



Detecting the Spatiotemporal Relationship of Vegetation Changes with Climatic Elements in Mazandaran Province

Mohadeseh Ghanbari Motlagh^{1*}, Behzad Amraei²

¹ Department of Forestry, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Biology, Payam Noor University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 10 February 2020

Accepted 20 June 2020

Available online 11 August 2020

Keywords:

MODIS, EVI, Regression Analysis, Tabulate Area Analysis, Climate variable.

Citation: Ghanbari Motlagh, M., Amraei, B. (2020). Detecting the Spatiotemporal Relationship of Vegetation Changes with Climatic Elements in Mazandaran Province. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (2), 37-55.

doi: [10.22126/GES.2020.5031.2193](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5031.2193)

ABSTRACT

Climate variables and their fluctuations dramatically affect terrestrial ecosystems and their variations. Vegetation indices have been used in numerous studies to investigate the relationship between ecosystem changes and climate parameters. In this study, GIS based spatiotemporal analyses were applied to model the relationship between vegetation variations based on the EVI-MODIS and its response to land surface temperature (LST) and rainfall in Mazandaran province during the period of 2000-2016. The LST parameter was derived from the MODIS data and rainfall parameter was achieved via meteorological station data in the region. Correlation and linear regression analyses were used to study the relationship between spatiotemporal enhanced vegetation index (EVI) and two climatic parameters. The findings indicated that the EVI had a rising trend over the study period which was mostly due to the increase in paddy fields. There was also a significant spatial correlation between EVI and LST which was significant and direct in the winter months and reversed during summer. The tabulate area analysis showed that throughout the winter months the spatial distribution of the highest EVI pixels matched to the maximum temperature pixels (20 to 27 °C), while during June to September, the maximum EVI values were related to the areas in which the LST was less than 25 °C. Although there was no significant relationship between EVI/MODIS and rainfall in studied area, they reached a peak with a lag time of 1/5 to 2/5 months in the spring. The final results showed that the temperature is the main EVI climate factor in region and MODIS products have high potential to reveal the spatiotemporal dynamics of vegetation, the impact of human factors and its relation with the climatic factors of temperature and rainfall in the region.



آشکار سازی ارتباط زمانی - مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی

محدثه قنبری مطلق^{۱*}، بهزاد امرایی^۲

^۱گروه جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
^۲گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

متغیرهای اقلیمی و نوسانات آن به طور چشم گیری روی اکوسیستم های خشکی و تغییرات آن ها اثر گذارند. در پژوهش های بسیاری از شاخص های گیاهی برای بررسی ارتباط بین تغییرات اکوسیستم ها و پارامترهای اقلیمی استفاده شده است. در نوشتار پیش رو، از آنالیز مکانی و زمانی سیستم اطلاعات جغرافیایی برای مدل سازی رابطه تغییرات پوشش گیاهی بر پایه شاخص پوشش گیاهی بارز سازی شده سنجنده مادیس و پاسخ آن به دمای سطح زمین و بارش در استان مازندران در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شد. پارامتر دمای سطح زمین از اطلاعات ماهواره مادیس و پارامتر بارش با استفاده از اطلاعات ایستگاه های هواشناسی منطقه به دست آمد. آنالیزهای همبستگی و رگرسیون خطی برای بررسی رابطه زمانی - مکانی شاخص پوشش گیاهی و دو پارامتر اقلیمی انجام گرفت. نتایج بیانگر آن بود که طی دوره مورد بررسی، متوسط شاخص سبزیگی استان روند افزایشی در طول داشته است؛ در حالی که عرصه های جنگلی استان روند کاهش را طی دوره مورد پژوهش نشان داده اند. نتایج بررسی های میدانی این تناقض را با افزایش در شالیزارهای منطقه نشان می داد. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که همبستگی مکانی معنی داری بین دینامیک پوشش گیاهی با دمای سطح زمین وجود داشته که در ماه های زمستان، این ارتباط معنی دار و مستقیم و در تابستان معکوس بوده است. آنالیز تحلیل انطباقی نشان داد که در طول ماه های زمستان، توزیع مکانی پیکسل های با بیشترین مقدار شاخص پوشش گیاهی با پیکسل های با حداکثر دما (۲۰ تا ۲۷ درجه سانتی گراد) مطابقت داشته، در حالی که در طول ژوئن تا سپتامبر، حداکثر مقادیر پوشش گیاهی مربوط به مناطقی بود که دمای کمتر از ۲۵ درجه داشته است؛ اما همبستگی پوشش گیاهی با بارش به صورت فضایی با تأخیری دو ماهه در فصل بهار به پیک می رسد.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۱ بهمن ۱۳۹۸

پذیرش ۳۱ خرداد ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۱ مرداد ۱۳۹۹

کلیدواژه ها:

سنجنده مادیس، شاخص پوشش گیاهی بارز سازی شده، آنالیز رگرسیونی، تحلیل انطباقی، متغیر اقلیمی.

استناد: قنبری مطلق، محدثه؛ امرایی، بهزاد (۱۳۹۹). آشکار سازی ارتباط زمانی مکانی تغییرات پوشش گیاهی در استان مازندران با عناصر اقلیمی. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۲)، ۳۷-۵۵.

doi: [10.22126/GES.2020.5031.2193](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5031.2193)

مقدمه

پوشش گیاهی به مثابه رابط بین اتمسفر، خاک و آب در اکوسیستم خشکی، از راه فعالیت‌هایی همچون فتوسنتز، تبخیر و تعرق، تغییر دادن ضریب آلبیدو و ناهموازی، نقش مهمی در تنظیم چرخه جهانی کربن، چرخه آب، تبدلات انرژی و ثبات اقلیم جهانی بازی می‌کند (ژونگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۰؛ ریچارد و پوکارد^۲، ۱۹۹۸؛ بائو^۳ و همکاران، ۲۰۱۴؛ چوآی^۴ و همکاران، ۲۰۱۳؛ گو^۵ و همکاران، ۲۰۱۴؛ لوآن^۶ و همکاران، ۲۰۱۸)؛ به طوری که هر نوع تغییرات و نوسانات در کیفیت و کمیت آن، به منزله شاخص جامعی، بازتاب‌دهنده تغییرات در محیط اطراف آن و شرایط اقلیمی حاکم بر آن است (ژن^۷ و همکاران، ۲۰۰۸؛ هی^۸ و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیلی^۹ و همکاران، ۲۰۱۴؛ دینگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۷؛ گو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۴ ب). مطالعات نشان می‌دهد که اقلیم به عنوان عامل محیطی غالب و کنترل‌کننده - به ویژه دو پارامتر اصلی دما و بارش - سهم بسیار زیادی در پراکنش انواع پوشش گیاهی در اکوسیستم خشکی، تنوع زمانی و مکانی و تغییرات آن‌ها در مقیاس جهانی و محلی دارد (لوآن و همکاران، ۲۰۱۸؛ ژونگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ چانگ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۴؛ رینولدز^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۸).

وجود شواهد محکم در راستای رابطه قوی و اثرات متقابل بین پوشش گیاهی اکوسیستم‌های خشکی و تنوع و تفاوت‌های اقلیمی، مطالعه پایش و تغییرات پوشش گیاهی به ویژه تعیین الگوی مکانی - زمانی این تغییرات و بررسی پاسخ آن به تغییرات، پارامترهای اقلیمی را به یکی از اصلی‌ترین زمینه‌های پژوهشی در سطح جهانی تبدیل کرده است (ریچارد و پوکارد، ۱۹۹۸؛ گو و همکاران، ۲۰۱۴ الف؛ ژن و همکاران، ۲۰۰۸؛ کافمن^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۳).

پیشرفت‌های اخیر سنجش از دوری، به خصوص با اطلاعات بیشتری که از سنسورهای چندطیفی و چندزمانی با طیف وسیعی از انواع ماهواره‌ها نظیر نوا^{۱۵}، لندست^{۱۶}، مادیس از حدود دهه ۱۹۸۰ به دست آمده (حلیمی^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۸؛ ژونگ و همکاران، ۲۰۱۰؛ چوآی و همکاران، ۲۰۱۳)، توانسته است به طور وسیعی روش‌های مؤثری برای مطالعات پراکنش و پایش تغییرات پوشش گیاهی و رابطه آن با پارامترهای اقلیمی در مقیاس‌های فصلی، سالانه، محلی، منطقه‌ای و جهانی ایجاد کند (چن^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۶؛ لو^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۵). از این میان، سنجنده مادیس ناسا از ماهواره ترا^{۲۰} و آکوآ^{۲۱}، با ۳۶ باند که باند ۱ و ۲ آن با توان تفکیک مکانی ۲۵۰ متری،

- 1- Zhong
- 2- Richard & Pocard
- 3- Bao
- 4- Chuai
- 5- Xu
- 6- Luan
- 7- Xin
- 8- He
- 9- Leilei
- 10- Ding
- 11- Guo
- 12- Chang
- 13- Raynolds
- 14- Kaufmann
- 15- NOAA/AVHRR
- 16- LANDSAT
- 17- Halimi
- 18- Chen
- 19- Lu
- 20- Terra
- 21- AQUA

باند ۳ تا ۷، با توان تفکیک ۵۰۰ متری و باند ۸ تا ۳۶ با توان تفکیک یک کیلومتر به‌طور وسیعی در پژوهش‌های اخیر استفاده شده است (تستا^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

وجه اشتراک این مطالعات، استفاده از انواع شاخص‌های پوشش گیاهی استخراج‌شده از ماهواره‌ها همچون شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده (ان.دی.وی.آی.^۲)، شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده^۳، شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌شده با خاک (اس.ای.وی.آی.^۴) و غیره است (بائو و همکاران، ۲۰۱۴؛ چانگ و همکاران، ۲۰۱۴). شاخص‌های پوشش گیاهی فاکتور تعیین‌کننده مهم برای بررسی تغییرات تراکم، تغییرات تاج‌پوشش، رویش، بیوماس، فنولوژی، طبقه‌بندی پوشش گیاهی و غیره هستند (گو و همکاران، ۲۰۱۴؛ چن^۵ و همکاران، ۲۰۱۶؛ حسین^۶ و همکاران، ۲۰۱۷؛ مطلق^۷ و همکاران، ۲۰۱۸؛ هیوته^۸ و همکاران، ۲۰۰۲). شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده به‌مثابه پرکاربردترین شاخص، به کلروفیل، درصد پوشش گیاهی و تراکم و پویایی آن حساس است (حسین و همکاران، ۲۰۱۷) درحالی که شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده، حساسیت و پاسخ‌گویی بیشتری به متغیرهای ساختاری همچون شاخص سطح برگ (ال.ای.آی.^۹)، نوع و معماری شکل تاج‌پوشش دارد (هیوته و همکاران، ۲۰۰۲؛ هی و همکاران، ۲۰۱۸؛ وانگ^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۳؛ لی^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۰؛ زونگرانا^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۴؛ فومپیل^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۵).

