Iranian Journal of Remote Sensing & GIS. *2026, 17 (4): 1-20* P-ISSN: 2008-5966, E-ISSN: 2588-6185

Original Article

Trend Analysis of MODIS-NDVI Time Series and Its Relationship with Land Use Changes in Golestan Province

Morteza Dastigerdi, Mehdi Nadi*, Bahareh Shamgani Mashhadi

Affiliation
Dep. of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

ABSTRACT

Introduction: Human activities and climate change directly affect the earth's surface cover. In the northern part of the country, land use changes have emerged as a significant factor contributing to the destruction of vegetation in Hyrcanian forests. Unfortunately, this destruction has persisted over the past few decades due to human activities. Golestan province, known for its diverse climate and surface cover, has experienced noticeable changes in vegetation, illustrating the impacts of these activities. Therefore, it is crucial to monitor the dynamics of vegetation in order to gain a better understanding of how vegetation respond to human pressures. This knowledge is essential for preserving the Hyrcanian forests.

Materials and Methods: The investigation and monitoring of vegetation cover in Golestan province involved the use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). To analyze vegetation trends over a 20-year period, 16-day combined MODIS-NDVI time series data (MOD13Q1) with a spatial resolution of 250 meters, were utilized. The research began with the acquisition of raw NDVI images in HDF format from the NASA website. These 920 images, from the 16-day time series, were then analyzed statistically. To standardize the images and facilitate further analysis, they were converted into 460 images through mosaicing and scaling between -1 and +1. The evaluation of serial trends was performed in IDRISI TerrSet software, where the images underwent a preprocessing step to remove seasonal anomalies. The changes in vegetation activity and their significance were subsequently analyzed using the non-parametric Mann-Kendall method.

Results and Discussion: The results indicate that 20% of the studied area experienced a decrease in vegetation, while 80% exhibited an increase. Out of these, 5% had a significant decrease, and 50% showed a significant increase in vegetation, while the remaining had no discernible trend. Over the past 20 years, a total of 4088 square kilometers of vegetation has been lost. To analyze the impact of human activities on these changes, location maps of cities and main routes were utilized. The findings revealed that the northern plains of Golestan exhibited a greater reduction in vegetation due to easier land access for human activities, changes in land use, and urban development. The cities of Kordkoy, Bandar Gaz, Aqqala, Gorgan, Azadshahr, and Ramian experienced the most significant increase in vegetation cover, whereas the cities of Bandar Turkman, Gonbadkavoos, Minoodasht, and Kalaleh witnessed the most significant decrease. The main routes leading to Golestan province, including Gorgan-Bujnoord, Gorgan-Sari, Azadshahr-Semnan, Incheh Brun West Road, and Incheh Brun East Road, all showed a decline in vegetation in their vicinity. Due to the significant climatic diversity in Golestan province, surface cover changes were examined at specific locations where a substantial reduction in vegetation cover was expected.

Conclusion: Based on the research conducted from 2001 to 2020, it can be concluded that the highlands of Golestan province, particularly the western highlands, have witnessed an increase in vegetation. This phenomenon is believed to be correlated with the rise in temperature resulting from global warming, which has created more favorable conditions for plant growth in these highland areas. In contrast, low-altitude regions such as plains, coastal areas, lower elevations, and especially areas surrounding cities and roads, have experienced a decline in vegetation cover. This decline can be attributed to human activities, including changes in land use and urbanization in the northern plains of Golestan. These changes signify the loss of extensive vegetation and the exacerbation of detrimental impacts from both human activities and natural factors. Although the reduction in vegetation in the highlands has been relatively slower compared to the lower regions, concerns arise regarding the destruction of vegetation in pristine forest areas. These developments highlight the urgent need for immediate attention and implementation of measures for sustainable management of natural resources and adaptation to climate change.

Keywords: Land use change, Vegetation degradation, Man-Kendall, Destructive human activities, MOD13Q1.

Citation:
Dastigerdi, M., Nadi, M., Shamgani Mashhadi, B., Trend Analysis of MODIS-NDVI Time Series and Its Relationship with Land Use Changes in Golestan Province, Iran J Remote Sens GIS. 17(4): 1-20.

* Corresponding Author: m.nadi@sanru.ac.ir
DOI: https://doi.org/10.48308/gisj.2024.234882.1207
Received: 2024.02.24
Accepted: 2024.08.06

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقاله پژوهشی

تحلیل روند سری زمانی تصاویر پوشش گیاهی (MODIS-NDVI) و ارتباط آن با تغییرات کاربری اراضی در استان گلستان

مرتضی دستی‌گردی، مهدی نادی*، بهاره شامگانی مشهدی

سمت

گروه مهندسی آب، دانشکدهٔ مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

مقدمه: تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تأثیر مستقیم در پوشش سطح زمین دارند. تغییرات کاربری اراضی در شمال کشور از مهم‌ترین علل تخریب پوشش گیاهی در جنگل‌های هیرکانی بوده که در دهه‌های اخیر، به‌دلیل فعالیت‌های انسانی، به وقوع پیوسته است. تغییرات پوشش گیاهی در استان گلستان، با تنوع اقلیم و پوشش سطحی، نشان‌دهندهٔ تأثیرات این فعالیت‌هاست. براین‌اساس نظارت بر پویایی پوشش گیاهی نیازی اساسی، برای درک بهتر دربارهٔ چگونگی واکنش پوشش گیاهی به فشارهای انسانی، درجهت حفظ جنگل‌های هیرکانی است.

مواد و روش‌ها: بررسی و پایش پوشش گیاهی با بررسی نمایهٔ نرمال‌شدهٔ تفاضل پوشش گیاهی (NDVI) انجام شد. برای تحلیل روند پوشش گیاهی در استان گلستان، از داده‌های سری زمانی ترکیبی شانزده‌روزهٔ MODIS-NDVI به‌نام MOD13Q1، با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر در دورهٔ بیست‌ساله استفاده شد. در این پژوهش، پیش‌از بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه، ابتدا تصاویر خام NDVI با فرمت HDF محصول از سایت ناسا دانلود و ازلحاظ آماری، بررسی و تحلیل شدند. بدین‌ترتیب ۹۲۰ تصویر سری زمانی شانزده‌روزهٔ پوشش گیاهی نمایهٔ NDVI در نرم‌افزار GIS، پس‌از موزاییک‌سازی، به ۴۶۰ تصویر تبدیل و با استفاده از ضرب فاکتور مقیاس تصاویر، به‌حالت استاندارد بین ۱- تا ۱+ درآمدند. برای ارزیابی روند سری در نرم‌افزار IDRISI TerrSet، ابتدا تصاویر با استفاده از بی‌هنجاری مؤلفهٔ فصلی حذف شد. فرایند تحلیل روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری آن به‌روش غیرپارامتری من- کندال انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد که ۲۰٪ از مساحت منطقهٔ مورد مطالعه دارای روند کاهشی در پوشش گیاهی است؛ درحالی‌که ۸۰٪ روند افزایشی داشته است. ازاین‌میان، ۵٪ دارای کاهش معنادار و ۵۰٪ دارای افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی و مابقی بدون روند هستند. طی بیست سال گذشته، ۴۰۸۸ کیلومترمربع از پوشش گیاهی از دست رفته است. تحلیل تأثیر فعالیت‌های انسانی در این تغییرات با استفاده از نقشه‌های موقعیتی شهرستان‌ها و مسیرهای اصلی انجام شد. نتایج نشان داد که در دشت‌های شمالی گلستان، به‌دلیل دسترسی آسان‌تر به زمین‌ها برای فعالیت‌های انسانی، تغییر کاربری اراضی و توسعهٔ شهرنشینی، کاهش پوشش گیاهی بیشتری رخ داده است. بیشترین افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی در شهرستان‌هایی مانند کردکوی، بندر گز، آق‌قلا، گرگان، آزادشهر، رامیان و بیشترین کاهش معنی‌دار در شهرستان‌های بندر ترکمن، گنبد کاووس، مینودشت و کلاله مشاهده شده است. مسیرهای اصلی منتهی به استان گلستان شامل گرگان- بجنورد، گرگان- ساری، آزادشهر- سمنان، جادهٔ غربی اینچه برون و جادهٔ شرقی اینچه برون است که همگی شاهد روند کاهشی در پوشش گیاهی در اطراف خود بوده‌اند. ازآنجاکه استان گلستان از تنوع اقلیمی چشمگیری برخوردار است، تغییرات پوشش سطحی در نقاط منتخب با کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی نیز بررسی شد.

بحث و نتیجه‌گیری: براساس نتایج این تحقیق از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰، مناطق مرتفع استان گلستان، به‌ویژه ارتفاعات غربی شاهد افزایش پوشش گیاهی بوده‌اند که احتمالاً با افزایش دما برآثر گرمایش جهانی و بهبود شرایط دمایی برای گیاهان در این ارتفاعات مرتبط است. در مقابل، پوشش گیاهی مناطق کم‌ارتفاع واقع در دشت‌ها، نوار ساحلی، ارتفاعات پایین‌تر و به‌خصوص حاشیهٔ شهرها و جاده‌ها درحال از دست رفتن است. فعالیت‌های انسانی، مانند تغییر کاربری اراضی و توسعهٔ شهرنشینی در دشت‌های شمالی گلستان به کاهش پوشش گیاهی دامن زده‌اند. این تغییرات نشان‌دهندهٔ کاهش پوشش گیاهی انبوه و افزایش تأثیرات منفی انسانی و طبیعی‌اند. در ارتفاعات، به‌رغم روند آرام‌تر کاهش پوشش گیاهی درقیاس با مناطق پایین‌دست، نگرانی‌هایی بابت تخریب پوشش گیاهی در مناطق بکر جنگلی وجود دارد. تحولات یادشده نیازمند توجه و اقدامات فوری، برای مدیریت پایدار منابع طبیعی و سازگاری با تغییرات اقلیمی است.

واژه‌های کلیدی: تغییر کاربری اراضی، تخریب پوشش گیاهی، من- کندال، فعالیت‌های مخرب انسانی، MOD13Q1.

استناد:

دستی‌گردی، م.، نادی، م.، شامگانی مشهدی، ب.، تحلیل روند سری زمانی تصاویر پوشش گیاهی (MODIS-NDVI) و ارتباط آن با تغییرات کاربری اراضی در استان گلستان. نشریه سنجش از دور و GIS ایران. سال ۱۷، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴: ۱-۲۰.

