



## Studying Spatiotemporal Changeability of Oak Forests in Zagros in Response to Rainfall Variation

Zahra Alirezai<sup>1</sup>, Amir Gandomkar<sup>1\*</sup>, Morteza khodagholi<sup>2</sup>, Alireza Abbasi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Geography, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran

<sup>2</sup>Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

### ARTICLE INFO

*Article Type:* Research article

*Article history:*

Received 25 February 2020

Accepted 27 April 2020

Available online 10 May 2020

*Keywords:*

Forest Threshold, Iranian Oak, Rainfall Variability, Landsat Satellite.

*Citation:* Alirezai<sup>1</sup>, Z., Gandomkar, A., khodagholi, M., Abbasi, A. (2020). Studying Spatiotemporal Changeability of Oak Forests in Zagros in Response to Rainfall Variation. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (1), 93-107. doi: [10.22126/GES.2020.5068.2205](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5068.2205)

### ABSTRACT

The forests of the Zagros are one of the most important and fundamental treasures of the country, which plays a key role in providing water and soil resources in this region. The geographical distribution of different plant communities is dramatically dependent on climatic conditions. Changes in climatic elements, such as precipitation, can cause long-term and short-term reactions of various plant colonies. The main purpose of this study is to reveal the spatial changeability of Lorestan forest NDVI index in response to rainfall changes. The vegetation index of Lorestan was detected using Landsat 8 and 5 imageries during 2000-2017. The monthly and annual rainfall also has been obtained using accumulated monthly rainfall of 9 synoptic stations of Lorestan province. The Pearson correlation matrix has been used to analyze the relationship between annual variation of forest cover area and annual rainfall index. The results showed that the  $EVI > 0.4$  threshold can be considered as the threshold of the province's forest cover. The correlation analysis showed that the 18-year time series of forest cover, was correlated with the spatial distribution of annual rainfall in Lorestan Province by 0.72 that is significant in 0.95 confidence level ( $P_{value}=0.05$ ). Spatial analysis of the implementation of the greenness estimator model showed that the rainfall threshold of oak greenery ( $EVI > 0.4$ ) was equal to 320 mm, above which the EVI index increased by 0.88 for each millimeter of rainfall growth of the studied oaks.



## بررسی تغییرپذیری زمانی - مکانی شاخص سبزیگی آستانه جنگل‌های بلوط استان لرستان در پاسخ به تغییرات بارش

زهرا علیرضایی<sup>۱</sup>، امیر گندمکار<sup>۱\*</sup>، مرتضی خداقلی<sup>۲</sup>، علیرضا عباسی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup> گروه جغرافیا، واحد نجف‌آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف‌آباد، ایران

<sup>۲</sup> بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

### چکیده

جنگل‌های زاگرس از مهم‌ترین و اساسی‌ترین سرمایه‌های محیط‌زیستی کشور است که در تأمین منابع آب و خاک این منطقه نقش حیاتی ایفا می‌کند. هدف اساسی پژوهش حاضر آشکارسازی دینامیک فضایی شاخص سبزیگی جنگلی لرستان در پاسخ به تغییرات بارش است. در این راستا شاخص سبزیگی جنگلی استان از تصاویر لندست ۵ و ۸ برای دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ استخراج شد. مقادیر بارش استان نیز با استفاده از داده‌های بارش نه ایستگاه سینوپتیک منطقه و داده‌های بارش شبکه‌بندی‌شده پایگاه GPCC، برای دوره آماری یادشده با شبکه‌بندی ۰/۵ درجه قوسی فراهم شد. آستانه شاخص سبزیگی با استفاده از موقعیت دقیق ۱۷۰ درخت بلوط سالم از رویشگاه‌های مختلف استان لرستان طی مرداد و شهریور ۱۳۹۶ با استفاده از جی.پی.اس. گارمین نمونه‌برداری و از روی تصاویر سی متری لندست OLI و TM به‌دست آمد. با استفاده از تحلیل همبستگی فضایی، ارتباط بین تغییرات مساحت سالانه و دوره‌های شاخص سبزیگی آستانه جنگل‌های بلوط و بارش، بررسی شد و تابع حساسیت تغییرات فضایی شاخص سبزیگی جنگلی با برازش یک مدل خطی به‌دست آمد. نتایج نشان داد که آستانه  $EVI > 0.4$  را می‌توان به‌مثابه آستانه پوشش جنگلی استان در نظر گرفت. تحلیل همبستگی بیانگر آن بود که سری زمانی هجده ساله پوشش جنگلی، ۰/۷۲ با توزیع فضایی بارش در منطقه همبستگی داشته، در مقیاس ماهانه نیز، مقادیر تجمعی بارش ماه‌های اسفند تا اردیبهشت، بالاترین همبستگی را با شاخص سبزیگی جنگلی ماه شهریور داشتند. تحلیل فضایی اجرای مدل برآوردگر سبزیگی بیانگر آن بود که آستانه بارشی سبزیگی بلوط ( $EVI > 0.4$ ) برابر ۳۲۰ میلی‌متر بوده که در بالاتر از این آستانه به‌زای افزایش هر میلی‌متر بارش سبزیگی بلوط‌های مورد بررسی، ۰/۰۸ شاخص  $EVI$  افزوده می‌شود.

### مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۶ اسفند ۱۳۹۸

پذیرش ۸ اردیبهشت ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

آستانه سبزیگی جنگلی، بلوط ایرانی، تغییرپذیری بارش، ماهواره لندست.

استناد: علیرضایی، زهرا؛ گندمکار، امیر؛ خداقلی، مرتضی؛ عباسی، علیرضا (۱۳۹۹). بررسی تغییرپذیری زمانی - مکانی شاخص سبزیگی آستانه جنگل‌های بلوط استان لرستان در پاسخ به تغییرات بارش. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۱)، ۹۳-۱۰۷. doi: [10.22126/GES.2020.5068.2205](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5068.2205)

## مقدمه

توزیع جغرافیایی جوامع گیاهی مختلف، به‌طور چشم‌گیری به شرایط اقلیمی وابسته است. تغییرات عناصر اقلیم‌شناختی از جمله بارش، می‌تواند واکنش‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت کلونی‌های مختلف گیاهی را در به‌همراه داشته باشد (ونگ<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). ارتباط پوشش گیاهی و عوامل اقلیم‌شناختی تا اندازه‌ای نزدیک و متقابل است که بسیاری از پژوهشگران از جمله کوپن، طبقه‌بندی‌های سیستم‌های اقلیمی خود را براساس ساختار کلی جوامع گیاهی، انجام داده‌اند (گوارد و پرنس<sup>۲</sup>، ۱۹۹۵). شرایط اقلیم‌شناختی و پوشش گیاهی هر منطقه ارتباط دوطرفه و درهم‌تنیده‌ای دارند. در واقع شرایط اقلیمی توزیع فضایی گونه‌ها، دوره رشد، نیازهای فنولوژیکی و حتی انتخاب طبیعی را مشخص کرده و از دیگر سو، پوشش گیاهی میکرواقلیم متعادل را در دل اقلیم عمومی منطقه به‌وجود می‌آورد که گاه با اقلیم اولیه تفاوت معنی‌داری دارد (برهان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).

