



Investigating the Trend of NPP Changes in Vegetation Cover of Alborz Province

Pouyan Dehghan Rahimabadi¹, Esmail Heydari Alamdarloo¹, Masoumeh Rahimi Dehcheraghi², Hossein Azarnivand^{*3}

1. PhD. in Combat Desertification, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. PhD. in Range Management, Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Corresponding author; Prof., Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran. E-Mail: hazar@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Full Paper

2024; Vol 18, Issue 2

Article history:

Received: 16.02.2022

Revised: 20.06.2022

Accepted: 03.07.2022

Keywords:

Primary Net Production, MODIS, Mann-Kendall, Regression, Alborz.

Abstract

Background and objectives: Primary Net Production (NPP) is a crucial component of the carbon cycle, key to carbon storage and evaluating ecosystem functions. Rainfall and temperature are essential elements in studying climatic stability in any region. Understanding temporal and spatial changes in NPP and its interaction with various climatic factors over the past decades has been central to global change studies. Advances in remote sensing data offer a cost-effective and accurate method to estimate NPP at landscape and regional scales

Methodology: This study examined the trend of spatiotemporal changes in NPP under the influence of climatic factors (temperature and precipitation) from 2006 to 2020 in Alborz province. NPP maps were extracted from the MOD17A3HGF product of MODIS, with annual and spatial resolutions of 500 meters. The Land Use/Land Cover (LULC) map for Alborz province was generated based on data from the Natural Resources and Watershed Management Organization of Iran, comprising nine categories: residential lands, water bodies, irrigated agricultural lands, rainfed agricultural lands, garden lands, good, medium, and poor rangelands, and lands without vegetation. The trend of NPP changes and its correlation with temperature and rainfall were investigated using the Mann-Kendall test and linear regression in TerrSet software's Earth Trends Modeler. Residential areas and water bodies were masked and excluded from correlation analysis. Finally, the average correlation coefficients of NPP with temperature and rainfall were classified.

Results: The results indicated that rainfall decreased in 2008 and 2014, reducing NPP in various LULC types. Conversely, precipitation increased from 2017 to 2020, leading to a rise in NPP in these LULC types. The temperature changes across different LULC types were not significant, resulting in a weak correlation between NPP and temperature. The highest NPP values were observed in irrigated agricultural lands, and the lowest in bare lands. NPP changes in most areas of Alborz province showed no trend; however, an increasing trend was noted in the northern and southern parts, while a decreasing trend was observed in the central parts. The correlation of NPP changes over time revealed a stronger positive correlation in the northern parts compared to the central and southern parts. The northern regions, especially the northwest, exhibited a higher intensity of NPP

change than the central and southern regions. In contrast, the eastern and most southern areas showed less change.

Conclusion: Over the past 15 years, NPP in the central and southern parts of Alborz province has been more affected by annual rainfall than in the northern areas, due to the climatic and environmental conditions of the Alborz mountain range, which experience fewer climatic stresses than the southern regions. In contrast, NPP changes due to temperature showed the opposite results. The northern parts of the province were more affected by temperature changes than the southern parts. The high correlation between NPP and precipitation and the low correlation with temperature in the southern parts are related to the arid and semi-arid climate of these areas. Overall, NPP in Alborz province is generally influenced by climatic factors of rainfall and temperature. Conservation and restoration efforts should prioritize temperature and precipitation fluctuations as significant climatic factors.

Cite this article: Dehghan Rahimabadi, P., E. Heydari Alamdarloo, M. Rahimi Dehcheraghi, H. Azarnivand, 2024. Investigating the Trend of NPP Changes in Vegetation Cover of Alborz Province. *Journal of Rangeland*, 18(2): 184-201.



© The Author(s).

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.2.2.0

Publisher: Iranian Society for Range Management

بررسی روند تغییرات تولید خالص اولیه در پوشش گیاهی استان البرز

پویان دهقان رحیم آبادی^۱، اسماعیل حیدری علمدارلو^۱، معصومه رحیمی دهچراغی^۲، حسین آذرنبوند^{۳*}

۱. دکتری بیابانزادایی، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. دکتری مرتعداری، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. استاد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

رایان نامه: hazar@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله کامل - پژوهشی	سابقه و هدف: تولید خالص اولیه (NPP) از مؤلفه‌های مهم در چرخه کربن بوده و از نظر ذخیره کربن و ارزیابی کارکرد اکوسیستم مؤلفه کلیدی است. همچنین اندازه‌گیری بارش و دما دو مؤلفه مهم در بررسی پایداری اقلیمی هر منطقه است. درک الگوهای تغییرات زمانی و مکانی NPP و تعامل آن با عوامل مختلف اقلیمی و انسانی در طی چند دهه گذشته مورد توجه مطالعات مربوط به حوزه تغییرات جهانی بوده است. پیشرفت داده‌های سنجنش از دور، که به طور اصولی شاخص‌های اکولوژیکی را در مقیاس‌های مختلف تولید می‌کنند، فرصتی مناسب به منظور برآورد NPP در مقیاس چشم‌انداز و منطقه‌ای، با هزینه مناسب و روش دقیق فراهم می‌کند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷	مواد و روش: در این پژوهش روند تغییرات زمانی و مکانی NPP تحت تأثیر مؤلفه‌های دما و بارش در دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ در استان البرز بررسی شد. به این منظور ابتدا نقشه‌های NPP در محدوده استان البرز از محصول MOD17A3HGF سنجنده مودیس با قدرت تفکیک زمانی سالانه و مکانی ۵۰۰ متر از سال ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ استخراج شد. همچنین نقشه کاربری و پوشش اراضی استان البرز از نقشه تهیه شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری ایران، تهیه شد که بر اساس آن، ۹ طبقه شامل: اراضی مسکونی، پهنه‌های آبی، اراضی کشاورزی آبی، اراضی کشاورزی دیم، اراضی باغی، مرتع خوب، مرتع متوسط و مرتع فقیر و نیز اراضی بدون پوشش گیاهی در محدود مطالعاتی وجود دارد. سپس با استفاده از آزمون من-کندال و رگرسیون خطی در نرم‌افزار TerrSet روند تغییرات NPP و میزان اثر دما و بارش بر آن و همچنین میزان همبستگی آن با این پارامترهای اقلیمی مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از مدل‌ساز روند زمین یا (ETM Earth Trends Modeler) نرم‌افزار TerrSet استفاده شد. همچنین برای تحلیل همبستگی نقشه‌های NPP با دما و بارش، مناطق مسکونی و پهنه آبی در محدوده استان البرز ماسک شده و در نظر گرفته نشد و در نهایت میانگین ضریب همبستگی نقشه‌های NPP با نقشه‌های دما و بارش طبقه‌بندی شد.
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰	نتایج: نتایج نشان داد که در طی دوره مورد مطالعه، در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ میزان بارش کاهش داشته و بر میزان NPP در کاربری‌های مختلف اثرگذار بوده و سبب کاهش آن شده است. از طرفی میزان بارش از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ روند افزایشی را نشان داد که این موضوع سبب افزایش میزان NPP در کاربری‌های مختلف شد. میزان تغییرات دما در کاربری‌های مختلف در طی دوره مطالعاتی تفاوت چشم‌گیری را نشان نداد، به همین دلیل همبستگی بین NPP و دما قوی نبود. همچنین بیشترین میزان NPP در بین کاربری‌های مختلف، در
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۱۲	
واژه‌های کلیدی: تولید خالص اولیه، مودیس، من-کندال، رگرسیون، البرز.	

اراضی کشاورزی آبی و کمترین آن در اراضی بدون پوشش بود. تغییرات NPP در اکثر نواحی استان البرز بدون روند، در بخش‌های شمالی و قسمت‌هایی از جنوب با گذشت زمان روند تغییرات NPP صعودی و در بخش‌های مرکزی این روند نزولی است. همبستگی میزان تغییرات NPP با گذشت زمان نشان داد که نواحی شمالی همبستگی مثبت و قوی‌تری نسبت به نواحی مرکزی و جنوبی دارد و شدت تغییرات NPP در واحد زمان در نواحی شمالی و به خصوص در شمال غرب و نیز نواحی مرکزی و جنوبی دارای شدت تغییرات بالاتری هستند. همچنین نواحی شرقی و بخش عمده نواحی جنوبی استان دارای شدت تغییرات کمتری نسبت به دیگر نواحی است.

