Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 15, Issue 2, 2024 p: 105-118 OPEN ACCESS

Research Paper

Analysis of Vegetation Trend in Mazandaran Province with an Emphasis on Land Use Changes Using MODIS NDVI Time Series

Morteza Dastigerdi[1], Mehdi Nadi[2], Bahareh Shamgani Mashhadi[1], Mohaddeseh Hatamipour[3] and Omid Mahdavi Amrei[4]

1- Ph.D. student of Agricultural Meteorology, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, (Corresponding Author: m.nadi@sanru.ac.ir)
3- M.Sc student of Agricultural Meteorology, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
4- B.Sc. student of Water engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received: 7 August, 2023 Accepted: 16 January, 2024

Extended Abstract

Background: Vegetation is one of the main components of biosphere preservation that acts as a link between soil, water, and atmosphere. It is crucial in providing organic matter, regulating the carbon cycle, and exchanging energy on the surface of the earth. In recent years, climate change and global warming have caused frequent events, such as floods, heat waves, and droughts, which can damage terrestrial ecosystems. Climate change directly affects the growth of vegetation; on the other hand, changes in vegetation cover give feedback to climate change by regulating water, energy exchange, and carbon dioxide concentration.

Methods: The research was carried out in Mazandaran province to analyze vegetation trend in the study area during the 2001-2020 period. The 16-day composite MODIS-NDVI time series data, named MOD13Q1, with a spatial resolution of 250 meters (920 NDVI images) were used for this purpose. The non-parametric Mann-Kendall method was employed to investigate changes in vegetation activity and trend significance. The overlying vegetation trend map and the location of big cities and main roads of the province were also investigated in this research.

Results: A decreasing trend of vegetation cover was observed in 16% of the total studied area, and the rest showed an increasing trend, although the significant decrease and increase of vegetation cover occurred in 5% and 65% of the area, respectively, with a 95% confidence level. The vegetation trend map showed that the most significant reduction of vegetation in the last 20 years occurred in coastal areas and low-altitude regions, especially around big cities and main roads entering the province. Decreased vegetation around the metropolises is expected due to the increase in population and the need for urban development. However, the results showed that the most significant decrease in vegetation occurred in the cities of Mahmudabad (19%), Babolsar (17%), Ghaemshahr (10%), and Jouybar (9%). Unlike the big cities of Sari and Ghaemshahr, the cities of Sorkhrood, Mahmudabad, and Babolsar are at the top of the cities with reductions in vegetation cover in the last 20 years. Unfortunately, this is not due to urban development and increasing population, but drastic changes in the use of agricultural land and citrus orchards and turning them into private villas are the main factor in the reduction of vegetation. Comparing the vegetation trend map with the main roads of the province reveals that a significant reduction of vegetation has occurred around the main roads entering Mazandaran province, especially on the Haraz, Firouzkouh, and Farim roads. In contrast, smaller areas of vegetation cover reduction were observed around the Chalus road.

The investigation of the areas with positive vegetation cover trends showed that the highlands of the province, especially the eastern highlands, experienced a significant increase in vegetation cover. However, a less significant positive trend of vegetation was observed in the western highlands. Rather, most of these areas have experienced no trend conditions in the past 20 years, which could be due to the recent global warming and the higher temperature in the east of the province than in the western regions, which generally has caused suitable temperature conditions for the growth of vegetation in the eastern highlands of the province. It seems that the western highlands still do not have suitable temperature conditions for the growth of vegetation.

Copyright ©2024 Dastigerdi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

Conclusion: The results of this research show that the changes in vegetation in Mazandaran province are under the control of two natural and human factors, and the former (climate) has caused an increase in vegetation in 65% of the area of the province, especially in the highlands, probably caused by the increase in temperature. The recent global warming has made it possible to provide living conditions for plants in the highlands of the province, especially the eastern highlands. Nevertheless, the human factor has been destroying vegetation throughout the province, especially in tourist areas and those with easy access. As such, a significant trend of vegetation reduction was observed both on the coasts, around metropolises, in the heart of the Hyrkan forests, and in the heights near the main roads. A significant decrease in vegetation cover has occurred in 5% of the area of the province, and these decreases were observed mostly in the plains, coastal strip, low altitudes with low slopes, outskirts of cities, and roads of the studied area. Vegetation is also being destroyed in the marginal areas of the roads from Ramsar to the neighboring western province, Gorgan Sari, Tehran, Chalus, Haraz, and Firuzkouh, which can be the main reason for the increase in traffic load, changes in land use, and the construction of recreational facilities and villas. Based on the results of this research, extreme changes in land use in the last 20 years are very evident, and if the human process of land use change continues along with the loss of water and soil resources, we may see irreparable blows to the ecosystem of the Caspian systems in the near future.

Keywords: Mann-Kendall, MODIS-NDVI, Time series, Trend analysis, Vegetation change

How to Cite This Article: Dastigerdi, M., Nadi, M., Shamgani Mashhadi, B., Hatamipour, M., & Mahdavi Amrei, O. (2024). Analysis of Vegetation Trend in Mazandaran Province with an Emphasis on Land Use Changes Using MODIS NDVI Time Series. *J Watershed Manage Res*, 15(2), 105-118. DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

تحلیل روند پوشش گیاهی در استان مازندران با تاکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سری زمانی NDVI سنجنده مودیس

مرتضی دستی‌گردی[۱]، مهدی نادی[۲]، بهاره شامگانی مشهدی[۱]، محدثه حاتمی‌پور[۳] و امید مهدوی امرئی[۴]

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، (نویسنده مسوول: m.nadi@sanru.ac.ir)
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی مهندسی آب، گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۲۶
صفحه: ۱۰۵ تا ۱۱۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: پوشش گیاهی یکی از اجزای اصلی در حفاظت از زیست‌کره بوده که به‌عنوان پیوند بین خاک، آب و جو عمل می‌کند. این مهم اهمیت زیادی در تأمین مواد آلی، تنظیم چرخه کربن و تبادل انرژی در سطح زمین دارد. در سال‌های اخیر، تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی، رویدادهای مکرری مانند سیل، دمای بالا و خشک‌سالی را ایجاد کرده که می‌تواند به بوم‌سامانه‌های زمینی آسیب برساند. تغییرات آب‌وهوایی ناشی از تغییر اقلیم مستقیماً بر رشد پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد؛ از سوی دیگر، تغییرات پوشش گیاهی نیز با تنظیم آب، تبادل انرژی و غلظت دی‌اکسیدکربن به تغییرات آب‌وهوایی بازخورد نشان می‌دهد.