بارش به‌منزله یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی نه‌تنها تغییرپذیری سالانه مراتع و زمین‌های کشاورزی؛ بلکه حتی کیفیت، بیماری‌ها، میزان سبزینگی درختان را نیز متأثر می‌کند (فرج‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). تغییرپذیری‌های سالانه و درون‌سالی عناصر آب‌وهوایی به‌طور معمول برای دینامیک گیاهی اهمیت زیادی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای دارند (احسانی و همکاران، ۱۳۸۶). قابلیت پیش‌بینی واکنش زیست‌بوم‌های زمینی به تغییر اقلیم، منوط به فهم ارتباط متقابل بین رشد گیاه و شرایط اقلیمی است (پوتر و بروکس<sup>۴</sup>، ۱۹۹۸ و اسکولتز و هالپرت<sup>۵</sup>، ۱۹۹۵). جنگل‌های زاگرس به‌مثابه وسیع‌ترین ناحیه رویشی ایران و با شش میلیون هکتار مساحت، حدود ۴۰٪ کل پوشش جنگلی ایران را دربر گرفته است (احسانی و همکاران، ۱۳۸۶). این ناحیه رویشی باعنوان جنگل‌های خشک و نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود، در بین یازده استان واقع در ناحیه رویشی زاگرس، استان‌های فارس، لرستان و خوزستان از نظر وسعت رویشگاه‌های جنگلی و درختی، مقام‌های اول تا سوم را دارند. طی دو دهه اخیر فاکتورهای زیادی حیات این جنگل‌های ارزشمند را به مخاطره انداخته‌اند و پژوهشگران حدود هفتاد دلیل برای تخریب این عرصه‌های ارزشمند در نظر گرفته‌اند که شامل عوامل محیطی و انسانی می‌شود. اطلاعات و امکانات فناوری سنجش از دور به‌دلیل توالی زمانی و مقیاس فضایی مناسب و دید کل‌نگری که دارد، به‌منزله یکی از مؤثرترین ابزارها برای مطالعه ارتباط متقابل بین گیاه و اقلیم است (چاندری<sup>۶</sup> و همکاران، ۱۹۸۷؛ توکر<sup>۷</sup> و همکاران، ۱۹۸۴).

با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای همچون به‌روزر بودن و نزدیکی به زمان حال، داشتن سری زمانی طولانی، برداشت اطلاعات در طول موج‌های متعدد، داشتن پوشش مشترک و دقت فضایی مناسب، سنجش از دور توانایی ارزیابی و پایش پوشش گیاهی را داشته و استخراج اطلاعاتی مانند میزان تراکم و اندازه کانوپی، نوع آن و میزان ذی‌توده را امکان‌پذیر می‌سازد. با توجه به اهمیت تأثیرات متقابلی که بین شرایط اقلیم‌شناختی هر منطقه و پوشش گیاهی آن برقرار است، این مسئله همواره یکی از دغدغه‌ها و موضوعات مورد علاقه پژوهشگران داخلی و خارجی بوده است. به‌طور کلی بارش یکی از مهم‌ترین فاکتورهای تأثیرگذار در دینامیک زمانی و مکانی جنگل‌ها و مراتع است (آنمبا و استمان<sup>۸</sup>، ۱۹۹۶).

درجه سبزینگی درختان و همچنین میزان غنای مراتع به‌طور کلی و بدون توجه به گونه‌های مختلف جنگل و

1- Wang

2- Goward &amp; Prince

3- Berhan

4- Potter &amp; brooks

5- Schultz &amp; Halpert

6- Choudhury

7- Tucker

8- Anyamba &amp; Eastman

مرتفع، وابستگی زمانی و مکانی چشم‌گیری هم به صورت هم‌زمان و هم باتأخیر، به بارش دارد. پژوهشگرانی از جمله علیرضایی و همکاران (۱۳۹۸)، صدیقی‌فر<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، شیفو<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۸)، و نیز فرخزاده و همکاران (۱۳۹۶)، به این وابستگی‌ها اشاره کرده‌اند؛ اما افزون بر همبستگی عمومی بین پوشش گیاهی و فاکتورهای اقلیم‌شناختی، رفتار و پاسخ هر گونه جنگلی نیز به تغییرپذیری فاکتورهای اقلیمی متفاوت است، این مسئله در پژوهش هادیان و همکاران (۱۳۹۲) به‌طور قابل توجهی اثبات شد که تیپ‌های مختلف تاج‌پوشش، تأثیرپذیری متفاوتی از بارش دارند؛ حتی رفتار جنگل و مرتع نیز در تأثیرپذیری از بارش متفاوت است. این رفتار متفاوت در برخی پژوهش‌ها آشکار شده است؛ به‌گونه‌ای که شیفو و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که گونه‌های مرتعی همبستگی مثبت معنی‌داری با بارش بهاره دارند؛ درحالی‌که تاج‌پوشش‌های جنگلی همگی متأثر از بارش‌های سالانه و تغییرات بین‌سالی بارش هستند؛ اما بارش تنها یکی از مؤلفه‌های اقلیمی تأثیرگذار در دینامیک زمانی و مکانی عرصه‌های پوشش گیاهی است.

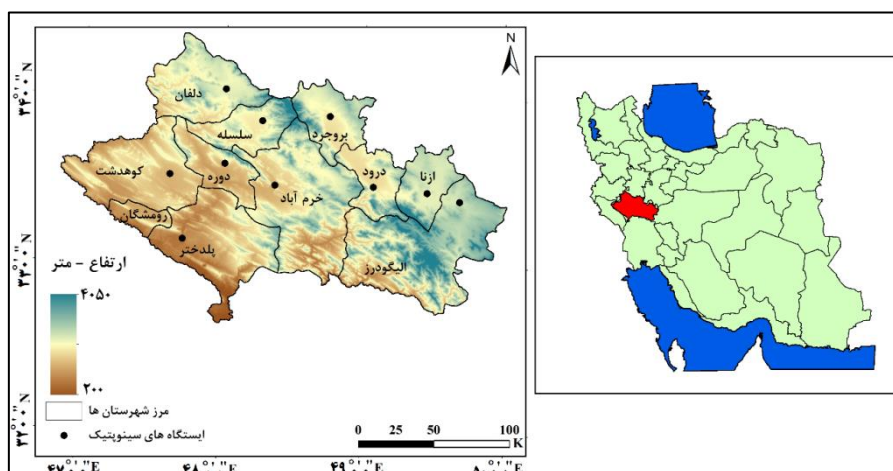
برخی مؤلفه‌های اقلیمی دیگر همچون دمای هوای نزدیک تاج‌پوشش و دمای لایه خاک اطراف ریشه، در فنولوژی گیاه نقش اساسی دارند، در این زمینه صدیقی‌فر و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که نه‌تنها بارش، بلکه دما به‌صورت معنی‌داری دینامیک زمانی و مکانی عرصه‌های جنگلی را کنترل می‌کند. در سال‌های اخیر به‌ویژه در دو دهه اخیر، بیماری زوال بلوط بسیاری از جنگل‌های بلوط زاگرس را درگیر کرده و در تخریب و مرگ و میر این جنگل‌های بلوط نقش اساسی داشته است. بسیاری از مخاطرات اقلیمی همچون ریزگردها، سیل، خشکسالی و چرای دام در عرصه‌های جنگلی، کشت زیراشکوب، و غیره باعث این روند شده است. علیرضایی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که خشکسالی به‌مثابه یکی از مخاطرات دخیل در زوال بلوط نقش اساسی در تخریب این جنگل‌ها داشته است. فرخزاده و همکاران (۱۳۹۶)، نیز چنین اثری را مشاهده کردند. به‌طور کلی آگاهی از دینامیک زمانی - مکانی عرصه‌های جنگلی زاگرس، در پاسخ به ویژگی‌های بارش، در برنامه‌ریزی و مدیریت این جنگل‌ها نقش اساسی دارد. آگاهی از وضعیت این جنگل‌ها و آشکارسازی ارتباطات زمانی و مکانی آن‌ها با عوامل اقلیمی، می‌تواند، پیش‌هشدار قوی برای بررسی روند این جنگل‌ها باشد. هدف اساسی نوشتار پیش رو بررسی تغییرات فضایی سبزینگی جنگلی، در رویشگاه‌های بلوط استان لرستان و تأثیرپذیری آستانه سبزینگی این جنگل‌ها از بارش است.