نتیجه‌گیری: نتایج روند تغییرات NPP در اثر بارش سالانه نشان داد که در طی ۱۵ سال اخیر میزان NPP در بخش‌های مرکزی و جنوبی بیشتر از نواحی شمالی تحت تأثیر بارش سالانه بوده است. دلیل این امر اقلیم و شرایط محیطی این نواحی بوده که در رشته کوه البرز واقع شده است و تنش‌های اقلیمی کمتری نسبت به مناطق جنوبی استان دارد. از طرفی روند تغییرات NPP با دما نتایج برعکس را نشان داد. به‌طور کلی در نیمه شمالی استان نسبت به نیمه جنوبی مقدار NPP بیشتر تحت تأثیر دما قرار دارد. به‌طور کلی بالا بودن همبستگی NPP با بارش و مقادیر پایین همبستگی NPP با دما در بخش‌های جنوبی استان به‌دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک این نواحی مربوط می‌شود. در آخر می‌توان گفت به‌طور کلی NPP در استان البرز تحت تأثیر عوامل اقلیمی بارش و دما تغییر می‌کند. بنابراین در اجرای طرح‌های حفاظت و احیا پوشش گیاهی باید به نوسانات دما و بارش به عنوان دو مؤلفه مهم اقلیمی توجه ویژه داشت.

استناد: دهقان رحیم آبادی، پ.ا.، حیدری علمدارلو، م. رحیمی دهچراغی، ح. آذرنبوند، ۱۴۰۳. بررسی روند تغییرات تولید خالص اولیه در پوشش گیاهی استان البرز. مرتع، ۱۸(۲): ۱۸۴-۲۰۱.



DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.2.2.0

© نویسندگان

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

مقدمه

آگاهی از میزان تولید کربن، برای توسعه سیاست‌های جهانی تغییر اقلیم ضروری است (۱۶). گیاهان با جذب دی‌اکسید کربن (CO₂) نقش مهمی در چرخه کربن دارند و مبنایی برای تولید مواد غذایی، فیبر و چوب محسوب می‌شوند. بنابراین، تولید خالص اولیه (NPP)، که مقدار زیست‌توده گیاهی را نشان می‌دهد، یکی از اجزاء اصلی چرخه کربن است. NPP به‌عنوان یک شاخص مهم برای چگونگی پاسخ اکوسیستم‌ها در برابر تغییرات اقلیمی، که می‌توانند اثرات مهمی بر اکوسیستم‌های طبیعی در برخی از مناطق جهان داشته باشند، بیان شده است (۱۴). بنابراین NPP یک جزء مهم در ترسیب کربن اکوسیستم‌های خشکی محسوب می‌شود. درک الگوهای تغییرات زمانی و مکانی NPP و تعامل آن با عوامل مختلف اقلیمی و انسانی در طی چند دهه گذشته مورد توجه مطالعات مربوط به حوزه تغییرات جهانی بوده است. توجه به این موضوع که چگونه این تغییرات فنولوژیک بر عملکرد تولید خالص اولیه به‌عنوان یک شاخص تأثیرگذار بر پتانسیل اکوسیستم برای ذخیره مواد مغذی مؤثر است، رو به افزایش است (۶ و ۲۴). بنابراین توانایی انسان برای توصیف دقیق عملکرد NPP، به تغییرات فنولوژیک و همچنین درک او از واکنش اکوسیستم‌های زمینی به نوسانات اقلیم جهانی بستگی دارد. مطالعات گذشته تلاش کرده‌اند تا مقدار NPP اکوسیستم‌های زمینی را تخمین بزنند و همچنین پاسخ آن را به تغییر اقلیم جهانی مورد بررسی قرار دهند (۷ و ۲۱). مقدار NPP در اکوسیستم‌های مختلف تحت تأثیر شرایط بوم‌شناختی آن اکوسیستم و عوامل محیطی مانند دما، بارش و رطوبت نسبی است (۲۱). به‌طور سنتی NPP با اندازه‌گیری بیومتری نظیر روش میدانی یا به روش مستقیم ارزیابی می‌شود (۱۸)، اگرچه این روش‌ها بسیار دقیق بوده و به‌طور موفقیت‌آمیزی برای استخراج داده‌های NPP در مقیاس کوچک استفاده می‌شوند، اما آن‌ها اغلب نیازمند صرف هزینه و زمان زیادی بوده و برای مقیاس‌های بزرگ عملی نیستند (۲۴ و ۲۵). محققان برای پایش شاخص‌های اکوسیستم که به تغییرات محیطی حساس هستند از ابزار و برنامه‌های جدید همچون بهره‌گیری از داده‌های سنجنش‌ازدور که ابزاری قدرتمند برای پایش سیستم‌های

محیطی هستند استفاده می‌کنند. پیشرفت داده‌های سنجنش‌ازدور، به‌خصوص سنجنده MODIS که به‌طور اصولی شاخص‌های اکولوژیکی را در مقیاس‌های مختلف تولید می‌کنند، فرصتی مناسب به‌منظور برآورد NPP در مقیاس چشم‌انداز و منطقه‌ای، با هزینه مناسب و روش دقیق فراهم می‌کند (۱۴ و ۲۵). مطالعات تولید بر اساس داده‌های سنجنش‌ازدور در بخش زیادی از اکوسیستم‌های جنگلی و مرتعی صورت گرفته است (۱۰)؛ و تعداد کمی از تحقیقات به برآورد تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک اختصاص دارد. محققان قبلی عموماً بر NPP و تأثیر فاکتورهای اقلیمی بر آن در مقیاس بزرگ تمرکز کرده‌اند (۷). آن و همکاران (۲۰۱۴) برای پایش مرتع در منطقه کینگ‌های چین، تغییرات NPP را در دوره ۲۰۰۴-۱۹۹۰ مورد بررسی قرار دادند و از داده‌های NDVI MODIS برای برآورد NPP استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که درصد تخریب مرتع از ۳۲/۸۶ درصد به ۳۶/۷۰ درصد در دوره مورد مطالعه افزایش یافته است. چن و همکاران (۲۰۱۲) با هدف بررسی NPP گیاهان در فلات تبت از داده‌های سنجنده MODIS و مدل (Efficiency Model = Global Production Model) نتایج مطالعه آن‌ها نشان می‌دهد که تغییرات NPP از صفر تا ۱۵۰۰ گرم کربن در متر مربع در سال، ناشی از فاکتورهای محدودکننده اقلیمی شامل درجه حرارت و بارش است. گنگ و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی NPP اکوسیستم‌های خشکی در پاسخ به تغییرات اقلیمی پرداختند. در تحقیق آن‌ها تغییرات پراکنش مکانی و زمانی NPP با استفاده از سیستم CSCS در دوره ۲۰۰۰-۱۹۱۱ مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها بیان کردند که افزایش ثابت درجه حرارت جهانی و تغییر الگوی بارش تأثیر زیادی بر پراکنش مکانی زمانی و تولید اکوسیستم‌های خشکی خصوصاً در ارتفاعات بالاتر و متوسط دارد. میرعلیزاده و همکاران (۲۰۲۱) با بررسی تصاویر ماهواره‌ای در مراتع گلستان دریافتند که داده‌های سنجنش از دور به خوبی قادر است اطلاعات مفیدی را ارائه کند. تولید خالص اولیه جهانی یک همبستگی مثبت با میانگین بارش سالیانه در مقیاسه با میانگین درجه حرارت سالیانه و درجه حرارت بیولوژیکی نشان می‌دهد (۱۴ و ۲۵).

