیریت نشوند، می‌توانند منجر به تشدید مشکلات زیست محیطی و کاهش منابع طبیعی در این منطقه شوند. از این‌رو، پایش مستمر و مدیریت



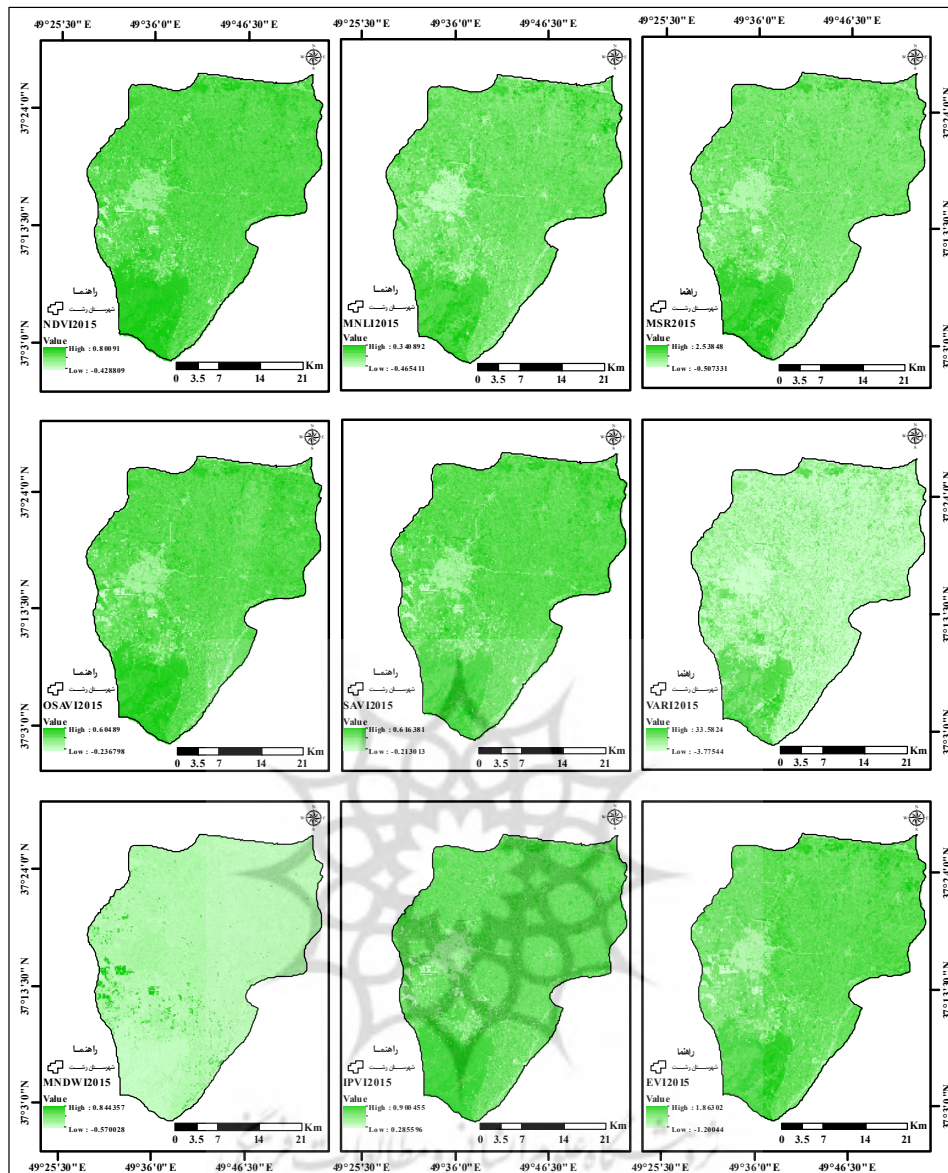
شکل ۳: نقشه‌های حاصل از اعمال شاخص‌های گیاهی برای سال ۲۰۱۰