* نویسنده عهده‌دار مکاتبات: m.nadi@sanru.ac.ir

شناسه دیجیتال مقالات: https://doi.org/10.48308/gisj.2024.234882.1207

دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۰۵

پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۱۶

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

۱- مقدمه

تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی تأثیر مستقیم در پوشش سطح زمین دارند. تغییرات میزان و الگوی بارندگی و افزایش دما ازجملهٔ تغییرات اقلیمی‌اند که باعث دگرگونی‌های شایان توجهی در منابع آب و پوشش سطحی می‌شوند (Abbasnezhad Alchin & Darvishsefat, 2023). ازطرفی فعالیت‌های انسانی، ازقبیل افزایش جمعیت، چرای بیش‌ازحد و تغییرات کاربری اراضی که شرایط پایدار زمین را تغییر می‌دهند نیز باعث تخریب اراضی و بیابان‌زایی می‌شوند (Guan et al., 2018; Luo et al., 2018). براین‌اساس، نظارت بر پویایی پوشش گیاهی نیاز اصلی برای غنی‌سازی درک ما، دربارهٔ چگونگی واکنش نوع پوشش زمین در برابر فشارهای طبیعی و انسانی است (Dubovyk et al., 2015). علاوه‌براین، درک سبزینگی[1] و خشک‌شدگی[2] پوشش گیاهی عوامل اولیه درزَمینهٔ تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم محسوب می‌شوند که بر ضرورت نظارت بر پویایی پوشش گیاهی برای انجام اقدامات حفاظتی و احیا تأکید می‌کنند (Kim et al., 2015; Wang et al., 2019). جنگل‌های پهن‌برگ معتدل، موسوم به جنگل‌های هیرکانی، در شمال ایران مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم جنگلی در مجاورت بزرگ‌ترین دریاچهٔ جهان (خزر) است (Keybondori et al., 2023). برآوردها نشان می‌دهد مساحت این جنگل‌ها، در گذشته، حدود پنج‌میلیون هکتار بود که با توسعهٔ روستاها و گسترش شهرها، تبدیل اراضی جنگلی به زمین کشاورزی و باغ، چرای دام، و تخریب جنگل‌ها، طی دهه‌های اخیر به‌طور پیوسته رو به کاهش گذاشته (Kalbi et al., 2014; Naqinezhad & Zarezadeh, 2013)؛ به‌صورتی که امروزه تقریباً ۱/۸میلیون هکتار از آن‌ها باقی مانده است (Sagheb-Talebi et al., 2014). وجه تمایز این جنگل‌ها در این است که به‌منزلهٔ بقایای دورهٔ سوم و درواقع، آخرین بازمانده‌های جنگل‌های پهن‌برگ طبیعی جهان، گونه‌هایی دارند که در فسیل‌های اروپای آن عصر گنجانده شده‌اند (Sagheb-Talebi et al., 2014). ازاین‌رو، درمقایسه با همتایان خود، یکی از غنی‌ترین و منحصربه‌فردترین جنگل‌های جهان به شمار می‌روند (Jafari et al., 2013). این جنگل‌ها در سه استان شمالی ایران (گیلان، مازندران و گلستان)، در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز، به‌طول ۸۰۰ کیلومتر و تا ارتفاع ۲۸۰۰متری از سطح دریا گسترده شده‌اند. برای پایش و بررسی تغییرات پوشش گیاهی، ازجمله مناطق جنگلی، کاربری اراضی و شناسایی عوامل مؤثر در تغییرات، به جمع‌آوری داده‌های زمینی نیاز است و تهیهٔ این داده‌ها وقت و هزینهٔ بسیاری می‌طلبد و به‌علاوه، چنین داده‌هایی نیز در کشور ما وجود ندارد. در چنین شرایطی، استفاده از سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای راهی مناسب برای یافتن روند تغییرات پدیده‌های طبیعی و انسانی و پیش‌بینی برای آینده است. سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای مناسب‌ترین داده‌ها را برای بررسی روند تغییرات پدیده‌های طبیعی و انسانی مهیا می‌کند (Hashemi Dareh Badami et al., 2015; Mirahsani et al., 2018). در سال‌های اخیر، به کار بردن داده‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای به ابزاری قدرتمند، برای جمع‌آوری اطلاعات دربارهٔ پویایی پوشش گیاهی، در بوم‌سامانه‌های سراسر جهان تبدیل شده است زیرا امکان نظارت بر منابع طبیعی و بوم‌سامانه را با صرف کوتاه‌ترین زمان و کمترین هزینه، فراهم می‌کند و همچنین به آشکارسازی تغییرات ناگهانی و تغییراتی، با روند آرام در گذر زمان، منجر می‌شود (Willis, 2015). نمایه‌های پوشش گیاهی سنجش‌ازدوری به‌طور گسترده، برای آشکارسازی روند تغییرات پوشش گیاهی، به‌ویژه در مطالعات پوشش جهانی سری‌های زمانی NDVI که از سال ۱۹۸۱ در دسترس است، به کار رفته‌اند. لی‌یو[3] و همکاران (۲۰۲۳) تغییر پوشش گیاهی و واکنش آن به شرایط آب‌وهوایی شدید را در حوضهٔ رودخانهٔ زرد

1. Greening
2. Browning
3. Liu

بررسی کردند. نتایج یافته‌های آن‌ها افزایش درخور توجهی در NDVI را در حوضهٔ رودخانه، و میانگین رشد a ۰/۰۰۱۹۱۰ را نشان داد ($p <0.001$). طبق پژوهش آن‌ها، میانگین NDVI چندساله از جنوب‌شرق به شمال‌غرب دچار کاهش شده؛ درحالی‌که روند کلی پوشش گیاهی بهبود یافته است. فن[1] و همکاران (۲۰۲۳) داده‌های NDVI را با وضوح فضایی بالا، با ادغام GIMMS NDVI و MODIS NDVI براساس ESTARFM، ایجاد کردند و سپس تغییرات NDVI را براساس توپوگرافی‌های گوناگون و تأثیرات آب‌وهوا و فعالیت‌های انسانی در فلات لس، تحلیل کردند. میانگین NDVI این منطقه از ۰/۰۲۷ تا ۰/۹۷۳متغیر است؛ به‌ویژه در مناطق شمال‌غرب و پایین جنوب‌شرق. طی ۳۱ سال گذشته، NDVI روند صعودی داشته است. دما، درقیاس با بارش، تأثیر بیشتری در NDVI دارد و فعالیت‌های انسانی نیز بیشتر از عوامل اقلیمی در NDVI تأثیرگذار است (۳۵/۲۲٪ برای فعالیت‌های انسانی و ۳۴/۷۸٪ برای عوامل آب‌وهوایی). مایلز و عیسا[2] (۲۰۱۶) در تحقیق خود، با هدف تعیین بهره‌وری پوشش گیاهی در منطقهٔ شمال‌غرب سیبری که ۳۵٪ آن از پوشش جنگلی تشکیل شده است، از داده‌های سری زمانی NDVI-MODIS با فاصلهٔ زمانی شانزده‌روزه و تفکیک مکانی ۲۵۰ متر بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴، استفاده کردند. طبق نتایج تحقیق آن‌ها، در ۱۸٪ منطقه تغییر در بهره‌وری رخ داده که از این تغییرات، ۸/۴٪ افزایش سبزینگی و ۹/۶٪ کاهش خشک‌شدگی بوده است. کولدیتس[3] و همکاران (۲۰۱۵) در مکزیک، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴، با استفاده از دادهٔ پوشش گیاهی سنجندهٔ مادیس و تکنیک تحلیل روند، تغییرات پوشش گیاهی را به دست آوردند. براساس این مطالعه روندهای مثبت چشمگیری در NDVI، در ایالت‌هایی مانند چیهواهوا، دورانگوی شمالی، نووو لئون و اواکساکا، شناسایی شد که آن را به افزایش پوشش درختی یا تراکم پوشش گیاهی نسبت دادند؛ ازدیگرسو در سونورا و کوآهویلا، به‌دلیل تنوع آب‌وهوا و شهرنشینی، روندهای منفی مشاهده شد. تحلیل روند فصلی به تمایز بین محرک‌های انسانی و طبیعی تغییرات پوشش گیاهی کمک کرد. درزَمینهٔ بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در ایران، می‌توان به برخی پژوهش‌ها اشاره کرد. دستی‌گردی[4] و همکاران (۲۰۲۲)، برای بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری آن در استان خراسان شمالی، از سری زمانی NDVI ماهوارهٔ مادیس بهره بردند. آن‌ها با استفاده از روش غیرپارامتری من- کندال دریافتند پوشش گیاهی، در بخش‌های شرق و شمال‌شرق استان، افزایش معنی‌داری یافته؛ درحالی‌که بخش جنوب‌غرب روند کاهشی داشته است. کیاپاشا[5] و همکاران (۲۰۱۷a) روند بلندمدت تغییرات سبزشدگی در جنگل‌های هیرکانی را با استفاده از سری‌های زمانی GIMMS-NDVI، طی سال‌های ۱۹۸۱-۲۰۱۲، بررسی کردند. نتایج آزمون تحلیل روند من- کندال، در این تحقیق، روند سبزشدگی را در ۷۵/۳۵٪ از سطح جنگل‌های هیرکانی نشان داد. این پژوهشگران (۲۰۱۷b) روند پارامترهای فنولوژیکی سطح زمین را با استفاده از سری زمانی نمایهٔ پوشش گیاهی NDVI براساس داده‌های ماهواره‌ای، در جنگل‌های هیرکانی ایران و طی بازهٔ زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۲ نیز مطالعه کردند. نتایج نشان داد که تأخیر در پایان فصل رویش (EOS)[6] با روند افزایشی دما مرتبط بود و قوی‌ترین روابط بین دما و پارامترهای فنولوژیکی در غرب جنگل‌های هیرکانی یافت شد که بارش در آن فراوان بود. علاوه‌براین آغاز فصل رویش (SOS)[7] با بارش کل و میانگین دما ارتباط پررنگی دارد؛ بنابراین مطالعهٔ انجام‌شده این امکان را می‌دهد که محرک‌های مؤثر در پویایی پوشش گیاهی، در جنگل‌های هیرکانی ایران،