تغییرات زمانی - مکانی شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده استخراج‌شده از ماهواره نوآ و بارش ماهانه و سالانه در بازه زمانی هفده ساله (۱۹۸۲ تا ۱۹۹۹) در فلات تبت به‌وسیله دینگ و همکاران (۲۰۰۷) بررسی شد. تغییرات شاخص یادشده و ضرایب همبستگی بین آن‌ها و بارندگی محاسبه شد. نتایج نشان داد که اوج مقادیر شاخص در فصل رشد بوده، در مناطق شمالی و غربی فلات، فصل رشد بسیار کوتاه بود، اما در جنوب، پوشش گیاهی کمابیش در تمام طول سال رشد داشته است. همبستگی شاخص و میزان بارندگی در مناطق مختلف متفاوت بوده، در قسمت‌های غربی، شمالی و جنوبی ضعیف، اما در مناطق مرکزی و شرقی قوی بوده است. توزیع مکانی ضریب همبستگی بین بارندگی مؤثر سالانه و مقادیر حداکثر سالانه این شاخص، مشابه توزیع بارش فصل رشد و حداکثر سالانه شاخص به‌دست‌آمده است. تجزیه و تحلیل تغییرات و روند زمانی شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده پوشش گیاهی ماهواره مادیس با عوامل اقلیمی بارش و دما در دوره زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ در مناطق کوهستانی تیانشان چین، تصویر جامعی از الگوی تغییرات سطح زمین و روند آن در یک سری زمانی ارائه داده است (دو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۸)؛ همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که رشد گیاهی با این فاکتورها همبستگی بالایی داشته و دما، نسبت به بارش، عامل تأثیرگذارتری در تغییرات رشد دوره گیاهی است.

تجزیه و تحلیل توزیع مکانی و زمانی پوشش گیاهی (شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده ماهواره مادیس)، دمای

- 1- Testa
- 2- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 3- Enhanced Vegetation Index (EVI)
- 4- Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)
- 5- Chen
- 6- Hussein
- 7- Motlagh
- 8- Huete
- 9- Leaf Area Index (LAI)
- 10- Wang
- 11- Li
- 12- Zoungrana
- 13- Phompila
- 14- Dou

سطح زمین^۱ و بارندگی و روابط این سه عامل در بازه زمانی ۲۵ ساله در تبت، نشان داد که ضریب همبستگی بین پوشش گیاهی و دمای سطح زمین در ماه جولای کمترین و بین پوشش گیاهی و بارش در ماه سپتامبر بیشترین بوده است (لیلی و همکاران، ۲۰۱۴). تغییرات فضایی و زمانی شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده پوشش گیاهی ماهواره نواآ و عوامل اقلیمی مؤثر بر آن، براساس مدل رگرسیونی چندمتغیره‌ای برای دوره زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۱ در چین به وسیله کیو^۲ و همکاران (۲۰۱۵) بررسی و در نهایت مشخص شد که شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده در فصل رشد در منطقه به طور معنی داری افزایش یافته است؛ اما تعامل پارامترهای اقلیمی با شاخص پوشش گیاهی استفاده شده پیچیده بوده و با تأخیر زمانی عمل می‌کند؛ همچنین بیش از ۶٪ از منطقه مورد مطالعه تغییرات قابل توجه پوشش گیاهی ناشی از اثرات انسانی را تجربه کرده است. این مناطق بیشتر در مناطق پرجمعیت، زمین‌های کشاورزی، جنگل کاری‌ها و مناطق حفاظت شده قرار داشتند.

در ایران نیز بررسی همبستگی متغیرهای اقلیمی بارش، رطوبت نسبی و دما با پوشش گیاهی با استفاده از اطلاعات شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده ماهواره نواآ و روش زمین‌آمار و رگرسیون چندمتغیره در منطقه زاگرس نشان داد که همبستگی شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده با رطوبت نسبی و دمای بیشینه، بالاتر، اما با بارش و دمای کمینه پایین تر است؛ همچنین پوشش گیاهی این منطقه به بارش دو ماه پیش و به دما و رطوبت نسبی یک ماه قبل پاسخ داده است (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). تغییرات پوشش گیاهی مراتع در فصل رویش و ارتباط آن با سه عامل اقلیمی شامل متوسط بارندگی، دما و رطوبت نسبی را در بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ با استفاده از شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده ماهواره لندست ای. تی. ام. پلاس^۳ و تی. ام. ۴ در استان البرز پایش شد. براساس مدل به دست آمده، به ترتیب بارندگی ماه‌های آبان، شهریور، اسفند، بهمن و متوسط سالانه بارش، بیشترین اثر مثبت را برای رشد گیاهان مرتعی استان داشته، اما فاکتورهای دما و رطوبت نسبی رابطه معنی داری با پوشش گیاهی دوره مورد نظر ندارند.

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در این استان نشان داد که پس از سال ۲۰۰۰، میزان پوشش گیاهی کاهش و در سال ۲۰۱۱ دوباره افزایش یافته است (حسینی توسل و همکاران، ۱۳۹۴)؛ همچنین تغییرات سطح جنگل‌های مانگرو در استان هرمزگان با توجه به نوسانات اقلیمی در جنگل‌های بین بندر خمیر و قشم نشان دهنده نبود ارتباط معنی دار میان هر یک از عوامل اقلیمی و سطح جنگل‌های حرا طی سال‌های مورد مطالعه (۱۹۸۴ تا ۲۰۰۹)، بوده است (خورانی و همکاران، ۱۳۹۴). محاسبه تغییرات مساحت پوشش گیاهی شهرستان بجنورد و ارتباط دمای سطح زمین و بارش با این تغییرات در بازه زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۷ با استفاده از شاخص تفاوت گیاهی نرمال شده ماهواره لندست او. ال. آی. و تی. ام. نشان از کاهش مساحت پوشش گیاهی داشته، اما طبقه پوشش گیاهی متراکم، روند افزایشی و طبقه پوشش گیاهی متوسط، روند کاهشی داشته است.

مناطق داری پوشش گیاهی متراکم، نسبت به سایر نقاط دمای پایین تری داشته‌اند. میانگین مجموع بارش سالانه روند کاهشی و میانگین دمای سالانه، روند افزایشی نشان داده است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۷)؛ در این راستا، استان مازندران، به دلیل داشتن اقلیم معتدل، تنوع زیستی بالا، وجود جنگل‌های پهن برگ خزان کننده هیرکانی، مراتع وسیع، مجاورت با کوه‌های البرز، چشمه‌ها و رودخانه‌های بسیار، جمعیت بالا، وجود کاربری‌های مختلف کشاورزی و باغداری، توریسم و غیره در پژوهش حاضر قرار گرفته است. مطالعه حاضر با هدف یافتن الگوی

1- LST

2- Qu

3- ETM+

4- TM

تغییرات زمانی - مکانی پوشش گیاهی با دو متغیر اقلیمی دمای سطح زمین و بارش در استان مازندران در شمال ایران انجام شد.

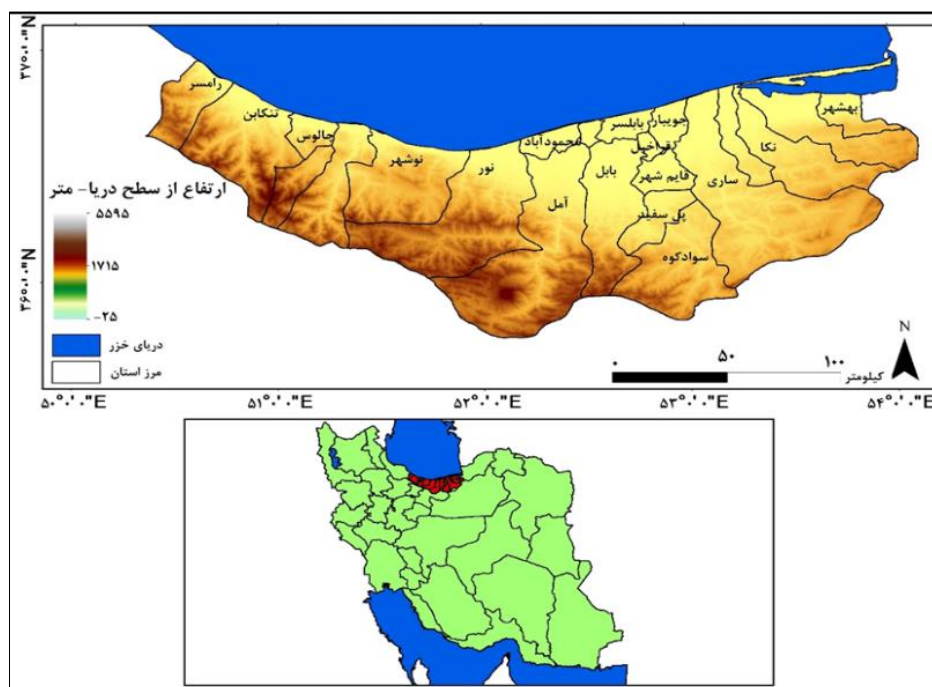
معرفی منطقه مورد بررسی

استان مازندران بین $36^{\circ} 46'$ تا $36^{\circ} 58'$ عرض شمالی و $50^{\circ} 21'$ تا $54^{\circ} 08'$ طول شرقی مساحتی حدود $23756/4$ کیلومتر مربع را دربر گرفته است (امیر بورخانی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). از شمال به دریای خزر و از جنوب به رشته کوه البرز و جنگل‌های هیرکانی محدود است؛ از این رو، دامنه ارتفاعی زیاد از ۲۵ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد تا ۵۵۹۵ متری از سطح دریا در این استان دیده می‌شود (شکل ۱). اقلیم استان براساس روش دومارتن از طبقه خیلی مرطوب در غرب، مرطوب در مرکز، مدیترانه‌ای در شرق و نیمه‌مرطوب در قسمت‌های کوهستانی تشخیص داده شده است. متوسط بارش سالانه از ۴۲۰ میلی‌متر در سیاه‌بیشه تا ۱۳۸۰ میلی‌متر در رامسر و نوشهر و متوسط دمای سالانه آن نیز در نقاط مختلف از ۱۰ تا حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد در سواحل دریای خزر است (عمادی^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). این استان با داشتن خاک حاصل‌خیز، اقلیم مناسب و منابع آب فراوان، قطب کشاورزی در ایران به‌ویژه مزارع برنج بوده و جمعیتی بیش از ۳۰۷۳۹۴۳ نفر را در خود جای داده است.

مواد و روش‌ها

پایگاه داده‌ای شاخص پوشش گیاهی استخراج‌شده از سنجنده مادیس

در پژوهش حاضر از شاخص پوشش گیاهی بارزسازی‌شده به‌دست‌آمده از اطلاعات سنجنده مادیس استفاده شده است. شاخص یادشده براساس تفاوت تفاوت گیاهی نرمال‌شده و به‌منظور بالابردن کیفیت آن توسعه و تکامل یافته و اثرات پس‌زمینه و نویزهای اتمسفری را حذف می‌کند (چن و همکاران، ۲۰۱۶؛ لو و همکاران، ۲۰۱۵؛ لی و همکاران، ۲۰۱۰؛ زونگرانا و همکاران، ۲۰۱۴).