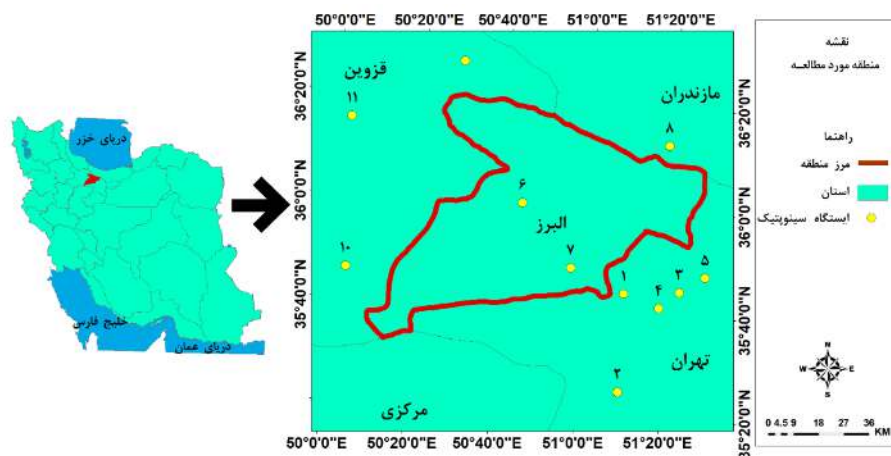
و در جنوب ارتفاعات البرز مرکزی واقع شده است (شکل ۱). دشت‌ها و جلگه‌های این استان در جنوب، دارای اقلیم خشک و با بارش کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر در سال است. آب و هوای استان البرز معتدل و میانگین بارش ۲۵۰ میلی‌متر در سال است و بارش در ارتفاعات بیشتر به صورت برف است. حداکثر میزان بارش در این منطقه در اواخر زمستان و اوایل بهار بوده و حداقل بارش در مرداد ماه است. ماه‌های دی و مرداد به ترتیب سردترین و گرم‌ترین ماه‌های سال را در این استان تشکیل می‌دهد. این منطقه به لحاظ وضعیت خاص توپوگرافی و اقلیمی از غنای کم نظیر پوشش گیاهی برخوردار بوده و بیش از ۷۰۰ گونه گیاهی متعلق به ۲۰۰ جنس خانوار از گیاهان اصلی شناسایی شده که نشان‌دهنده پوشش گیاهی غنی است (۲۲).

بنابراین، با توجه به اهمیت اندازه‌گیری NPP در مقیاس وسیع و مشکلات و سختی‌های موجود در اندازه‌گیری میدانی، در این پژوهش ارزیابی روند تغییرات NPP و ارتباط آن به مؤلفه‌های اقلیمی دما و بارش در استان البرز با استفاده از داده‌های سنجنش‌ازدور سنجنده MODIS در دوره ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان البرز با مساحت ۵۱۲۵/۴۱ کیلومتر مربع به عنوان کوچک‌ترین استان ایران، در محدوده جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی

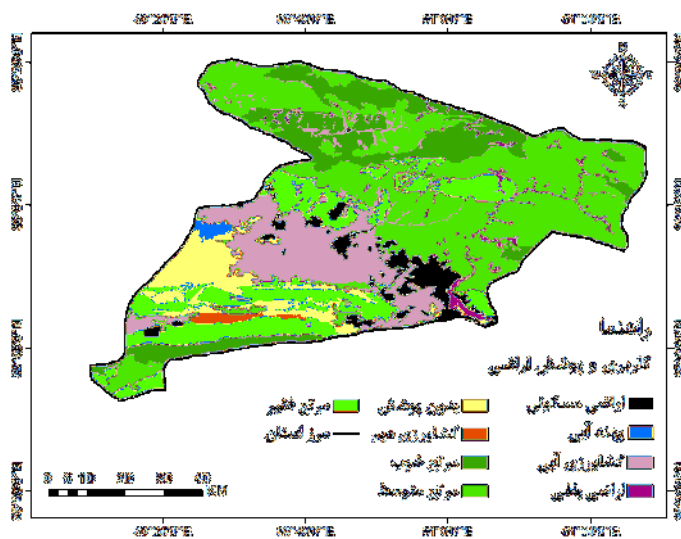


شکل ۱: موقعیت جغرافیای محدوده مورد مطالعه

و مرتع فقیر و نیز اراضی بدون پوشش گیاهی وجود دارد. مراتع موجود در منطقه، بیشتر در قسمت شمالی و بر روی ارتفاعات جنوبی رشته کوه البرز و اراضی بدون پوشش در قسمت‌های جنوبی قرار دارند.

کاربری و پوشش اراضی

نقشه کاربری و پوشش اراضی (LULC= Land Use Land Cover) استان البرز از نقشه تهیه شده توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری ایران، تهیه شد (شکل ۲). بر اساس این نقشه، ۹ طبقه شامل: اراضی مسکونی، پهنه آبی، کشاورزی آبی و دیم، اراضی باغی، مرتع خوب، مرتع متوسط



شکل ۲: نقشه کاربری و پوشش اراضی استان البرز

جمع آوری داده‌ها

تولید خالص اولیه (NPP)

NPP از اجزای اصلی چرخه کربن در اکوسیستم مرتع است و نشان‌دهنده میزان زیست‌توده پوشش گیاهی در سطح و زیر زمین است (۲۸). در این پژوهش برای تهیه نقشه‌های NPP، از محصول MOD17A3HGF سنجنده MODIS استفاده شد. این محصول دارای قدرت تفکیک مکانی ۵۰۰ متر و به صورت سالانه است (۱۷). واحد NPP در مقاله حاضر گرم در متر مربع در سال ($\text{g/m}^2/\text{y}^{-1}$) است.

داده‌های اقلیمی

در این تحقیق برای بررسی روند نوسانات اقلیمی از اطلاعات ۱۱ ایستگاه سینوپتیک در داخل و اطراف حوضه مطالعاتی استفاده شد. اطلاعات دما و بارش سالیانه در خلال سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۲۰ از ایستگاه‌های هواشناسی استخراج شد. موقعیت و مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک به ترتیب در شکل (۱) و جدول (۲) ارائه شده است.

مساحت و درصد هر طبقه از نقشه کاربری و پوشش اراضی در جدول (۱) آورده شده است. بر اساس این جدول بیشترین مساحت مربوط به مراتع (۸۵/۶۶ درصد) بوده و کمترین مساحت مربوط به پهنه آبی (۰/۵۵) است.

جدول ۱: مساحت طبقات کاربری و پوشش اراضی در استان البرز

ردیف	کاربری	مساحت (کیلومتر)	مساحت (%)
۱	کشاورزی آبی	۷۶۷/۱۶	۱۴/۹۷
۲	اراضی باغی	۸۵/۶۶	۱/۶۷
۳	بدون پوشش گیاهی (پوشش کمتر از ۱۰ درصد)	۳۹۴/۷۵	۷/۷۱
۴	کشاورزی دیم	۴۰/۱۷	۰/۷۸
۵	مرتع خوب	۷۹۰/۰۶	۱۵/۴۱
۶	مرتع متوسط	۱۹۶۴/۲۲	۳۸/۳۲
۷	مرتع فقیر	۸۴۵/۷۱	۱۶/۵۱
۸	اراضی مسکونی	۲۰۹/۲۴	۴/۰۸
۹	پهنه آبی	۲۸/۴۴	۰/۵۵
۱۰	جمع	۵۱۲۵/۴۱	۱۰۰

جدول ۲: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی

ردیف	نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر از سطح دریا)	نوع ایستگاه
۱	چیتگر	۳۵° ۴۳' ۵۹"	۵۱° ۱۰' ۰۰"	۱۲۱۵	سینوپتیک
۲	فرودگاه امام خمینی	۳۵° ۱۰' ۲۵' ۰۰"	۵۱° ۱۰' ۰۰"	۹۹۰/۲	سینوپتیک
۳	ژئوفیزیک تهران	۳۵° ۴۴' ۴۸"	۵۱° ۲۳' ۱۲"	۱۴۱۸/۶	سینوپتیک
۴	تهران (مهرآباد)	۳۵° ۴۱' ۳۵"	۵۱° ۱۸' ۳۳"	۱۱۹۰/۸	سینوپتیک
۵	شمیران تهران	۳۵° ۴۷' ۵۶"	۵۱° ۲۹' ۷۰"	۱۵۴۹/۱	سینوپتیک
۶	هشتگرد	۳۶° ۰۰' ۲۴"	۵۱° ۴۴' ۴۸"	۱۶۱۳	سینوپتیک
۷	کرج	۳۵° ۴۸' ۳۵"	۵۱° ۵۷' ۱۴"	۱۳۱۲/۵	سینوپتیک
۸	سیاه بیشه	۳۶° ۱۳' ۰۰"	۵۱° ۱۹' ۰۰"	۲۱۶۵	سینوپتیک
۹	معلم کلايه	۳۶° ۲۷' ۰۰"	۵۱° ۲۸' ۵۹"	۱۶۲۹/۲	سینوپتیک
۱۰	بویین زهرا	۳۵° ۴۶' ۰۰"	۵۱° ۰۴' ۰۰"	۱۲۸۲	سینوپتیک
۱۱	قزوین	۳۶° ۱۹' ۰۹"	۵۱° ۰۱' ۱۳"	۱۲۷۹/۲	سینوپتیک

روش تحقیق

تصاویر NPP در استان البرز و در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۶ تهیه شد و برای بررسی روند تغییرات آن در طول زمان و تأثیر اقلیم بر آن، از آزمون من-کندال، ضریب همبستگی پیرسون و شیب تغییرات استفاده شد. به این منظور از مدل‌ساز روند زمین یا (Earth Trends) ETM (Modeler) در نرم افزار TerrSet استفاده شد.