1. Fan
2. Miles & Esau
3. Colditz
4. Dastigerdi
5. Kiapasha
6. Start of Season
7. End of Season

بهتر تخمین زده شوند. عبدی[1] و همکاران (۲۰۱۸)، برای ارزیابی خشکسالی مکانی و زمانی جنگل‌های پهن‌برگ هیرکانی و مراتع نیمه‌استپی، از داده‌های (MOD13Q1) و سری‌های زمانی طیف‌سنج تصویری با قدرت تفکیک فضایی متوسط در شمال‌شرق ایران، استفاده کردند. با توجه به نتایج، طی دوره‌های خشکسالی، جنگل‌های انبوه با تنش‌های کمتری برآثر خشکسالی‌های شدید مواجه شدند (زیاد- کم‌حاشیه) اما، در مکان‌هایی با خشکسالی اندک (کم- زیاد دورتر)، برخی تنش‌های شدید گیاهی رخ داده که گویای تأثیر سایر اختلالات ناشی از آب‌وهوا در ناهنجاری‌های پوشش گیاهی است. عبدالعلیزاده[2] و همکاران (۲۰۱۹)، با استفاده از داده‌های لندست- ۸ و لندست- ۵ (TM)، تأثیر فعالیت‌های انسانی را در پوشش گیاهی منطقهٔ حفاظت‌شدهٔ مکاران بررسی کردند. مشخص شد مراتع این منطقه، به‌منزلهٔ پوشش گیاهی غالب، روند تبدیل به مراتعی فقیر و بی‌کیفیت را در پیش گرفته‌اند. مهرانی[3] و همکاران (۲۰۲۱) تغییرات پوشش گیاهی محدودهٔ تالاب‌های بین‌المللی استان گلستان را با استفاده از باندهای ماهوارهٔ لندست سنجنده‌های TM و OLI، طی بازهٔ زمانی ۱۹۸۸-۲۰۱۸، بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان‌دهندهٔ افزایش شایان توجه مساحت در اراضی دارای پوشش گیاهی بسیار خوب، از ۱۵۴۰/۹۳ به ۲۸۴۲/۹۹ کیلومترمربع و کاهش مساحت در اراضی با پوشش خوب، از ۱۳۲۹/۴۶ به ۶۸/۹۴ کیلومترمربع بوده است. در این بازهٔ زمانی، منطقهٔ مورد مطالعه دستخوش تغییراتی شده که بیشترین کاهش شامل تخریب کلاس با پوشش خوب، از ۳۱/۹۴ به ۱/۶۶٪ و تبدیل آن به سایر کاربری‌ها بوده است. همچنین ۱۳/۴۶ کیلومترمربع از پوشش خوب به پوشش ضعیف تبدیل شده که بیشتر در اطراف تالاب‌ها، بخش‌های سنگلاخی و مناطق روستایی مشاهده شده است. درمورد اکوسیستم خزری نیز، نادی[4] و همکاران (۲۰۲۴) با تحلیل روند تصاویر پوشش گیاهی دریافتند که عوامل مخرب انسانی، به‌ویژه در مناطق کم‌ارتفاع، بیشترین نقش را در کاهش پوشش گیاهی سطح استان مازندران دارند.

طبق گزارش سازمان جهانی خواربار، اکوسیستم‌های جنگلی طبیعی در ایران از سال ۱۹۹۰ درحال کاهش بوده است (FAO, 2015). بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در استان گلستان نشان داد که این مطالعات صرفاً بر پایش پوشش گیاهی بخش‌هایی از منطقه تمرکز داشته و در وسعت استان و به‌صورت تحلیل روند سری زمانی پوشش گیاهی و بررسی ارتباط آن با کاربری‌های اراضی نبوده است (Mehrani et al., 2021; Shamsipour & Rodgar Safai, 2020; Afzali Kurd et al., 2023). براین‌اساس، بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی و درک نقاط سبزینگی و خشک‌شدگی در استان گلستان که دارای تنوع اقلیمی و پوشش سطحی متنوعی بوده و خاستگاه جنگل‌های ارزشمند هیرکانی است، اهمیت حیاتی دارد زیرا پوشش گیاهی در این استان، از مناطق جنگلی مرطوب هیرکانی که ذخیره‌گاه تنوع زیستی بسیار غنی است تا مناطق نیمه‌خشک ترکمن‌صحرا، شاهد تغییرات گوناگونی در پوشش گیاهی بوده است (Karimi et al., 2021). بنابراین بررسی دقیق روند پوشش گیاهی به تحلیل روند نقطه‌ای و پیکسل‌به‌پیکسل نیاز دارد و این نکته لزوم استفاده از تکنیک‌های بررسی روند تصاویر را می‌رساند (Dastigerdi et al., 2024). این مطالعه به‌منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی برمبنای سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای، طی دورهٔ ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ و عوامل مؤثر در تغییرات پوشش گیاهی در استان گلستان انجام شده و به این مسئله پرداخته است که چه مناطقی درمعرض خطر بیشتری قرار گرفته‌اند و به حفاظت ویژه نیاز دارند. پژوهش حاضر، به‌دلیل رزولوشن بالای تصاویر، نقش نتایج آن در حفظ تنوع زیستی، مدیریت منابع آب، تغییر اقلیم، معیشت و

1. Abdi
2. Abdolalizadeh
3. Mehrani
4. Nadi

اقتصاد، هشدار زودهنگام و برنامه‌ریزی محیطی، دارای اهمیت حیاتی است. افزون‌براین‌ها درک تأثیرات فعالیت‌های انسانی در پوشش گیاهی و اتخاذ تدابیر مدیریتی مناسب می‌تواند نقش پررنگی در حفاظت و بهبود شرایط محیطی و اکولوژیکی ایفا کند.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

استان گلستان در محدودهٔ جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵۷ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۲ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقهٔ عرض شمالی و در بین استان های مازندران، سمنان و خراسان شمالی قرار دارد. گلستان با کشور ترکمنستان نیز هم‌جوار و دارای ۳۴۸ کیلومتر مرز خاکی و ۹۰ کیلومتر مرز آبی با این کشور است. این استان، به‌دلیل جایگاه جغرافیایی ویژه، آب‌وهوای گوناگونی دارد. بخشی از رشته‌کوه البرز شرقی از غرب به شرق استان کشیده شده است که گرایش بسیاری به‌سوی شمال‌شرق دارد و سپس ارتفاع کوه‌های آن کاسته می‌شود. شاهوار، با بلندی ۳۳۲۰ متر از سطح دریا، بلندترین قلهٔ استان است و در جنوب‌غرب استان جای دارد. در پایهٔ این بلندی‌ها، به‌ویژه در جنوب و شرق استان، کوهپایه‌هایی از رسوب‌های دانه‌ریز و دانه‌درشت دیده می‌شود که سفره‌های آب زیرزمینی فراوانی را در خود جای داده‌اند و به‌صورت چاه و قنات از آن‌ها بهره‌برداری می‌شود. بخش وسیعی از پهنهٔ استان گلستان به‌صورت جلگه است و در بخش جلگه‌ای، دو گونه آب‌وهوا دیده می‌شود. بیش از ۲/۳ این جلگه آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک دارد که هرچه به‌سوی شمال و مرز ترکمنستان نزدیک می شویم، بر خشکی آن افزوده می‌شود. ۱/۳ دیگر که مانند نواری سبز بین بخش کوهستانی در جنوب و بخش خشک و نیمه خشک در شمال امتداد یافته است، آب‌وهوای معتدلی دارد و ازنظر کشاورزی بسیار پربازده است. بیشتر شهرها و روستاهای استان نیز در این ناحیهٔ سرسبز جای گرفته‌اند. دو تودهٔ هوا در تعیین آب‌وهوای استان نقش مهمی دارد. تودهٔ شمالی از سیبری به استان وارد می‌شود و طی پاییز و زمستان، با ریزش برف در بلندی های جنوبی و باران در کوهپایه ها و نوار معتدل میانی همراه می شود. تودهٔ دیگر تودهٔ غربی است که از اقیانوس اطلس و دریای مدیترانه سرچشمه می گیرد و در زمستان، به بارندگی و در تابستان، به افزایش رطوبت و شرجی شدن هوای استان می‌انجامد؛ بنابراین بیشترین بارندگی در ماه های زمستان و کمترین مقدار آن در ماه‌های تابستان رخ می‌دهد. بااین‌همه، نیمهٔ شمالی استان، بخش نیمه‌خشک و خشک دارای کمترین بارندگی است و به‌دلیل تبخیر زیاد آب، زمین‌های شور و کم‌بازده نیز بسیار دارد.

شکل ۱ موقعیت استان گلستان را روی نقشهٔ ایران، به‌همراه نقشهٔ پستی‌وبلندی‌های استان، نشان می‌دهد. استان گلستان، مانند پلی ارتباطی، استان‌های شرقی ایران را به استان‌های شمالی و همچنین پایتخت ایران، یعنی تهران، متصل می‌کند. این سبب شده است که گلستان ازنظر ارتباطی، همانند بقیهٔ استان‌های شمالی ایران، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

۲-۲- داده‌های پژوهش

در این پژوهش، از داده‌های سری زمانی ترکیبی شانزده‌روزهٔ MODIS-NDVI به‌نام MOD13Q1، با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر ماهوارهٔ ترا، متعلق به بازهٔ زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. این داده‌ها از سال ۲۰۰۰ در دسترس است و به‌صورت سری زمانی، ازطریق خود مجموعه مرتب شده و برگرفته از سایت شبکهٔ ماهواره‌ای NASA است؛ تمامی داده‌ها را می‌توان از لینک https://modis-land.gsfc.nasa.gov/ به‌رایگان دانلود کرد.

۲-۳- پایش پوشش گیاهی

برای بررسی و پایش پوشش گیاهی، از داده‌های نمایهٔ NDVI آماده‌شدهٔ ماهوارهٔ مادیس استفاده شد که به ترکیب باندی نیاز ندارد. این نمایه برمبنای بازتاب دو

باند طیفی، با استفاده از رابطه (۱) محاسبه می‌شود؛ در این معادله، R_{NIR} بازتاب باند فروسرخ نزدیک و R_{RED} بازتاب باند قرمز است (Wu et al., 2014).