مواد و روش‌ها: پژوهش در استان مازندران که با هدف بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه موردمطالعه در طی دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۱ صورت گرفت از داده‌های سری زمانی ترکیبی ۱۶ روزه MODIS-NDVI به نام MOD13Q1 با اندازه تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد؛ بنابراین در مجموع ۹۲۰ تصویر NDVI مورد استفاده قرار گرفت. جهت بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی و معنی‌داری‌آن در این پژوهش، روش ناپارامتری من-کندال به‌کار گرفته شد. همچنین ارتباط روند تغییرات پوشش گیاهی با موقعیت شهرستان‌ها و جاده‌های اصلی و نیز تغییرات کاربری بررسی شد.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق نشان داد از کل مساحت منطقه موردمطالعه ۱۶ درصد منطقه روند کاهشی پوشش گیاهی داشته و مابقی روند افزایشی را نشان داد که البته روند کاهش و افزایش معنادار پوشش گیاهی در حدود اطمینان ۹۵ درصد به‌ترتیب در ۵ و ۶۵ درصد از منطقه رخ‌داده است. بررسی نقشه روند تغییرات پوشش گیاهی نشان داد که بیشترین کاهش معنادار پوشش گیاهی در ۲۰ سال گذشته در نواحی ساحلی، مناطق کم ارتفاع و به‌خصوص در اطراف شهرهای بزرگ و جاده‌های اصلی ورودی به استان به‌وقوع پیوسته است. البته کاهش پوشش گیاهی در اطراف کلان‌شهرها به‌دلیل افزایش جمعیت و نیاز به توسعه شهری قابل‌انتظار بوده اما بررسی‌ها نشان داد که بیشترین کاهش معنادار پوشش گیاهی در شهرستان‌های محمودآباد (۱۹ درصد)، بابلسر (۱۷ درصد)، قائم‌شهر (۱۰ درصد) و جویبار (۹ درصد) به‌وقوع پیوسته درحالی‌که شهرهایی مانند سرخرود، محمودآباد و بابلسر برخلاف جمعیت به‌مراتب کمتر نسبت به شهرهای ساری و قائم‌شهر در صدر کاهش پوشش گیاهی در ۲۰ سال گذشته قرار دارند که متأسفانه دلیل آن نیاز به توسعه شهری ناشی از افزایش جمعیت نبوده و بلکه تغییرات شدید کاربری زمین‌های کشاورزی و باغات مرکبات و تبدیل آن به ویلاهای شخصی عامل اصلی کاهش پوشش گیاهی در یک منطقه وسیع است. همچنین در جهت تائید این واقعیت، با مقایسه نقشه روند پوشش گیاهی با راه‌های اصلی استان مشخص شد اطراف جاده‌های اصلی ورودی به استان مازندران به‌خصوص در جاده‌های هراز و فیروزکوه و جاده فریم نیز کاهش شدید و معنادار پوشش گیاهی به وقوع پیوسته است. البته دراین‌بین نواحی اطراف جاده چالوس مساحت کمتری از کاهش پوشش گیاهی را نشان داده است. بررسی مناطق با روند مثبت پوشش گیاهی نشان داد که ارتفاعات استان به‌خصوص ارتفاعات شرقی افزایش معنادار پوشش گیاهی را تجربه نموده و البته بخش‌های کمتری از ارتفاعات غربی افزایش معنادار پوشش گیاهی را نشان دادند و بیشتر شرایط بدون روند را در ۲۰ سال گذشته طی کرده است که دلیل آن به‌خاطر گرمایش اخیر جهانی و همچنین دماهای بیشتر در شرق استان نسبت به مناطق غربی است که درمجموع موجب شده در حال حاضر شرایط مناسب دمایی برای رشد پوشش گیاهی در ارتفاعات شرق استان فراهم گردد و به‌نظر ارتفاعات غربی هنوز شرایط دمایی مناسبی برای رشد پوشش گیاهی ندارد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران تحت کنترل دو عامل طبیعی و انسانی قرار دارد که عامل طبیعی (اقلیم) بخصوص در ارتفاعات باعث افزایش پوشش گیاهی در ۶۵ درصد مساحت استان شده است و به‌نظر با افزایش دمای ناشی از گرمایش‌های اخیر جهانی این امکان به‌وجود آمده که شرایط زیستی برای گیاهان در ارتفاعات استان به‌خصوص ارتفاعات شرقی فراهم گردد؛ اما عامل انسانی در حال از بین بردن پوشش گیاهی در سرتاسر استان بخصوص در مناطق توریستی و مناطق با دسترسی راحت بوده به‌طوری‌که هم در سواحل و اطراف کلان‌شهرها و هم در قلب جنگل‌های هیرکانی و در ارتفاعات نزدیک به جاده‌های اصلی روند معنادار کاهش پوشش گیاهی مشاهده شد. روند کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی در ۵ درصد از مساحت استان به‌وقوع پیوسته که این کاهش‌ها بیشتر در دشت‌ها و نوار ساحلی، ارتفاعات پایین و با شیب کم، حاشیه شهرها و جاده‌های منطقه موردمطالعه مشاهده شد. در مناطق حاشیه‌ای جاده‌های رامسر به استان غربی هم‌جوار، گرگان ساری، تهران چالوس، هراز و فیروزکوه نیز پوشش گیاهی در حال تخریب بوده که می‌تواند از عمده دلایل آن افزایش بار ترافیکی، تغییرات کاربری و ساخت اماکن تفریحی و ویلاسازی باشد. برمبنای نتایج این تحقیق تغییرات شدید کاربری در ۲۰ سال اخیر بسیار مشهود بوده و در صورت ادامه روند انسانی تغییر کاربری ضمن از دست رفتن منابع آب‌وخاک، ممکن است در آینده‌ای نزدیک شاهد ضربات جبران‌ناپذیری به بوم سامانه‌های خزری باشیم.

واژه‌های کلیدی: تغییر پوشش گیاهی، تحلیل روند، سری زمانی، من-کندال، MODIS-NDVI

مقدمه

تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، تأثیر مستقیم روی پوشش سطح زمین‌دارند. تغییرات میزان بارندگی و افزایش دما ازجمله تغییرات اقلیمی هستند که باعث تغییرات قابل‌توجهی در منابع آب و تعادل محیط‌زیست شده‌اند. از طرفی فعالیت‌های انسانی از قبیل افزایش جمعیت، چرای بیش‌ازحد و تغییرات کاربری اراضی که شرایط پایدار زمین را تغییر می‌دهند نیز باعث تخریب اراضی و بیابان‌زایی می‌شوند (Shenani Houizeh & Zarei, 2017؛ Zhou *et al.*, 2014؛ luo *et al.*, 2018). بر این اساس، نظارت بر پویایی پوشش گیاهی یک نیاز اساسی برای غنی‌سازی درک ما از چگونگی واکنش نوع پوشش زمین به فشارهای طبیعی و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

انسانی است (Dubovyk and Landman, 2015; Tajiki *et al*., 2022). علاوه بر این، سبزشدگی (greening) و خشک‌شدگی (browning) پوشش گیاهی عوامل اولیه در اقدامات تنوع زیستی و عملکرد بوم‌سامانه هستند که بر ضرورت نظارت بر پویایی پوشش گیاهی برای اقدامات حفاظتی و احیا و قوانین مدیریت تأکید می‌کنند (Kim *et al*., 2015; Wang *et al*., 2019; Jiang *et al*., 2015). جنگل‌های پهن‌برگ معتدل موسوم به جنگل‌های هیرکانی در شمال ایران مهم‌ترین و باارزش‌ترین بوم‌سامانه جنگلی در مجاورت بزرگ‌ترین دریاچه جهان (کاسپین) است (Siadati *et al*., 2010). برآوردها نشان می‌دهد که مساحت این جنگل‌ها درگذشته حدود ۵ میلیون هکتار بوده که با توسعه روستاها و گسترش شهرها، تبدیل اراضی جنگلی به زمین کشاورزی و باغ، چرای دام، تخریب جنگل‌ها، به‌طور پیوسته طی دهه‌های اخیر روبه کاهش بوده است (Kalbi *et al*., 2014; Naqinezhad and Zarezadeh, 2013). به‌طوری‌که امروزه تقریباً ۱/۸ میلیون هکتار باقی‌مانده است (Marvie-Mohadjer, 2012; Hosseini, 2010; Sagheb-Talebi *et al*., 2014). وجه تمایز این جنگل‌ها در این است که به‌عنوان بقایای دوره سوم، در واقع آخرین بقایای جنگل‌های پهن‌برگ طبیعی جهان، گونه‌هایی دارند که در فسیل‌های اروپای آن عصر گنجانده‌شده‌اند از این‌رو در مقایسه با همتایان خود یکی از غنی‌ترین و منحصربه‌فردترین جنگل‌های جهان به‌شمار می‌روند (Jafari *et al*., 2013). این جنگل‌ها در سه استان شمالی ایران (گیلان، مازندران و گلستان) در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز به طول ۸۰۰ کیلومتر و تا ارتفاع ۲۸۰۰ متری از سطح دریا گسترده شده‌اند.

برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی نیازمند جمع‌آوری داده‌های زمینی است و تهیه این داده‌ها نیازمند صرف وقت و هزینه زیادی است و همچنین 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 Darreh Badami *et al*., 2015; Mirahsani *et al*., 2017). منظور از یک سری زمانی، مجموعه‌ای از داده‌های آماری است که در فواصل زمانی مساوی و منظمی جمع‌آوری‌شده باشند. سیر طبیعی سری زمانی را در درازمدت روند می‌گویند (Niromand and Bozornia, 2010). در سال‌های اخیر استفاده از داده‌های پوشش گیاهی به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای، به ابزاری قدرتمند برای جمع‌آوری اطلاعات درباره‌ی پویایی پوشش گیاهی در بوم‌سامانه‌های سراسر جهان تبدیل‌شده است؛ زیرا اجازه می‌دهد تا با کوتاه‌ترین زمان و کمترین هزینه بر منابع طبیعی و بوم‌سامانه نظارت داشته باشند (Willis, 2015) و همچنین منجر به آشکارسازی تغییرات ناگهانی و تغییراتی با روند آرام درگذر زمان می‌شود (Moradi *et al*., 2013).