شکل ۱. موقعیت استان مازندران در ایران

شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده، شاخص مهم کمی است که وضعیت رویش پوشش گیاهی سطح زمین را بازتاب داده و تغییرات آن، نقش مهمی در نشان دادن تغییرات منطقه‌ای اکوسیستم‌های زمینی دارد (هی و همکاران، ۲۰۱۸؛ گو و همکاران، ۲۰۱۴ ب). این شاخص براساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود (هیوته و همکاران، ۲۰۰۲):

$$\text{EVI} = G \times \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + C_1 \times \text{RED} - C_2 \times \text{BLUE} + L)} \quad \text{رابطه ۱}$$

که RED، NIR و BLUE: به ترتیب بازتاب باندهای قرمز (باند ۱)، مادون قرمز نزدیک (باند ۲) و آبی (باند ۳) است. C_1 ، C_2 و G : ضرایب ساخته شده برای ساخت الگوریتم شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده مادیس هستند که L : فاکتور تنظیم پس‌زمینه تاج پوشش یا پس‌زمینه خاک و برابر با ۱ در نظر گرفته می‌شود. C_1 و C_2 : ضرایب پایداری ائروسول‌ها هستند و مقادیر آن‌ها به ترتیب معادل ۶ و ۷/۵ و G فاکتور تجمیع و برابر با ۲/۵ است. در پژوهش حاضر، به منظور ساخت پایگاه اطلاعاتی سری زمانی شاخص مورد نظر از محصول شانزده روزه پوشش گیاهی بارز شده سنجنده مادیس^۱ با دقت مکانی ۲۵۰ متر استفاده شد. این محصول، در طی سال هر شانزده روز یکبار تولید شده و روی سایت سازمان ملی هوانوردی و فضایی ایالات متحده آمریکا قرار می‌گیرد. تصاویر مربوط به محدوده مطالعه زون‌های h22v05 و h22v06، سری‌های زمانی تمامی ماه‌های سال، مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ - در مجموع ۳۹۱ تصویر - از سایت ناسا استخراج شد^۲ (جدول ۱). از آنجاکه محصولات دارای سیستم پروجکشن سینوسیدال^۳ هستند، نیازی به پروجکشن نداشتند. پیکسل سایزها در محیط جی.آی.اس. به مقیاس یک کیلومتر هم‌مقیاس^۴ شدند.

پایگاه داده‌ای اطلاعات اقلیمی

اطلاعات اقلیم مورد بررسی در این مطالعه شامل دمای سطح زمین و بارش بودند. اطلاعات مربوط به بارش از ۲۰ ایستگاه هواشناسی و باران‌سنجی موجود در منطقه از سایت هواشناسی ایران^۵ استخراج شد (جدول ۲). پس از آن، از روش درون‌یابی کری‌جینگ^۶ در محیط جی.آی.اس. برای تولید لایه بارش استفاده شد.

جدول ۱. مشخصات پایگاه داده‌ای شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده از محصول ام.او.دی. ۱۳ کیو ۱ ماهواره مادیس

ردیف	ماه	تاریخ تصاویر	تعداد کل تصاویر
۱	ژانویه	روزهای ۱ و ۱۷ ژانویه	۳۴
۲	فوریه	روزهای ۲ و ۱۸ فوریه	۳۴
۳	مارس	روزهای ۶ و ۲۲	۳۴
۴	آوریل	روزهای ۷ و ۲۳	۳۴
۵	می	روزهای ۹ و ۲۵	۳۴
۶	ژوئن	روزهای ۱۰ و ۲۶	۳۴
۷	جولای	روزهای ۱۲ و ۲۸	۳۴
۸	اگوست	روزهای ۳ و ۲۹	۳۴
۹	سپتامبر	روزهای ۱۴ و ۳۰	۳۴
۱۰	اکتبر	روز ۱۶	۱۷
۱۱	نوامبر	روزهای ۱ و ۱۷	۳۴
۱۲	دسامبر	روزهای ۲ و ۱۸	۳۴
	مجموع		۳۹۱ تصویر

1- MOD13Q1

2- <https://modis.gsfc.nasa.gov>

3- Sinusoidal Projection

4- Resampling

5- www.irimo.ir

6- Kriging

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه در استان مازندران

ردیف	نوع ایستگاه	ارتفاع	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع ایستگاه
۱	نوشهر	-۲۰/۹	۵۱° ۰۳'	۳۶° ۳۹'	سینوپتیک
۲	رامسر	-۲۰	۵۰° ۴۰'	۳۶° ۵۴'	سینوپتیک
۳	سیاه بیشه	۱۸۵۵/۴	۵۱° ۱۸'	۳۶° ۱۵'	سینوپتیک
۴	ساری	۱۳۲	۵۳° ۰۰'	۳۶° ۳۳'	سینوپتیک
۵	بابلسر	۲۰	۵۲° ۳۹'	۳۶° ۴۳'	سینوپتیک
۶	قائم شهر	۵۱/۲	۵۲° ۴۶'	۳۶° ۲۷'	سینوپتیک
۷	آمل	۷۶	۵۱° ۱۸'	۳۶° ۲۸'	سینوپتیک
۸	کیاسر	۱۳۷۸	۵۳° ۳۲'	۳۶° ۱۴'	سینوپتیک
۹	محمود آباد	-۲۵	۵۲° ۱۵'	۳۶° ۳۷'	باران سنجی
۱۰	جفاکنده	۹۰	۵۳° ۵۵'	۳۶° ۴۴'	باران سنجی
۱۱	شیرگاه	۲۵۹	۵۲° ۵۳'	۳۶° ۱۸'	باران سنجی
۱۲	دارابکلا	۱۱۵	۵۳° ۱۵'	۳۶° ۳۳'	باران سنجی
۱۳	سفید چاه	۱۰۴۶	۵۳° ۵۲'	۳۶° ۳۶'	باران سنجی
۱۴	عباس آباد بهشهر	۴۰۸	۵۳° ۳۵'	۳۶° ۳۹'	باران سنجی
۱۵	پل سفید	۶۸۲	۵۳° ۰۳'	۳۶° ۰۶'	باران سنجی

به منظور استخراج مقادیر دمای سطح زمین، از اطلاعات سری زمانی محصول دمای سطح زمین^۱ سنجنده^۱ مادیس با توان تفکیک مکانی ۱×۱ کیلومتر و رزولوشن زمانی هشت روزه استفاده شد. تعداد ۳۹۱ تصویر سری زمانی دمای سطح زمین مربوط به دوره مورد مطالعه استفاده شد.

آنالیز همبستگی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و متغیرهای اقلیمی

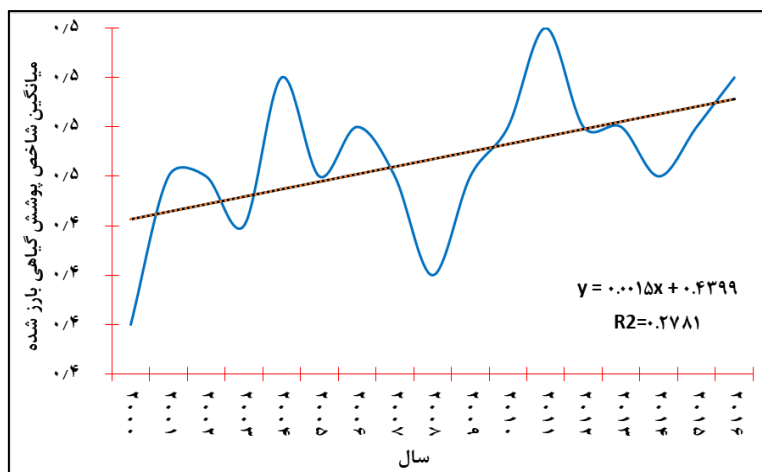
در نوشتار پیش رو از ضریب آنالیز همبستگی پیرسون به منظور برآورد رابطه همبستگی خطی بین دو متغیر مستقل - دمای سطح زمین و متوسط بارش سالانه - و متغیر وابسته - شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده - و از آنالیز رگرسیون خطی به منظور شبیه سازی روند شاخص در طول دوره مطالعه استفاده شد (چوآی و همکاران، ۲۰۱۳؛ چن و همکاران، ۲۰۱۶؛ بائو و همکاران، ۲۰۱۴). در ادامه از آنالیز آمار فضایی تحلیل انطباقی^۲ که روشی تحلیلی برای آشکارسازی ارتباط بین لایه‌های اطلاعاتی اقلیمی و شاخص در محیط جی.آی.اس. است، استفاده شد. در این روش، توزیع متغیری مانند پوشش گیاهی در طبقات مختلف متغیر دیگری مانند دما ارزیابی شد. به منظور یافتن ارتباط پارامترهای اقلیمی و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده، از آنالیز رگرسیون خطی استفاده شد. تمامی آنالیزها در محیط نرم افزارهای سنجش از دور و آماری و در سطح معنی داری ۰/۰۵ اجرا شد.

نتایج

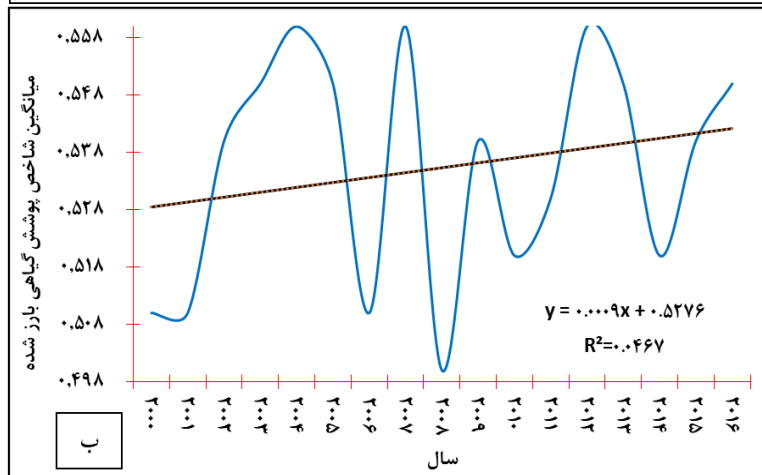
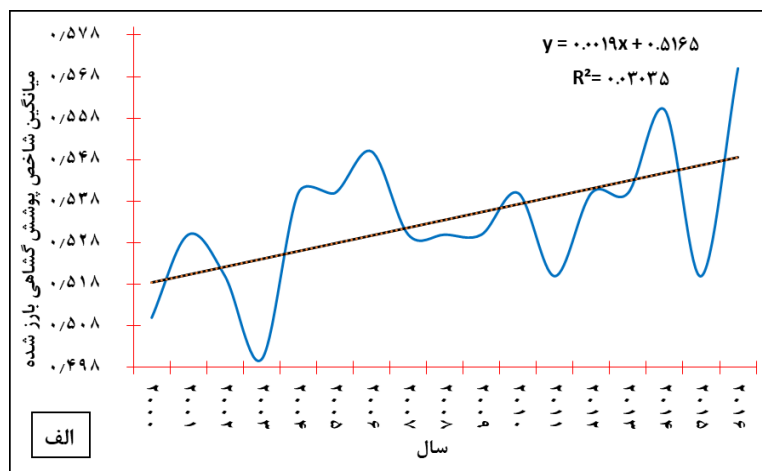
الگوی تغییرات مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در منطقه مورد مطالعه

به منظور درک تعاملات بین تغییرات متغیرهای اقلیمی و اکوسیستم‌های منطقه، ضروری است تا الگوی مکانی و زمانی ای.وی.آی به دست آید. نوسانات روند شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده بر اساس روابط رگرسیونی به دست آمده از مقادیر متوسط سالانه شاخص در طول دوره مطالعه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ بررسی شد. بر این اساس، منحنی تغییرات و خط متوسط سالانه شاخص در استان مازندران ساخته شد (شکل ۲). در نگاه اول، خط سیر منحنی، اثرات دورهای کوتاه مدت (دو تا سه ساله) پارامترهای اقلیمی روی تغییرات پوشش گیاهی استان را نشان

می‌دهد. روند کلی نمودار، سیر صعودی دارد. متوسط شاخص مربوط به پوشش گیاهی در طی دوره زمانی مطالعه ۰/۴۵، بالاترین مقادیر آن ۰/۴۸ در سال ۲۰۱۱ و کمترین آن ۰/۴۲ در سال ۲۰۰۰ بوده است. روند تغییرات شاخص در فصل بهار و تابستان به ترتیب در شکل ۳ (الف) و ۳ (ب) نشان داد که روند خطی تغییرات این شاخص در فصل تابستان نسبت نوسانات بیشتری داشته است.