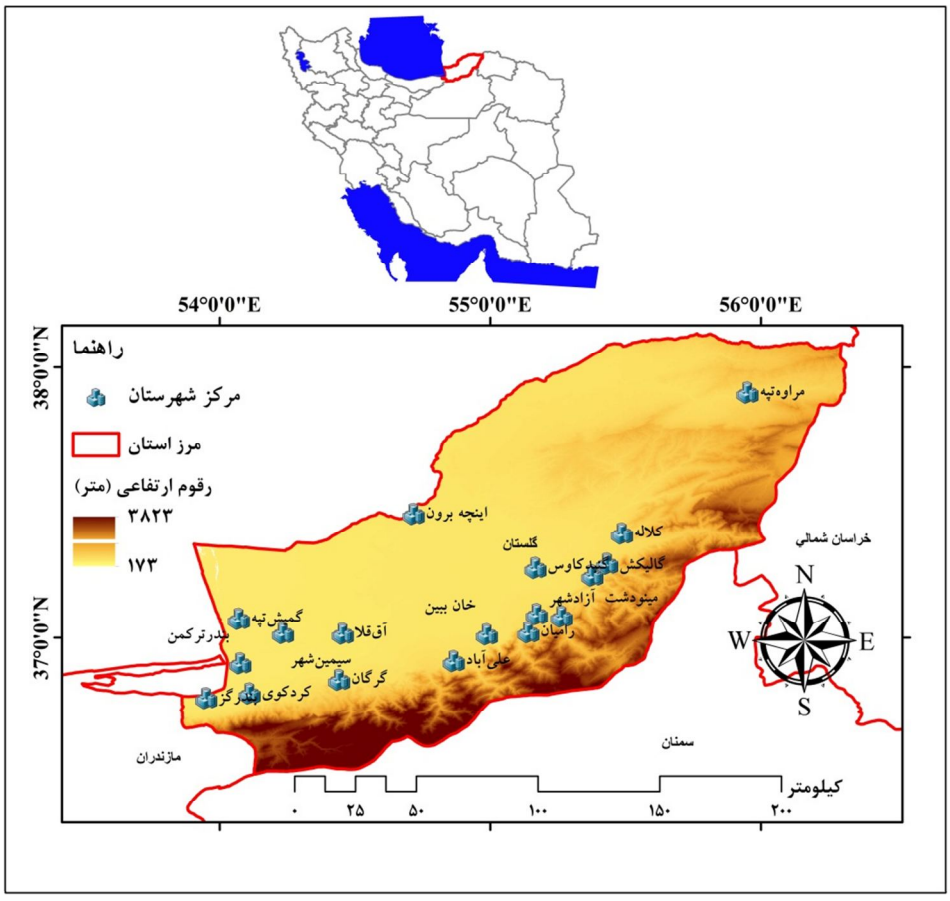
رابطه (۱) $$NDVI = \frac{R_{NIR}-R_{RED}}{R_{NIR}+R_{RED}}$$

در این پژوهش، پیش‌از بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه، ابتدا تصاویر خام NDVI با فرمت HDF محصول از سایت ناسا دانلود و ازلحاظ آماری، بررسی و تحلیل شدند؛ بدین‌ترتیب ۹۲۰ تصویر سری زمانی شانزده‌روزهٔ پوشش گیاهی نمایهٔ NDVI در نرم‌افزار GIS، پس‌از موزاییک‌سازی، به ۴۶۰ تصویر تبدیل و با استفاده از ضرب فاکتور مقیاس[1] تصاویر، به‌حالت استاندارد بین ۱- تا ۱+ درآمدند.

۴-۲- تحلیل روند تصاویر و نقشه‌ها

در مطالعات تحلیل روند سری زمانی، سری زمانی را می‌توان به سه مؤلفهٔ اصلی روند، فصلی و باقی‌مانده (خطی) تجزیه کرد. مؤلفهٔ فصلی که چرخهٔ مکرر سالیانه دارد، ممکن است مطالعهٔ روند بلندمدت را مشکل کند. ازاین‌رو پیشنهاد شده است که بررسی روند بلندمدت پس‌از حذف مؤلفهٔ فصلی از سری زمانی انجام شود. سری زمانی، پس‌از حذف مؤلفهٔ فصلی، بی‌هنجاری نامیده می‌شود. بی‌هنجاری در سری زمانی براساس رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود.

رابطه (۲) $$x_i = (v_i - \mu)$$



شکل ۱. موقعیت و نقشهٔ رقومی منطقهٔ مورد مطالعه

1. Scale Factor

در این معادله، xi بی‌هنجاری شانزده‌روزهٔ هر پیکسل، vi ارزش NDVI شانزده‌روزه و μ میانگین NDVI شانزده‌روزهٔ کل دوره است.

برای ارزیابی روند سری در نرم‌افزار IDRISI TerrSet، ابتدا تصاویر با استفاده از بی‌هنجاری مؤلفهٔ فصلی حذف شد. در این روش، ارزش‌های موجود در هر پیکسل تصاویر ناشی از فرایند فصل‌زدایی کاهش می‌یابد؛ به‌عبارت‌دیگر، فرایند فصل‌زدایی باعث تغییر در ارزش‌های هر پیکسل می‌شود که کاهش این ارزش‌ها را در پی دارد. این کاهش ارزش‌های ناشی از فرایند فصل‌زدایی، در پژوهش‌های دِ یونگ[1] و همکاران (۲۰۱۱)، مسیح‌پور[2] و همکاران (۲۰۱۹) و دستی‌گردی و همکاران (۲۰۲۴) نیز تأیید شده است. سپس داده‌های NDVI فصل‌زدایی‌شده، برای ارزیابی روند بلندمدت، با استفاده از روش من- کندال بررسی شدند.

روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری آن، در این پژوهش، به‌روش غیرپارامتری من- کندال انجام شد. این روش را ابتدا من[3] (۱۹۴۵) مطرح کرد و سپس کندال[4] (۱۹۴۸) آن را توسعه داد و یکی از روش‌های غیرپارامتری بسیار متداول تحلیل روند در سری‌های زمانی شمرده می‌شود. این روش، برای بررسی روند در سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، مناسب است و به مقادیر داده‌های پرت حساسیت چندانی ندارد. در این روش، هر مقدار NDVI در سری زمانی به‌طور پیوسته و پشت‌سرهم، با بقیهٔ مقادیر سری مقایسه و آمارهٔ من- کندال محاسبه می‌شود. برای بررسی معنی‌داری روند، از آزمون من- کندال در نرم‌افزار IDRISITerrSet استفاده می‌شود. براساس پیشینهٔ تحقیق، قابلیت این داده‌ها و تناسب روش‌های متداول من- کندال، تیل- سن و OLS به‌کاررفته در این زمینه به تأیید جهانی رسیده است و ازاین‌رو احتمال می‌رود نتایج این تحقیق فقط با اندکی عدم قطعیت همراه باشد. برای به دست آوردن روندهای معنی‌دار افزایشی و کاهشی پوشش گیاهی در نرم افزار GIS، نقشهٔ آمارهٔ Z کندال برای معنی‌داری در حدود اطمینان ۹۵٪: Z= ±1.96 و در حدود اطمینان ۹۹٪: Z= ±2.58، در سه محدوده (معنادار مثبت، بدون روند و معنادار منفی) کلاسه‌بندی شد و سپس مساحت هریک از مناطق افزایش و کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی محاسبه شد. فلوچارت و مسیر روش به‌کاررفته در این تحقیق نیز، به‌طور خلاصه، در شکل ۲ نشان داده شده است.

۳- نتایج و بحث

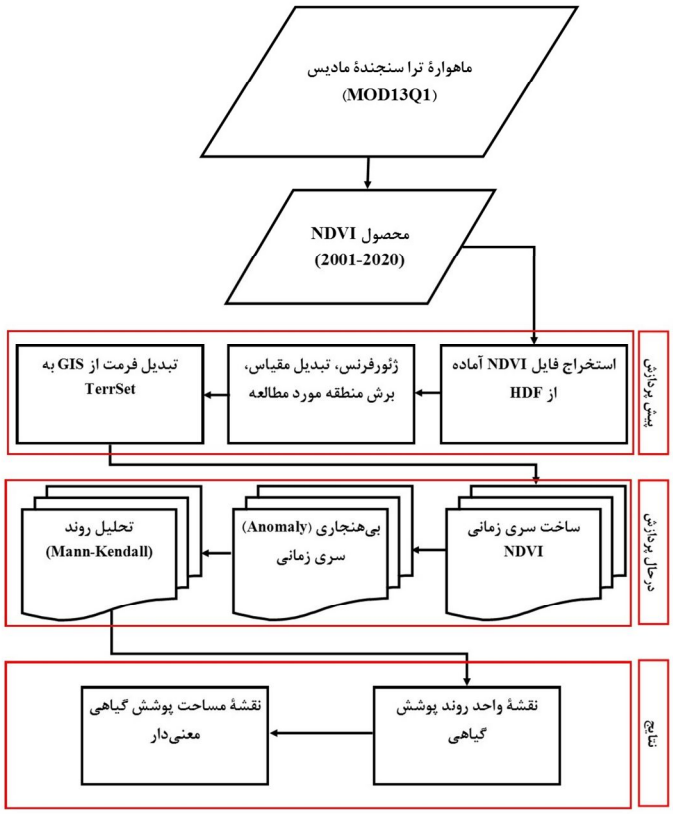
در این تحقیق، با روی‌هم‌گذاری ۴۶۰ تصویر ماهواره‌ای NDVI، نقشهٔ روند تغییرات این نمایه به دست آمد که در شکل ۳ نشان داده شده است. بررسی این نقشه نشان داد که این روند تغییرات، در کل منطقهٔ مورد مطالعه، یکسان نیست؛ به‌گونه‌ای که اگر Z منفی باشد، نشان‌دهندهٔ روند کاهشی و چنانچه Z مثبت باشد، گویای روند افزایشی پوشش گیاهی است. در این پژوهش، نقشهٔ معنی‌داری روند NDVI طی دورهٔ ۲۰۰۱-۲۰۲۰ در سطح اطمینان ۹۵٪، در شکل ۳ نشان داده شده است.

براساس شکل‌های ۳ و ۴، ۲۰٪ از کل مساحت منطقهٔ مورد مطالعه دچار روند کاهشی پوشش گیاهی بوده است و مابقی روند افزایشی را نشان می‌دهد؛ البته روند معنی‌دار (۹۵٪) کاهش پوشش گیاهی در ۵٪ و روند معنی‌دار افزایشی در ۵۰٪ از مساحت منطقه به وقوع پیوسته و در جدول ۱، مساحت هر کلاس روند آمده است. براساس شکل ۴، مناطق مرتفع استان، به‌ویژه ارتفاعات غربی طی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۲۰ با روند افزایشی پوشش گیاهی مواجه بوده است. نتایج این مطالعه با نتایج کیاپاشا و همکاران (۲۰۱۷a) که روند پارامترهای مشتق‌شده از فنولوژی سطح زمین را کردند، هم‌خوانی دارد. البته روند افزایشی پوشش زمانی NDVI طی دورهٔ زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۲ تحلیل گیاهی در ارتفاعات، به‌علت گرمایش جهانی و افزایش

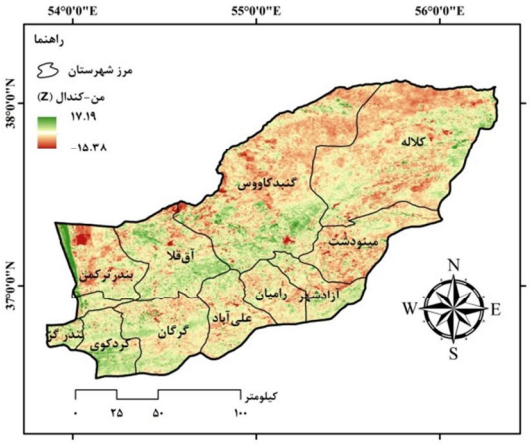
1. De Jong
2. Masihpour
3. Mann
4. Kendall

در جنگل‌های هیرکانی ایران، با استفاده از سری CO_2 ناشی از فعالیت‌های انسانی، در برخی مطالعات (KC & Ghimire, 2015; Gutiérrez-Girón et al., 2015; Yin et al., 2023) نیز مشاهده شده است. به‌صورت نمای کلی، در دشت‌های شمالی گلستان به‌دلیل دسترسی بهتر برای فعالیت‌های انسانی، تغییر کاربری اراضی و توسعهٔ شهرنشینی، روند کاهش پوشش گیاهی بیشتری را می‌توان مشاهده کرد. طبق جدول ۲، بیشترین روند تغییرات افزایش پوشش گیاهی معنی‌دار در شهرستان‌هایی مانند کردکوی، بندر گز، آق‌قلا، گرگان، آزادشهر، رامیان و بیشترین روند تغییرات کاهش پوشش گیاهی معنی‌دار در شهرستان‌هایی مانند بندر ترکمن، گنبد کاووس، مینودشت و کلاله رخ داده است.