آزمون من-کندال

آزمون من-کندال بر اساس معادله ۱ محاسبه می‌شود:

معادله (۱)

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (\text{sign}(x_i - x_j))$$

که در آن مقادیر x_i و x_j داده‌های متوالی است، n طول سری زمانی است و تابع علامت نیز به ترتیب معادله ۲ قابل محاسبه است.

معادله (۲)

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{اگر } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (x_i - x_j) < 0 \end{cases}$$

میانگین $E(S)$ و واریانس $\text{Var}(S)$ آماره S به ترتیب زیر به دست می‌آید.

معادله (۳)

$$E(S) = 0$$

معادله (۴)

$$\text{VAR}(S) = \frac{1}{18} [n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q tp(tp-1)(2tp+5)]$$

که t_p تعداد دنباله‌ها برای p امین مقدار p تعداد مقادیر دنباله‌ها است. جزء دوم در فرمول فوق یک تعدیل برای دنباله یا داده‌های حساس است. آماره استاندارد شده آزمون Z_M از رابطه زیر به دست می‌آید.

معادله (۵)

$$Z_M = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{اگر } S > 0 \\ 0 & \text{اگر } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{VAR}(S)}} & \text{اگر } S < 0 \end{cases}$$

مقدار مثبت Z_M ، روند افزایشی و مقدار منفی Z_M ،

روند کاهشی در طول زمان را نشان می‌دهد. همچنین آستانه سطح معنی‌داری در آزمون من-کندال پنج درصد می‌باشد.

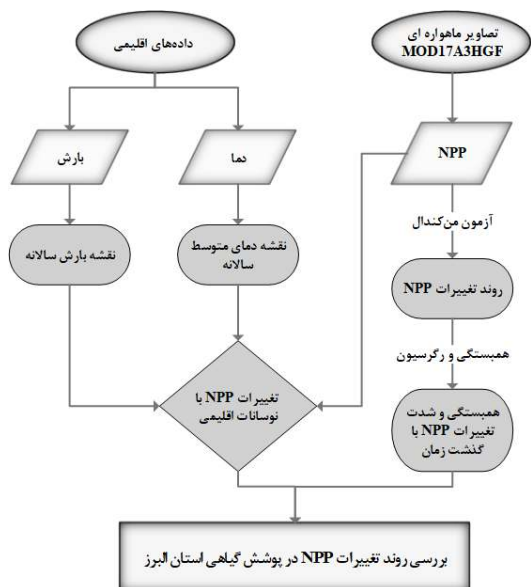
محاسبه همبستگی شیب تغییرات

در این مرحله با استفاده از رابطه همبستگی پیرسون، ضریب همبستگی تغییرات NPP در واحد زمان محاسبه شد.

معادله (۶)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

مقدار ضریب همبستگی بین -۱ تا ۱ تغییر می‌کند که +۱ به معنای همبستگی مثبت کامل، صفر به معنی عدم وجود همبستگی و -۱ به معنی همبستگی منفی کامل است. برای تحلیل همبستگی نقشه‌های NPP با دما و بارش، مناطق مسکونی و پهنه آبی ماسک شده و در نظر گرفته نشد. در نهایت میانگین ضریب همبستگی نقشه‌های NPP با نقشه‌های دما و بارش بر اساس جدول ۳ طبقه‌بندی شد.



شکل ۳: نمودار مراحل روش تحقیق

جدول ۳: طبقه‌بندی ضریب همبستگی پیرسون (۱۲)

طبقه	r	طبقه	r
مثبت خیلی زیاد	۰/۸ تا ۱	منفی خیلی زیاد	-۱ تا -۰/۸
مثبت زیاد	۰/۶ تا ۰/۸	منفی زیاد	-۰/۸ تا -۰/۶
مثبت متوسط	۰/۴ تا ۰/۶	منفی متوسط	-۰/۶ تا -۰/۴
مثبت کم	۰/۲ تا ۰/۴	منفی کم	-۰/۴ تا -۰/۲
مثبت خیلی کم	۰ تا ۰/۲	منفی خیلی کم	۰ تا -۰/۲

تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی

تجزیه و تحلیل رگرسیون خطی می‌تواند برای شبیه‌سازی روند تغییرات استفاده شود. ضریب شیب خط روند تغییرات NPP با استفاده از معادله ۷ محاسبه شد.

معادله (۷)

$$Slope = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}$$

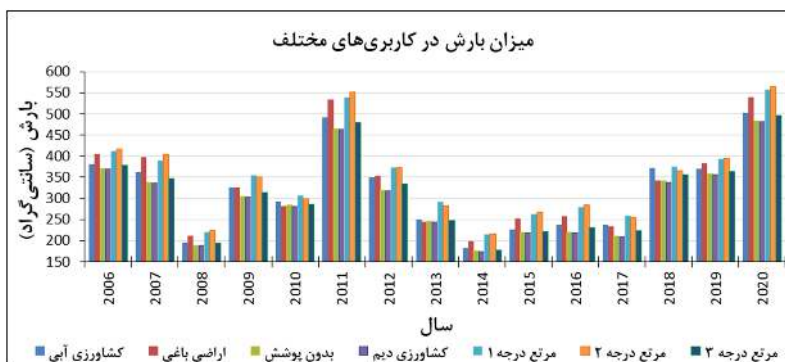
X_i و Y_i به ترتیب مقادیر متغیر مستقل و متغیر وابسته در سال i ام است و n تعداد سال‌ها در طول دوره مطالعه است. به‌طور کلی، اگر شیب بزرگ‌تر از صفر باشد، روند تغییرات در متغیر وابسته یک روند صعودی بوده، درحالی‌که اگر شیب کمتر از صفر باشد، روند تغییرات در متغیر وابسته نزولی است و در شیب صفر، روند تغییراتی در متغیر وابسته وجود ندارد.

مراحل انجام تحقیق در شکل (۳) آورده شده است.