شکل ۲. روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در استان مازندران در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶

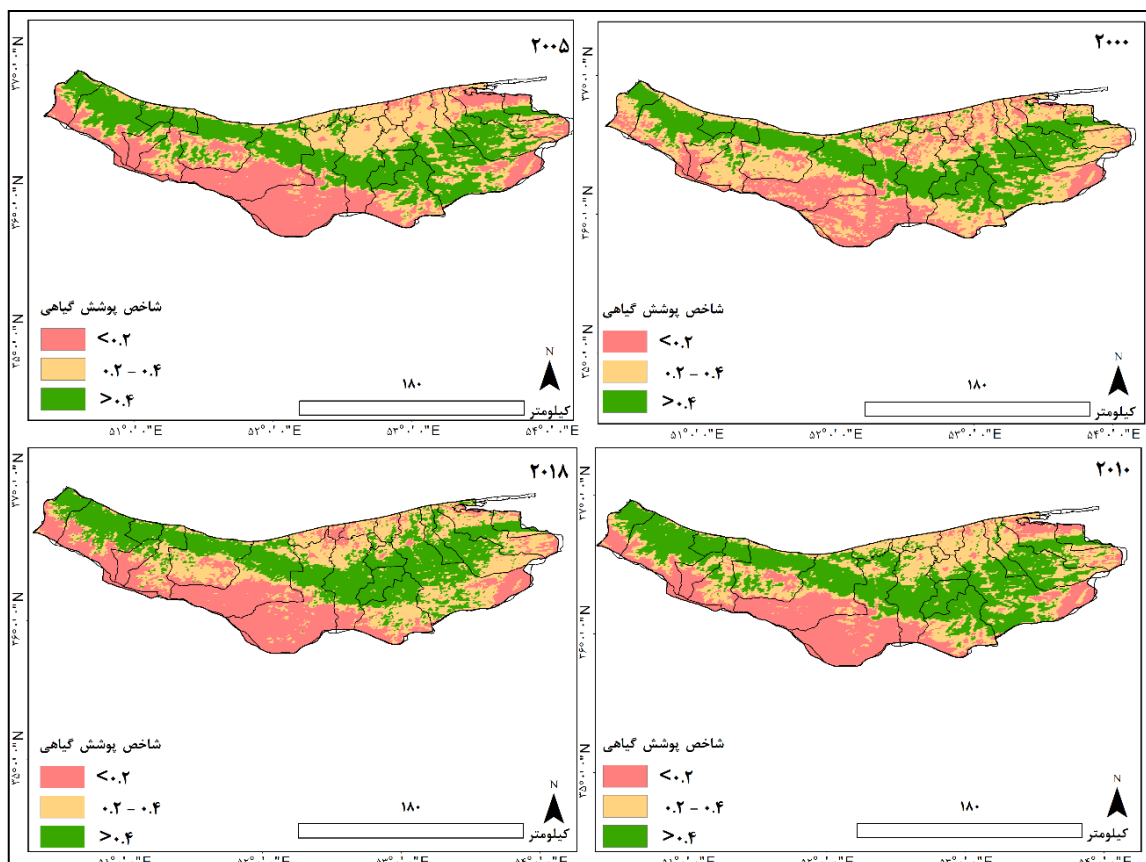


شکل ۳. الف: روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در فصل بهار و ب: روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در فصل تابستان در استان مازندران در طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶

توزیع مکانی شاخص در چهار فاصله زمانی ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ و مساحت هر کدام از سه طبقه پوشش گیاهی ارائه شده است (شکل ۴ و جدول ۳). همان طور که در این شکل مشاهده می شود، توزیع مکانی پوشش گیاهی در سطح منطقه به تفکیک سه طبقه از مقادیر شاخص ارائه شده است. طبقه با >0.2 شاخص که به طور معمول زمین های فاقد پوشش گیاهی یا زمین های بایر جنوب استان را دربر گرفته است. طبقه با <0.4 شاخص <0.2 نیز که شامل کشتزارهای برنج است، در بخش های حاشیه نواحی جنگلی قابل مشاهده است. در نهایت پهنه های جنگلی (>0.4 شاخص) دیده می شود که به صورت نوار ممتد شرقی - غربی کشیده شده است (هاشم و همکاران^۱، ۲۰۱۹).

همان طور که مشاهده می شود، طبقه با (>0.4 شاخص) که در واقع پهنه های جنگلی استان را نشان می دهد، در سال ۲۰۰۰ حدود ۳۷٪ از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده؛ در حالی که در سال ۲۰۰۵ این پهنه مساحتی برابر ۳۶٪ از کل استان را به خود اختصاص داده است. در دوره ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶ نیز این پهنه روند کاهشی داشته و به ترتیب ۳۴٪ و ۳۲٪ از مساحت استان را به خود اختصاص داده است.

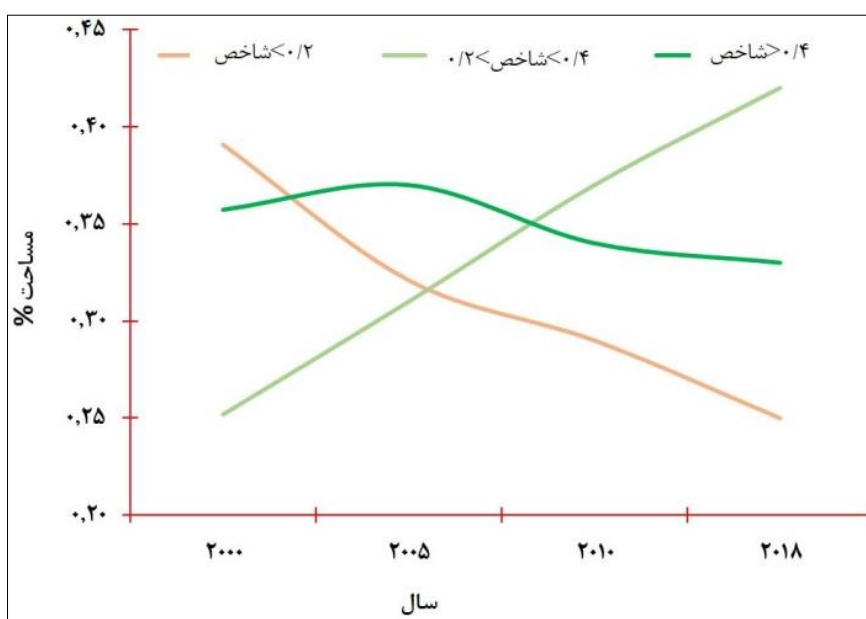
طی دوره آماری مورد بررسی، طبقه <0.4 شاخص <0.2 که بیشتر شامل زمین های کشاورزی می شود، روند افزایشی قابل توجهی داشته است. افزایش مساحت این طبقه که ناشی از توسعه کشاورزی در سطح استان است، با کاهش مساحت دو طبقه جنگل ها (>0.4 شاخص) و زمین های بایر (>0.2 شاخص) جبران شده است (شکل ۵).



شکل ۴. توزیع مکانی سه طبقه پوشش گیاهی در چهار فاصله زمانی دوره مطالعه ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ (با تفکیک پنج ساله)

جدول ۳. مساحت طبقات پوشش گیاهی و تغییرات آن در طی دوره مطالعه در سطح استان مازندران

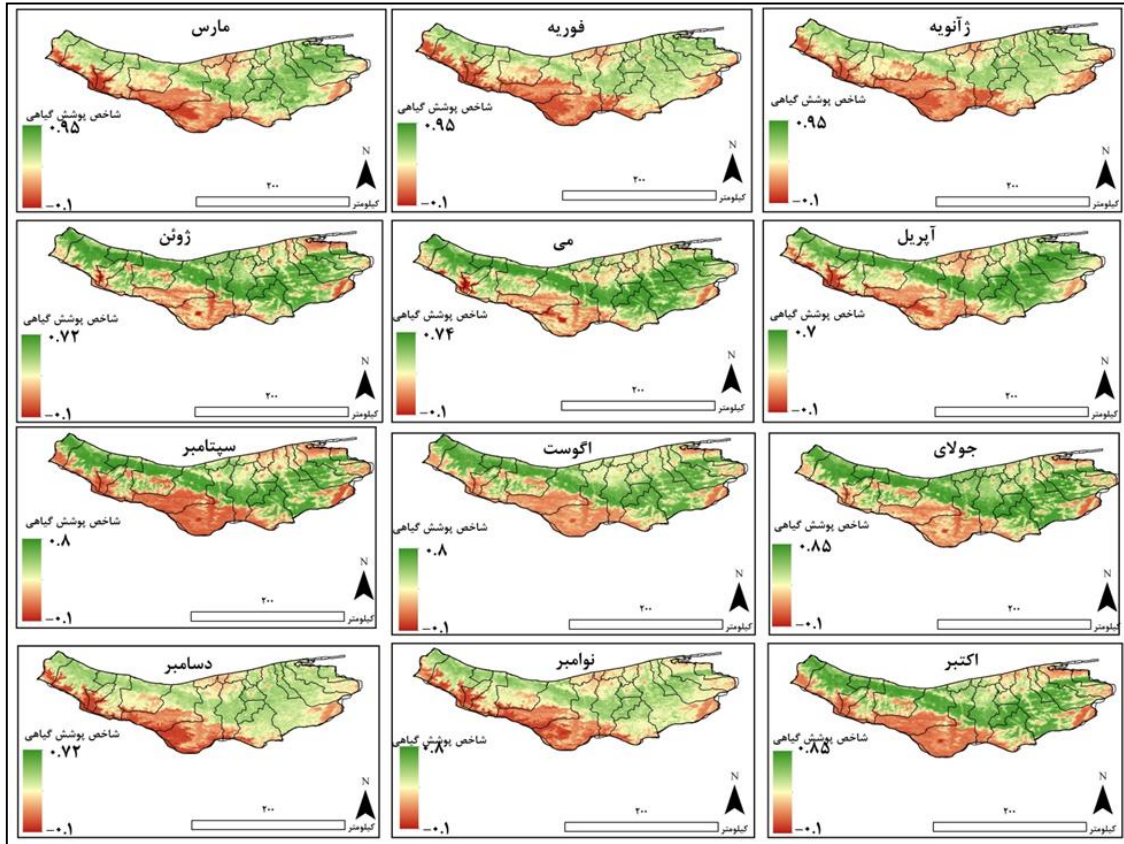
طبقات شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده	۲۰۰۰		۲۰۰۵		۲۰۱۰		۲۰۱۶	
	سطح (کیلومتر مربع)	%	سطح (کیلومتر مربع)	%	سطح (کیلومتر مربع)	%	سطح (کیلومتر مربع)	%
زمین‌های فاقد پوشش گیاهی ($<0/2$ شاخص)	۹۳۴۴	۳۹	۷۶۶۷	۳۲	۶۹۴۸	۲۹	۶۲۲۹	۲۶
زمین‌های کشاورزی (مزارع برنج) ($<0/2$ شاخص $<0/2$)	۵۷۵۰	۲۴	۷۴۲۷	۳۱	۸۸۶۵	۳۷	۹۸۲۳	۴۱
جنگل‌های پهن‌برگ آمیخته ($>0/4$ شاخص)	۸۸۶۵	۳۷	۸۶۲۵	۳۶	۸۱۴۶	۳۴	۷۶۶۷	۳۲