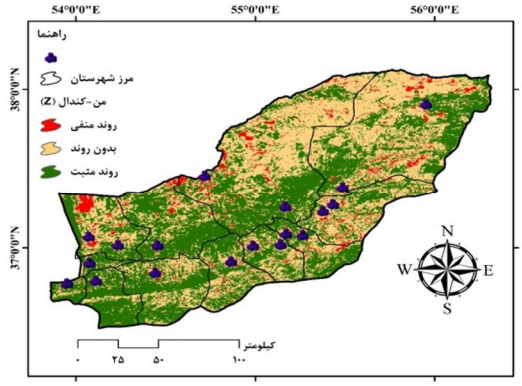
برای بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی در تغییرات پوشش گیاهی، از نقشهٔ موقعیت شهرستان‌ها استفاده شد (شکل ۴). همان‌طور که در این شکل مشخص است، روند معنی‌دار افزایش پوشش گیاهی در ارتفاعات غربی مشهودتر از ارتفاعات شرقی است. این مسئله ممکن است به‌دلیل وجود رطوبت بالاتر در بخش غربی استان گلستان، درقیاس با بخش شرقی آن، باشد زیرا این ناحیه به دریا نزدیک است و رشته‌کوه‌های مرتفع‌تری در آن واقع شده که ممکن است مانع از انتقال رطوبت به بخش‌های جنوبی استان شود. وقوع تغییرات اقلیمی و گرمایش اخیر جهانی نیز موجب شده است شرایط دمایی ارتفاعات غربی، برای رشد پوشش گیاهی، مناسب‌تر از ارتفاعات شرقی باشد که اقلیم خشک‌تری درمقایسه با غرب دارند. در این زمینه، کیاپاشا و همکاران (۲۰۱۷b) طی پژوهشی دربارهٔ جنگل‌های هیرکانی در ارتفاعات خزری، به این نتیجه دست یافته‌اند که در این ارتفاعات، متغیر دما عاملی اثرگذارتر از بارش در رشد پوشش گیاهی است.



شکل ۲. فلوچارت روش کار



شکل ۳. پراکنش مکانی آماره‌های Z آزمون من- کندال در دورهٔ ۲۰۲۰-۲۰۰۱



شکل ۴. نقشهٔ معنی‌داری روند پوشش گیاهی در سطح اطمینان ۹۵٪ در شهرستان‌های استان

جدول ۱. مساحت مناطق دارای روند معنی‌دار مثبت و منفی در سطح اطمینان ۹۵٪

نوع روند	درصد	مساحت (کیلومترمربع)
منفی	۵	۹۷۴
بدون روند	۴۵	۹۱۵۰
مثبت	۵۰	۱۰۳۱۴

درعین‌حال بررسی مناطق با روند معنی‌دار کاهش پوشش گیاهی، در شکل ۴، نشان داد که پوشش گیاهی حاشیهٔ شهری و کم‌ارتفاع مناطق شمالی و شرقی، طی بیست سال اخیر، از دست رفته است و حاشیهٔ شهرهای بزرگ استان، مانند گرگان، آزادشهر، بندر ترکمن، علی‌آباد و کلاله، با کاهش شدید پوشش گیاهی مواجه شده‌اند. اما بررسی دقیق‌تر نشان داد بزرگ‌ترین هستهٔ کاهش پوشش گیاهی در منطقهٔ شمال‌غرب شهرستان بندر ترکمن به وقوع پیوسته و مساحت تخریب پوشش گیاهی از پرجمعیت‌ترین شهرستان استان گلستان، یعنی شهرستان گرگان، نیز وسیع‌تر است؛ درصورتی‌که جمعیت شهری و توسعهٔ صنعتی آن به‌مراتب کمتر از گرگان است. بنابراین توسعهٔ شهری و اقتصادی نمی‌تواند عامل این کاهش باشد؛ بلکه تغییر شدید کاربری اراضی کشاورزی و شالیزاری و باغات مرکبات به واحدهای پرورش ماهی، شهرک‌های شیلاتی و مسکونی، در این منطقه، عامل اصلی از دست رفتن پوشش گیاهی آن است (شکل ۷-۱).

۳-۱- تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی اطراف جاده‌های اصلی استان

به‌طور کلی، مسیر های منتهی به استان گلستان شامل پنج مسیر اصلی می‌شود. در این پژوهش به روند تغییرات پوشش گیاهی در هر مسیر، طبق شکل ۵، پرداخته شد.

تغییرات پوشش گیاهی در جادهٔ گرگان- بجنورد: بررسی‌های انجام‌شده در مسیر گرگان به بجنورد که تنها راه ارتباطی به استان‌های شرقی منطقهٔ مورد مطالعه است، نشان داد پوشش گیاهی در اطراف مسیر (تا شعاع حدود پنجاه‌کیلومتری) روند کاهشی دارد. این روند کاهشی در نزدیکی شهرهای تنگراه، آق‌میش، گالیکش و مینودشت دیده شده است.

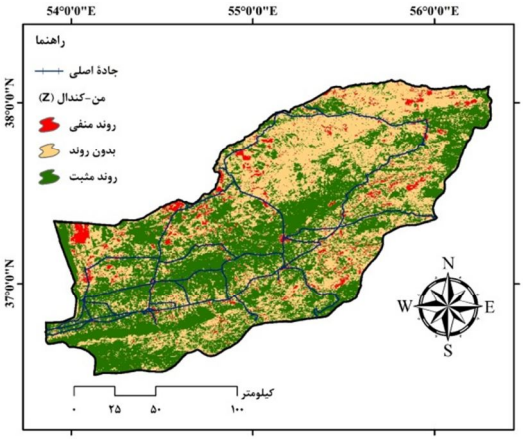
تغییرات پوشش گیاهی در جادهٔ گرگان- ساری: بررسی‌ها در این مسیر که تنها راه ارتباطی به استان‌های غربی منطقهٔ مورد مطالعه است، بیان می‌کند پوشش گیاهی در اطراف مسیر جاده، اغلب روند کاهشی دارد. این روند کاهشی، در نزدیک شهرهای کردکوی و بندر گز، شدیدتر است.

تغییرات پوشش گیاهی در جادهٔ آزادشهر- سمنان: در این مسیر، از سمت شاهرود به گلستان و در ارتفاعات، افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی تا تیل‌آباد

نمایان است اما از تیل‌آباد تا آزادشهر، روند کاهشی پوشش گیاهی شدت یافته و بیشترین روند کاهشی در حاشیهٔ جنوبی آزادشهر رخ داده است.

تغییرات پوشش گیاهی در جادهٔ غربی اینچه برون: به‌طور کلی بین جاده‌های مورد بررسی، شدیدترین تخریب پوشش گیاهی در این مسیر مشاهده شد؛ بدین‌صورت که از شمال به جنوب جادهٔ غربی و منتهی به آق‌قلا، تغییرات پوشش گیاهی تا شهرک صنعتی اترک، روند کاهشی بسیاری نشان می‌دهد اما از منطقهٔ شهرک صنعتی اترک تا شهر آق‌قلا، روند کاهش معنی‌دار کمتری مشاهده می‌شود. به‌علاوه در یکی از راه‌های فرعی و مهم منتهی به این جاده، در منطقهٔ یارتی‌قایه تا ایمرملا ساری نیز، تخریب شدید پوشش گیاهی نمایان است.

تغییرات پوشش گیاهی در جادهٔ شرقی اینچه برون: در سرتاسر حاشیهٔ جادهٔ شرقی تا سه‌راهی داشلی برون، کاهش پوشش گیاهی مشاهده شد که ممکن است دلیل آن کاهش بارندگی و سطح آب دریاچهٔ دانشمند باشد.



شکل ۵. نقشهٔ معنی‌داری روند پوشش گیاهی در سطح اطمینان ۹۵٪، به‌همراه جاده‌های اصلی استان

۳-۲- تحلیل روند تغییرات NDVI در شهرستان‌های استان

شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهد که تغییرات پوشش گیاهی بیست سال اخیر، در سرتاسر استان، یکسان نبوده است و بخش‌های شمالی، ارتفاعات جنوب‌شرق استان و مناطق شمال‌غرب، به‌ویژه نزدیک به سواحل، با کاهش بیشتری مواجه بوده‌اند. بدین‌منظور در جدول ۲، مساحت مناطق با روندهای افزایشی و کاهشی معنی‌دار و بدون روند در شهرستان‌های گوناگون، برحسب کیلومترمربع و درصد، نشان داده شده است. ازلحاظ مساحت، بیشترین کاهش پوشش گیاهی در شهرستان بندر ترکمن، با ۱۵۴ کیلومترمربع و پس‌از آن، به‌ترتیب در شهرستان‌های گنبد کاووس و مینودشت رخ داده و بیشترین افزایش پوشش گیاهی نیز در شهرستان‌های کردکوی، بندر گز و آق‌قلا به وقوع پیوسته است. برای درک دقیق‌تر تأثیرات مدیریت شهرستانی، مساحت روندهای گوناگون به‌صورت درصدی در هر شهرستان نیز محاسبه شد که در شکل ۶ نشان داده شده است. بررسی این نتایج نشان می‌دهد بیشترین درصد کاهش پوشش گیاهی در شهرستان‌های بندر ترکمن، گنبد کاووس، کلاله و مینودشت بوده و شهرستان‌های کردکوی، بندر گز، گرگان و علی‌آباد کمترین درصد کاهش پوشش گیاهی را داشته‌اند. همچنین در شهرستان کردکوی، بیشترین روند افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی به‌میزان ۸۳٪ به وقوع پیوسته و پس‌از آن، شهرستان‌های بندر گز، آق‌قلا و گرگان قرار دارند. بررسی درصد مناطق بدون تغییر در روند پوشش گیاهی به‌خوبی نشان می‌دهد که با حرکت از شرق به غرب استان، از درصد مناطق بدون روند کاسته و به درصد مناطق دارای روند مثبت پوشش گیاهی افزوده می‌شود.