شکل ۴: نقشه‌های حاصل از اعمال شاخص‌های گیاهی برای سال ۲۰۱۵



شکل ۵: نقشه‌های حاصل از اعمال شاخص‌های گیاهی برای سال ۲۰۲۰



شکل ۶: نقشه‌های حاصل از اعمال شاخص‌های گیاهی برای سال ۲۰۲۴

MSR و OSAVI نیز دقت‌های مناسبی داشتند اما دقت کلی و ضریب کاپای پایین‌تری نسبت به مدل‌های فوق داشتند. این نتایج نشان‌دهنده قدرت بالای مدل‌های مبتنی بر شاخص‌های پوشش گیاهی در تفکیک مناطق پوشش گیاهی و غیرپوشش گیاهی است. تفاوت‌های مشاهده شده در ضریب کاپا نیز نشان‌دهنده توانایی مدل‌ها در تشخیص صحیح نسبت به شانس است.

در نهایت برای ارزیابی دقت مدل‌های مختلف، از ماتریس خطا استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، دقت کلی مدل‌ها در تشخیص پوشش گیاهی و غیرپوشش گیاهی متفاوت بود. با توجه به ماتریس‌های خطای هر یک از شاخص‌ها (جدول ۲) مدل MNDWI با دقت کلی ۹۹ درصد و ضریب کاپای ۹۸ درصد بهترین عملکرد را در این بررسی‌ها داشت. پس از آن، مدل‌های SAVI و NDVI به ترتیب با دقت‌های کلی ۹۴ درصد و ۹۳ درصد قرار دارند. مدل‌های دیگر مانند

جدول ۲: دقت کلی و ضریب کاپای اختصاصی شاخص‌های پوشش گیاهی

شاخص	درصد دقت کلی	ضریب کاپا
EVI	۹۲/۱۶	۰/۸۲
IPVI	۸۹/۷۷	۰/۷۷
MNDWI	۸۸/۲۸	۰/۷۴
MNLI	۹۹/۰۵	۰/۹۸
MSR	۸۹/۴۶	۰/۷۶
NDVI	۹۳/۵۷	۰/۸۸
OSAVI	۹۱/۴۹	۰/۸۱
SAVI	۹۴/۴۴	۰/۸۸
VARI	۸۶/۱۰	۰/۶۸

می‌دهد. مساحت پوشش گیاهی بر اساس این شاخص از ۶۱۶ کیلومتر مربع در سال ۲۰۱۰ به ۸۱۰ کیلومتر مربع در سال ۲۰۲۴ افزایش یافته است. دیگر شاخص‌ها مانند SAVI و OSAVI نیز تغییرات مشابهی را در مساحت‌های محاسبه‌شده نشان دادند (جدول ۳).

بررسی مساحت پوشش گیاهی در سال‌های مختلف نیز نشان‌دهنده تغییرات قابل توجهی در مساحت‌های محاسبه‌شده بر اساس شاخص‌های مختلف بود. به عنوان مثال، شاخص NDVI که یکی از شاخص‌های پرکاربرد در سنجش از دور است، مساحت‌های متفاوتی در سال‌های مختلف نشان

جدول ۳: مساحت‌های محاسبه شده برای شاخص‌های مورد استفاده در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴