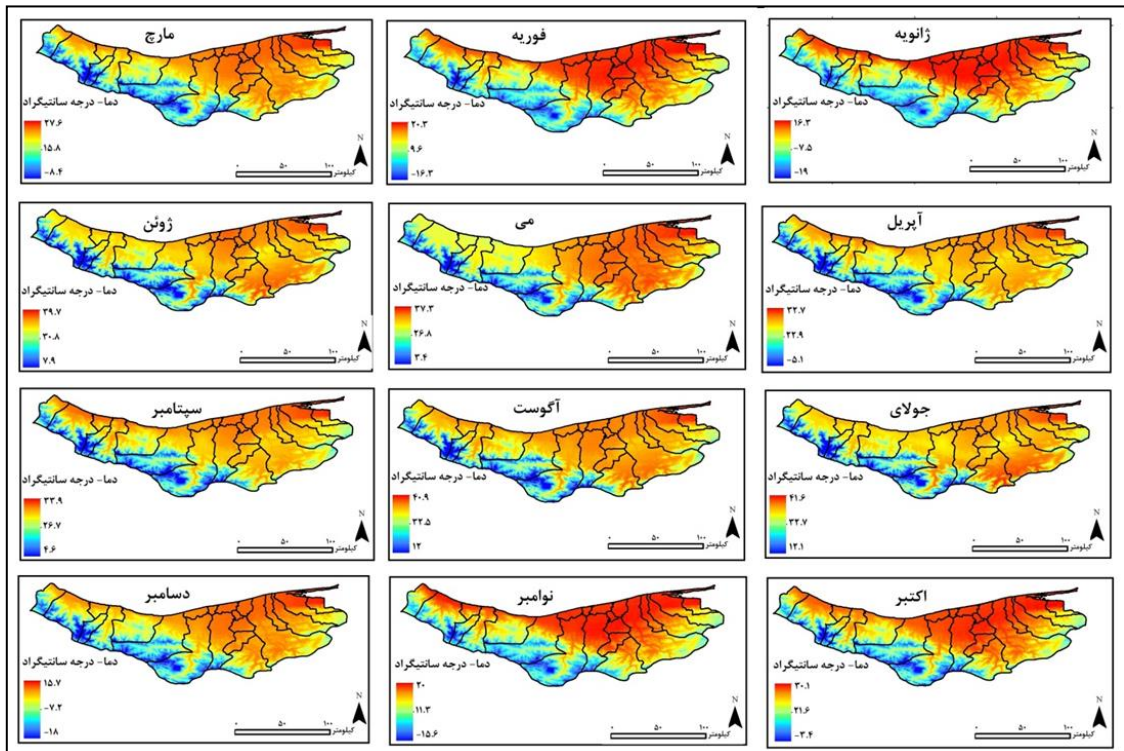
شکل ۵. روند تغییرات مساحت طبقات پوشش گیاهی در چهار فاصله زمانی دوره مطالعه در استان مازندران

آنالیز همبستگی مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و پارامتر دمای سطح زمین در منطقه مطالعه

به منظور بررسی اثرات فاکتورهای اقلیمی روی پوشش گیاهی، رابطه بین این فاکتورها و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده متوسط سالانه در مقیاس ماهانه و فصلی بررسی شد. صورت کلی رابطه این شاخص و دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه معنی دار بوده است. متوسط ماهانه هفده ساله مقادیر شاخص و دمای سطح زمین که از داده‌های ماهواره مادیس استخراج شد (شکل ۶ و ۷). حداکثر مقادیر شاخص در ماه ژوئن و در بازه زمانی ژوئن تا سپتامبر دیده شده است (شکل ۶). متوسط مقادیر ماهانه دمای سطح زمین استخراج شده از ماهواره مادیس نشان می‌دهد که ماه‌های جولای و ژانویه به ترتیب گرم‌ترین و سردترین ماه‌ها در منطقه مورد مطالعه هستند (شکل ۷). نتایج ماتریس همبستگی مکانی متوسط ماهانه هفده ساله بین دو متغیر نشان داد که بالاترین همبستگی مکانی بین دو متغیر به ترتیب در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر مشاهده شده است (جدول ۴). در این ماه‌ها حداکثر مقادیر شاخص در مناطق با دمای سطح زمین بالاتر مشاهده شده است؛ به طوری که رابطه دو متغیر در چهار ماه یادشده، مثبت بوده و در مقابل، همبستگی مکانی آن‌ها در فواصل ماه‌های می تا سپتامبر منفی و معنی دار بوده است (P value=0.05).



شکل ۶. توزیع مکانی متوسط ماهانه هفده ساله شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌های سبز تیره بالاترین مقادیر شاخص پوشش گیاهی بازسازی شده را نشان می‌دهد؛ درحالی که پیکسل‌های قرمز، پایین‌ترین مقادیر را نشان می‌دهد.



شکل ۷. توزیع مکانی متوسط ماهانه هفده ساله دمای سطح زمین (°C) در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌های قرمز تیره، بالاترین مقادیر دمای سطح زمین را نشان می‌دهد؛ درحالی که پیکسل‌های آبی تیره، پایین‌ترین مقادیر را نشان می‌دهد.

جدول ۴. همبستگی مکانی (R) بین متوسط ماهانه هفده ساله دمای سطح زمین (°C) و بارش با شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در سطح منطقه مورد مطالعه (P value =0/05)

ماهها	همبستگی مکانی		همبستگی مکانی	
	زمین	بارش	همبستگی مکانی	سطح معنی داری
ژانویه	۰/۸۳	۰/۰۰۸	-۰/۰۲	۰/۸۵
فوریه	۰/۸۱	۰/۰۰۸	-۰/۱۷	۰/۳۲
مارس	۰/۷۲	۰/۰۱	-۰/۲۹	۰/۰۴۱
آوریل	۰/۳۱	۰/۰۷۲	-۰/۲۷	۰/۰۴۵
می	-۰/۱۴	۰/۰۲۵	-۰/۱۲	۰/۳۷
ژوئن	-۰/۵۸	۰/۰۲	-۰/۰۱	۰/۸۷
جولای	-۰/۵۹	۰/۰۲	۰/۰۰۵	۰/۹۵
آگوست	-۰/۴۶	۰/۰۳	-۰/۰۵	۰/۸۵
سپتامبر	-۰/۲۹	۰/۰۳	۰/۰۱۷	۰/۹۵
اکتبر	۰/۱۰	۰/۳۹	۰/۰۲	۰/۸۵
نوامبر	۰/۶۵	۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۸۵
دسامبر	۰/۷۶	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۸۵

در شکل ۸ (الف) که مقادیر استاندارد شده روند شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین را نشان می دهد. سه الگوی همبستگی به روشنی در این نمودار تشخیص داده شده است:

- از ژانویه تا انتهای می که شاخص و دمای سطح زمین به نظر همبستگی نداشته، تاجایی که، دمای سطح زمین کمابیش ثابت مانده در حالی که شاخص به صورت ابتدایی در ماه مارس سقوط کرده و دوباره بالا رفته است.
- از ژوئن تا انتهای آگوست، هر دوی شاخص و دمای سطح زمین روند افزایش و کاهش یکنواخت با همبستگی مکانی بالا تا جایی که شاخص با تأخیر زمانی به دنبال دمای سطح زمین بوده است.
- از سپتامبر تا انتهای دسامبر، شاخص و دمای سطح زمین همبستگی بالایی با هم دارند. نتایج آنالیز تحلیل انطباقی نشان داده است که در ماه های زمستان، پیکسل های دارای حداکثر مقادیر شاخص که به صورت عمده در بخش شرقی، نواحی مرکزی و شمال غرب استان (مناطق جنگلی) مشاهده شده است، به صورت کاملاً مکانی با مقادیر حداکثر دمای سطح زمین (۱۶ تا ۲۵ درجه سانتی گراد) هم پوشانی داشته است^۱ (جدول ۵ و شکل های ۶ و ۷).

جدول ۵. آنالیز تحلیل انطباقی بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین

شرح	دامنه دمای سطح زمین که به صورت مکانی با شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در دوره مورد مطالعه (°C)	دامنه هم پوشانی شده (°C)	دوره مطالعه
حداکثر شاخص با حداکثر دمای سطح زمین هم پوشانی دارد	۱۹ تا ۲۷	۱۶ تا ۲۵	دسامبر و مارس (فصل سرد)
حداکثر شاخص با متوسط دمای سطح زمین هم پوشانی دارد	۱۵ تا ۳۷	۲۵ تا ۱۲/۱	آوریل، می، اکتبر و نوامبر (فصل میانه)
حداکثر شاخص با مقادیر ۱۲ تا ۲۷ درجه دمای سطح زمین هم پوشانی دارد	۴/۶ تا ۴۱/۶	۱۲ تا ۲۷	ژوئن و سپتامبر (فصل گرم)

در بهار پیکسل‌های گرم (۳۲ تا ۳۹ درجه سانتی‌گراد) در مناطق شرقی‌تر با کاربری کشاورزی (مزارع برنج) مشاهده شده است، اما پیکسل‌های دارای حداکثر مقادیر شاخص با پیکسل‌هایی که مقادیر دمای سطح زمین‌شان در حدود ۱۶ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد است، هم‌پوشانی داشته است. توزیع مکانی دمای سطح زمین در فصل تابستان الگوی کمابیش مشابهی با الگوی دمای سطح زمین در فصل بهار دارد. به طوری که بالاترین مقادیر دمای سطح زمین با دامنه ۳۴ تا ۴۲ درجه سانتی‌گراد در همان مناطق دیده شده است. در ماه ژوئن، همبستگی مکانی معکوسی بین شاخص و دمای سطح زمین دیده شده تاجایی که حداکثر مقادیر شاخص در تطابق با حداقل مقادیر دمای سطح زمین بوده است و در ماه جولای پیکسل‌های سبز دارای حداکثر مقادیر شاخص بیشتر در دامنه دمایی ۱۲ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد دیده شده است.