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، مورد استفاده قرارگرفته‌اند. شیائو و همکاران با استفاده از داده NOAA NDVI در دوره ۱۹۸۲ تا ۱۹۹۸ در مقیاس جهانی نشان دادند که در عرض‌های جغرافیایی بالا و میانی نیم‌کره شمالی و هم‌چنین در بخش‌هایی از مناطق استوایی و نیمه‌استوایی، روند تدریجی بلندمدت افزایش سبزینگی (Greening[1]) وجود دارد (Xiao *et al*., 2005). د برس و همکاران با استفاده از داده‌های PAL[2] برای دو دوره زمانی (۱۹۸۵–۱۹۸۸ و ۱۹۹۵–۱۹۹۹) در شرق دور سیبری، سیبری شرقی، اسکاندیناوی، کانادا و شمال اروپا، تغییرات دما بر فنولوژی گیاهی را موردبررسی قراردادند که در نتایج پژوهش آن‌ها تغییرات چشمگیری در فنولوژی دیده شد (De Beurs *et al*., 2005). د جونگ و همکاران از نمایه‌های پوشش گیاهی برای بررسی روند Greening و Browning[3] با استفاده از داده GIMMS-NDVI طی سال‌های ۲۰۰۶–۱۹۸۱ در مقیاس جهانی پرداختند که نتایج نشان داد روند Greening در نیمکره شمالی و روند Browning در نیمکره جنوبی می‌باشد (De Jong *et al*., 2011). فنشولت و همکاران برای ارزیابی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در دوره بلندمدت در مقیاس جهانی از داده‌های GIMMS[4] (گروه مطالعات مدل‌سازی، نقشه‌برداری و آماربرداری جهانی) و MODIS مربوط به بازه سال‌های ۲۰۱۰–۲۰۰۰ استفاده و نتایج روند حاصل از دو مجموعه داده را باهم مقایسه کردند (Fensholt *et al*., 2012). وضعیت Greening و Browning بر اساس هر دو داده به نسبت مشابه بود و بیشتر اختلافات در آمریکای جنوبی و استرالیا (نیمکره جنوبی) و نواحی قطب شمال مشاهده شد که روی‌هم رفته بین دو مجموعه داده، تطابق نزدیکی وجود داشت. کولدیتز و همکاران در مکزیک از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴ با استفاده از داده پوشش گیاهی سنجنده مودیس و استفاده از تکنیک تحلیل روند، تغییرات پوشش گیاهی را به‌دست آوردند. این مطالعه برای شناسایی روندهای قابل‌توجه گیاهی در ۱۵ سال از سری زمانی MODIS NDVI استفاده کرده است. ترکیب‌های تصویر ۱۶ روزه با تنظیم متوسط باکیفیت فیلتر شدند. رها کردن زمین در شمال مکزیک منجر به افزایش پوشش بوته‌زارها و جنگل‌های جنگلی شد. شیوه‌های مختلف استفاده از زمین به‌دلیل مقررات ایالتی، تعیین به‌عنوان مناطق حفاظت‌شده طبیعی و تغییر در الگوی بارش به روند در سری‌های زمانی NDVI مربوط می‌شود (Colditz *et al*., 2015). در زمینهٔ بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش گیاهی در ایران می‌توان به پژوهش‌های زیر اشاره نمود. دستی‌گردی و همکاران جهت بررسی روند تغییرات فعالیت پوشش‌گیاهی و معنی‌داری آن با استفاده از سری زمانی NDVI ماهواره مودیس در استان خراسان شمالی با به‌کار گرفتن روش غیر پارامتری من–کندال دریافتند پوشش گیاهی در بخش‌های شرق و شمال شرق استان به‌طور معناداری افزایش‌یافته درحالی‌که بخش جنوب

1- Greening 2- Pathfinder AVHRR Land 3- Browning 4- GIMMS Global Agricultural Monitoring

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

غربی روند کاهشی داشته است (Dastigerdi *et al*., 2022). کیاپاشا و همکاران روند بلندمدت تغییرات سبزشدگی در جنگل‌های هیرکانی را با استفاده ازسری‌های زمانی GIMMS-NDVI در طی سال‌های ۲۰۱۲-۱۹۸۱ بررسی کردند. نتایج آزمون تحلیل روند من-کندال در این تحقیق، روند Greening را در ۷۵/۳۵ درصد از سطح جنگل‌های هیرکانی نشان داد (Kiapasha *et al*., 2017a). کیاپاشا و همکاران به بررسی روند پارامترهای فنولوژیکی سطح زمین با استفاده از سری زمانی نمایه پوشش گیاهی NDVI بر اساس داده‌های ماهواره‌ای در جنگل‌های هیرکانی ایران در بازه زمانی ۱۹۸۱–۲۰۱۲ پرداختند. نتایج نشان داد که تأخیر در پایان فصل رویش (EOS[1]) با روند افزایشی دما مرتبط بود و قوی‌ترین روابط بین دما و پارامترهای فنولوژیکی را در غرب جنگل‌های هیرکانی یافتند، جایی‌که بارش فراوان بود. علاوه بر این، شروع فصل رویش (SOS[2]) به‌شدت با بارش کل و میانگین دما ارتباط دارد. این مطالعه به ما امکان می‌دهد تا محرک‌های مؤثر بر پویایی پوشش گیاهی در جنگل‌های هیرکانی ایران بهتر تخمین زده شود (Kiapasha *et al*., 2017b). عبدی و همکاران با استفاده از داده‌های (MOD13Q1) برای ارزیابی خشک‌سالی مکانی و زمانی جنگل‌های پهن‌برگ هیرکانی و مراتع نیمه استپی با استفاده از سری‌های زمانی طیف‌سنج تصویری باقدرت تفکیک مکانی متوسط در شمال شرق ایران موردبررسی قرار دادند که نتایج نشان داد درحالی‌که جنگل‌های انبوه در دوره‌های خشک‌سالی تنش‌های کمتری را در اثر خشک‌سالی‌های شدید تجربه کردند (زیاد- کم حاشیه) در همین حال، برخی از تنش‌های شدید گیاهی در مکان‌هایی با خشک‌سالی کم (کم- زیاد دورتر) رخداده است که نشانگر تأثیر سایر اختلالات ناشی از آب‌وهوا بر روی ناهنجاری‌های پوشش گیاهی است(Abdi *et al*., 2018). عبدالعلی‌زاده و همکاران با استفاده از داده‌های لندست ۸ و لندست ۵ (TM) تأثیر فعالیت‌های انسانی را بر روی پوشش گیاهی منطقه حفاظت‌شده مکاران بررسی کردند و نتایج نشان داد که مراتع منطقه به‌عنوان پوشش گیاهی غالب منطقه، روند تبدیل به مراتع فقیر و بی‌کیفیت را در پیش‌گرفته‌اند (Abdolalizadeh *et al*., 2019). عبدالعلی‌زاده و همکاران با استفاده از تصاویر OLI لندست ۸ و داده‌های میدانی کارایی ترکیب شاخص‌های پوشش گیاهی و روش‌های نمونه‌برداری میدانی برای ارزیابی تاج پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی و سخت‌گذر مانند سبلان تأیید کردند (Abdolalizadeh *et al*., 2020).

براساس گزارش سازمان جهانی خواربار، بوم‌سامانه‌های جنگلی طبیعی در ایران از سال ۱۹۹۰ در حال کاهش بوده است (FAO., 2015). فرجی و همکاران جنگل‌های شمال ایران را به‌عنوان ذخیره مهم زیست‌توده از طریق زیست‌توده بالای سطح زمین و یکی از ذخایر اصلی کربن ایران شناسایی کرده‌اند؛ بنابراین ذخایر کربن در این جنگل‌ها هم برای حفظ و کاهش تغییرات آب‌وهوایی و هم انتشار کربن در جو ضروری است (Faraji *et al*., 2015).