شاخص	مساحت (کیلومتر مربع) سال ۲۰۱۰	مساحت (کیلومتر مربع) سال ۲۰۱۵	مساحت (کیلومتر مربع) سال ۲۰۲۰	مساحت (کیلومتر مربع) سال ۲۰۲۴
EVI	۷۰۹/۴۶	۱۱۳۳/۷۳	۷۴۲/۵۵	۴۱۲/۴۶
IPVI	۶۱۶/۱۹	۱۱۱۸/۸۴	۶۸۹/۹۴	۴۰۷/۰۴
MNDWI	۸۵۵/۹۱	۹۶۶/۴۵	۳۸۹/۷۲	۴۱۳/۴۹
MNLI	۱۰۶۶/۸۶	۲۷/۱۰۴۲	۴۹۸/۷۷	۷۷۰/۳۱
MSR	۵۹۴/۵۲	۱۱۲۰/۳۷	۶۹۷/۶۹	۳۹۴/۷۶
NDVI	۶۱۶/۹۵	۱۱۱۸/۸۴	۶۸۹/۹۴	۸۱۰/۰۴
OSAVI	۹۷۶/۸۲	۱۱۱۴/۹۷	۶۸۳/۴۹	۴۲۶/۰۹
SAVI	۹۱۲/۸۹	۱۱۰۱/۷۵	۶۰۶/۷۴	۵۷۵/۷۸
VARI	۱۰۸۴/۸۳	۵۹۵/۸۵	۴۶۹/۹۰	۵۸/۹۵۱

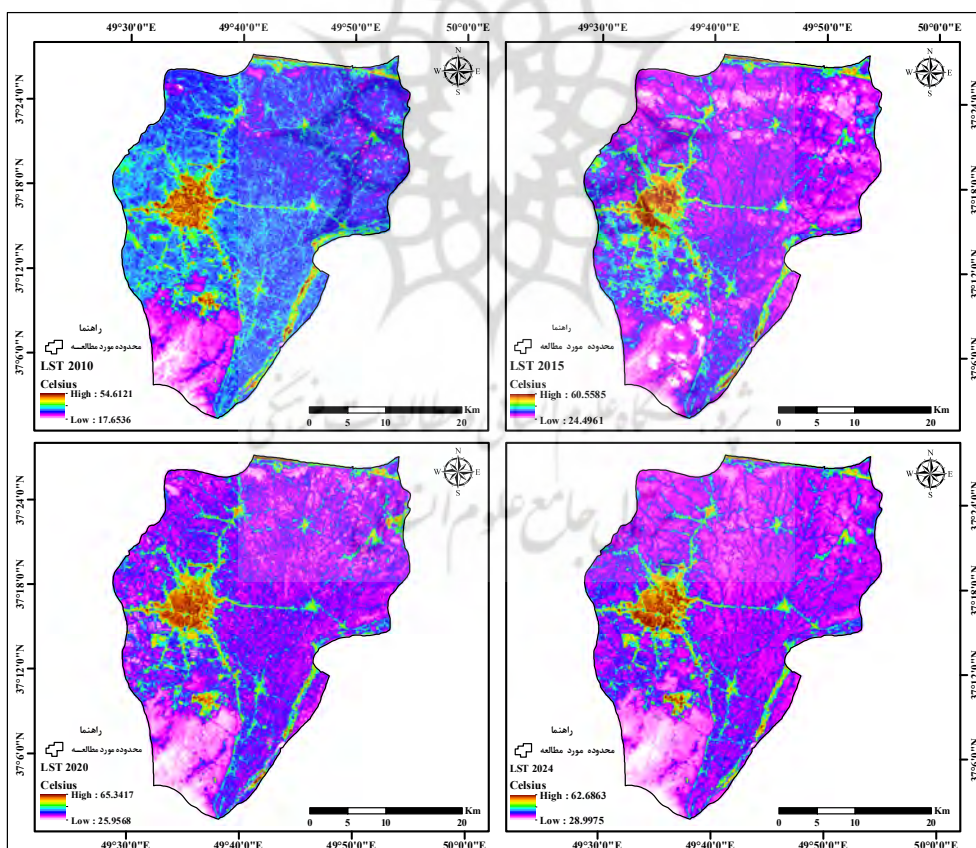
قابل توجهی نشان داده است. با توجه به شکل ۷ دما ها از ۱۷/۶ تا ۵۴/۶ درجه سلسیوس در سال ۲۰۱۰ شروع شدند و تا سال ۲۰۲۰ به ۲۵/۹ تا ۶۵/۳ درجه رسیدند و در سال ۲۰۲۴ کمی کاهش یافته و به ۲۹ تا ۶۲/۶ درجه سلسیوس رسیدند. یکی از عوامل اصلی این تغییرات دما، تفاوت میان مناطق شهری و روستایی است. مناطق شهری با تراکم بالای ساختمان‌ها و سطوح آسفالت، ایجاد پدیده‌ای به نام