### معرفی منطقه مورد بررسی

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های محیطی استان لرستان، تنوع توپوگرافیک است که این تنوع توپوگرافیکی، سبب تنوع در اقلیم و ویژگی‌های اقلیمی آن شده است (شکل ۱). استان لرستان از لحاظ وسعت جنگل‌های بلوط زاگرس دومین استان کشور پس از استان فارس است و گونه غالب جنگل‌های این استان بلوط است. در دهه اخیر به‌دلایل مختلف که متخصصان و سازمان‌های مربوطه هفتاد دلیل را بیان کرده‌اند، جنگل‌های بلوط استان دچار بیماری زوال بلوط شده است که خسارت‌های بسیار سنگینی به این جنگل‌های ارزشمند استان وارد کرده است. یکی از نشانه‌های این تخریب جنگل در استان لرستان، بروز سیلاب‌های شدید به‌دنبال بارش‌های سنگین و نیمه‌سنگین است که در سال‌های اخیر فراوانی آن بسیار افزایش داشته و نمونه بارز آن، سیل فروردین ۱۳۹۸ بود که به‌دنبال دو موج بارش، سیلاب ایجاد شده، به دلیل از بین رفتن جنگل‌ها و مراتع استان که همگی در نواحی پرشیب و رواناب‌خیز هستند، جریان‌ات سطحی شدیدی ایجاد شد که افزون بر فرسایش شدید خاک، منجر به ایجاد سیلاب‌های شدید و طغیان رودخانه‌ها نیز شد.

1- Sedighifar

2- Shifaw



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران

## مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از دو دسته از داده‌ها استفاده شد. دسته اول داده‌ها شامل داده‌های بارش ماهانه استان طی دوره رشد درخت بلوط (دروه‌ای که میانگین کمینه دما زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد نیامده) ارائه شده است. منبع این داده‌ها، رکوردهای ماهانه بارش ثبت‌شده ایستگاهی طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ به‌وسیله نه ایستگاه سینوپتیک استان و بارش شبکه‌بندی‌شده پایگاه اقلیمی<sup>۱</sup> GPCP بوده است که با درون‌یابی این دو بارش، نقشه‌های توزیع فضایی بارش با شبکه‌بندی ۰/۲۵ درجه قوسی تولید شد. دسته دوم داده‌های مورد استفاده در نوشتار پیش رو مربوط به شاخص پوشش گیاهی بارز شده<sup>۲</sup> است که از سه باند قرمز، مادون قرمز و آبی ماهواره لندست در مقیاس ماهانه برای دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ گرفته شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که از تصاویر ماهواره‌های لندست ۷ به‌دلیل مفقودی ۰/۲۱ از داده‌های تصاویر این سنجنده (ETM+) استفاده نشده است و به‌جای آن از سنجنده TM لندست ۵ استفاده شده است. در جدول ۲، سری زمانی تصاویر استفاده‌شده ماهواره لندست برای دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷ ارائه شده است.

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در پژوهش

منبع	مقیاس زمانی
داده‌های بارش ماهانه تصاویر ماهواره‌های لندست	ماهانه - ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ برداشت شهریور (سپتامبر) - ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸
irimo.ir - پایگاه اقلیمی GPCP Earthexplorer.gov	

جدول ۲. مشخصات سری زمانی تصاویر گرفته‌شده ماهواره لندست ۵ و ۸ برای محاسبه شاخص EVI

سال	مشخصات زمانی تصویر گرفته‌شده	سال	مشخصات زمانی تصویر گرفته‌شده
۲۰۰۰	۱۰ سپتامبر ۲۰۰۰	۲۰۰۹	۴ سپتامبر ۲۰۰۹
۲۰۰۱	۶ سپتامبر ۲۰۰۱	۲۰۱۰	۷ سپتامبر ۲۰۱۱
۲۰۰۲	۱۰ سپتامبر ۲۰۰۲	۲۰۱۱	۱۰ سپتامبر ۲۰۱۱
۲۰۰۳	۱۲ سپتامبر ۲۰۰۳	۲۰۱۲	۴ سپتامبر ۲۰۱۲
۲۰۰۴	۶ سپتامبر ۲۰۰۴	۲۰۱۳	۷ سپتامبر ۲۰۱۳
۲۰۰۵	۹ سپتامبر ۲۰۰۵	۲۰۱۴	۱۰ سپتامبر ۲۰۱۴
۲۰۰۶	۳ سپتامبر ۲۰۰۶	۲۰۱۵	۴ دسامبر ۲۰۱۵
۲۰۰۷	۶ سپتامبر ۲۰۰۷	۲۰۱۶	۱۵ سپتامبر ۲۰۱۶
۲۰۰۸	۱ سپتامبر ۲۰۰۸	۲۰۱۷	۹ سپتامبر ۲۰۱۷