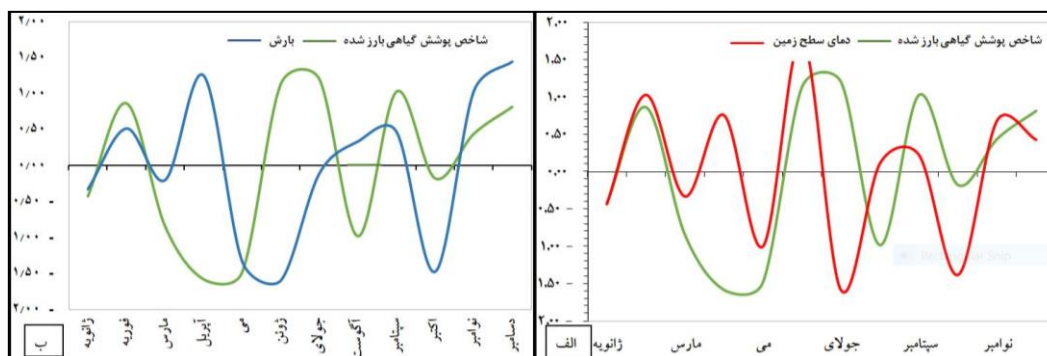
آنالیز همبستگی مکانی - زمانی شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و پارامتر بارش در منطقه مورد مطالعه

صورت کلی همبستگی مکانی بارش و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده در منطقه بی‌معنی بوده است. متوسط ماهانه هفده ساله بارش را در استان مازندران نشان می‌دهد که توزیع بارش از شرق به غرب کاهش می‌یابد و حداکثر بارش در فصل پاییز و حداقل آن در تابستان (آگوست) رخ می‌دهد (شکل ۹). تاجایی که در این شکل دیده می‌شود، در فصل پاییز یک حداکثر بارش (۶۰ میلی‌متر/ماه) در شمال و شمال غرب (کناره دریای کاسپین) رخ داده است. در زمستان حداکثر بارش (۵۰ میلی‌متر/ماه) در همان مناطق دیده شد. در فصل گرم، مقادیر بارش به صورت معنی‌داری تا ۱۵ میلی‌متر در ماه کاهش می‌یابد. همبستگی مکانی توزیع بارش و شاخص نشان می‌دهد که در بهار، حداکثر بارش در مناطق با دمای بالاتر رخ می‌دهد (جدول ۴).

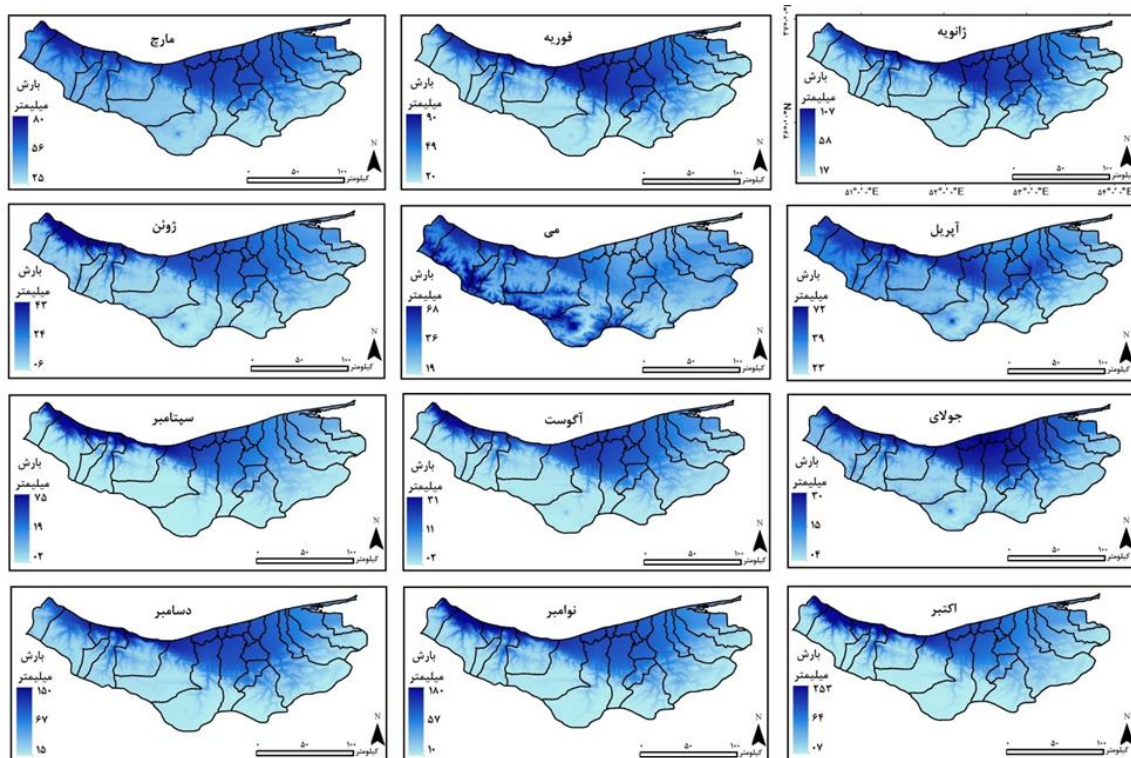
روند فصلی مقادیر استاندارد شده شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و بارش نشان می‌دهد که به طور کلی بین دو متغیر، عدم همبستگی وجود دارد (شکل ۸ ب). بر این اساس، رابطه این دو متغیر به صورت کلی بی‌معنی و منفی تشخیص داده شده است با وجود این، در این شکل:

- ۱- تأخیری ۱/۵ تا ۲/۵ ماهه از می تا جولای در رابطه همبستگی بارش و شاخص در بهار دیده می‌شود.
- ۲- در طی پاییز و زمستان، همبستگی مکانی بین بارش و شاخص وجود دارد.

پراکنش نگار^۱ بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین و همچنین شاخص و بارش بر پایه مدل رگرسیون خطی اول.ا.س. ساخته شده و مقایسه شاخص را بر اساس بارش و دمای سطح زمین، پیش‌بینی می‌کند (شکل ۱۰ و ۱۱).

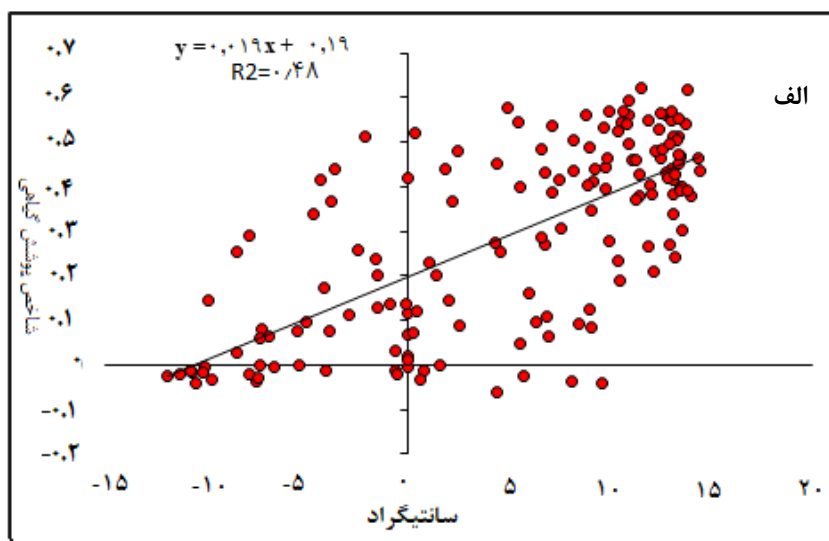


شکل ۸. الف: همبستگی مکانی - زمانی متوسط ماهانه هفده ساله بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین و ب: همبستگی مکانی زمانی متوسط ماهانه هفده ساله بین بارش و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده

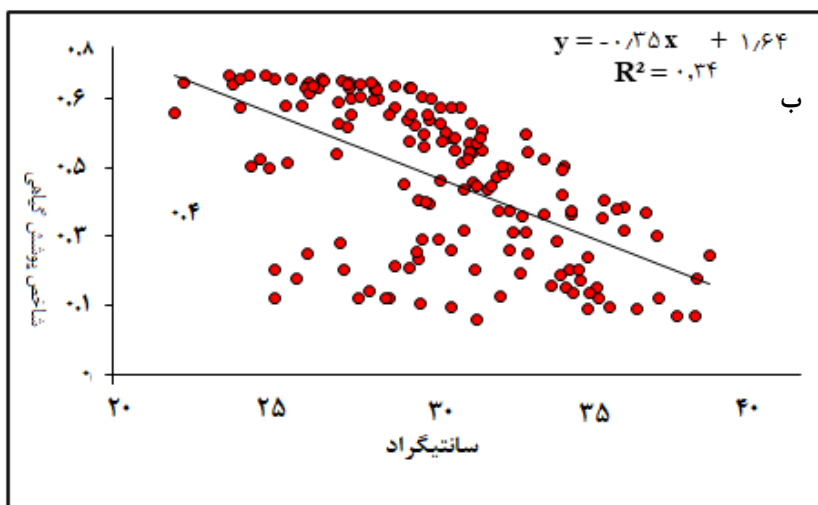


شکل ۹. توزیع مکانی متوسط ماهانه هفده ساله بارش به میلی متر در منطقه مورد مطالعه، پیکسل‌های آبی تیره بالاترین مقادیر بارش را نشان می‌دهد؛ در حالی که پیکسل‌های آبی روشن، پایین‌ترین مقادیر را نشان می‌دهد.