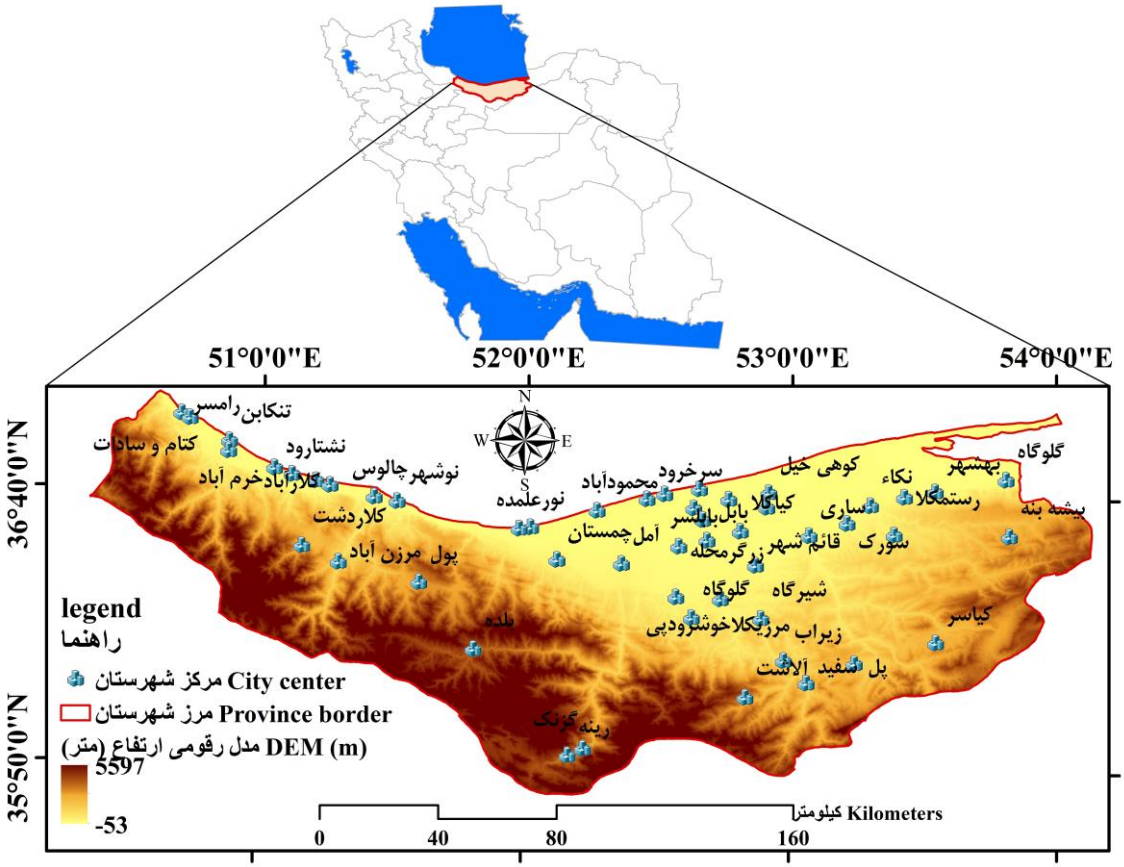
استان مازندران دارای جنگل‌های هیرکانی می‌باشد که جزئی از غنی‌ترین و منحصربه‌فردترین جنگل‌های جهان به‌شمار می‌روند. لذا بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در این منطقه اهمیت اکولوژیکی فراوانی دارد. همچنین استان مازندران دارای ۳ میلیون نفر جمعیت و رتبه نخست گردشگرپذیری در ایران را دارد. لذا مطالعه دقیق و حفظ بوم‌سامانه منطقه اهمیت زیادی دارد. از طرفی دیگر تغییر اقلیم اثرات مستقیم و غیرمستقیم قابل‌توجهی بر پوشش گیاهی داشته است، همچنین این تأثیر در اقلیم‌ها و پهنه‌های مختلف ارتفاعی به‌دلیل ایجاد شرایط نامناسب دمایی در جلگه‌ها و شرایط مناسب در بعضی از ارتفاعات بالاتر متفاوت خواهد بود لذا برای بررسی دقیق روند پوشش گیاهی باید تحلیل‌های روند به‌صورت نقطه‌ای و پیکسل به پیکسل انجام شود؛ که لزوم استفاده از تکنیک‌های بررسی روند تصاویر را نشان می‌دهد. این مطالعه به‌منظور بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی بر مبنای سری زمانی تصاویر ماهواره‌ای انجام می‌شود و با توجه به اینکه بررسی روند پیکسل به پیکسل به‌طور مجزا انجام می‌شود، نتایج آن می‌تواند برای مدیریت بهینه عرصه و شناسایی مناطق بحرانی تغییر پوشش گیاهی جهت حفاظت و احیا در برابر فرسایش خاک مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

استان مازندران با وسعتی حدود ۲۳۷۵۶.۴ کیلومترمربع، بین طول جغرافیایی ′۳۴ °۵۰ و ′۱۰ °۵۴ و عرض جغرافیایی ′۴۷ °۳۵ و ′۳۵ °۳۶ نزدیک به ۱/۴۶ از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. در استان مازندران دو عامل نزدیکی به دریای خزر در شمال و وجود رشته‌کوه‌های البرز در جنوب این منطقه محصور بین دریا و کوه را ازلحاظ آب‌وهوایی بسیار خاص کرده است. بیشترین نوسانات ارتفاعی استان‌های کشور به این استان اختصاص دارد به‌طوری‌که از بخش کم ارتفاع ساحلی که ارتفاع زیر سطح دریای آزاد دارد تا بلندترین نقطه ارتفاعی کشور، بام ایران دماوند، همگی در این استان واقع شده است. این نوسانات زیاد ارتفاعی امکان بسیار خوبی برای حوزه‌های مختلف کشاورزی و مخصوصاً گردشگری را می‌دهد. در نواحی ساحلی استان، بارش برف به‌ندرت روی می‌دهد، اما با پیش رفتن به‌سمت ارتفاعات، حجم بسیار زیادی از برف در زمستان مشاهده می‌شود. همچنین، در تابستان‌های گرم و شرجی، سواحل دریا با حرکت به‌سمت ییلاقات و ارتفاعات استان، در میانه تابستان با آب‌وهوای لطیف و مطبوعی مواجه خواهند شد. شکل ۱ موقعیت استان مازندران را روی نقشه ایران به‌همراه نقشه پستی‌وبلندی‌های استان نشان می‌دهد. استان مازندران مانند پل ارتباطی استان‌های شمال‌شرقی ایران را به استان‌های شمال‌غربی و همچنین به پایتخت ایران، یعنی تهران متصل می‌کند، این امر سبب شد تا مازندران ازنظر ارتباطی در میان بقیه استان‌های ایران از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد (Nadi and dastigerdi, 2021).

1- End of season
2- Start of season

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]



شکل ۱- موقعیت شهرهای استان و نقشه پستی و بلندی منطقه موردمطالعه

Figure 1. The location of cities and topography map of the study area

در این پژوهش، از داده‌های سری زمانی ترکیبی ۱۶ روزه MODIS-NDVI به‌نام MOD13Q1 با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. این داده از سال ماه مه ۲۰۰۰ در دسترس عموم هستند. سری زمانی می‌تواند به سه مؤلفهٔ روند، فصلی و باقی‌مانده تجزیه شود. مؤلفهٔ فصلی که دارای چرخهٔ سالانه است و به‌طور مکرر در هرسال رخ می‌دهد، ممکن است مطالعهٔ روند بلندمدت را مشکل کند. از این‌رو پیشنهاد شده است که بررسی روند بلندمدت پس از حذف مؤلفهٔ فصلی از سری زمانی انجام گیرد. سری زمانی پس از حذف مؤلفهٔ فصلی، بی‌هنجاری نامیده می‌شود. بی‌هنجاری در سری زمانی بر اساس رابطهٔ ۱ محاسبه می‌شود:

$$x_i = (v_i - \mu) \qquad (۱)$$

که xi بی‌هنجاری ۱۶ روزه هر پیکسل، vi ارزش NDVI 16 روزه و μ میانگین NDVI 16 روزه کل دوره می‌باشد.

برای بررسی و پایش پوشش گیاهی از داده‌های نمایه NDVI آماده‌شده ماهواره مودیس که نیاز به ترکیب باندی نیست استفاده شد. این نمایه برمبنای بازتاب دو باند طیفی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود که در آن R_{NIR} بازتاب باند فروسرخ نزدیک و R_{RED} بازتاب باند قرمز می‌باشد (Wu *et al.*, 2014).

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}} \qquad (۲)$$

در این پژوهش قبل از بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در منطقه، ابتدا تصاویر خام NDVI با فرمت HDF محصول از سایت ناسا دانلود شدند و از لحاظ آماری بررسی و تحلیل شدند. به‌طوری‌که ۹۲۰ تصویر سری زمانی شانزده‌روزه پوشش گیاهی نمایه NDVI پس از موزائیک‌سازی به ۴۶۰ تصویر تبدیل و با استفاده از ضرب فاکتور مقیاس[1] تصاویر به حالت استاندارد بین ۱- تا ۱+ درآمدند. برای ارزیابی روند سری در نرم‌افزار IDRISI TerrSet ابتدا تصاویر مؤلفه فصلی حذف شد. براساس این روش ارزش‌ها در یکایک پیکسل‌ها ناشی از فرایند فصل‌زدایی، کاهش می‌یابند. این کاهش ارزش‌ها ناشی از فرایند فصل‌زدایی، در پژوهش دستی‌گردی و همکاران نیز تأیید شده است (Dastigerdi *et al.*, 2024). سپس داده‌های NDVI فصل‌زدایی شده برای ارزیابی روند بلندمدت با استفاده از روش من‌کندال موردبررسی قرار گرفتند.