1- Global Precipitation Climatology Centre

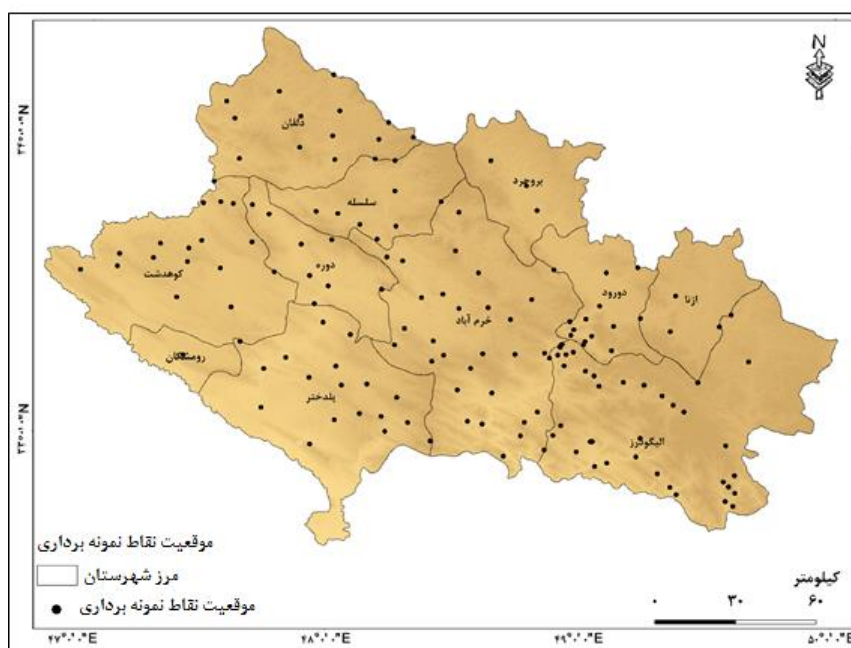
2- Enhanced Vegetation Index (EVI)

### تعیین آستانه سبزینگی بارز شده درختان بلوط

برای تعیین آستانه سبزینگی درختان بلوط، از نمونه‌گیری هدفمندی از ۱۷۰ درخت بلوط در رویشگاه‌های مختلف استان لرستان، طی دو ماه مرداد تا شهریور (که منطبق بر دوره پیک رشد درخت بلوط است) سال ۱۳۹۶ استفاده شد. موقعیت تعداد ۱۷۰ درخت بلوط سالم با دستگاه سیستم موقعیت یاب جهانی<sup>۱</sup> گارمین، در رویشگاه‌های عمده بلوط استان، در سیستم مختصات UTM ذخیره و میزان شاخص بارز شده پوشش گیاهی برای آن موقعیت‌ها از روی تصاویر لندست برای سال‌های مختلف (شهریورماه هر سال) استخراج شد. میانگین فضایی و سالانه این مقادیر شاخص EVI، آستانه سبزینگی درختان بلوط را در شهریورماه برای استان لرستان نشان داد که این آستانه تنها مختص بلوط‌های این استان بوده و قابل تعمیم نیست. این میانگین متوسط که می‌توان آن را آستانه سبزینگی درختان بلوط در فصل پیک رشد، یعنی شهریورماه نامید؛ به‌طور متوسط با استفاده از تصاویر لندست در سال‌های دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، به‌طور متوسط برابر  $EVI > 0.4$  تشخیص داده شد؛ بنابراین این آستانه مبنای تعیین پوشش سبزینگی بلوط سالم استان لرستان (همه نمونه‌ها از بلوط‌های سالم که بدون علائم زوال مانند زردی برگ، دفع صمغ قهوه‌ای، بودند انتخاب شده است) قرار گرفت. در شکل ۲ موقعیت نمونه‌برداری‌های میدانی از رویشگاه‌های جنگلی استان لرستان ارائه شده است.

### استخراج شاخص بارز شده پوشش گیاهی

شاخص پیشرفته پوشش گیاهی به‌منظور بهبود شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۲</sup> تهیه شده است؛ در این شاخص، اثرات پراکنش اتمسفری (از جمله هواگردها و ریزگردها) و همچنین خاک زمینه کاهش می‌یابد. این شاخص بهینه‌سازی شده، برای تقویت سیگنال‌های پوشش گیاهی در مناطق با بایومس بالا و کاهش تأثیرات جوئی ارائه شده است. عدد به‌دست‌آمده برای این شاخص، در محدوده ۱- تا ۱ قرار دارد و عدد معمول که نشان‌دهنده پوشش گیاهی است، در محدوده ۰/۳ تا ۰/۸ قرار دارد. این شاخص از رابطه ۱ به‌دست می‌آید.



شکل ۲. موقعیت نمونه‌برداری‌های میدانی درختان سالم از رویشگاه‌های استان لرستان در ماه شهریور

1- Global Positioning Systems (GPS)  
2- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

$$\text{رابطه ۱: شاخص EVI یا پوشش گیاهی بارز شده} \quad \text{EVI} = G \times \frac{(\text{NIR} - \text{RED})}{(\text{NIR} + C1 \times \text{RED} - C2 \times \text{Blue} + L)}$$

در این رابطه، مؤلفه‌های Red، NIR و Blue میزان بازتابش ثبت شده تصاویر سنجنده لندست ۵ و ۸ (TM و OLI)، در محدوده طول موج‌های قرمز، مادون قرمز نزدیک و آبی است؛ بنابراین رابطه بالا برای باندهای لندست ۵ و لندست ۸ به صورت رابطه‌های ۲ و ۳ درمی‌آید:

$$\text{رابطه ۲: برای سنجنده TM (لندست ۵)} \quad \text{EVI} = 2.5 \times \frac{(B4 - B3)}{(B4 + 6 \times B3 - 7.5 \times B1 + 1)}$$

$$\text{رابطه ۳: برای سنجنده OLI (لندست ۸)} \quad \text{EVI} = 2.5 \times \frac{(B4 - B5)}{(B5 + 6 \times B4 - 7.5 \times B2 + 1)}$$

در رابطه ۱، پارامتر L، فاکتور تنظیم بازتابش تاج پوشش جنگلی است که برای سنجنده‌های یادشده، برابر ۱ است، C1 و C2، مربوط به فاکتور میزان مقاومت اتمسفر یا تصحیح جوّی است که در رابطه ۱ انجام گرفته است؛ بنابراین، در این شاخص بهینه‌سازی شده تأثیر نویزهای اتمسفری و پس‌زمینه تاج پوشش جنگلی حذف شده است. این تصاویر برای ماه سپتامبر (شهریورماه) هر سال طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ برای منطقه گرفته شد و در نرم‌افزار آرک جی.آی.اس<sup>۱</sup> مراحل محاسبه و استخراج شاخص از تصاویر انجام گرفت.