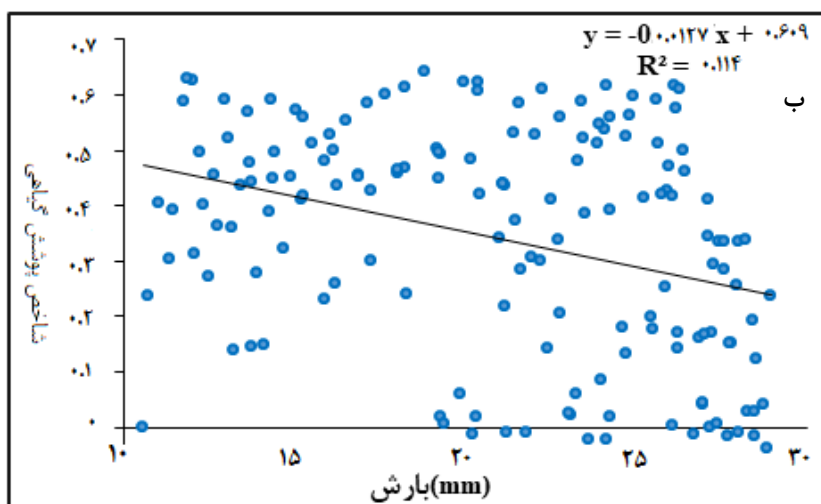
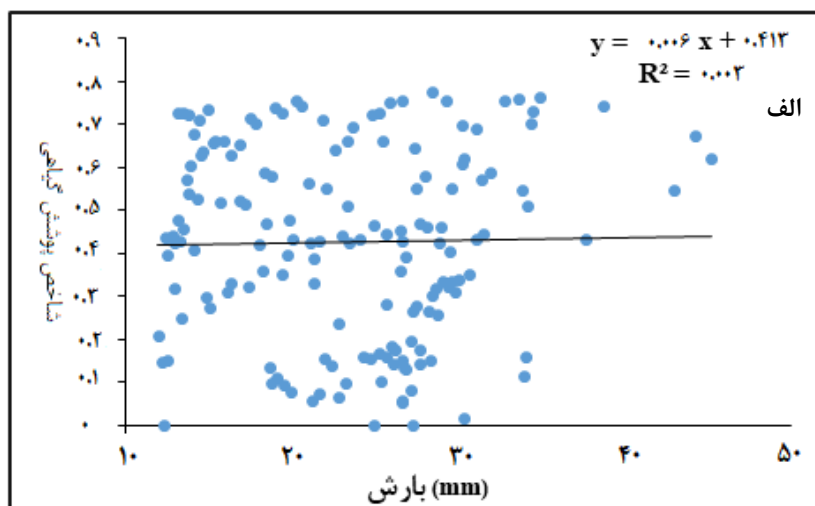
رابطه مکانی خطی بین دمای سطح زمین ماهواره مادیس و شاخص ماهواره مادیس در هردوی فصل‌های تابستان و زمستان وجود دارد (شکل ۱۰). به طوری که این رابطه، در فصل گرم منفی و در فصل سرد مثبت است. ارتباط بین بارش و شاخص نشان می‌دهد که هیچ ارتباط مکانی معنی‌داری بین بارش و شاخص نه در فصل گرم و نه در فصل سرد وجود ندارد (شکل ۱۱). رابطه مکانی بین بارش و شاخص در فصل گرم به طور کلی منفی است. در فصل سرد حداکثر مقادیر بارش در ارتفاعات بالا رخ داده که با پیکسل‌های سرد هماهنگ شده است و به خاطر پایین بودن دامنه دمای سطح زمین، مقادیر شاخص به حداقل رسیده است.



شکل ۱۰. پراکنش نگار بین شاخص پوشش گیاهی بارسازی شده و دمای سطح زمین: الف: فصل سرد؛ ب: فصل گرم



ادامه شکل ۱۰. پراکنش نگار بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و دمای سطح زمین؛ الف: فصل سرد؛ ب: فصل گرم



شکل ۱۱. پراکنش نگار بین شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده و بارش؛ الف: فصل سرد؛ ب: فصل گرم

بحث

دینامیک زمانی و مکانی پوشش گیاهی در مقیاس‌های زمانی مختلف انعکاس‌دهنده تغییر و تحولات متفاوتی در

اکوسیستم است. گاهی این دینامیک، در پاسخ به تغییرات طبیعی انجام می‌گیرد و گاه نیز در پاسخ به تغییرات انسان‌منشأ (هی و همکاران، ۲۰۱۸). در نوشتار پیش رو مشاهده شد که در مقیاس درون‌سالی (فصلی)، دینامیک سبزی‌نگی در واقع پاسخی به تغییرات دما و میزان دریافت تابش است. در حالی که نقش تغییر در مقدار بارش به‌طور کلی در مقیاس‌های بین‌سالی (روندی) یا حداقل پنج ساله (دوره‌ای) با اطمینان بالایی قابل‌بازیابی است. چنین نتیجه‌ای در پژوهش لو و همکاران (۲۰۱۵) نیز مشاهده شد. به‌طوری که ایشان نوسانات فصلی شاخص‌های سبزی‌نگی را وابسته به مقدار نوسانات فصلی دما (به‌طور هم‌زمان) و نوسانات دوره‌ای در پوشش گیاهی را به تغییرات دوره‌ای بارش وابسته دانستند. در مقابل نوسانات سینوسی دوره‌ای در دینامیک پوشش گیاهی استان مازندران، به تغییرات دما (درون‌سالی) و بارش (دوره‌ای) وابسته هستند. روندهای مستمری نیز دیده شد که این روندها در واقع روال عادی اکوسیستم جنگل‌های هیرکانی استان نبوده است.

هم‌زمانی الگوی فصلی تغییرات شاخص پوشش گیاهی پهنه جنگلی با دوره رشد محصولات کشاورزی، به‌ویژه دوره فعالیت شالیزارهای منطقه نوعی نتایج کاذب و فریبنده را ایجاد کرده است که مانع از آشکارشدن تغییرات سبزی‌نگی عرصه‌های جنگلی طی دهه اخیر شده است. چنین نتایج ناقصی که می‌تواند منجر به برداشت‌های نادرست و حتی برنامه‌های اجرایی نادرست شود، در پژوهش‌های دیگری نیز از جمله لو و همکاران (۲۰۱۵) مشاهده شده است. ایشان نشان دادند که هم‌زمان با روند کاهشی در برخی عرصه‌های جنگلی، جایگزین‌شدن زراعت آبی توانسته است نقش کاهش سبزی‌نگی را در این منطقه جبران کند و میزان کاهش عرصه‌های جنگلی تغییر محسوسی در شاخص سبزی‌نگی پوشش گیاهی منطقه ایجاد نکند. نتیجه نوشتار پیش رو در مورد اثرات فعالیت‌های انسانی نشان‌دهنده دو روند متناقض بود. از یک‌سو مساحت عرصه‌های پوشش جنگلی ($>0/4$ شاخص)، در سطح استان طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ روند کاهشی داشته است؛ از دیگرسو، مساحت زمین‌های فاقد پوشش گیاهی یا پوشش گیاهی بسیارضعیف ($<0/2$ شاخص) نیز هم‌زمان روند کاهشی داشته است.

نکته قابل توجه دیگری که مشاهده شد این بود که باوجود کاهش در مساحت عرصه‌های جنگلی استان، میانگین فضایی شاخص در سطح منطقه روند افزایشی داشته که این روند متناقض در پژوهش‌های هی و همکاران (۲۰۱۸) و کیو و همکاران (۲۰۱۵) نیز مشاهده شد. برای بررسی و ابهام‌زدایی از این تناقض (افزایش متوسط شاخص باوجود کاهش مساحت پهنه‌های جنگلی طی دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶) روند تغییرات زمین‌های کشاورزی در سطح استان براساس آمار وزارت جهاد کشاورزی بررسی شد. نتایج گویای آن بود که طی دوره مورد بررسی، مساحت شالیزارها در سطح استان روند افزایشی داشته و افزایش سالانه این نوع زمین‌ها در سطح استان که در واقع به‌معنی به‌زیر کشت‌بردن اراضی بایر برای این نوع کاربری است، نه‌تنها اثر کاهش مساحت عرصه‌های جنگلی را در شاخص سبزی‌نگی کل منطقه خنثی کرده، بلکه روند معکوسی برای آن ایجاد نموده است. این‌گونه دخالت‌های انسان‌منشأ که منجر به تغییرات کاربری اراضی می‌شود، در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است؛ به‌طوری که کیو و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی روند شاخص تفاوت گیاهی نرمال‌شده پوشش گیاهی در دوره زمانی چهل ساله در چین نشان دادند که افزایش زمین‌های کشاورزی به‌ویژه اراضی زراعی آبی که هم‌زمان با کاهش در مساحت عرصه‌های جنگلی بوده است، باعث شده که اثر کاهش زمین‌های جنگلی در مقیاس روندی (بین‌سالی) با میانگین فضایی شاخص پوشش گیاهی کل منطقه خنثی شود؛ اما چنین روند کاذبی می‌تواند برای پژوهشگران و حتی برنامه‌ریزان نیز گمراه‌کننده بوده و نتایج معکوسی به‌دست دهد.

از آنجاکه زمین‌های کشاورزی به‌ویژه شالیزارها روندی فصلی دارند و دوره رشد آن‌ها به‌طور کلی در بهار و تابستان است، دقیقاً در این زمان میزان سبزی‌نگی بالا رفته در حالی که در همین دو فصل، بیشترین خطر

آتش‌سوزی مراتع و پوشش گیاهی زیر اشکوب جنگلی نیز وجود دارد. در زمانی که مساحت زمین‌های جنگلی کاهش می‌یابد، خطر آتش‌سوزی این پوشش افزایش یافته و این آتش‌سوزی‌ها تشدید می‌شوند و به‌صورت چرخه‌وار منجر به از بین رفتن درختان بیشتری از اشکوب جنگلی می‌شوند. درحالی که افزایش شالیزارها تنها یک کاربری اقتصادی بوده و با اهداف بهره‌برداری کوتاه‌مدت و ناپایدار توسعه می‌یابند؛ بنابراین اثر اریبی که ممکن است فعالیت‌ها و تغییر کاربری‌های انسان‌ساز در نتیجه پژوهش‌ها وارد کنند، اگر با مطالعات میدانی یا بررسی آمارهای نهادهای سرشماری‌کننده همچون وزارت جهاد کشاورزی اعتبارسنجی نشود، ممکن است نتایج کاذبی به‌دست دهد و این نتایج کاذب، منجر به تصمیمات و اقدامات نادرست و بی‌موقع شود.

نتیجه‌گیری

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که برخلاف بارش، همبستگی فضایی معنی‌داری بین شاخص پوشش گیاهی با مقادیر دمای سطح زمین در این استان وجود داشته است؛ همچنین مساحت پوشش جنگلی استان مازندران طی هفده سال دوره مطالعه روند کاهشی داشته؛ درحالی که میانگین فضایی شاخص باوجود کاهش مساحت عرصه‌های جنگلی، روند افزایشی داشته است. برای ابهام‌زدایی از این نتایج متناقض، بررسی‌های میدانی بیانگر آن بود که در هفده سال اخیر، هم‌زمان با کاهش مساحت جنگل‌ها، مساحت زمین‌های زیر پوشش شالیزارها در منطقه افزایش چشم‌گیری داشته و به‌ویژه زمین‌های بایر به شالیزار تبدیل شده‌اند. این افزایش شدت توسعه اراضی شالیزاری به‌حدی بوده که تأثیر روند کاهشی جنگل‌ها در منطقه را در میانگین فضایی شاخص خنثی کرده است. دستاورد نوشتار پیش رو از این لحاظ مهم است که نشان می‌دهد افزایش در میزان سبزی‌نگی منطقه نتیجه کاذبی بوده و می‌تواند روند کاهشی عرصه‌های جنگلی را در تحلیل‌ها کم‌رنگ کند؛ افزون بر این، مهم‌ترین محدودیت پژوهش حاضر استفاده از تنها دو پارامتر اقلیمی دما و بارش است. بر این مبنا پیشنهاد می‌شود در بررسی‌های دیگر در این زمینه، از تعداد بیشتری از متغیرهای اقلیمی استفاده شود. در جستار پیش رو اقلیم به‌صورت مؤلفه ثابتی در نظر گرفته شده و تأثیر تغییر اقلیم که حتی در مقیاس سالانه نیز قابل مشاهده است، در نظر گرفته نشده که این مسئله می‌تواند ارتباطات آشکار شده را با مقادیر عدم قطعیت همراه سازد.