روند تغییرات فعالیت پوشش‌گیاهی و معنی‌داری آن در این پژوهش به‌روش غیر پارامتری من-کندال انجام گرفت. این روش ابتدا توسط Mann (1945) ارائه و سپس توسط Kendall (1948) توسعه یافت که یکی از روش‌های غیر

1- Scale Factor

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

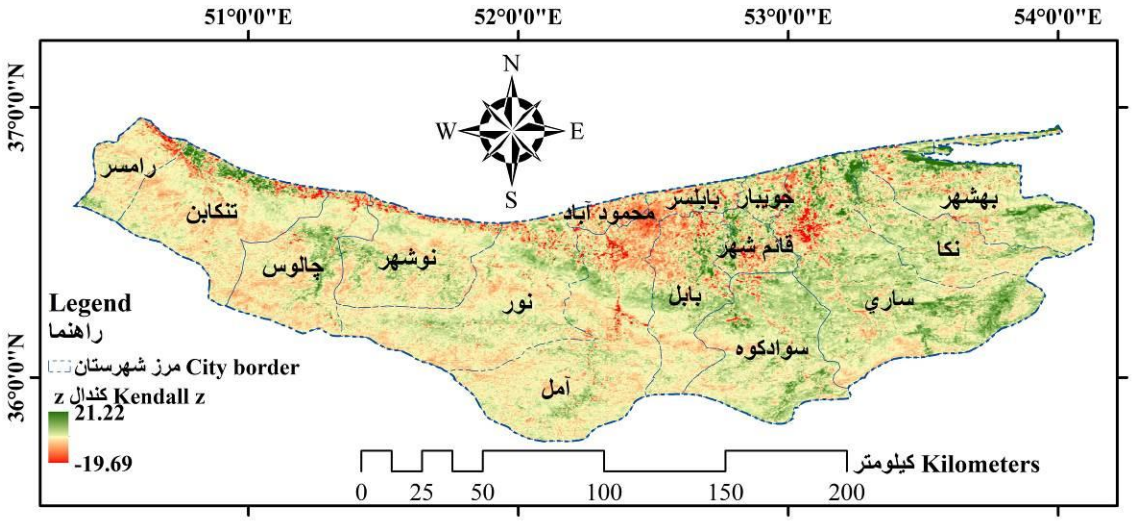
پارامتری بسیار متداول تحلیل روند در سری‌های زمانی است (Mann., 1945; Kendall., 1948). این روش برای بررسی روند در سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند مناسب بوده و به مقادیر داده‌های پرت حساسیت چندانی ندارد. در این روش هر مقدار NDVI در سری زمانی، به‌طور پیوسته و پشت سرهم با بقیه مقادیر سری مقایسه و آماره من–کندال محاسبه می‌شود. برای بررسی معنی‌داری روند از آزمون من‌کندال در نرم‌افزار IDRISITerrSet استفاده می‌شود. بر اساس پیشینه 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 تنها با عدم قطعیت اندکی همراه باشد.

نتایج و بحث

در این تحقیق با روی هم‌گذاری ۴۶۰ تصویر ماهواره‌ای NDVI نقشه روند تغییرات این نمایه به‌دست آمد که در شکل ۲ نشان داده‌شده است. بررسی این نقشه نشان داد که این روند تغییرات در کل منطقه موردمطالعه یکسان نیست، به‌طوری‌که اگر Z منفی باشد، نشان‌دهنده روند کاهشی و چنانچه Z مثبت باشد، نشان‌دهنده روند افزایشی پوشش گیاهی است.

برای به‌دست آوردن روندهای معنادار افزایشی و کاهشی پوشش گیاهی در نرم‌افزار GIS نقشه آماره Z کندال برای معنی‌داری در حدود اطمینان ۹۵ درصد: Z= ±1.96 و در حدود اطمینان ۹۹ درصد: Z= ±2.58 در سه محدوده (معنادار مثبت، بدون روند و معنادار منفی) کلاسه‌بندی و سپس مساحت هریک از مناطق افزایش و کاهش معنادار پوشش گیاهی محاسبه شد. در این تحقیق نقشه مربوط به معنی‌داری روند NDVI طی دوره ۲۰۲۰–۲۰۰۱ در سطح اطمینان ۹۵ در شکل ۳ نشان داده‌شده است.

بر اساس شکل‌های ۲ و ۳ از کل مساحت منطقه موردمطالعه ۱۶ درصد منطقه روند کاهشی پوشش گیاهی داشته و مابقی روند افزایشی را نشان می‌دهد که البته روند معنادار (۹۵ درصد) کاهش پوشش گیاهی در ۵ درصد و روند معنادار افزایشی در ۶۵ درصد از مساحت منطقه به‌وقوع پیوسته که در جدول ۱ مساحت مربوط به هر کلاس روند موجود می‌باشد. براساس شکل ۳ مناطق مرتفع استان به‌خصوص ارتفاعات شرقی طی سال‌های ۲۰۰۱– ۲۰۲۰ روند افزایشی پوشش گیاهی را تجربه نموده است. در دشت‌های مازندران به‌دلیل فعالیت‌های انسانی، تغییر کاربری اراضی و توسعه شهرنشینی روند کاهش پوشش گیاهی بیشتری قابل‌مشاهده هست. بیشترین روند تغییرات افزایش پوشش گیاهی معنی‌دار در بخش‌های مانند چهاردانگه، دودانگه، کلیجان رستاق، یانه سر، هزار جریب، سوادکوه، لاریجان، بلده، کجور و بیشترین روند تغییرات کاهش پوشش گیاهی معنی‌دار در بخش‌های مانند ساری، قائم‌شهر، سرخرود، بهنمیر، بابلسر، لاله‌آباد، محمودآباد، آمل، نور، نوشهر، چالوس، رامسر و تنکابن می‌باشد.

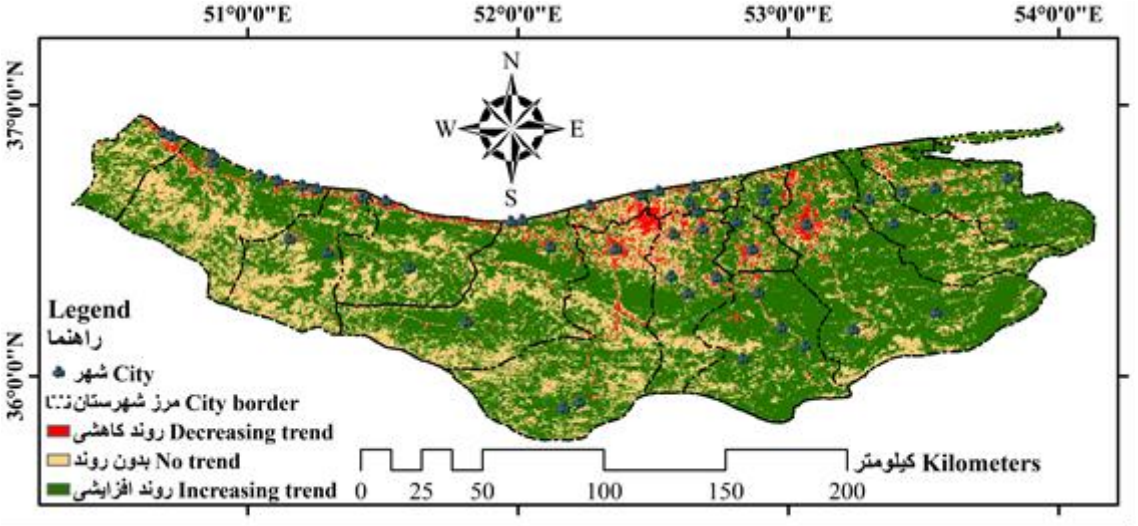


شکل ۲- پراکنش مکانی آماره‌های Z آزمون من‌کندال در دوره ۲۰۲۰–۲۰۰۱

Figure 2. Spatial distribution of Z statistics of Man Kendall test in the period 2001-2020

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]



شکل ۳- نقشه معنی‌داری روند پوشش گیاهی در سطح اطمینان ۹۵ درصد در شهرستان‌های استان