### تحلیل همبستگی زمانی - مکانی

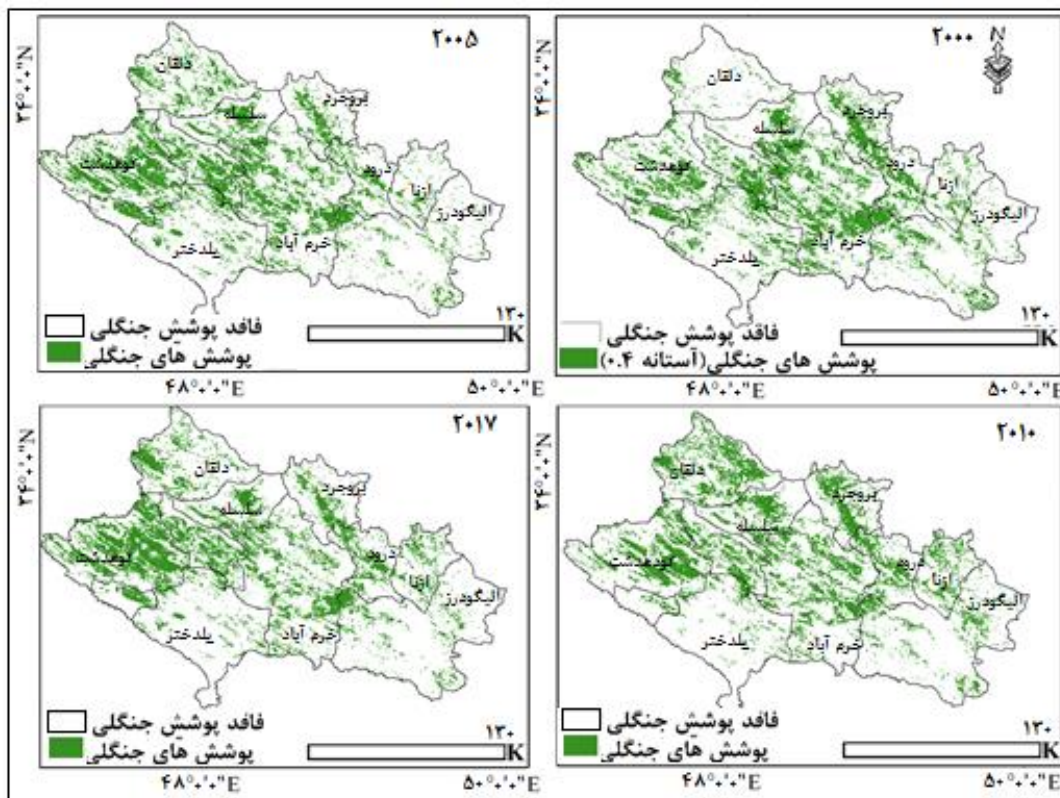
از مدل همبستگی فضایی پیرسون در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P-value = 0.05)، برای تحلیل ارتباط بین تغییرات فضایی پهنه‌های پوشش جنگلی استان لرستان و توزیع فضایی بارش براساس مقیاس سالانه و ماهانه استفاده شد. مدل همبستگی پیرسون در رابطه ۴ ارائه شده است:

$$\text{رابطه ۴} \quad r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

در این رابطه، مقدار X و Y در واقع مقادیر بارش و شاخص پوشش گیاهی EVI هستند که برای هر کدام از پیکسل‌های تصاویر به دست آمدند. همان‌طور که مشاهده می‌شود، رابطه بالا مبتنی بر کواریانس مقادیر پوشش گیاهی و بارش است. در نهایت پس از اینکه همبستگی بین تغییرات فضایی پهنه پوشش جنگلی طی هجده سال مورد بررسی با مقادیر بارش سالانه استخراج شد، به ارائه مدل برآوردگر خطی اتوماتیک برای ارائه تابع حساسیت دینامیک فضایی پوشش جنگلی به تغییرات بارش اقدام شد.

### نتایج

توزیع فضایی شاخص پوشش گیاهی استخراج شده برای چهار دوره آماری ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷، با استفاده از تصاویر لندست ۵ و ۸ برای بررسی وضعیت پوشش جنگلی استان لرستان استخراج شد (شکل ۳). با استفاده از ۱۷۰ موقعیت نمونه برداری شده، زمینی از درختان بلوط سالم که نشانه‌های زوال بلوط نداشتند، از رویشگاه‌های مختلف استان لرستان، آستانه EVI برای استخراج سبزی‌نگی جنگلی استان از روی تصاویر لندست تعیین شد. این آستانه تجربی برابر  $EVI \geq 0.4$  تعیین شد.



شکل ۳. توزیع فضایی پهنه‌های پوشش جنگلی استان که با استفاده از آستانه تجربی  $EVI \geq 0.4$  (۱۷۰ نقطه نمونه برداری شده موقعیت‌های جنگلی استان، از تصاویر TM و OLI، ماهواره لندست ۵ و ۸ استخراج شده است)

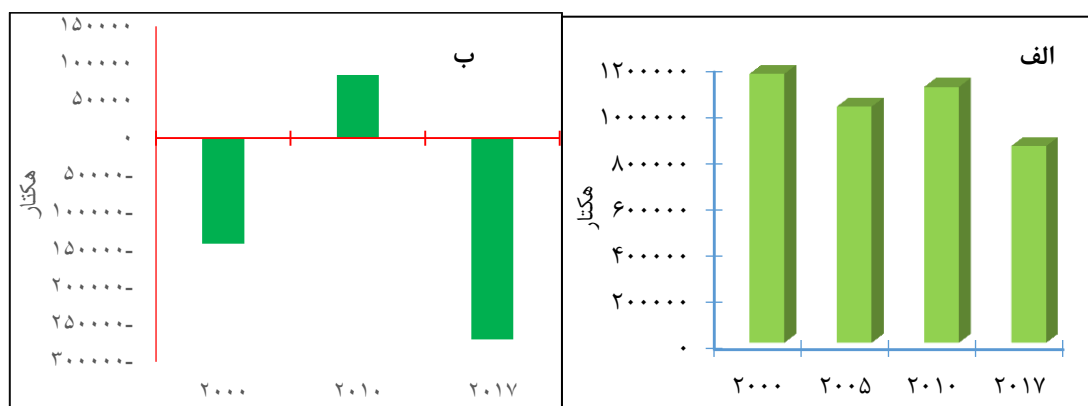
پوشش‌های جنگلی یادشده با استفاده از ۱۷۰ موقعیت نمونه برداری شده میدانی استخراج شده است. با اعمال آستانه تعیین شده، توزیع فضایی پوشش‌های جنگلی با غالبیت گونه بلوط برای چهار دوره ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷، ارائه شده است. لازم به ذکر است که این توزیع فضایی سبزیگی جنگلی برای شهرپور سال ۱۳۹۶ بوده است که با درصد مجازی از عدم قطعیت به سال‌های پیش نیز قابل تعمیم بود؛ اما برای مناطق دیگر به هیچ وجه قابل تعمیم نیست.

تغییرات فضایی مساحت پوشش‌های جنگلی استخراج شده از تصاویر TM و OLI، برای چهار دوره یادشده با استفاده از آستانه تجربی به دست آمد (شکل ۴). نتایج این بررسی تغییرات بیانگر آن بود که کمترین میزان پوشش گیاهی مربوط به سال ۲۰۱۷ و بیشترین آن مربوط به سال ۲۰۰۰ بوده است. در سال ۲۰۰۰ مساحت پوشش جنگلی استان لرستان که گونه غالب آن بلوط بوده است، برابر ۱۱۶۰۶۲۸ هکتار بوده است (۰/۴۱ از مساحت استان) که در سال ۲۰۰۵ میزان پوشش جنگلی با ۰/۱۲ کاهش (برابر ۱۴۱۵۴۰ هکتار) نسبت به سال ۲۰۰۰، مساحت آن به ۱۰۱۹۰۸۸ هکتار رسیده است (۰/۳۶ از مساحت کل استان). در سال ۲۰۱۰، میزان پوشش جنگلی برابر ۱۱۰۴۰۱۲ هکتار بوده است که نسبت به سال ۲۰۰۵ افزایش ۰/۰۸ در مساحت پوشش‌های جنگلی استان (برابر ۸۴۹۲۴ هکتار) مشاهده می‌شود، در حالی که در سال ۲۰۱۷ همان طور که مشاهده می‌شود، مساحت پوشش‌های جنگلی استان با کاهش ۰/۲۳ (۲۵۴۷۷۲ هکتار) نسبت به سال ۲۰۱۰ روبه‌رو شده است و مساحت آن به ۸۴۹۲۴۰ رسیده است (۰/۳۳ از مساحت استان)؛ بنابراین طی دوره هجده ساله مورد بررسی، حدود ۰/۲۶٪ از مساحت پهنه جنگلی که آستانه سبزیگی بالاتر از ۰/۴  $EVI$  داشته، کم شده است.