این تغییرات نشان‌دهنده روند افزایشی پوشش گیاهی در سال‌های مختلف است که می‌تواند ناشی از تغییرات محیطی یا بهبود شرایط اکولوژیکی منطقه باشد. تحلیل دقیق‌تر این تغییرات نیازمند بررسی عوامل محیطی و مدیریتی مؤثر در منطقه مورد مطالعه است.

بررسی دمای سطح زمین: طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، دمای سطح زمین در شهرستان رشت تغییرات

بالا، گرما را در طول روز جذب کرده و در شب به آرامی آزاد می‌کنند، در حالی که سطوح طبیعی مانند خاک و گیاهان گرمای کمتری ذخیره کرده و سریع‌تر خنک می‌شوند. همچنین، فعالیت‌های انسانی نظیر استفاده گسترده از وسایل نقلیه، ماشین‌آلات صنعتی و سیستم‌های تهویه مطبوع، منابع گرمایی اضافی در شهرها ایجاد می‌کنند. این عوامل در کنار کاهش بازتابش خورشیدی به دلیل کمبود سطوح بازتابنده، موجب تشدید دمای سطح در مناطق شهری در مقایسه با مناطق روستایی می‌شوند. تحقیقات و مطالعات می‌توانند نقش حیاتی پوشش گیاهی در کاهش اثرات منفی گرمایش جهانی و بهبود کیفیت محیط زیست را برجسته کند. به‌طور خلاصه، بررسی تاثیرات مختلف پوشش گیاهی بر دما می‌تواند به تدوین سیاست‌های محیط زیستی موثر و پایدار کمک کند.

جزیره حرارتی شهری می‌کنند که باعث می‌شود دما در این مناطق بالاتر از مناطق روستایی باشد. سطوح سخت و فاقد پوشش گیاهی در شهرها، گرما را جذب و ذخیره می‌کنند و در نتیجه دمای محلی را افزایش می‌دهند. در مقابل، مناطق روستایی و طبیعی با داشتن پوشش گیاهی بیشتر و سطوح خاکی، دماهای خنک‌تری دارند. پوشش گیاهی، از طریق فرآیند تبخیر و تعرق، به تعادل دمای محلی کمک می‌کند و باعث کاهش دماهای بالا می‌شود. به عنوان مثال، جنگل‌ها و باغ‌ها می‌توانند به‌طور موثری دماهای محلی را کاهش داده و یک محیط خنک‌تر ایجاد کنند. این تفاوت‌ها نشان‌دهنده اهمیت پوشش گیاهی در تعدیل دماهای محلی است. علاوه بر تأثیرات مستقیم پوشش گیاهی و مواد ساخت‌وساز، نوع و تراکم زیرساخت‌های شهری نقش مهمی در افزایش دمای مناطق شهری دارد. مواد استفاده‌شده مانند آسفالت و بتن با ظرفیت حرارتی