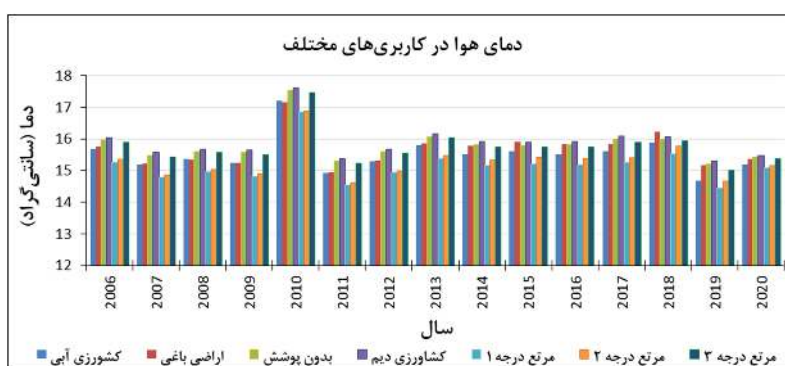
نتایج

روند تغییرات NPP

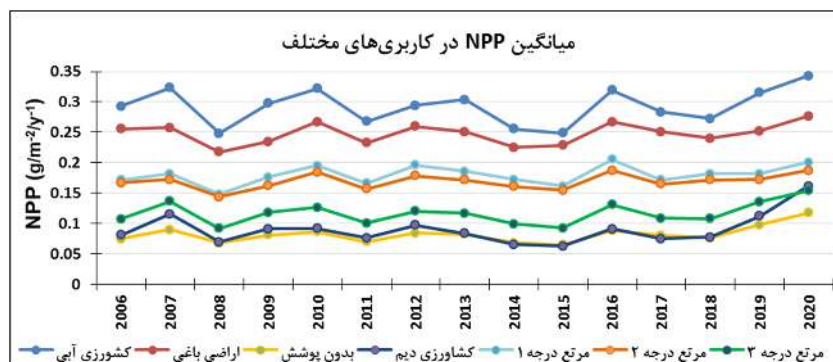
شکل (۴) میزان بارش، شکل (۵) دمای هوا و شکل (۶) میانگین NPP در کاربری‌های مختلف استان البرز در سال‌های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به داده‌های اقلیمی، در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ میزان بارش نسبت به سال‌های دیگر میزان کمتری را نشان می‌دهد. همین امر بر روی میزان NPP در کاربری‌های مختلف در این سال‌ها اثر گذاشته و میزان آن در همه کاربری‌ها کاهش یافته است. همچنین میزان بارش در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ روند افزایشی داشت که این موضوع بر روی میزان NPP اثرگذار بوده و روند آن در این سال‌ها در کاربری‌های مختلف افزایشی شده است. میزان تغییرات دما در کاربری‌ها و در سال‌های مختلف تفاوت چشمگیری را نشان نمی‌دهد. همچنین بیشترین میزان تولید خالص اولیه در کاربری کشاورزی آبی و کمترین آن در اراضی بدون پوشش است.



شکل ۴: میزان بارش در کاربری‌های مختلف استان البرز



شکل ۵: دمای هوا در کاربری‌های مختلف استان البرز



شکل ۶: میانگین NPP در کاربری‌های مختلف استان البرز

همچنین بیشترین تغییرات نسبت به میانگین در اراضی کشاورزی آبی (۰/۰۲۶) است و در حال که کمترین آن مربوط به اراضی بدون پوشش و مراتع متوسط (۰/۰۱۲) است.

جدول (۳) مشخصات NPP در کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد. همانطور که دیده می‌شود، به طور کلی بیشترین مقدار NPP در کاربری کشاورزی آبی (با میانگین ۰/۲۹۴) و کمترین آن در اراضی بدون پوشش (۰/۰۸۲) است. بیشترین دامنه تغییرات در کاربری کشاورزی دیم (۰/۰۹۹) و کمترین آن در مراتع متوسط (۰/۰۴۳) است.

جدول ۳: مشخصات NPP در کاربری‌های مختلف

پارامتر	کشاورزی آبی	اراضی باغی	بدون پوشش	کشاورزی دیم	مرتع خوب	مرتع متوسط	مرتع فقیر
میانگین	۰/۲۹۴	۰/۲۴۷	۰/۰۸۲	۰/۰۹۳	۰/۱۷۷	۰/۱۶۷	۰/۱۱۵
حد بالا	۰/۳۴۳	۰/۲۷۶	۰/۱۱۸	۰/۱۶۲	۰/۲۰۶	۰/۱۸۷	۰/۱۵۴
حد پایین	۰/۲۴۸	۰/۳۱۸	۰/۰۶۵	۰/۰۶۳	۰/۱۴۸	۰/۱۴۴	۰/۰۹۲
انحراف از معیار	۰/۰۲۶	۰/۰۱۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۵	۰/۰۱۲	۰/۰۱۶

همچنین جدول (۴) همبستگی NPP با مؤلفه‌های اقلیمی دما و بارش در کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد. به طور کلی همبستگی NPP با بارش بیشتر از همبستگی آن با دما است و بیشترین همبستگی مربوط به NPP با بارش در کاربری کشاورزی دیم (۰/۶۴۲) در سطح ۹۹ درصد و پس از آن در اراضی بدون پوشش (۰/۵۲۱) در

همچنین جدول (۴) همبستگی NPP با مؤلفه‌های اقلیمی دما و بارش در کاربری‌های مختلف را نشان می‌دهد. به طور کلی همبستگی NPP با بارش بیشتر از همبستگی آن با دما است و بیشترین همبستگی مربوط به NPP با بارش در کاربری کشاورزی دیم (۰/۶۴۲) در سطح ۹۹ درصد و پس از آن در اراضی بدون پوشش (۰/۵۲۱) در

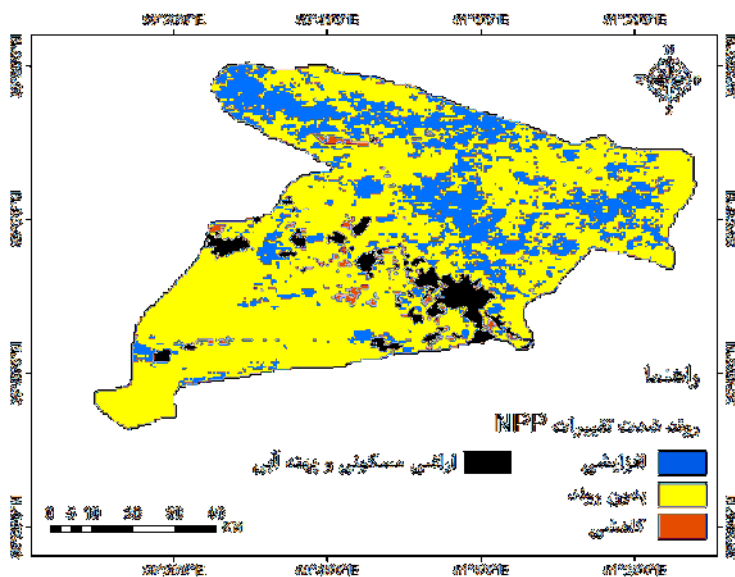
جدول ۴: همبستگی NPP با دما و بارش در کاربری‌های مختلف

	کشاورزی آبی	اراضی باغی	بدون پوشش	کشاورزی دیم	مرتع خوب	مرتع متوسط	مرتع فقیر
بارش	۰/۴۴۹	۰/۳۷۷	۰/۵۲۱*	۰/۶۴۲**	۰/۲۸۷	۰/۳۰۰	۰/۴۷۸
دما	۰/۰۶۵	۰/۲۱۹	-۰/۱۱۲	-۰/۲۴۰	-۰/۲۸۸	۰/۳۶۱	-۰/۰۷۳

* معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد، ** معنی‌داری در سطح ۹۹ درصد

شکل (۷) نتایج مربوط به روند تغییرات NPP با استفاده از آزمون من-کندال را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل اکثر نواحی استان البرز و به ویژه بخش‌های جنوبی آن بدون روند بوده است، اما در بخش‌های شمالی و قسمت‌های کوچکی از جنوب استان روند صعودی در تغییرات NPP مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر در این نواحی با گذشت زمان، مقدار NPP در حال افزایش است.

همچنین در بخش‌های مرکزی عموماً روند NPP کاهشی است. در مناطق مرکزی که روند کاهشی است، عموماً کاربری اراضی کشاورزی می‌باشد. این کاهش می‌تواند مربوط به تغییر سیاست کشاورزی در مواجهه با بحران آب، از جمله تغییر الگوی کشت باشد.