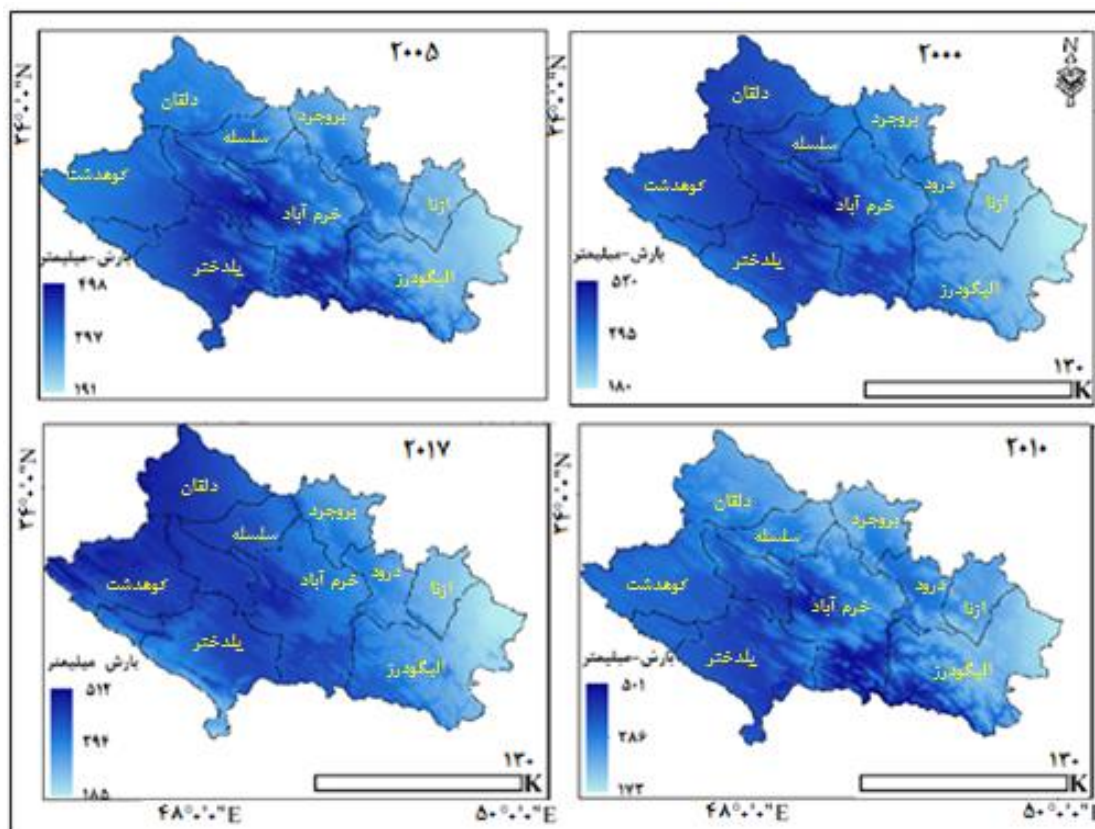
در کنار تغییرات پوشش گیاهی در سطح استان لرستان، تغییرات فضایی بارش استان طی چهار دوره مورد



بررسی، یعنی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷، نیز تحلیل شد (شکل ۵). به‌طور کلی الگوی توزیع فضایی بارش، یعنی موقعیت هسته‌های پربارش و کم‌بارش طی دوره‌های مورد بررسی تغییرات معنی‌داری نداشته است و به‌طور کلی نواحی شرقی منطقه، یعنی شهرستان الیگودرز، بخش‌های شمال شرق استان بارش کمتری نسبت به نواحی غربی و جنوب غرب منطقه داشته‌اند. بارش استان لرستان، براساس میانگین دوره‌های پنج‌ساله بین ۱۷۵ تا ۵۲۰ میلی‌متر در سال متفاوت بوده است؛ تغییرپذیری درون‌سال یا ماهانه بارش در سطح استان کمابیش بالا است؛ به‌طوری‌که ماه‌های فصل تابستان به‌ندرت بارش بالای سه میلی‌متر ثبت می‌شود؛ در حالی‌که در ماه‌های فصل زمستان و اوایل بهار، بارش‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابند، به‌طور کلی دوره بارش استان هشت ماه از سال، یعنی از مهر تا اوّل خرداد را دربر می‌گیرد و فصل خشک استان شامل ماه‌های خرداد تا شهریور است.



شکل ۴. مساحت جنگل‌های بلوط (ب) و تغییرات آن (الف) (جنگل‌های دارای آستانه سبزیگی بالاتر از ۰/۴) در استان لرستان طی چهار دهه



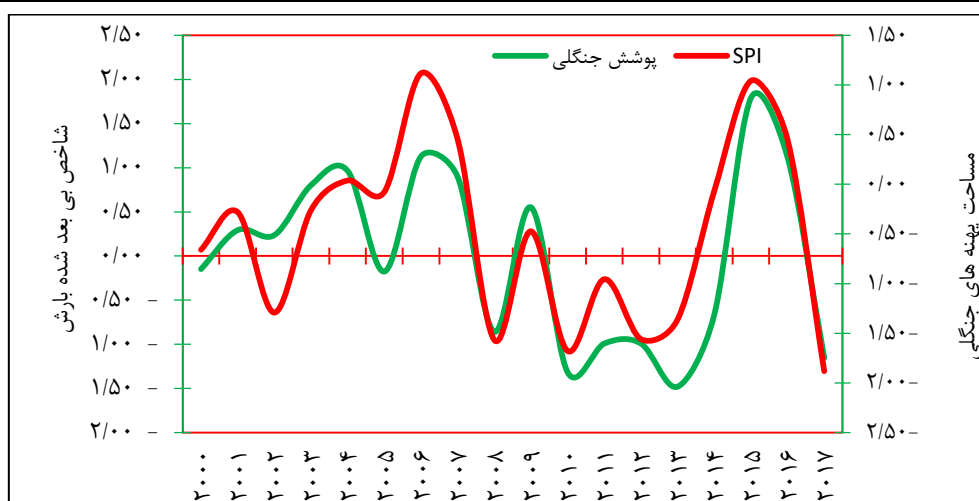
شکل ۵. توزیع فضایی بارش سالانه تجمعی استان لرستان طی دوره مطالعاتی مورد بررسی