شکل ۷: نقشه‌های دمای سطح زمین برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده تغییرات گسترده‌ای در پوشش گیاهی و منابع آبی منطقه رشت طی دوره ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۴ است. با استفاده از شاخص‌های مختلف گیاهی و آبی، از جمله MNDWI، SAVI، NDVI و سایر شاخص‌های مشابه، روندهای مشخصی در تغییرات محیط زیستی این منطقه شناسایی شد. تحلیل شاخص‌های گیاهی مانند NDVI، MNLI و SAVI نشان داد که پوشش گیاهی منطقه در طول این دوره زمانی به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است. این کاهش به‌ویژه در مناطقی که توسعه شهری و صنعتی به سرعت پیش رفته است، بسیار مشهود بود. فاتیحا و همکاران در سال ۲۰۲۳ به بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI در شمال آفریقا پرداختند که نتایج نشان داد که تغییرات دما و بارش باعث کاهش ۲۰٪ پوشش گیاهی در مناطق خشک شده است. در مقایسه با نتایج پژوهش حاضر که کاهش پوشش گیاهی را در شهرستان رشت گزارش می‌دهد، این مطالعه نشان‌دهنده تاثیرات مشابه تغییرات اقلیمی بر روی پوشش گیاهی در مناطق دیگر است. تخریب اراضی جنگلی، تبدیل زمین‌های کشاورزی به مناطق مسکونی و صنعتی و بهره‌برداری بیش از حد از منابع طبیعی، همگی به کاهش سلامت و تراکم پوشش گیاهی منجر شده‌اند. این امر نه تنها به اکوسیستم منطقه آسیب رسانده بلکه کیفیت زندگی ساکنان را نیز تحت تأثیر قرار داده است، زیرا کاهش پوشش گیاهی می‌تواند به کاهش کیفیت هوا، افزایش دما و تشدید مخاطرات زیست محیطی منجر شود. نتایج مطالعه‌ی لی و همکاران در سال ۲۰۲۲ روی تغییرات کاربری اراضی در چین نیز نشان داد که توسعه شهری منجر به کاهش ۳۰٪ پوشش گیاهی در نواحی شهری شده است. یافته‌های پژوهش نیز کاهش قابل توجهی

را در نواحی تحت تاثیر توسعه شهری رشت نشان می‌دهد که این همخوانی نشان‌دهنده الگوهای مشابه تخریب محیط‌زیست در مناطق مختلف جهان است. در زمینه منابع آبی، تحلیل شاخص‌های آبی مانند MNDWI نشان‌دهنده تغییرات قابل توجهی در سطح آب‌های سطحی منطقه بود. برخی مناطق با افزایش سطح آب مواجه بودند که ممکن است نتیجه بارندگی‌های سنگین‌تر یا سیلاب‌ها باشد. در حالی که دیگر مناطق کاهش قابل توجهی را در سطح آب نشان دادند. این کاهش می‌تواند نتیجه کاهش منابع آب زیرزمینی، تغییرات هیدرولوژیکی یا برداشت‌های غیرمجاز و بی‌رویه از منابع آبی باشد. کاهش سطح آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند تهدیدی جدی برای تأمین آب شرب و کشاورزی منطقه باشد و مشکلات زیست‌محیطی و اجتماعی بیشتری را به دنبال داشته باشد. بنابراین، نتایج این پژوهش بر ضرورت تدوین و اجرای سیاست‌های جامع و پایدار در مدیریت محیط زیستی تأکید می‌کند. استفاده از شاخص‌های گیاهی و آبی به عنوان ابزارهای پایشی دقیق، امکان شناسایی به‌موقع تغییرات و ارائه راهکارهای مؤثر را فراهم می‌آورد. برنامه‌ریزی برای حفاظت از پوشش گیاهی، مدیریت منابع آب و کنترل توسعه ناپایدار از جمله اقداماتی هستند که می‌توانند به حفظ تعادل اکولوژیکی منطقه کمک کرده و از بروز بحران‌های زیست‌محیطی و اجتماعی جلوگیری کنند. اجرای این سیاست‌ها نه تنها به حفظ منابع طبیعی و بهبود وضعیت محیط زیست منطقه کمک می‌کند، بلکه با ایجاد شرایط بهتر برای زندگی ساکنان، می‌تواند به توسعه پایدار و افزایش کیفیت زندگی در منطقه منجر شود. همچنین، این یافته‌ها می‌تواند به‌عنوان مبنایی برای تحقیقات آینده در سایر مناطق مشابه استفاده شود و به بهبود دانش ما در زمینه تغییرات محیط زیستی کمک کند.