۳-۳- بررسی تغییرات پوشش سطحی در نقاط منتخب دارای کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی

استان گلستان از تنوع اقلیمی چشمگیری برخوردار است که می‌تواند تأثیرات متفاوتی در پوشش گیاهی هر منطقهٔ آن داشته باشد. از مناطق جنگلی مرطوب هیرکانی که ذخیره‌گاه تنوع زیستی بسیار غنی است تا مناطق نیمه‌خشک ترکمن‌صحرا، به‌علت تغییر اقلیم و تأثیرات فعالیت‌های انسانی، این استان شاهد تغییرات

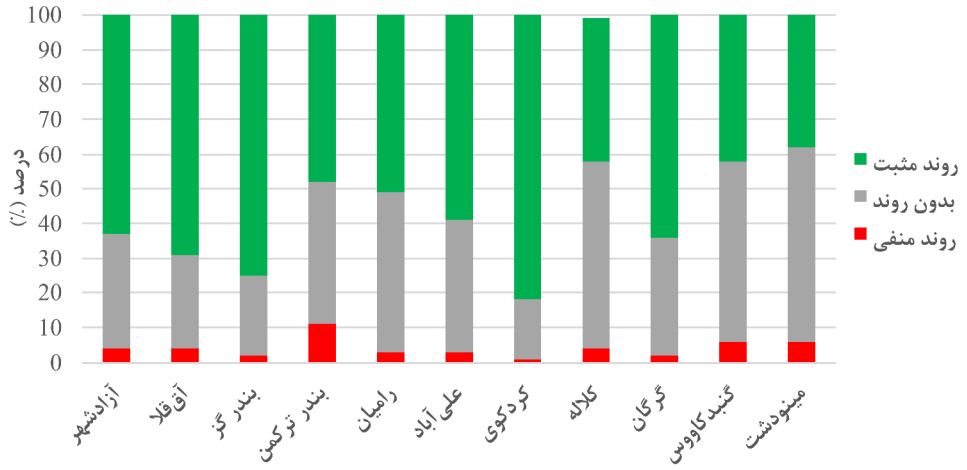
گوناگونی در پوشش گیاهی بوده است. تشخیص دقیق نقاطی که در استان گلستان دچار بیشترین کاهش پوشش گیاهی شده‌اند و بررسی علل اصلی آن نیازمند استفاده از روش‌های رصد زمین، همچون تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات گردآمده ازسوی سازمان‌ها و نهادهای محیط‌زیستی است. در این پژوهش، براساس سری زمانی Google Earth به چند نقطهٔ با کاهش شدید پوشش گیاهی در استان پرداخته شد.

جدول ۲. مساحت مناطق با روندهای گوناگون در شهرستان‌های استان (کیلومترمربع)

شهرستان	روند منفی	بدون روند	روند مثبت
آزادشهر	۳۳	۲۸۰	۵۴۴
آق‌قلا	۷۶	۵۰۱	۱۲۸۴
بندر گز	۴	۵۶	۱۸۶
بندر ترکمن	۱۵۴	۵۶۰	۶۵۹
رامیان	۲۳	۳۸۲	۴۳۲
علی‌آباد	۳۸	۴۱۹	۶۵۲
کردکوی	۵	۱۴۳	۷۱۲
کلاله	۲۲۲	۲۷۵۱	۲۰۸۹
گرگان	۳۲	۵۴۸	۱۰۱۰
گنبد کاووس	۲۹۱	۲۶۴۳	۲۱۵۵
مینودشت	۹۶	۸۶۷	۵۹۱
کل استان	۹۷۴	۹۱۵۰	۱۰۳۱۴

ناحیهٔ ساحلی دریای خزر: کاهش سطح آب دریای خزر و درنتیجه، پس‌روی ساحل به رویش پوشش گیاهی و افزایش آن در بخش ساحلی استان گلستان منجر شده که در نیمهٔ غربی تصویر در شکل ۷-۱ نمایان است. این مسئله ممکن است از عوامل متفاوتی، ازجمله کاهش سطح آب دریا به‌دلیل تغییرات اقلیمی و گرم شدن آب‌ها، تخریب محافظ ساحلی، سدسازی رودخانه‌ها و تغییر کاربری اراضی ناشی شده باشد. احتمال دارد چنین شرایطی به کاهش تهدیدهای محیط‌زیستی سواحل و افزایش پوشش گیاهی سواحل بینجامد اما درعین‌حال می‌تواند سبب اختلالات جدی در اکوسیستم سواحل و مناطق مستعد سیلاب و فرسایش سواحل منطقه شود. در تصویر یادشده، تغییرات کاهشی پوشش گیاهی و تخریب نیز به‌خوبی مشخص است و از دلایل مهم آن، می‌توان به تغییرات کاربری و ساخت اماکن پرورش ماهی (شیلات) و شهرک‌های صنعتی اشاره کرد.

ترکمن‌صحرا: این منطقه اقلیمی نیمه‌خشک دارد و گونه‌های گیاهی متناسب با آن، مانند گونه‌های علفی مقاوم به خشکی را در خود جای داده است. تخریب مراتع و بیابان‌زدایی، برداشت بیش‌ازحد آب برای زراعت، کاهش بارندگی و افزایش دما در این منطقه



شکل ۶. درصد مساحت شهرستان‌های استان گلستان، ازنظر روند پوشش گیاهی

سبب شده است که شاهد تحولاتی در پوشش گیاهی باشیم؛ به‌ویژه پدیده‌هایی نظیر خشکسالی، فرسایش خاک و پیش‌روی بیابان که می‌تواند سبب ادامهٔ کاهش پوشش گیاهی شود (شکل ۷-۲ تا ۷-۴).

مناطق نیمه‌ارتفاعی شرقی: طی سال‌های گذشته، به‌دلیل حاصلخیزی خاک مناطق جنگلی، در این منطقه جنگل‌تراشی‌هایی انجام شده که باعث کاهش پوشش گیاهی در این ارتفاعات شده است. تغییرات آب‌وهوایی در این مناطق نیز توانسته است در تنوع زیستی و توزیع گونه‌های گیاهی تأثیرگذار باشد (شکل ۷-۵).

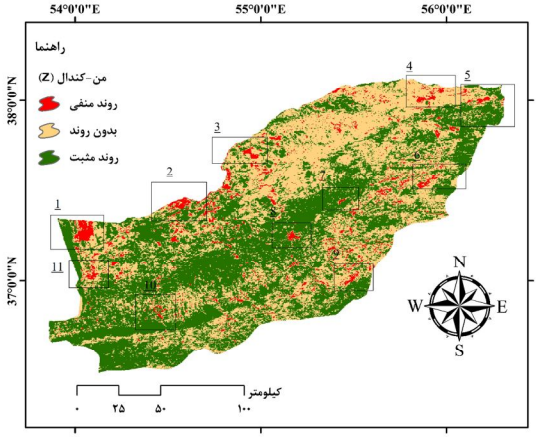
جنگل‌های هیرکانی: این جنگل‌ها که بخشی از آن در استان گلستان قرار دارد، جزء قدیمی‌ترین جنگل‌های طبیعی ایران به شمار می‌رود و دارای گونه‌های گیاهی و جانوری بومی بسیاری است. این مناطق جنگلی برأثر تغییرات اقلیمی و قطع بی‌رویهٔ درختان، آتش‌سوزی‌های جنگلی و توسعهٔ زیرساخت‌های انسانی، مانند جاده‌سازی و ساخت‌وسازهای غیرقانونی، با کاهش پوشش جنگلی مواجه بوده‌اند. افزایش دما و کاهش بارندگی نیز سبب تشدید خشک‌شدگی و کاهش گونه‌های متنوع جنگلی و تغییر در ترکیبات گونه‌ای شده است (شکل ۷-۶ و ۷-۹).

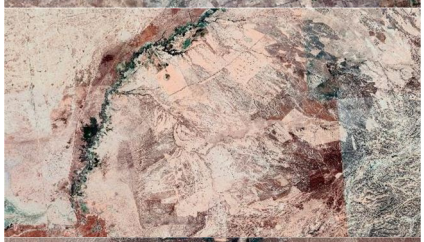
سدسازی: براساس گزارش آب منطقه‌ای استان گلستان، سد گلستان ۲ از طرح‌های عمرانی و کلان در این استان محسوب می‌شود که به‌منظور تأمین آب شرب، کشاورزی، کنترل سیلاب و تولید انرژی الکتریکی، احداث شده است. این سد، به‌علت کاربردهای متعدد، چه‌بسا هم فرصتی برای توسعهٔ منطقه‌ای و هم از عوامل مخرب محیط‌زیست انگاشته شود. در تصویر ۷-۸، به‌وضوح مشخص است که تغییرات کاهش پوشش گیاهی در پی احداث این سد رخ داده است؛ این تغییرات جنبه‌هایی مانند زیر آب رفتن مناطق جنگلی و مرتعی، کاهش تنوع بیولوژیک، تأثیر در پوشش گیاهی رودخانهٔ بالادست و پایین‌دست و تغییرات اکوسیستمی را دربرمی‌گیرد.