در جدول ۳، ضرایب همبستگی بین توزیع فضایی شاخص سبزینگی جنگلی استخراج‌شده از تصاویر لندست طی دوره آماری ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷، با مقدار بارش سالانه تجمعی و نیز میزان بارش سالانه ارائه شده است. همان‌طور که در این ماتریس مشاهده می‌شود، همبستگی فضایی بین توزیع پیکسل‌های شاخص سبزینگی جنگلی لندست ( $EVI > 0.4$ ) با توزیع فضایی پیکسل‌های بارش استان لرستان، برابر  $0.72$  بوده است که در سطح اطمینان  $0.95$  معنی‌دار است. جهت مثبت همبستگی نشان‌دهنده آن است که هسته‌های بیشینه سبزینگی، یعنی توزیع فضایی رویشگاه‌های بلوط در استان لرستان که بیشینه سبزینگی داشته‌اند، هم‌خوانی فضایی بالایی با توزیع فضایی هسته‌های بارش استان لرستان داشته است که این همبستگی فضایی در سطح اطمینان  $0.95$  ( $P\_value = 0.05$ ) معنی‌دار بوده است. همان‌طور که در این جدول ضرایب همبستگی مشاهده می‌شود، سبزینگی جنگلی که با استفاده از آستانه تجربی یادشده به‌دست آمد، همبستگی معنی‌داری با توزیع فضایی بارش در سطح استان نشان داده است. این همبستگی به‌صورت ماهانه نیز بررسی شد که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، سبزینگی جنگلی استخراج‌شده که مربوط به شهر یورماه بلوط‌های استان لرستان بود، همبستگی بالایی با بارش ماه‌های اسفند تا اردیبهشت داشته است. در مورد همبستگی بین شاخص سبزینگی با بارش‌های سالانه نیز همان‌طور که در شکل ۶، دیده می‌شود، همبستگی کاملاً معنی‌داری مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده آن است در سال‌هایی که مجموع بارش سالانه بالاتر بوده، شاخص سبزینگی نیز بالاتر بوده است.

نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل همبستگی‌ها هم در مقیاس ماهانه و هم در مقیاس سالانه بیانگر آن بود که همبستگی معنی‌داری بین توزیع زمانی و مکانی شاخص سبزینگی بلوط‌های استان لرستان در شهر یورماه با توزیع زمانی و مکانی بارش سالانه برقرار است. این همبستگی در مقیاس فضایی نیز (همبستگی توزیع فضایی شاخص سبزینگی جنگلی با بارش) به‌اندازه کافی معنی‌دار بوده است که بتوان با تکیه بر آن مدل برآوردگر زمانی - مکانی برای شبیه‌سازی سبزینگی ماه شهریور در ختان بلوط استان براساس بارش ارائه کرد. در جدول ۴ آزمون کلموگراف-اسمیرانف<sup>۱</sup> برای ارزیابی نرمال بودن توزیع شاخص سبزینگی بلوط‌های استان ارائه شده است که براساس این دو آزمون، هم شاخص سبزینگی بلوط‌های استان در ماه شهریور و هم توزیع بارش سالانه در سطح استان از توزیع نرمال پیروی کرده و امکان ارائه مدل برآوردگر وجود دارد.

جدول ۳. ضریب همبستگی ماهانه بین تغییرات فضایی پهنه‌های پوشش جنگلی استخراج‌شده و توزیع فضایی بارش ماهانه، سالانه و دوره رویش بلوط

Sig	همبستگی	
۰/۰۰	۰/۷۹	فروردین
۰/۰۰	۰/۷۴	اردیبهشت
۰/۰۰	۰/۴۸	خرداد
۰/۰۷	۰/۱۹	تیر
۰/۰۷	۰/۱۷	مرداد
۰/۰۷	۰/۱۷	شهریور
۰/۱۰	۰/۱۱	مهر
۰/۱	۰/۱۵	آبان
۰/۰۷	۰/۱۹	آذر
۰/۰۴	۰/۳۲	دی
۰/۰۲	۰/۴۹	بهمن
۰/۰۰	۰/۶۱	اسفند
۰/۰۰	۰/۷۱	سالانه
۰/۰۰	۰/۵۳	دوره رشد



شکل ۶. همبستگی سری زمانی مجموع بارش سالانه و پهنه پوشش جنگلی دارای آستانه تعیین شده سبزینگی جنگلی ( $EVI > 0.4$ ) (شاخص‌ها برای مقایسه پذیری بی‌بعد شده‌اند)

جدول ۴. نتایج ارزیابی نرمالیتی توزیع دو سری زمانی هجده ساله بارش سالانه استان لرستان و مساحت سالانه پوشش جنگلی استخراج شده

کلموگراف اسمیرانف		شاپیرو ویلک	
شاخص K-S	درجه آزادی	شاخص شاپیرو	درجه آزادی
۰/۱۳۸	۱۸	۰/۹۴۱	۱۸
۰/۱۰۳	۱۸	۰/۲۱	۱۸

\* عدم معنی داری در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ )

اجرای مدل برآوردگر خطی سری زمانی سالانه شاخص سبزینگی جنگلی بلوط‌های لرستان برای ماه شهریور هر سال، براساس مجموع سالانه بارش (مدل براساس داده‌های هجده ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ ساخته شده است). به صورت جدول ۵ و شکل ۶ ارائه شده است. همان طور که در این جدول ضرایب مدل سری زمانی هجده ساله مشاهده می‌شود، شاخص سبزینگی پوشش گیاهی زمانی که بارش برابر بارش میانگین فضایی استان لرستان، یعنی ۲۸۵ میلی‌متر در سال باشد، میزان سبزینگی عمومی در سطح استان برابر ۰/۳ خواهد بود در حالی که به ازای افزایش هر میلی‌متر بارش در سطح استان میزان سبزینگی حدود ۰/۰۰۸ شاخص EVI افزایش می‌یابد. دو شاخص اعتبارسنجی این مدل بیانگر آن بود که پوشش جنگلی سالانه با شاخص سبزینگی مشاهداتی (آستانه تجربی پوشش سبزینگی جنگلی به دست آمده از نمونه برداری میدانی از رویگاه‌های بلوط لرستان) حدود ۰/۶۸ همبستگی داشتند؛ پس بر این اساس، ضریب تعیین این مدل اجرا شده که در واقع مدل خطی تجربی برای برآورد سبزینگی بلوط‌های لرستان براساس بارش سالانه است، ۰/۴۶ بوده است که این ضریب در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ ) معنی دار بوده است.