منابع

- حسینی توسل، مرتضی؛ ارزانی، حسین؛ فرج‌زاده اصل، منوچهر؛ جعفری، محمد؛ بابایی کفای، ساسان؛ کهن‌دل، اصغر (۱۳۹۴). پایش تغییرات پوشش گیاهی مراتع در فصل رویش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با عوامل اقلیمی (مطالعه موردی: استان البرز). *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۲۲(۴)، ۶۱۵-۶۲۴.
- خورانی، اسداله؛ بی‌نیاز، مهدی؛ امیری، حمیدرضا (۱۳۹۴). تغییرات سطح جنگل‌های حرا با توجه به نوسانات اقلیمی (مطالعه موردی: جنگل‌های بین بندر خمیر و قشم). *مجله بوم‌شناسی آریزان*، ۵(۲)، ۱۱۱-۱۰۰.
- فرج‌زاده، منوچهر؛ فتح‌نیا، امان‌اله؛ علیجانی، بهلول؛ ضیایان، پرویز (۱۳۹۰). ارزیابی اثر عوامل اقلیمی بر پوشش گیاهی منطقه زاگرس با استفاده از اطلاعات رقومی ماهواره‌ای. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۸(۱)، ۱۰۷-۱۲۳.
- کریمی، مختار؛ طاهری قاسم‌آبادی، جلال؛ اسدالهی، ابودر (۱۳۹۷). بررسی تغییرات کمی و کیفی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و ارتباط آن با پارامترهای اقلیمی (مطالعه موردی: شهرستان بجنورد). *فصلنامه پژوهش‌های نوین علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی*، ۱۳(۱)، ۱-۱۲.

References

- Amiri-Bourkhani, M., Khaledian, R., Mashrafzadeh, A. & Shahnazari, A. (2017). The temporal and spatial variations in groundwater salinity in Mazandaran Plain, Iran, during a long-term period

- of 26 years. *Geofizika*, 34 (1), 119-139.
- Bao, G., Qin, Z., Bao, Y., Zhou, Y., Li, W. & Sanjjav, A. (2014). NDVI-based long-term vegetation dynamics and its response to climatic change in the Mongolian Plateau. *Remote Sensing*, 6 (9), 8337-8358.
- Chang, C. T., Wang, S.F., Vadeboncoeur, M. A. & Lin, T. C. (2014). Relating vegetation dynamics to temperature and precipitation at monthly and annual timescales in Taiwan using MODIS vegetation indices. *International journal of remote sensing*, 35 (2), 598-620.
- Chen, Z., Jiang, W. G., Tang, Z. H. & Jia, K. (2016). Spatial-temporal pattern of vegetation index change and the relationship to land surface temperature in zoige. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 41, 849-852.
- Chuai, X. W., Huang, X. J., Wang, W. J. & Bao, G. (2013). NDVI, temperature and precipitation changes and their relationships with different vegetation types during 1998–2007 in Inner Mongolia, China. *International Journal of Climatology*, 33 (7), 1696-1706.
- Ding, M., Zhang, Y., Liu, L., Zhang, W., Wang, Z. & Bai, W. (2007). The relationship between NDVI and precipitation on the Tibetan Plateau. *Geographical Sciences*, 17 (3), 259-268.
- Dou, Y., Chen, X., Bao, A., Luo, G., Jappar, G. & Li, J. (2008). The Correlation Analysis of Vegetation Variable Process and Climate Variables in Alpine- Cold Wetland in Arid Area. Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2008. *IEEE International*, 4, 7-11, P: IV-878-IV-881.
- Emadi, M., Shahriari, A. R., Sadegh-Zadeh, F., Jalili Seh-Bardan, B. & Dindarlou, A. (2016). Geostatistics-based spatial distribution of soil moisture and temperature regime classes in Mazandaran province, northern Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62 (4), 502-522.
- Farajzadeh, M., Fathnia, A., Alijani, A. & Zeaiean, P. (2011). Assessment of climatic factors effect on vegetation in the Zagross region using satellite images. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 18 (1), 107-123. (In Persian)
- Guo, L., Wu, S., Zhao, D., Yin, Y., Leng, G. & Zhang, Q. (2014 a). NDVI-based vegetation change in Inner Mongolia from 1982 to 2006 and its relationship to climate at the biome scale. *Advances in Meteorology*, 1-12.
- Guo, W., Ni, X., Jing, D. & Li, S. (2014 b). Spatial-temporal patterns of vegetation dynamics and their relationships to climate variations in Qinghai Lake Basin using MODIS time-series data. *Geographical Sciences*, 24 (6), 1009-1021.
- Hashim, H., Latif, Z. A. & Adnan, N. A. (2019). Urban vegetation classification with NDVI threshold value method with very high resolution (VHR) PLEIADES Imagery. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Kuala Lumpur, Malaysia*. XLII-4/W16, 237-240.
- Halimi, M., Sedighifar, Z., & Mohammadi, C. (2018). Analyzing spatiotemporal land use/cover dynamic using remote sensing imagery and GIS techniques case: Kan basin of Iran. *Geo Journal*, 83 (5), 1067-1077.
- He, D., Yi, G., Zhang, T., Miao, J., Li, J. & Bie, X. (2018). Temporal and Spatial Characteristics of EVI and Its Response to Climatic Factors in Recent 16 years Based on Grey Relational Analysis in Inner Mongolia Autonomous Region, China. *Remote Sensing*, 10 (6) 961, 1-17.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X. & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83 (1-2), 195-213.
- Hussein, S. O., Kovács, F. & Tobak, Z. (2017). Spatiotemporal assessment of vegetation indices and land cover for Erbil city and its surrounding using MODIS imageries. *Environmental Geography*, 10 (1-2), 31-39.
- Karami, M., Taheri GhasemAbadi, J., Asadollahi, A. (2018). Investigating the quantitative and qualitative changes of vegetation using satellite images and its relationship with climatic parameters (Case study: Bojnourd city). *Geographical New Studies, Architecture and Urbanis*, 13 (1), 1-12. (In Persian)
- Kaufmann, R.K., Zhou, L., Myneni, R.B., Tucker, C.J., Slayback, D., Shabanov, N.V. & Pinzon, J.

- (2003). The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data. *Geophysical Research Letters*, 30 (22) 4 p.
- Khoorani, A., Biniiaz, M. & Amiri, H. R. (2015). Investigating the changes of mangrove forests between Khamir port and Gheshmiseland and its correlation with climatic elements. *J. Aqu. Eco*, 5 (2), 100-111. (In Persian)
- Leilei, L., Jianrong, F. & Yang, C. (2014). The relationship analysis of vegetation cover, rainfall and land surface temperature based on remote sensing in Tibet, China. In IOP Conference Series. *Earth and Environmental Science*, 17 (1) 012034, IOP Publishing. 6p.
- Li, Z., Li, X., Wei, D., Xu, X. & Wang, H. (2010). An assessment of correlation on MODIS-NDVI and EVI with natural vegetation coverage in Northern Hebei Province, China. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 964-969.
- Lu, L., Kuenzer, C., Wang, C., Guo, H. & Li, Q. (2015). Evaluation of three MODIS-derived vegetation index time series for dryland vegetation dynamics monitoring. *Remote Sensing*, 7 (6), 7597-7614.
- Luan, J., Liu, D., Zhang, L., Huang, Q., Feng, J., Lin, M. & Li, G. (2018). Analysis of the spatial-temporal change of the vegetation index in the upper reach of Han River Basin in 2000–2016. *Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences*, 379, 287-292.
- Motlagh, M. G., Kafaky, S. B., Mataji, A., & Akhavan, R. (2018). Estimating and mapping forest biomass using regression models and Spot-6 images (case study: Hyrcanian forests of north of Iran). *Environmental Monitoring and Assessment*, 190 (6), 352, 1-14.
- Phompila, C., Lewis, M., Ostendorf, B. & Clarke, K. (2015). MODIS EVI and LST temporal response for discrimination of tropical land covers. *Remote Sensing*, 7 (5), 6026-6040.
- Qu, B., Zhu, W., Jia, S.H., & Lv, A. (2015). Spatio-Temporal Changes in Vegetation Activity and Its Driving Factors during the Growing Season in China from 1982 to 2011. *Remote Sens*, 7, 13729-13752.
- Raynolds, M. K., Comiso, J. C., Walker, D. A. & Verbyla, D. (2008). Relationship between satellite-derived land surface temperatures, arctic vegetation types, and NDVI. *Remote Sensing of Environment*, 112 (4), 1884-1894.
- Richard, Y. & Pocard, I. (1998). A statistical study of NDVI sensitivity to seasonal and interannual rainfall variations in Southern Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (15), 2907-2920.
- Hoseini Tavasol, M., Arzani, H., Farajzadeh asl, M., Jafari, M., Babayee kafaki, S., & Kohandel, A. (2015). Monitoring of Vegetation Change in the growing season by using satellite imagery and its relationship with climatic factors (Case Study: Alborz Province). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22 (4), 615-624. (In Persian)
- Testa, S., Soudani, K., Boschetti, L. & Mondino, E.B. (2018). MODIS-derived EVI, NDVI and WDRVI time series to estimate phenological metrics in French deciduous forests. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 64, 132-144.
- Wang, J., Rich, P. M. & Price, K. P. (2003). Temporal responses of NDVI to precipitation and temperature in the central Great Plains, USA. *International Journal of Remote Sensing*, 24 (11), 2345-2364.
- Xin, Z., Xu, J., & Zheng, W. (2008). Spatiotemporal variations of vegetation cover on the Chinese Loess Plateau (1981-2006): Impacts of climate changes and human activities. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 51 (1), 67-78.
- Xu, G., Zhang, H., Chen, B., Zhang, H., Innes, J. L., Wang, G., Yan, J., Zheng, Y., Zhu, Z. & Myneni, R.B. (2014). Changes in vegetation growth dynamics and relations with climate over China's landmass from 1982 to 2011. *Remote Sensing*, 6 (4), 3263-3283.
- Zhong, L., Ma, Y., Salama, M.S. & Su, Z. (2010). Assessment of vegetation dynamics and their response to variations in precipitation and temperature in the Tibetan Plateau. *Climatic change*, 103 (3-4), 519-535.
- Zoungrana, B. J. B., Conrad, C., Amekudzi, L. K., Thiel, M. & Da, E. D. (2014). Land use/cover response to rainfall variability: A comparing analysis between NDVI and EVI in the Southwest of Burkina Faso. *Climate*, 3 (1), 63-77.