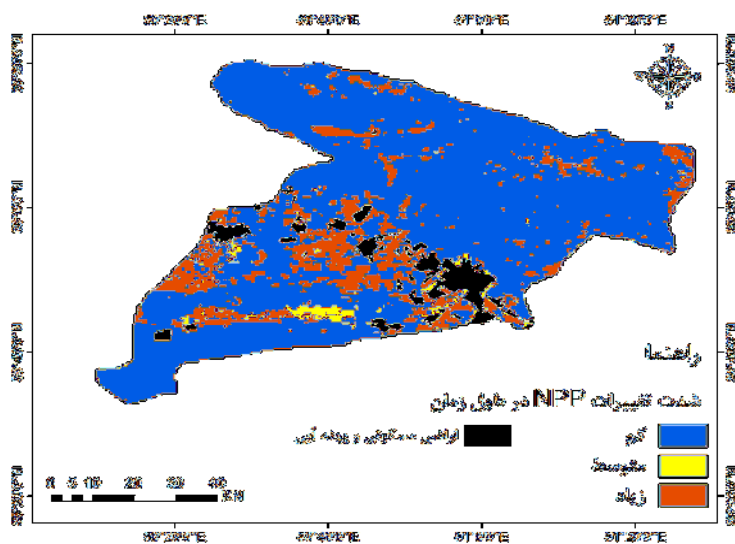


شکل ۶: نقشه روند تغییرات NPP

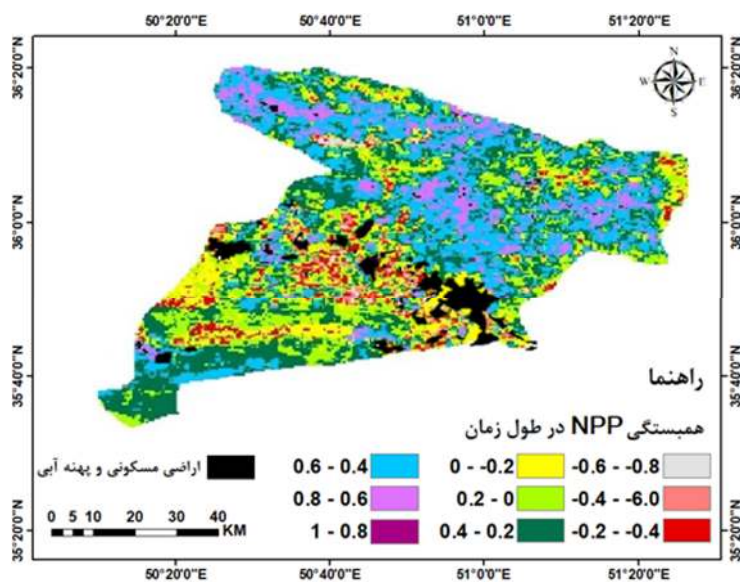
تغییرات NPP با گذشت زمان

شکل ۸ شدت تغییرات NPP در واحد زمان را نشان می‌دهد. به‌طور کلی بیشتر نواحی شمالی جنوبی استان البرز دارای شدت تغییرات کمتری نسبت به نواحی مرکزی است. در نواحی مرکزی به دلیل وجود اراضی مسکونی و کشاورزی دارای شدت تغییرات بیشتری است که تغییر کاربری از کشاورزی به مسکونی و توسعه شهرها در سال-های اخیر می‌تواند از دلایل این امر باشد. همچنین شکل

(۹) همبستگی تغییرات NPP را با گذشت زمان نشان می‌دهد. با توجه به این شکل نواحی شمالی که نزدیک ارتفاعات رشته کوه البرز است، همبستگی مثبت و قوی‌تری نسبت به نواحی مرکزی و جنوبی که دارای اقلیم خشک‌تر است، دارد. به نظر می‌رسد در نواحی با تراکم جمعیت بالا تغییرات NPP با زمان همبستگی کمی دارد.



شکل ۸: نقشه همبستگی تغییرات NPP با گذشت زمان

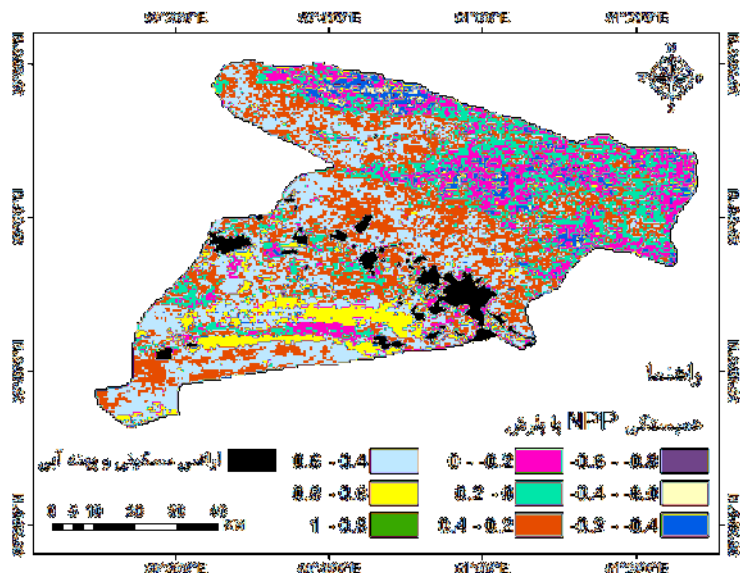


شکل ۹: شدت تغییرات NPP در گذشت زمان

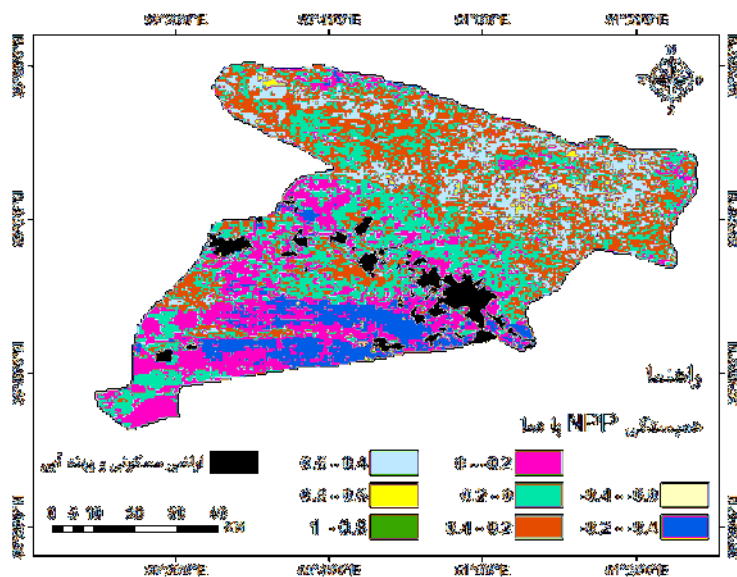
تغییرات NPP با نوسانات اقلیمی

با توجه به شکل (۱۰) همبستگی NPP با بارش به صورت پراکنده بوده و به طور کلی در بخش‌های جنوبی و غربی استان دارای مقادیر مثبت بوده است. به عبارتی دیگر با افزایش بارش در این نواحی مقدار تولید خالص اولیه گیاهان افزایش می‌یابد و در شمال شرقی استان کمترین همبستگی میان NPP با بارش دیده می‌شود. این در حالی

است که ضریب همبستگی NPP با دما در نواحی جنوبی استان البرز کمترین مقدار را دارد، ولی نواحی شمال و به ویژه در شمال شرقی، مقداری این ضریب بیشتر است (شکل ۱۱). با توجه به این که نواحی شمالی استان در ارتفاعات رشته کوه البرز قرار دارد، دما در این ناحیه کمتر متغیر است و همبستگی بین NPP و دما، کمتر از نواحی جنوبی است.