Figure 3. Significant maps of 5% the observed trends based on Z statistics of Mann-Kendall test from Modis time series data from 2001 to 2020

جدول ۱- مساحت مناطق دارای روند معنی‌دار مثبت و منفی در سطح اطمینان ۹۵ درصد

Table 1. Area of areas with significant positive and negative trends at the level of 95%

نوع روند type trend	درصد Percent	مساحت (کیلومترمربع) Area(km2)
منفی Negative	5	995
بدون روند No Trend	30	7032
مثبت Positive	65	15728

برای بررسی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر تغییرات پوشش گیاهی از نقشه موقعیت شهرستان‌ها در شکل ۳ استفاده شد. همان‌طور که در این شکل مشخص است روند معنادار افزایش پوشش گیاهی در ارتفاعات شرقی نسبت به ارتفاعات غربی مشهودتر است که دلیل آن اولاً گرم‌تر بودن بخش شرقی مازندران نسبت به بخش غربی این استان بوده و همچنین وجود قلل مرتفع استان مانند دماوند و علم‌کوه می‌باشد. دوماً وقوع تغییر اقلیم و گرمایش اخیر جهانی موجب شده است که ارتفاعات شرقی برای رشد پوشش گیاهی شرایط مناسب‌تر دمایی نسبت به ارتفاعات غربی را تجربه نماید. البته کیاپاشا و همکاران در مطالعه‌ای بر جنگل‌های هیرکانی در ارتفاعات خزری به این نتیجه دست‌یافته‌اند که در ارتفاعات خزری متغیر دما نسبت به بارش عامل اثرگذارتری بر رشد پوشش گیاهی باشد (Kiapasha *et al.*, 2017).

اما بررسی مناطق با روند معنادار کاهش پوشش گیاهی در شکل ۳ نشان داد که پوشش گیاهی حاشیه ساحلی و کم‌ارتفاع به‌خصوص سواحل مرکزی و غرب در ۲۰ سال اخیر ازدست‌رفته است همچنین حاشیه شهرهای بزرگ استان مانند شهرهای ساری، قائم‌شهر، بابل و آمل کاهش شدید پوشش گیاهی را تجربه نموده‌اند. اما بررسی دقیق‌تر نشان داد بزرگ‌ترین هسته کاهش پوشش گیاهی در منطقه‌ای بین محمودآباد و آمل حوالی شهر سرخرود به‌وقوع پیوسته به‌طوری‌که مساحت تخریب پوشش گیاهی از پرجمعیت‌ترین شهر استان یعنی شهر ساری نیز وسیع‌تر است درحالی‌که جمعیت شهری و توسعه صنعتی آن نسبت به شهر ساری به‌مراتب کمتر است؛ بنابراین توسعه شهری و اقتصادی عامل این کاهش پوشش گیاهی نمی‌تواند باشد بلکه تغییر شدید کاربری اراضی کشاورزی و شالیزاری و باغات مرکبات به واحدهای مسکونی، آپارتمانی و ویلایی در این منطقه عامل اصلی از دست رفتن پوشش گیاهی در این منطقه است

تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی اطراف جاده‌های اصلی استان

به‌طورکلی مسیرهای منتهی به استان مازندران شامل ۶ مسیر اصلی می‌باشد. در این پژوهش به روند تغییرات پوشش گیاهی در هر مسیر طبق شکل ۴ پرداخته شد؛

تغییرات پوشش گیاهی در جاده گرگان؛ بررسی‌های انجام‌شده در مسیر گرگان به ساری که تنها راه ارتباطی به استان‌های شرقی منطقه موردمطالعه است نشان داد پوشش گیاهی در اطراف مسیر روند کاهشی دارد. این روند کاهشی در نزدیکی شهرهای گلوگاه، بهشهر، رستمکلا و نکا و همچنین اطراف جاده زاغمرز و میانکاله با شدت بیشتری ادامه یافته است.

تغییرات پوشش گیاهی در جاده کیاسر؛ در این مسیر از سمت دامغان به ساری و در ارتفاعات افزایش معنادار پوشش

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

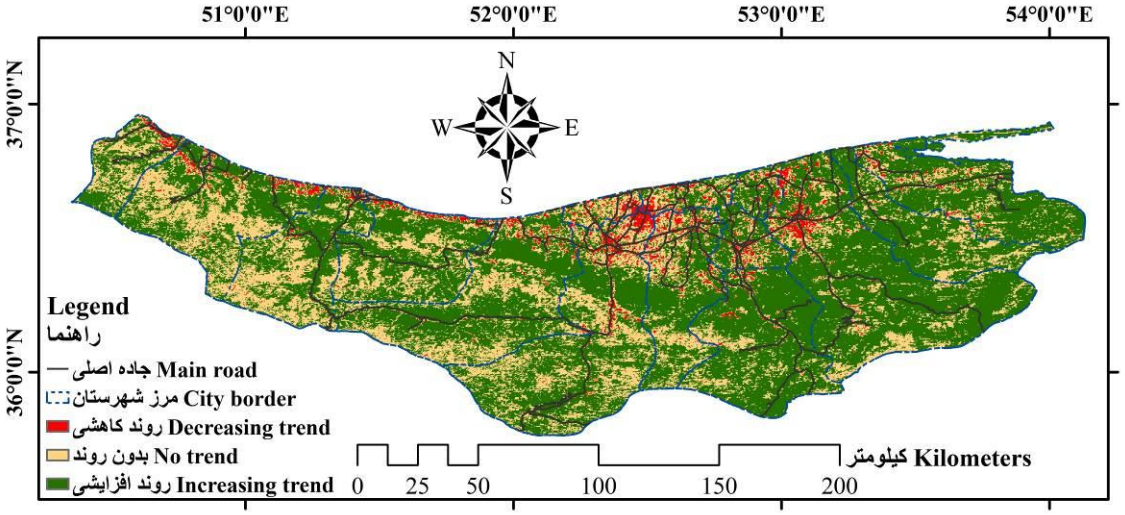
گیاهی تا سه‌راهی پل تاکام نمایان است اما از سه‌راهی پل تاکام تا ساری روند کاهشی پوشش گیاهی شدیدتر شده و بیشترین روند کاهشی در حاشیه جنوبی شهر ساری رخ‌داده است.

تغییرات پوشش گیاهی در جاده فیروزکوه؛ در این مسیر از جنوب به شمال تغییرات پوشش گیاهی تا پل‌سفید روند افزایشی را به‌خود نشان داده است اما از منطقه پل‌سفید تا شیرگاه پوشش گیاهی روند کاهشی را تجربه نموده که بیشترین شدت کاهش پوشش گیاهی از شیرگاه تا شهر قائم‌شهر می‌باشد. همچنین در مسیر جاده پل سفید به ساری از سمت منطقه دودانگه، در ابتدای مسیر یعنی از پل سفید تا روستای فریم اطراف جاده اصلی تغییرات روند افزایشی و یا بدون روند را از خود نشان داده است اما با عبور جاده از منطقه فریم و دودانگه تا دریاچه سد شهید رجایی پوشش گیاهی مناطق نزدیک به این جاده روند تخریب پوشش گیاهی را به‌طور معناداری درک نموده است.

تغییرات پوشش گیاهی در جاده هراز؛ به‌طورکلی در بین جاده‌های موردبررسی شدیدترین تخریب پوشش گیاهی در این مسیر مشاهده شد بدین‌صورت که از جنوب به شمال جاده هراز تغییرات پوشش گیاهی تا روستای کندوا روند کاهشی کمی را نشان داده اما از منطقه کندوا تا روستای زرکه روند کاهش پوشش گیاهی شدیدتر شده و در ادامه مسیر تا شهر آمل نیز روند کاهش معنادار پوشش گیاهی مشاهده شد. به‌علاوه در یکی از راه‌های فرعی و مهم منتهی به این جاده در منطقه چلاو تا فیلبند نیز تخریب شدید پوشش گیاهی نمایان است.

تغییرات پوشش گیاهی در جاده چالوس؛ در سرتاسر حاشیه جاده چالوس به‌جز بخش انتهایی و ساحلی آن، کاهش پوشش گیاهی مشاهده نشد که ممکن است به‌دلیل تیپ کوهستانی و حاشیه‌های پرشیب اطراف این جاده باشد که امکان تغییر کاربری و تخریب پوشش گیاهی را خوشبختانه فراهم ننموده است.