منابع

۱. ابراهیمی، ع.، معتمد وزیری، ذ.، ناظم‌السادات، س. م. ج. ۱۳۹۹. بررسی رابطه بین دمای سطح زمین با تغییرات پوشش گیاهی و گستره آبی در شهرستان ارسنجان، ایران. نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۱(۴): صص ۸۶-۶۵.
۲. احمدی، ا.، تاتاریان، م. ر.، تمر تاش، ر.، یگانه، ح.، عصری، ی. (۱۳۹۵). بررسی پوشش گیاهی اراضی شور اطراف دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. مجله سنجش از دور و GIS برای منابع طبیعی، ۱۷(۱): صص ۱۲-۱.
۳. احمدی، م.، نرنگی‌فرد، م. (۱۳۹۴). ارزیابی کیفیت و شناسایی تغییرات سطح جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: رستم، فارس). مجله سنجش از دور و GIS برای منابع طبیعی، ۶(۳): صص ۸۷-۱۰۰.
۴. ایزدیان، ص.، مظفری، غ.، روستا، ا. (۱۴۰۲). آشکارسازی پیامدهای خشک شدن زاینده‌رود و تغییرات پوشش گیاهی بر دمای سطح زمین در کلان‌شهر اصفهان. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۴(۱): صص ۵۰-۳۵.
۵. جعفری‌نیا، س.، اکبرینی، م. (۱۳۹۳). بررسی توزیع مکانی ویژگی‌های خاک و آب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در جنگل‌های حرا جزیره قشم.
۶. خدائی، ع.، زندی، ر. (۱۴۰۳). 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. محیط زیست طبیعی، ۷۷(۱): صص ۷۳-۵۹.
۷. سبحانی، ب.، ملانوری، ا. (۱۴۰۳). بررسی تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI و ارتباط آن با دمای سطح زمین (مطالعه موردی: شهرستان کوثر). مطالعات علوم محیط زیست، ۹(۳): صص ۸۸۵۱-۸۸۴۱.
۸. سنجرى، س.، بورومند، ن. (۱۳۹۲). پایش تغییرات کاربری/پوشش زمین در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زرنده، استان کرمان). سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱(۴): صص ۹۱-۱۰۵.
۹. صادقی، شیخ‌زاده، رحدان، عباس.، ریگی. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات مکانی-زمانی در متغیرهای اقلیمی مرتبط با پوشش گیاهی در مناطق شهری (مطالعه موردی: شهر اصفهان). پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۴(۱۳): صص ۱۹-۳۴.
۱۰. عزیز قلاتی، س.، رنگزن، ک.، سعیدی، ج.، حیدریان، پ.، تقی‌زاده، ا. (۱۳۹۵). پیش‌بینی تغییرات فضایی کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف-CA (مطالعه موردی: منطقه کوهمره سرخی، استان فارس). سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۱۷(۱): صص ۵۹-۷۱.
۱۱. فتحی‌زاده، ح.، نوح‌گر، ا.، فرامرزی، م.، تازه، م. (۱۳۹۲). ارزیابی تغییرات کاربری اراضی بر اساس تحلیل سنجش‌های سیمای سرزمین با استفاده از سنجش از دور و GIS در منطقه خشک و نیمه‌خشک دهلران. برنامه‌ریزی سرزمینی، ۱۵(۱): صص ۷۹-۹۹.
۱۲. کفایت‌مطلق، امیدرضا، معنوی. (۱۴۰۱). تحلیل رابطه بین پوشش گیاهی و بارش در ایران، پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۳(۹): صص ۱-۱۲.
۱۳. محمدیاری، ف.، پورخبا، ج. ر.، توکلی، م.، اغدار، ح. (۱۳۹۳). نقشه‌برداری پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۲): صص ۴۵-۵۳.
۱۴. میرزایی‌زاده، و.، نیک‌نژاد، م.، اولادی‌غدی‌کلاهی، ج. (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده غیرپارامتریک در تولید نقشه‌های پوشش زمین با استفاده از تصاویر لندست ۸. سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، ۶(۳): صص ۲۹-۴۴.
۱۵. ناتقی، ن.، نوح‌گر، ا.، احسامی، ا. ح.، بازارفشان، ا. م. (۱۳۹۶). ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش از دور. مجله ایرانی مرتع و پژوهش‌های بیابان، ۲۴(۴): صص ۷۷۸-۷۹۰.
16. Adam, E., Mutanga, O. and Rugege, D., 200. Multispectral and hyperspectral remote sensing for identification and mapping of wetland vegetation: a review. *Wetlands ecology and management*, 18, pp.281-296.
17. Allbed, A., Kumar, L. and Aldakheel, Y.Y., 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial