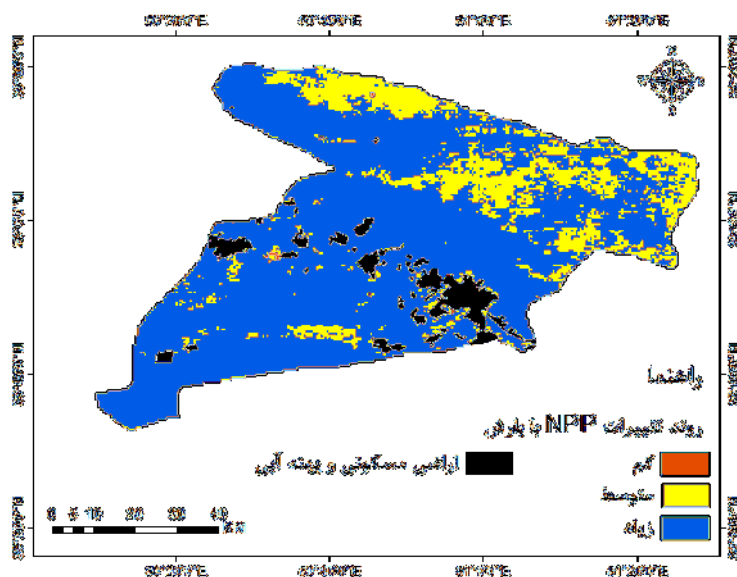
شکل ۱۰: نقشه همبستگی NPP با بارش



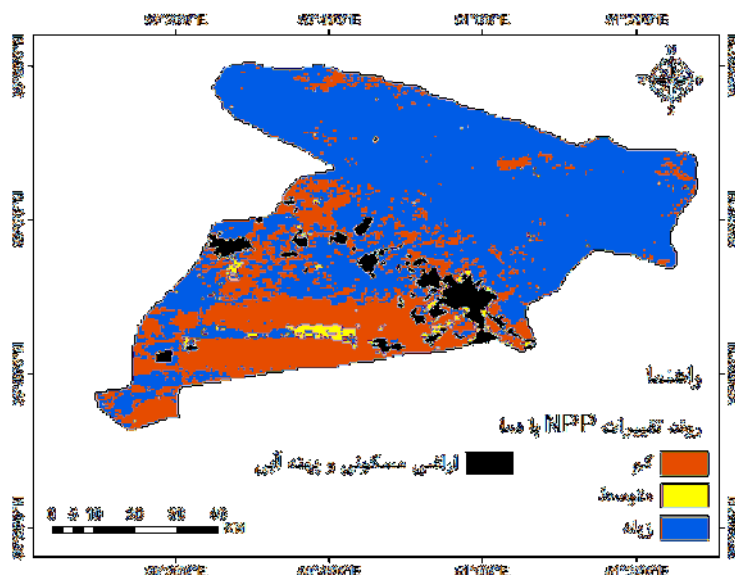
شکل ۱۱: نقشه همبستگی NPP با دما

متفاوتی را نشان می‌دهد. به این صورت که روند این تغییرات به‌طور کلی در نیمه شمالی استان بیشتر از نیمه جنوبی آن است (شکل ۱۳).

روند تغییرات NPP با بارش سالانه نشان می‌دهد که در طول دوره مورد مطالعه میزان تغییرات NPP در بخش‌های جنوبی و مرکزی بیشتر از نواحی شمالی است (شکل ۱۲). در حالی که روند تغییرات NPP با دما مقادیر



شکل ۱۲: نقشه روند تغییرات NPP با بارش



شکل ۱۳: روند تغییرات NPP دما

بحث و نتیجه‌گیری

تغییرات اقلیمی اثر معنی‌داری بر اکوسیستم‌های طبیعی در برخی از مناطق جهان داشته و که در این مورد NPP به‌عنوان یک شاخص مهم برای چگونگی پاسخ اکوسیستم به تغییرات اقلیمی در نظر گرفته می‌شود (۱۴). در این تحقیق روند تغییرات NPP و همچنین میزان تأثیر بارش و دما، به عنوان دو مؤلفه اصلی اقلیمی یعنی بارش و دما، بر روی مقدار آن در پوشش گیاهی در دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۶ استان البرز بررسی شد.

بر اساس داده‌های اقلیمی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ میزان بارش نسبت به سال‌های دیگر کمترین میزان را دارد. همین موضوع بر روی میزان NPP در کاربری‌های مختلف اثر گذاشته و میزان آن در همه کاربری‌ها در این سال‌ها کاهش یافته است. در سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۰ میزان بارش دارای روند افزایشی بود که سبب افزایش NPP در طی این سال‌ها و روند افزایشی آن در همه کاربری‌ها شد. میزان تغییرات دما در کاربری‌های مختلف در طی دوره مطالعاتی تفاوت چشمگیری را نشان نداد، به همین دلیل همبستگی بین NPP و دما قوی نبود. همچنین بیشترین میزان تولید خالص اولیه در کاربری کشاورزی آبی و کمترین آن در اراضی بدون پوشش است که یانگ و همکاران (۲۰۱۴) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

میزان همبستگی NPP با بارش نسبت به دما بیشتر بود که با نتایج ونگ و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. حتی دل‌گروسو و همکاران بیان داشتند که در نواحی غیر درختی مانند مراتع، NPP صرفاً تابعی از بارش است. بیشترین همبستگی مربوط به NPP با بارش در کاربری کشاورزی دیم و اراضی بدون پوشش و کمترین همبستگی نیز در مراتع خوب بود. این مراتع در قسمت‌های مرتفع رشته کوه البرز قرار گرفته و با توجه به اینکه میزان دما و بارش در این ناحیه کمتر تغییر می‌کند، همبستگی بین NPP با بارش و دما کمتر بوده است.

نتایج مربوط به روند تغییرات NPP با آزمون من-کندال نشان داد که در اکثر نواحی استان البرز و به طور خاص بیشتر بخش‌های جنوبی آن تغییرات NPP بدون روند بوده است، اما در بیشتر نواحی شمالی و قسمت‌های کمی از جنوب استان، NPP دارای روند صعودی بوده و با گذشت زمان مقدار NPP در حال افزایش است. همچنین در بخش‌های مرکزی عموماً روند NPP کاهش‌ی است و همبستگی کمی دارد. دلیل این مسئله وجود نواحی با تراکم جمعیت بالا بوده و اراضی کشاورزی در اطراف اراضی مسکونی واقع شده است. وجود اراضی کشاورزی و آبیاری در این کاربری‌ها سبب شده است که تغییرات NPP در طول زمان روند ثابتی نداشته باشد. تغییر الگوی کشت و تدابیر

کشاورزی اتخاذ شده در مواجهه با بحران آب در این اراضی سبب شده است موجب این مسئله شده است.

این مطلب نشان‌دهنده اثر منفی فعالیت‌های انسانی است؛ که با نتایج برجی و همکاران (۲۰۱۶)، دهقان فارسی و همکاران (۲۰۱۷) و عراقی شهری و همکاران (۲۰۲۰) مطابقت دارد. همچنین همبستگی تغییرات NPP را با گذشت زمان نشان داد که در قسمت‌های شمالی استان همبستگی مثبت و بالایی نسبت به نواحی مرکزی و جنوبی دارد. در نواحی شمالی که نزدیک ارتفاعات رشته کوه البرز است، دارای اقلیم مرطوب‌تر است که در این نواحی تنش‌های محیطی با شدت کمتر نسبت به نواحی خشک‌تر اثر می‌گذارد. بنابراین همبستگی NPP با زمان، به صورت خطی و مثبت است. اما در نواحی جنوبی اقلیم خشک‌تر و شکننده‌تر است و تنش محیطی باعث ایجاد تغییرات با شدت بیشتر نسبت به نواحی مرطوب می‌شود. این امر باعث می‌شود همبستگی خطی NPP با زمان کاهش پیدا کند. نتایج همبستگی NPP با بارش نشان داد که به طور کلی در بخش‌هایی از جنوب و غرب استان البرز مقادیر ضریب همبستگی مثبت بوده ولی در بخش‌هایی از شمال شرق مقدار آن کمتر بوده و حتی در بعضی نواحی مقدار آن منفی شد. این موضوع نشان می‌دهد که NPP تحت تأثیر بارش‌های فصلی قرار دارد و تغییرات مقدار بارش، بر مقدار NPP تأثیر مستقیم می‌گذارد. اما از طرف دیگر، ضریب همبستگی NPP با دما در نواحی جنوبی استان البرز کمترین مقدار را نشان داد، اما در نواحی شمال و به ویژه در شمال شرق استان مقدار آن بیشتر شد. در شمال منطقه که در ارتفاعات رشته کوه البرز واقع شده است و دما در طول

سال کمتر تغییر می‌کند، همبستگی بین NPP و دما، کمتر از نواحی جنوبی است.