تغییرات پوشش گیاهی در جاده رامسر؛ بررسی شکل ۴ نشان می‌دهد در سرتاسر جاده ساحلی از بخش مرکزی تا منتهی‌الیه غرب استان پوشش گیاهی متأسفانه به‌طور معناداری در حال کاهش بوده که عمده این تغییرات از اراضی کشاورزی و باغی و منابع طبیعی به مسکونی و آپارتمانی بوده است.



شکل ۴- نقشه معناداری روند پوشش گیاهی در سطح اطمینان ۹۵ درصد به همراه جاده‌های اصلی استان
Figure 4. Vegetation trend map along with the main roads of the province

تحلیل روند تغییرات NDVI در شهرستان‌های استان

با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ کاملاً مشخص است که تغییرات پوشش گیاهی ۲۰ سال اخیر در سرتاسر استان یکسان نبوده و بخش‌های مرکزی استان و سواحل کاهش بیشتری را تجربه کرده‌اند. بدین‌منظور در جدول ۲ مساحت مناطق با روندهای افزایشی و کاهشی معنادار و بدون روند در شهرستان‌های مختلف از غرب به شرق برحسب کیلومترمربع و درصد نشان داده‌شده است. از دیدگاه مساحتی بیشترین کاهش پوشش گیاهی در شهرستان آمل با ۱۷۴ کیلومترمربع و پس‌ازآن به‌ترتیب در شهرستان‌های ساری و بابل رخ‌داده است همچنین بیشترین مساحت افزایش پوشش گیاهی نیز در شهرستان‌های ساری، آمل و سوادکوه به‌وقوع پیوسته است. البته وقوع بیشترین مساحت کاهشی و افزایشی پوشش گیاهی هم‌زمان در شهرستان‌های آمل و ساری منطقی بوده و دلیل آن ابعاد بزرگ این دو شهرستان در استان مازندران است. لذا برای درک دقیق‌تر اثرات مدیریت شهرستانی، مساحت روندهای مختلف به‌صورت درصدی در هر شهرستان نیز محاسبه شد که در جدول ۲ در داخل پرانتز نشان داده شده‌است. بررسی این نتایج نشان می‌دهد بیشترین درصد کاهش پوشش گیاهی در شهرستان‌های محمودآباد، بابلسر، جویبار و قائم‌شهر به‌وقوع پیوسته و شهرستان‌های نکا، چالوس، نور و نوشهر کمترین درصد کاهش پوشش گیاهی را تجربه نموده‌اند. همچنین در شهرستان سوادکوه بیشترین روند افزایش معنادار پوشش گیاهی به میزان ۸۲ درصد به وقوع پیوست و پس‌ازآن شهرستان‌های نکا، بهشهر و ساری در رتبه‌های بعد قرار گرفتند. بررسی درصد مناطق بدون روند

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

پوشش گیاهی به‌خوبی نشان می‌دهد که با حرکت از سمت غرب به شرق استان از درصد مناطق بدون روند کاسته می‌شود و به درصد مناطق دارای روند مثبت پوشش گیاهی اضافه می‌شود.

جدول ۲- مساحت مناطق با روندهای مختلف در شهرستان‌های استان (کیلومترمربع/درصد)

Table 2. Area (Km2/ Percent) trends of cities

شهرستان City	روند کاهشی Declining trend	بدون روند No trend	روند افزایشی Increasing trend
رامسر Ramsar	37(5)	301(41)	392(54)
تنکابن Tonekabon	82(4)	883(42)	1154(54)
چالوس Chalus	35(2)	696(43)	871(54)
نوشهر Nowshahr	53(3)	534(32)	1100(65)
نور Noor	66(2)	846(32)	1760(66)
آمل Amol	174(5)	1134(36)	1882(59)
محمودآباد Abad Mahmood	52(19)	142(53)	73(27)
بابل Babol	108(7)	507(34)	894(59)
بابلسر Babolsar	63(17)	139(38)	160(44)
سوادکوه Savadkoh	35(2)	351(16)	1746(82)
قائم‌شهر Ghaemshahr	47(10)	121(25)	313(65)
جویبار Joibar	24(9)	73(26)	184(65)
ساری sari	159(4)	684(19)	2801(77)
نکا Neka	12(1)	285(21)	1035(78)
بهشهر Behshahr	49(3)	336(19)	1362(78)
کل استان province The entire	995(5)	7032(30)	15728(65)

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش که با هدف بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران در طی دورهٔ زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ انجام گرفت، از داده‌های سری زمانی ۱۶ NDVI روزه سنجنده MODIS با اندازه پیکسل ۲۵۰ متر استفاده شد.

بر اساس نتایج این پژوهش، ۶۵ درصد منطقه افزایش معنادار پوشش گیاهی را در ۲۰ سال اخیر تجربه نموده است. که این افزایش بیشتر در ارتفاعات و به‌ویژه در مناطق خارج از شهرها و جاده‌های استان رخداده است. افزایش پوشش گیاهی در ارتفاعات می‌تواند با افزایش دمای ناشی از گرمایش جهانی مرتبط باشد که شرایط زیستی برای گیاهان در ارتفاعات مناسب شده باشد. نتایج این مطالعه با نتایج کیاپاشا و همکاران، که به تجزیه‌وتحلیل روند پارامترهای مشتق‌شده از فنولوژی سطح زمین با استفاده از سری زمانی NDVI در جنگل‌های هیرکانی ایران در دوره زمانی ۱۹۸۱-۲۰۱۲ انجام شد هم‌خوانی دارد (Kiapasha *et al.*, 2017). البته روند افزایشی پوشش گیاهی در ارتفاعات به‌دلیل گرمایش جهانی و افزایش CO_2 به‌دلیل فعالیت‌های انسانی در مطالعات (Keller *et al*., 2000; Gutiérrez-Girón *et al*., 2015; KC and Ghimire., 2015) نیز مشاهده‌شده است. روند کاهش معنی‌دار پوشش گیاهی در ۵ درصد از مساحت استان به وقوع پیوسته که این کاهش‌ها بیشتر در دشت‌ها و نوار ساحلی، ارتفاعات پایین و با شیب کم، حاشیه شهرها و جاده‌های منطقه موردمطالعه مشاهده شد. در مناطق حاشیه‌ای جاده‌های رامسر به استان غربی هم‌جوار، گرگان ساری، تهران چالوس، هراز و فیروزکوه نیز پوشش گیاهی در حال تخریب بوده که می‌تواند از عمده دلایل آن افزایش بار ترافیکی، تغییرات کاربری و ساخت اماکن تفریحی و ویلاسازی باشد. البته ارتفاعات استان نیز مانند جاده چلاو، فیلبند، فریم و ارتفاعات ییلاقی نیز متاسفانه درحال تخریب می‌باشد. به‌طورکلی در دهه‌های اخیر در استان مازندران بحران‌های مخرب انسانی مانند تخریب اراضی و تبدیل اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی و خشک‌شدن چشمه‌های طبیعی در پی خشک‌سالی‌ها و وابستگی مردم محلی در بعضی مناطق به جنگل و مرتع موجب کاهش پوشش گیاهی شده است؛ اما در ارتفاعات برخلاف مساحت کمتر کاهش پوشش گیاهی نسبت

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]
[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

به مناطق پایین‌دست، روند موجود نگران‌کننده بوده چراکه علاوه بر حضور جنگل‌های ارزشمند هیرکانی در ارتفاعات این استان و لزوم حفظ و حراست از آن ارتفاعات استان مازندران تأمین‌کننده منابع پایدار آب استان نیز می‌باشند.

نتایج این تحقیق نشان داد با حرکت از غرب به شرق استان از مناطق بدون روند کاسته‌شده و مناطق دارای روند افزایش معنادار پوشش گیاهی افزوده می‌شود. به‌عبارتی ارتفاعات شرقی استان بیشترین افزایش پوشش گیاهی را در ۲۰ سال گذشته تجربه نموده‌اند؛ اما اینکه چرا این افزایش پوشش گیاهی در ارتفاعات غربی استان علی‌رغم بارش‌های بیشتر و شرایط رطوبتی مناسب‌تر به وقوع نپیوسته است را می‌توان در این نکته یافت که اساساً از غرب به شرق استان دما افزایش می‌یابد و از طرفی با توجه به وقوع اثرات تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر، ارتفاعات شرقی استان در حال تجربه شرایط مناسب‌تر دمایی می‌باشند و ممکن است در دهه‌های پیش رو ارتفاعات غربی نیز شرایط فعلی ارتفاعات شرقی را تجربه نمایند اما مشخص نیست که در آن زمان جنگل‌های هیرکانی شرقی با افزایش دمایی چه شرایطی را تجربه خواهند نمود. تحقیقات تکمیلی شامل بررسی روند تغییرات عوامل اقلیمی اصلی تأثیرگذار بر فعالیت پوشش گیاهی و کشف ارتباط متغیرهای اقلیمی و پوشش گیاهی می‌تواند در جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی و حفظ بوم‌سامانه منطقه مناسب برای انجام مدیریت بهینه عرصه و شناسایی مناطق بحرانی جهت حفاظت و احیا در برابر فرسایش خاک رواناب و معیشت و ... مؤثر خواهد بود.