104341.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2023.104341>
25. Smits, P.C., Dellepiane, S.G. and Schowengerdt, R.A., 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land-cover mapping: A review and a proposal for a cost-based approach. *International journal of remote sensing*, 20(8), pp.1461-1486.
26. Tepanosyan, G., Muradyan, V., Hovsepyan, A., Pinigin, G., Medvedev, A., & Asmaryan, S. (2020). Studying spatial-temporal changes and relationship of land cover and surface Urban Heat Island derived through remote sensing in Yerevan, Armenia. *Building and Environment*, 187, 107390. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107390>
27. Thammaboribal, P. (2024). Investigating Land Surface Temperature Variation and Land Use Land Cover Changes in Pathumthani, Thailand (1997-2023) using Landsat Satellite Imagery: A Comprehensive Analysis of LST and Urban Hot Spots (UHS). *International Journal of Geoinformatics*. <https://doi.org/10.52939/ijg.v20i2.3063>
28. Tokunaga, M. and Thug, V., 2002. Finding the relationship between vegetation index and coherence signature to utilize the product of radar interferometry in land cover application. *Asian Association on Remote Sensing*.
29. Tuxen, K., Schile, L., Stralberg, D., Siegel, S., Parker, T., Vasey, M., Callaway, J. and Kelly, M., 2011. Mapping changes in tidal wetland vegetation composition and pattern across a salinity gradient using high spatial resolution imagery. *Wetlands Ecology and Management*, 19, pp.141-157.
- resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Geoderma*, 230, pp.1-8.
18. Bao, G., Qin, Z., Bao, Y., Zhou, Y., Li, W. and Sanjjav, A., 2014. NDVI-based long-term vegetation dynamics and its response to climatic change in the Mongolian Plateau. *Remote Sensing*, 6(9), pp.8337-8358.
19. Fatiha, B., Abdelkader, A., Latifa, H. and Mohamed, E., 2013. Spatio temporal analysis of vegetation by vegetation indices from multi-dates satellite images: Application to a semi-arid area in ALGERIA. *Energy Procedia*, 36, pp.667-675.
20. Fatiha, M., Boukhalfa, K., & Mebarki, A. (2023). Impact of Climate Change on Vegetation Cover in Northern Africa Using NDVI. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(2), 123-135. doi:10.1007/s10661-022-10234-5
21. Fayshal, M. A. (2024). Simulating land cover changes and its impacts on land surface temperature: a case study in Rajshahi, Bangladesh. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4701838>
22. Li, J., Zhang, Y., & Wang, X. (2022). Urbanization and Its Impact on Vegetation Cover in China: A Remote Sensing Perspective. *Land Use Policy*, 112, 105785. doi:10.1016/j.landusepol.2021.105785
23. Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J.M., Tucker, C.J. and Stenseth, N.C., 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9), pp.503-510.
24. Satti, Z., Naveed, M., Shafeeqe, M., & Li, L. (2023). Investigating the impact of climate change on trend shifts of vegetation growth in Gilgit Baltistan. *Global and Planetary Change*, 232,