نتایج روند تغییرات NPP در اثر بارش سالانه نشان داد که در طی ۱۵ سال اخیر میزان NPP در بخش‌های مرکزی و جنوبی بیشتر از نواحی شمالی تحت تأثیر بارش سالانه بوده است. دلیل این امر اقلیم و شرایط محیطی این نواحی بوده که در رشته کوه البرز واقع شده است و تنش‌های اقلیمی کمتری نسبت به مناطق جنوبی استان دارد. از طرفی روند تغییرات NPP با دما نتایج برعکس را نشان داد. به طور کلی در نیمه شمالی استان نسبت به نیمه جنوبی مقدار NPP بیشتر تحت تأثیر دما قرار دارد. به طور کلی بالا بودن همبستگی NPP با بارش و مقادیر پایین همبستگی NPP با دما در بخش‌های جنوبی استان به دلیل اقلیم خشک و نیمه‌خشک این نواحی مربوط می‌شود. مطابق با نظر اسکندری دامنه و همکاران (۲۰۲۱) کاهش همبستگی میان NPP با بارش و افزایش همبستگی NPP با دما در شمال شرقی استان نشان از این موضوع دارد که علاوه بر اقلیم سایر عوامل تولید خالص اولیه را تحت تأثیر قرار داده‌اند.

در آخر می‌توان گفت به‌طور کلی تولید خالص اولیه در استان البرز تحت تأثیر عوامل اقلیمی بارش و دما تغییر می‌کند. بنابراین در اجرای طرح‌های حفاظت و احیا پوشش گیاهی باید به اثر نوسانات اقلیمی (دما و بارش) بر پوشش گیاهی و به ویژه تولید اولیه خالص توجه نمود. به طور مثال با تعیین مناطق حساس به نوسانات اقلیمی، در اجرای طرح‌های حفاظت و احیا پوشش گیاهی در این مناطق، به تأمین آب در مواقع خشکسالی دقت بیشتری می‌شود.

References

1. An, R., Z. Wang, H. L. Wang, H. Wu & J.A. Quaye-Ballard, 2014. Monitoring rangeland degradation on the three river headwater region in 1990 and 2004. Qinghai, China. Journal of Geoscience and Remote Sensing Symposium, 3526-3529.
2. Araghi Shahri, M., S. Soltani, M. Tarkesh & S. Pourmanafi, 2020. Investigation of the effect of remote linkage indices on primary net production (NPP) in the northern slopes of Alborz. Iranian Journal of Applied ecology, 9(3):1-16. (In Persian)
3. Borji Hassan Gaviar, M., H. Eskandari Damaneh & H. Khosravi, 2016. Primary net production in Kuhdasht city, spatial and temporal patterns related to climatic variables. Iranian Journal of Rangeland and Watershed Management, 69(3): 561-574. (In Persian).
4. Chen, Z., Q. Shao, J. Liu & J. Wang, 2012. Analysis of net primary productivity of terrestrial vegetation on the Qinghai-Tibet Plateau, based on MODIS remote sensing data. Journal of Science China Earth, 55(8): 1306-1312.
5. Day, Jr., & C. D. Monk, 1997. Net primary production and phenology on a southern appalachian watershed. American Journal of Botany, 64(9): 1117-1125.
6. Dehghan Farsi, S., R. Jafari, A. Mousavi & S. Soltani, 2017. Monitoring changes in the initial net production of NPP in Fars province between 2005 and 2014. The First International Conference on the Silk Road Geographic Information System, (In Persian).
7. Del Grosso, S., W. Parton, Stohlgren, T. Zheng, D. Bachelet, D. Prince, S. Hibbard & R. Olson, 2008. Global potential net primary production predicted from vegetation class, precipitation, and temperature. Ecology, 89(8): 2117-2126.
8. Eisefelder, C., I. Klein, M. Niklaus & C. Kuenzer, 2014. Net primary productivity in Kazakhstan, its spatio-temporal patterns and relation to meteorological variables. Journal of Arid Environments, 103: 17-30.
9. Eskandari, H., M. Borji, H. Khosravi & T. Mesbahzadeh, 2016. Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. Journal of Solid Earth, 7(3): 905-915.
10. Eskandari, H., H. Eskandari, H. Khosravi, A. Gilvari & M. Adeli Sardooi, 2021. Monitoring the effects of drought on environmental indicators obtained from Modis sensor in 2001-2019 (Case study of rangelands of Isfahan province). Journal of Rangeland, 15(3): 460-476. (In Persian)
11. Evans, J.D., 1996. Straightforward statistics for the behavioral sciences, Thomson Brooks/Cole Publishing Co.
12. Gang, C., W. Zhou, J. Li, Y. Chen, S. Mu, J. Ren & P.Y. Groisman, 2013. Assessing the spatiotemporal variation in distribution, extent and NPP of terrestrial ecosystems in response to climate change from 1911 to 2000. PLoS One, 8(11): e80394.
13. Khorramdel, S., A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati & R. Khorasani, 2010. Effect of different crop management systems on net primary productivity and relative carbon allocation coefficients for corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology, 2: 667-680. (In Persian)
14. Lin, H., Q. Feng, T. Liang & J. Ren, 2013. Modelling global-scale potential grassland changes in spatio-temporal patterns to global climate change. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 20(1): 83-96. (In Persian)
15. Liu, C., X. Dong & Y. Liu, 2015. Changes of NPP and their relationship to climate factors based on the transformation of different scales in Gansu, China. Journal of Catena, 125: 190-199.
16. Mahdavi, M., 1995. Applied hydrology. 2th rev. ed. University of Tehran Press. (In Persian)
17. Mesdaghi, M., 1998. Range management in Iran. 3th rev. ed. Astan Ghods Publications. (In Persian)
18. Miralizadeh, R., M. Nikzad & Sh. Mansouri, 2021. Evaluation of the efficiency of satellite images of this Landsat 8 in determining the surface temperature of rangelands using FVC method (Case study of plain rangelands of Golestan province). Journal of Rangeland, 15(3): 371-386. (In Persian)
19. Moghadam, M., 2014. Range and rangeland management. 8th rev. ed, University of Tehran Press, (In Persian)
20. Piao, S., J. Fang & J. He, 2006. Variations in vegetation net primary production in the Qinghai-Xizang Plateau, China, from 1982 to 1999. Journal of Climatic Change, 74(1): 253-267.

21. Piao, S., J. Fang, L. Zhou, B. Zhu, K. Tan & S. Tao, 2005. Changes in vegetation net primary productivity from 1982 to 1999 in China. *Journal of Global Biogeochemical Cycles*, 19(2).
22. Richardson, A. D., T. Andy Black, P. Ciais, N. Delbart, M. A. Friedl, A. Gobron & A. Varlagin, 2010. Influence of spring and autumn phenological transitions on forest ecosystem productivity. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Journal of Biological Sciences*, 365(1): 3227-3246.
23. Saki, M., S. Soltani, M. Tarkesh & R. Jafari, 2016. Application of CASA remote sensing model in estimating primary net production (NPP) of rangeland ecosystem. *The Second International Conference on Landscape Ecology*.
24. Zaree, A., E. Asadi, A. Ebrahimi, M. Jafari, & A. Malekian, 2019. Study of temperature and precipitation changes under climate changes scenarios in rangelands of ChaharMahal-va-Bakhtiyari. *Journal of Rangeland*, 12(4): 426-436.
25. Motamedi, J., S. Hamsaye Khah & M. Soori, 2020. Range management potential test using fuzzy logic and Boolean logic methods based on the proposed guidelines of the office of scouting and land use of Forests, Rangeland and Watershed Management. *Journal of Rangeland*, 14(4): 567-580.
26. Shahidi, Kh., A. Tavili & A. Javadi, 2021. Vegetation cover change detection using RS and GIS in Chaharbagh rangelands of Golestan province for a period of 30-years.
27. Sheikhzadeh Ghahnaviyeh, A., M. Tarkesh Esfahani, H. Bashari & S. Soltani Koupaei, 2021. *Journal of Rangeland*, 15(4): 589-602.
28. Wang, Q., J. Zeng, S. Leng, B. Fan, J. Tang, J. Liang, J. Li, Y. Zeng, Y. Li, Q. Zhang, W. Shui, Q. Wang, 2018. The effects of air temperature and precipitation on the net primary productivity in China during the early 21st century. *Frontiers of Earth Science*, 12(4): 818-833.
29. Yang, H., S. Mu & J. Li, 2014. Effects of ecological restoration projects on land use and land cover change and its influences on territorial NPP in Xinjiang, China. *Catena*, 115: 85-95.