References

Abdi, O., Shirvani, Z., & Buchroithner, M.F. (2018). Spatiotemporal drought evaluation of Hyrcanian deciduous forests and semi-steppe rangelands using moderate resolution imaging spectroradiometer time series in Northeast Iran. *Land Degradation & Development*, 29, 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 Environmental Change*, 19, 1683–1699. https://doi.org/10.1007/s10113-019-01504-9

Abdolalizadeh, Z., Ghorbani, A., Mostafazadeh, R., & Moameri, M. (2020). Rangeland canopy cover estimation using Landsat OLI data and vegetation indices in Sabalan rangelands, Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, *13*, 1-13.

Akbarzadeh, M., & Mirhaji, S.T. (2006). Vegetation changes under precipitation in Steppic rangelands Rudshur. *Iranian Journal of range and desert reaserch* 13(3), 222-235.

Arefzadeh, M., Race Abbasi., H., Solar, M., Mahmoudzadeh, A., Shamsi, M., Farrokhi, H., Mohammadpour, T., Aghamalaei, E., Nodehi, F., & Shadloo, M. (2020), Khorasan Razavi Province, 10th grade, high school, Iran Textbook Publishing Company, Tehran, Iran, 15-3 (In Persian)

Bonan, G.B., (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. *Science*, 320, 1444–1449. https://doi.org/10.1126/science.1155121

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.

Craine, J.M., Nippert, J.B., Elmore, A.J., Skibbe, A.M., Hutchinson, S.L., & Brunsell, N.A., (2012). Timing of climate variability and grassland productivity. *PNAS*, 109 (9), 3401-3405.

Dastigerdi, M., Nadi, M., Sarjaz, M. R., & Kiapasha, K. (2022). Vegetation trend analysis using NDVI time series of Modis satellite in the northeast of Iran. *Journal of Water and Soil Conservation*, *29*(1), 135-150 (In Persian).

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), 1-16.

De Beurs, K.M., & Henebry, G.M. (2005). Land surface phenology and temperature variation in the International Geosphere-Biosphere Program high-latitude transects. *Global Change Biology*, 11(5), 779-790.

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), 692-702.

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. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 38, 175–183.

Fensholt, R., & Proud, S.R. (2012). Evaluation of earth observation based global long term vegetation trends — Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series. *Remote Sensing of Environment*, 119, 131-147.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

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*, 1-8.

Hashemi Darreh Badami, S., Nouraei Sefat, A., Karimi, S., & theoretical, A. (2015) .Analysis of the development trend of urban heat island in relation to land use change / cover using the time series of Landsat images. *Remote Sensing and Geographic Information System in Natural Resources*, 6(3), 28-15 (In Persian).

Hosseini S.M. (2010). Forest operations management and timber products in the Hyrcanian forests of Iran. *FORMEC in Forest engineering: Meeting the needs of the society and the environment*, July 11 – 14, Padova – Italy.

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, 609–620. https://doi.org/10.1007/s11629-013-2652-2

Jafari, T., Maghami Moghim, Gh., & Azimian, M. (2020), North Khorasan Province, Tenth Grade, Secondary School, Iran Textbook Publishing Company, Tehran, Iran, 172 (In persian).

Jiang, W., Yuan, L., Wang, W., Cao, R., Zhang, Y., & Shen, W. (2015**).** Spatio-Temporal Analysis of Vegetation Variation in the Yellow River Basin. *Ecol*ogical Indicator, 51, 117–126.

Kalbi S., Fallah A., & Shataee S.H. (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, 083632. https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083632

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*, 177-187.

Keller, F., Kienast, F., & Beniston, M. (2000). Evidence of response of vegetation to environmental change on high-elevation sites in the Swiss Alps. *Regional Environmental Change*, *1*, 70-77.

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

Kiapasha, K., Darvishsefat, A. A., Julien, Y., Sobrino, J. A., Zargham, N., Attarod, P., & Schaepman, M. E. (2017). 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), 4961-4970.

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), 409-420.

Kim, J.Y., Rastogi, G., Do, Y., Kim, D.-K., Muduli, P.R., Samal, R.N., Pattnaik, A.K., & Joo, G.-J. (2015). Trends in a Satellite-Derived Vegetation Index and Environmental Variables in a Restored Brackish Lagoon. *Glob Ecol*. Conserv.4, 614–624.

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, 24-35.

Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica., 13, 245–259.

Marvie-Mohadjer, M. R. (2012). Silviculture. Tehran, University of Tehran Press, 400. (in Persian)

Masihpour, M., Darvish Sefat, A., & Rahmani, R. (2019). Analysis of long-term trend of vegetation changes using MODIS-NDVI time series (Case study: Kurdistan province). *Forests and wood products (Iranian natural resources)*, 72(3), 193-204 (In persian).

Mirahsani, M., Salman Mahini, AR, Sufyanian, AR, Modares, R., Jafari, R. Mohammadi, J. (2017). Evaluation of Vegetation Water Storage Index (VSWI) Time series images of Madis sensor in drought monitoring of Gavkhooni watershed, *Journal of Applied Ecology*, 4, 47-31 (In Persian.)

Moradi, F., Mokhtari, M.H., & Ardakhni, A. (2013). "Compare of Techniques of urban areas and changes in land use optimization models to assess changes using remote sensing and GIS". International congress of Civil and Architectural Engineering Sustainable Urban Development. Tabriz (In Persian).

Nadi, M., & Dastigerdi, M. (2021). Preparation of climate map of Mazandaran province with extended Demarten method. *the second national conference on environmental changes using remote sensing and GIS technology* (In Persian).

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, 31–44.

Niromand, H., & And Bozornia, M., 2010. Introduction to time series. Ferdowsi University of Mashhad (In Persian).

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, 59-72.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]

Sagheb-Talebi K., Sajedi T., & Pourhashemi, M. (2014). Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future, 10, 39–151.

Shenani Houizeh, S.M., & Zarei, H. (2017). Investigation of land use changes during two decades of time period (case study: Abu al-Abbas watershed). *Journal of Watershed Management Research*, *7*(14), 244-237.

Siadati S., Moradi H., Attar F., Etemad V., Hamzeh'ee B.E.H.N.A.M. Naqinezhad A., (2010). Botanical diversity of Hyrcanian forests; a case study of a transect in the Kheyrud protected lowland mountain forests in northern Iran. *Phytotaxa*, 7, 1–18.

Tajiki, M., Najafinejad, A., Gholipour, M., Siroosi, H., Sadodin, A., Sheikh, V.B., Zare Garizi, A., & Halisaz, A. (2022). Efficiency of Watershed Management Measures on Erosion and Sedimentation of Qarnaveh watershed, Golestan Province. *Journal of Watershed Management Research*, *13*(26), 163-177.

Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127–150.

Wang, D., & Alimohammadi, N. (2012). Responses of annual runoff, evaporation, and storage change to climate variability at the watershed scale. *Water Resour*. Res. 48(5), 5546. https://doi.org/10.1029/2011WR011444.

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 Sensing*, 11, 2475.

Willis, K.S. (2015). Remote sensing change detection for ecological monitoring in United States protected areas. *Biological Conservation*, 182, 233-242.

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), 4217-4239.

Xiao, J., & Moody, A. (2005). Geographical distribution of global greening trends and their climatic correlates: 1982–1998. *International Journal of Remote Sensing*, 26(11), 2371-2390.

Yang, J., Weisberg, P.J., & Bristow, N.A. (2012). Landsat remote sensing approaches for monitoring long-term tree cover dynamics in semi-arid woodlands: Comparison of vegetation indices and spectral mixture analysis. *Remote Sensing of Environment* 119, 62-71.

Zhou, L., Tian, Y., Myneni, R. B., Ciais, P., Saatchi, S., Liu, Y. Y., Piao, S., Chen, H., Vermote, E.F., Song, C., & Hwang, T. (2014). Widespread decline of Congo rainforest greenness in the past decade. *Nature*, *509*(7498), 86-90.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-11-12]

[DOI: 10.61186/jwmr.15.2.105]