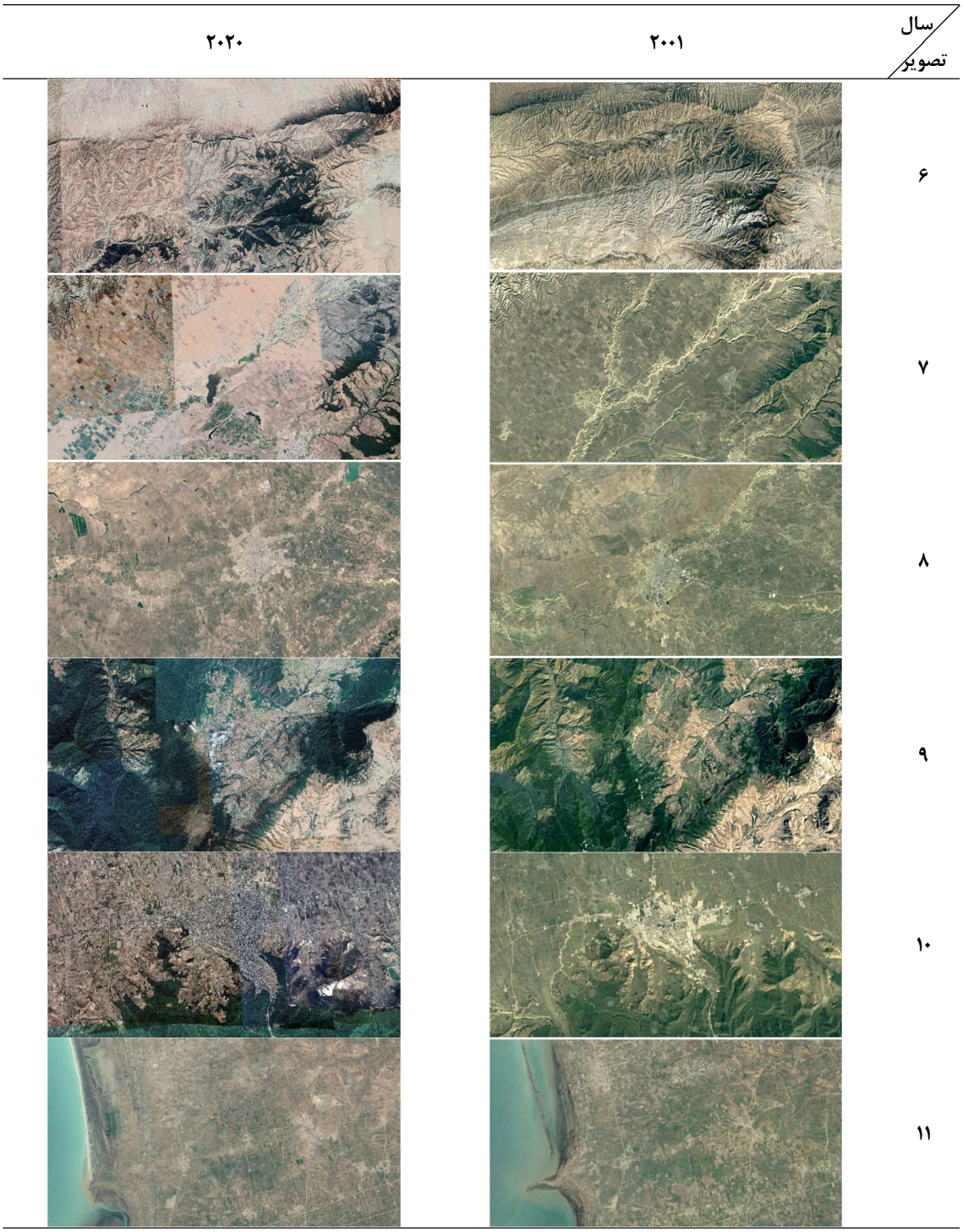
مناطق شهری: در نواحی شهری مانند گنبد کاووس (عکس ۸)، گرگان (عکس ۱۰) و بندر ترکمن (عکس ۱۱)، فضای سبز و پوشش گیاهی طبیعی منطقه با چالش‌هایی همچون توسعهٔ شهری و افزایش ساخت‌وساز، آلودگی و مدیریت آب روبه‌روست. با افزایش دما، به‌ویژه در تابستان‌ها و کاهش رطوبت، استرس گرمایی روی گیاهان شهری و فضای سبز افزایش می‌یابد و سبب کاهش مساحت پوشش گیاهی می‌شود (شکل ۷-۸، ۱۰ و ۱۱).

با توجه به نتایج این پژوهش، کاهش پوشش گیاهی در استان گلستان از دلایل متعددی منشأ می‌گیرد که عوامل انسانی و طبیعی، هر دو، در آن نقش دارند. برای مقابله با این تغییرات پوشش گیاهی، لازم است استراتژی‌های جامعی به کار رود که شامل حفاظت و بازیابی اکوسیستم‌ها، توسعهٔ دیدگاهی جامع و مدیریتی چندوجهی، همانند برنامه‌ریزی آمایش سرزمین، مدیریت و کنترل سیلاب‌ها، مدیریت پایدار جنگل‌ها، اعمال قوانین حفاظت از محیط‌زیست، آبیاری مؤثر و پایدار، مقابله با فرسایش خاک، توسعهٔ زیرساخت‌های سبز، آموزش و افزایش آگاهی جامعه، تحقیقات و مطالعات مؤثر است. اجرای کارآمد این راهکارها با همکاری نهادهای دولتی، سازمان‌های بین‌المللی، سازمان‌های غیردولتی (NGOها)، کشاورزان و جوامع محلی امکان‌پذیر خواهد بود.

تحقیقات تکمیلی، ازجمله بررسی روند تغییرات عوامل اقلیمی کلیدی تأثیرگذار در پوشش گیاهی و تحلیل روابط بین متغیرهای اقلیمی و پوشش گیاهی، می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای مدیریت بهینهٔ منابع طبیعی، شناسایی مناطق بحرانی و برنامه‌ریزی اقدامات حفاظتی و احیایی فراهم کند. این مسئله در نهایت به جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی، حفظ بوم‌سامانهٔ منطقه، کاهش فرسایش خاک و رواناب، و پایداری معیشت جوامع محلی کمک شایانی خواهد کرد.



سال / تصویر	۲۰۰۱	۲۰۲۰
۱		
۲		
۳		
۴		
۵		



شکل ۷. تصاویر برداشت‌شده از تاریخچهٔ Google Earth در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۲۰، متعلق به بیشترین هسته‌های کاهش پوشش گیاهی در استان گلستان

۴- نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش که با هدف بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در استان گلستان، طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ انجام شد، از داده‌های سری زمانی NDVI شانزده‌روزهٔ سنجندهٔ مادیس با اندازهٔ پیکسل ۲۵۰ متر استفاده شد.

براساس نتایج این تحقیق، طی بیست سال اخیر، دست‌کم ۵۰٪ منطقه با افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی مواجه بوده و این افزایش بیشتر در ارتفاعات و به‌ویژه، مناطق خارج از شهرها و جاده‌های استان رخ داده است. افزایش پوشش گیاهی در ارتفاعات ممکن است حاصل افزایش دمای ناشی از گرمایش جهانی بوده باشد؛ بدین‌صورت که شرایط زیستی در ارتفاعات، برای گیاهان، مناسب شده باشد. در ۵٪ از مساحت استان، روند کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی به وقوع پیوسته است و این کاهش‌ها بیشتر در دشت‌ها و نوار ساحلی، ارتفاعات پایین و کم‌شیب، حاشیهٔ شهرها و جاده‌های منطقهٔ مورد مطالعه مشاهده شد. در مناطق حاشیه‌ای جاده‌های کردکوی به استان غربی هم‌جوار، گرگان- ساری، آزادشهر- شاهرود، گرگان- بجنورد و جادهٔ مرزی اینچه برون نیز پوشش گیاهی درحال تخریب بوده است؛ از مهم‌ترین دلایل آن، چه‌بسا تغییرات کاربری و ساخت مکان‌هایی برای پرورش ماهی (شیلات) و شهرک‌های صنعتی باشد. به‌طور کلی، طی دهه‌های اخیر در استان گلستان، بحران‌های مخرب انسانی مانند تخریب و تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی و خشک شدن چشمه‌های طبیعی و وقوع خشکسالی‌های مکرر موجب کاهش پوشش گیاهی شده اما، در ارتفاعات، ضریب کاهش پوشش گیاهی بیشتر از مناطق پایین‌دست بوده است؛ این کاهش بیشتر پوشش گیاهی در ارتفاعات نگران‌کننده است زیرا، علاوه‌بر حضور جنگل‌های ارزشمند هیرکانی در ارتفاعات استان گلستان و لزوم حفظ و حراست از آن، ارتفاعات این استان تأمین‌کنندهٔ منابع پایدار آب آن نیز شمرده می‌شود. البته نادی و همکاران (۲۰۲۴) تأثیر فعالیت‌های انسانی، شامل تغییرات کاربری اراضی و حذف پوشش گیاهی به‌نفع توسعهٔ گردشگری و ویلاسازی‌ها در مناطق پایین‌دست و بالادست را در منطقهٔ مجاور گلستان و در مرکز جنگل‌های هیرکانی، در استان مازندران، نشان داده‌اند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد، با حرکت از شرق به غرب استان، از مناطق بدون روند کاسته و بر مناطق دارای روند افزایش معنی‌دار پوشش گیاهی افزوده می‌شود. به‌عبارتی، ارتفاعات غربی استان بیشترین افزایش پوشش گیاهی را طی بیست سال گذشته داشته‌اند؛ البته کوه‌های بخش غربی استان مرتفع‌تر از شرق استان‌اند و شرایط رطوبتی بهتری دارند اما علت رخ ندادن رشد معنی‌دار در پوشش گیاهی در ارتفاعات شرقی استان ممکن است دماهای بالاتر و بارش کمتر، درقیاس با ارتفاعات بلند بخش‌های غربی و همچنین گرادیان مثبت دمایی، از غرب به شرق استان، باشد و البته اظهارنظر دقیق در این زمینه نیازمند بررسی تحلیل روند نقشه‌های دما و بارش است.

۵- سپاسگزاری

این تحقیق از محل هستهٔ دانشجویی پژوهش‌محور، ازسوی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری حمایت شده است و از حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- منابع

Abbasnezhad Alchin, A. & Darvishsefat, A.A, 2023, **Investigating the Trend of Vegetation Changes (Greening and Browning) Using MODIS-NDVI Time Series in Mazandaran Province**, Journal of Wood and Forest Science and Technology, 30 (1), PP. 125-140, 10.22069/JWFST.2023.20755.1991.

Abdi, O., Shirvani, Z. & Buchroithner, MF., 2018, **Spatiotemporal Drought Evaluation of Hyrcanian Deciduous Forests and Semi-Steppe Rangelands Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Time Series in Northeast Iran**, Land Degrad Dev, 29, PP. 2525-2541, https://doi.org/10.1002/ldr.3025.

Abdolalizadeh, Z., Ebrahimi, A. & Mostafazadeh, R., 2019, **Landscape Pattern Change in Marakan Protected Area, Iran**, Reg Environ Change 19, PP. 1683-1699, https://doi.org/10.1007/s10113-019-01504-9.

Afzali Kurd, P. & Behzadi, M.S., 2023, **Investigating Vegetation Changes and NDVI Index in the South of Golestan Province Using Satellite Images**, The Third National Conference on Protection and Protection of Forests and Pastures in Iran, Tehran.

Colditz, R.R., Ressl, R.A. & Bonilla-Moheno, M., 2015, **Trends in 15-Year MODIS NDVI Time Series for Mexico**, In 8th International Workshop on the Analysis of Multitemporal Remote Sensing Images (MultiTemp), Jul. 22-24 Annecy, France, PP. 1-4, https://doi.org/10.1109/Multi-Temp.2015.7245766.

Dastigerdi, M., Nadi, M., Raeini Sarjaz, M. & Kiapasha, Kh., 2022, **Vegetation Trend Analysis Using NDVI Time Series of Modis Satellite in the Northeast of Iran**, Journal of Water and Soil Conservation, 29(1), PP. 135-150, DOI: 10.22069/ jwsc.2022.20208.3554.

Dastigerdi, M., Nadi, M., Sarjaz, M.R. & Kiapasha, K., 2024, **Trend Analysis of MODIS NDVI Time Series and Its Relationship to Temperature and Precipitation in Northeastern of Iran**, Environmental Monitoring and Assessment, 196(4), P. 346.

De Jong, R., de Bruin, S., de Wit, A., Schaepman, M.E. & Dent, D.L., 2011, **Analysis of Monotonic Greening and Browning Trends from Global NDVI Time-Series**, Remote Sensing of Environment, 115(2), PP. 692-702, https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011.

Dubovyk, O., Landmann, T., Erasmus, B.F.N.; Tewes, A. & Schellberg, J., 2015, **Monitoring Vegetation Dynamics with Medium Resolution MODIS-EVI Time Series at Sub-Regional Scale in Southern Africa**, Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf, 38, PP. 175-183, https://doi.org/10.1016/j.jag. 2015.01.002.

Fan, X., Gao, P., Tian, B., Wu, C. & Mu, X., 2023, **Spatio-Temporal Patterns of NDVI and Its Influencing Factors Based on the ESTARFM in the Loess Plateau of China**, Remote Sensing, 15(10), P. 2553, https://doi.org/10.3390/rs15102553.

FAO, 2015, **Global Forest Resources Assessment 2015**, Food and Agriculture Organization of the United Nations, http://www.fao.org/3/i4808e/i4808e.pdf.

Guan, Q., Yang, L., Pan, N., Lin, J., Xu, C., Wang, F. & Liu, Z., 2018, **Greening and Browning of the Hexi Corridor in Northwest China: Spatial Patterns and Responses to Climatic Variability and Anthropogenic Drivers**, J. Remote Sensing, 10(8), PP. 1270-1290, https://doi.org/10.3390/rs10081270.

Gutiérrez-Girón, A., Díaz-Pinés, E., Rubio, A. & Gavilán, R.G., 2015, **Both Altitude and Vegetation Affect Temperature Sensitivity of Soil Organic Matter Decomposition in Mediterranean High Mountain Soils**, Geoderma, 237, PP. 1-8, https://doi.org/ 10.1016/j.geoderma.2014.08.005.

Hashemi Dareh Badami, S., Nouraeisefat, I., Karimi, S. & Nazari, S., 2015, **Development Trend Analysis of Urban Heat Island Regarding Land Use/Cover Changes Using Time Series of landsat Images**, RS & GIS Techniques in Natural Resources, 6(3), PP. 15-28.

Jafari, S.M., Zarre, S. & Alavipanah, S.K., 2013, **Woody Species Diversity and Forest Structure from Lowland to Montane Forest in Hyrcanian Forest Ecoregion**, Journal of Mountain Science, 10, PP. 609-620, https://doi.org/10.1007/s11629-013-2652-2.

Kalbi, S., Fallah, A. & Shataee, SH., 2014, **Estimation of Forest Attributes in the Hyrcanian Forests, Comparison of Advanced Space-Borne Thermal Emission and Reflection Radiometer and Satellite Poure I'observation de la terre-high Resolution Grounding Data by Multiple Linear, and Classification and Regression Tree Regression Models**, Journal of Applied Remote Sensing, 8, P. 083632, https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083632.

Karimi, A., Abdollahi, S., Ostad-Ali-Askari, K., Eslamian, S. & Singh, V.P., 2021, **Predicting Fire Hazard Areas Using Vegetation Indexes, Case Study: Forests of Golestan Province, Iran**, Journal of Geography and Cartography, 4(1), PP. 1-6.

KC, A. & Ghimire, A., 2015, **High-Altitude Plants in Era of Climate Change: A Case of Nepal Himalayas**, Climate Change

Impacts on High-Altitude Ecosystems, Springer, PP. 177-187, https://doi.org/10.1007/978-3-319-12859-7-6.

Kendall, M.G., 1948, **Rank Correlation Methods**, New York, NY: Oxford University Press.

Keybondori, S., Abdi, E., Deljouei, A., Lázaro-Lobo, A., Ervin, G.N., Shakeri, Z. & Borz, S.A., 2023, **Effect of Forest Roadside on Vegetation Characteristics in the Hyrcanian Temperate Forest**, European Journal of Forest Research, 142(2), PP. 455-473, https://doi.org/10.1007/s10342-023-01535-2.

Kiapasha, K., Darvishsefat, A.A., Zargham, N., Attarod, P., Nadi, M. & Schaepman, M., 2017a, **Greening Trend in the Hyrcanian Forests Using NOAA NADVI Time Series during 1981-2012**, Forest and Wood Products, 70(3), PP. 409-420, https://doi.org/10.22059/jfwp.2017.206833.748.

Kiapasha, K., Darvishsefat, A.A., Julien, Y., Sobrino, J.A., Zargham, N., Attarod, P. & Schaepman, M.E, 2017b, **Trends in Phenological Parameters and Relationship between Land Surface Phenology and Climate Data in the Hyrcanian Forests of Iran**, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 10(11), PP. 4961-4970, DOI: 10.1109/JSTARS.2017.2736938.

Kim, J.Y., Rastogi, G., Do, Y., Kim, D.-K., Muduli, P.R., Samal, R.N., Pattnaik, A.K. & Joo, G., 2015, **Trends in a Satellite-Derived Vegetation Index and Environmental Variables in a Restored Brackish Lagoon**, Glob Ecol. Conserv., 4, PP. 614-624, https://doi.org/10.1016/j.gecco.2015.10.010.

Liu, J., Wei, L., Zheng, Z. & Du, J., 2023, **Vegetation Cover Change and Its Response to Climate Extremes in the Yellow River Basin**, Science of The Total Environment, 905, P. 167366, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167366.

Luo, L., Ma, W., Zhuang, Y., Zhang, Y., Yi, S., Xu, J. & Zhang, Z., 2018, **The impacts of Climate Change and Human Activities on Alpine Vegetation and Permafrost in the Qinghai-Tibet Engineering Corridor**, Ecological Indicators, 93, PP. 24-35, https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.067.

Mann, H.B., 1945, **Nonparametric Tests against Trend**, Econometrica, 13, PP. 245-259.

Masihpour, M., Darvishsefat, A.A. & Rahmani, R., 2019, **Long-Term Trend Analysis of Vegetation Changes Using MODIS-NDVI Time Series during 2000-2017 (Case Study: Kurdistan Province)**, Forest and Wood Products, 72(3), PP. 193-204, https://doi.org/10.22059/jfwp.2019.277944.995.

Mehrani, A., Riazi, B., Mirbagheri, S.A. & Khorasani, N., 2021, **Monitoring of Vegetation Changes in Golestan Province and a Collection of International Wetlands (Alma Gol, Alagol and Aji Gol) and the Reasons Are Based on a Two-Time Analysis of NDVI**, Journal of Plant Environmental Physiology, 16(64), PP. 97-110, https://doi.org/10.30495/iper.2022.679550.

Miles, V.V. & Esau, I., 2016, **Spatial Heterogeneity of Greening and Browning between and within Bioclimatic Zones in Northern West Siberia**, J. Environmental Research Letters., 11(11), P. 115002, DOI: 10.1088/1748-9326/11/11/115002.

Mirahsani, M., Salman Mahiny, A., Soffianian, A., Moddares, R., Jafari, R. & Mohammadi, J., 2018, **Evaluation of Vegetation Supply Water Index through Time-Series Images of MODIS Products in Drought Monitoring over Gavkhuni Basin**, Iranian Journal of Applied Ecology, 6(4), PP. 31-47, DOI: 10.29252/ijae.6.4.31.

Nadi, M., Dastigerdi, M., Shamgani Mashhadi, B., Hatamipour, M. & Mahdavi Amrei, O., 2024, **Analysis of Vegetation Trend in Mazandaran Province with Emphasis on Land Use Changes Using MODIS NDVI Time Series**, Journal of Watershed Management Research, 15(30), PP. 212-225.

Naqinezhad, A. & Zarezadeh, S., 2013, **A Contribution to Flora, Life Form and Chorology of Plants in Noor and Sisangan Lowland Forests**, Journal of Taxonomy and Biosistematics, 4, PP. 31-44.

Pan, N., Feng, X., Fu, B., Wang, S., Ji, F. & Pan, S., 2018, **Increasing Global Vegetation Browning Hidden in Overall Vegetation Greening: Insights from Time-Varying Trends**, Remote Sensing of Environment, 214, PP. 59-72, https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.05.018.

Sagheb-Talebi, K., Sajedi, T. & Pourhashemi, M., 2014, **Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future**, 15325, Sprimnger Netherlands.

Shamsipour, A.A. & Rodger Safari, V., 2020, **Investigating the Consequences of Climate Change with a Focus on Spatial**

Analysis of Drought Severity in Golestan Province with Statistical Indicators and Remote Sensing, Climate Change Research, 1(3), PP. 65-76.

Wang, J., Xie, Y., Wang, X., Dong, J. & Bie, Q., 2019, **Detecting Patterns of Vegetation Gradual Changes (2001–2017) in Shiyang River Basin, Based on a Novel Framework**, Remote Sens., 11, P. 2475, https://doi.org/10.3390/rs11212475.

Willis, K.S., 2015, **Remote Sensing Change Detection for Ecological Monitoring in United States Protected Areas**, Biological Conservation, 182, PP. 233-242, https://doi.org/ 10.1016/j.biocon.2014.12.006.

Wu, D., Wu, H., Zhao, X., Zhou, T., Tang, B., Zhao, W. & Jia, K., 2014, **Evaluation of Spatiotemporal Variations of Global Fractional Vegetation Cover Based on GIMMS NDVI Data from 1982 to 2011**, Remote Sensing, 6(5), PP. 4217-4239, https://doi.org/10.3390/rs6054217.

Yin, T., Zhai, Y., Zhang, Y., Yang, W., Dong, J., Liu, X. & Wang, R., 2023, **Impacts of Climate Change and Human Activities on Vegetation Coverage Variation in Mountainous and Hilly Areas in Central South of Shandong Province Based on Tree-Ring**, Frontiers in Plant Science, 14, P. 1158221, https://doi.org/10.3389/fpls. 2023.1158221.

This Page is Intentionally Left Blank