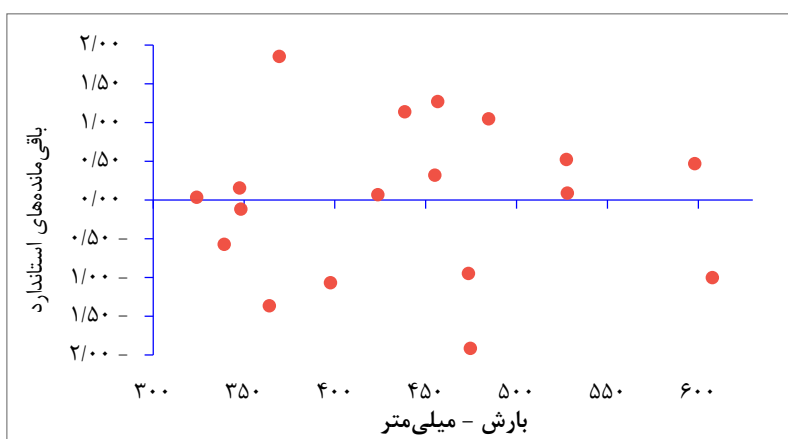
جدول ۵. مدل برآوردگر خطی به منظور برآورد تغییرات فضایی سالانه پهنه پوشش جنگلی با آستانه ( $EVI > 0.4$ ) در استان لرستان براساس تغییرات زمانی بارش

مدل سری زمانی هجده ساله	ضرایب خام مدل	ضرایب	
		Std. Error	ضریب
مدل ساخته شده	عرض از مبدأ مدل	۱۴۷	۰/۳
	شاخص خشکسالی	۲۱۸	۰/۰۰۸
همبستگی		۰/۶۸	
ضریب تعیین		۰/۴۶	

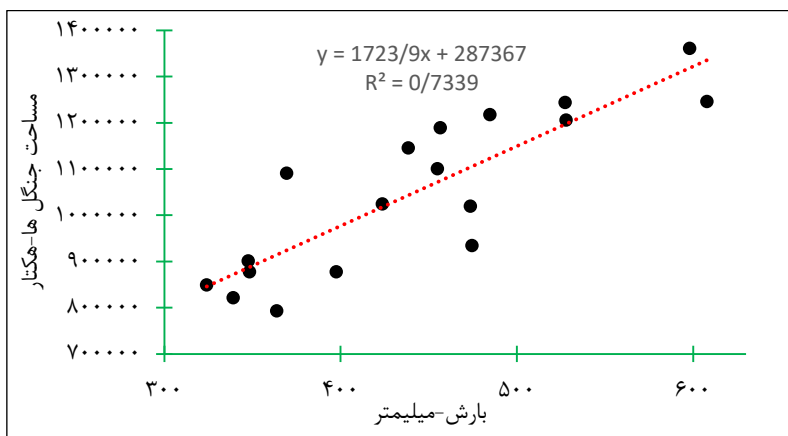
در دو شکل ۷ و ۸، اعتبارسنجی مدل نشان داده شده است. همان‌طور که در نمودار مربوط به باقی‌مانده‌های استاندارد مدل نسبت به متغیر برآوردگر مشاهده می‌شود، باقی‌مانده‌های استاندارد واریانس ثابتی نسبت به متغیر برآوردگر داشته و به‌طور تصادفی توزیع شده‌اند که نشان می‌دهد که مدل به‌صورت قابل قبولی توانسته است، برآورد شاخص سبزیگی را با استفاده از بارش انجام دهد؛ از دیگر سو مساحت طبقه سبزیگی تجربی بلوط (شهریورماه ۱۳۹۶) یعنی  $EVI > 0.4$ ، نیز به‌واسطه بارش دچار تغییرات سالانه‌ای شده که در شکل ۸ ارتباط بین آن‌ها به‌وسیله پراکنش نگار و مدل خطی برازش داده شده بر آن مدل شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در پهنه‌های با بارش بیشتر از ۳۲۰ میلی‌متر در سال، افزایش هر میلی‌متر بارش سالانه می‌تواند باعث افزایش ۱۷۲۴ کیلومتر مربع پهنه سبزیگی آستانه یادشده شود. این مدل خطی با ضریب تعیین  $0.73$ ، گویای ارتباط بسیار نزدیک بین تغییرات مساحت پهنه با  $EVI > 0.4$  و تغییرات بارش در آستانه بالای ۳۰۰ میلی‌متر است.

### بحث

جوامع گیاهی هر منطقه برآیندی از برهم‌کنش مؤلفه‌های جغرافیای محلی شامل خاک، توپوگرافی، موقعیت، مطلق و نسبی، عوامل انسانی، و شرایط اقلیمی منطقه شامل مؤلفه‌های بارش، دما، رطوبت نسبی و تغییرپذیری آن‌ها است (گولی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۵).



شکل ۷. باقی‌مانده‌های استاندارد شده مدل برازش داده شده بین مجموع بارش سالانه و پهنه پوشش جنگلی دارای آستانه تعیین شده سبزیگی جنگلی ( $EVI > 0.4$ )



شکل ۸. پراکنش نگار ارتباط بین مساحت پهنه دارای پوشش سبزیگی بلوط‌های لرستان (شهریورماه) و مجموع بارش سالانه

ناهنجاری‌های بارش به‌مثابه یکی از مهم‌ترین وجوه‌های تغییر اقلیم در بخش وسیعی از آسیا به‌ویژه در ایران تأثیرات بارزی در تخریب و تضعیف جوامع گیاهی، مراتع، باغات، جنگل‌ها و حتی کشاورزی داشته است. حدود یک‌میلیون و دویست‌هزار هکتار از مساحت استان لرستان پوشیده از جنگل است (۰/۴۳ مساحت کل استان) درخت بلوط مهم‌ترین و عمده‌ترین گونه درختی جنگل‌های لرستان است که نقش اساسی در حفاظت آب و خاک و تعدیل اقلیم استان ایفا می‌کند. از یک دهه پیش، جنگل‌های زاگرس درگیر نوعی بیماری جدید و نوظهور به‌نام زوال بلوط شده‌اند که این بیماری، باعث خشکیدگی اندام‌های مختلف درخت و درنهایت مرگ و میر این درختان بارز شده است. هرچند بروز این بحران در سایر نقاط دنیا به‌ویژه جنگل‌های بلوط اروپا سابقه طولانی دارد (دنمان<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۱۷)؛ اما در ایران برای اولین بار حدود یک دهه پیش آغاز شد.

ناهنجاری‌های بارشی اعم از خشکسالی، جابه‌جایی دوره بارش، جابه‌جایی هسته‌های بارش، به‌طور مستقیم با محدود کردن منابع آب در دسترس گیاه، تأخیر در آبرسانی به گیاه، تنش خشکی شدید برای درخت ایجاد کرده و منجر به تضعیف درخت می‌شوند. استرس خشکی از یک‌سو و برهم خوردن برنامه فنولوژی درختان ناشی از تغییر و جابه‌جایی درون‌سالی دما و بارش و از دیگر سو افزایش فراوانی رخداد‌های حدی اقلیمی مانند بارش‌های رگباری و تگرگ، سیلاب‌ها، امواج گرم و سرد شدید همگی به تضعیف و زوال تدریجی درختان منجر می‌شود (وانگ<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷). پژوهشگران عرصه جنگل‌داری، حدود هفتاد دلیل برای از بین رفتن جنگل‌های بلوط زاگرس ارائه کرده‌اند که در این میان، دو فاکتور تغییر اقلیم و عوامل انسانی جایگاه بسیار مهمی دارند. مصاحبه‌های میدانی پژوهش حاضر بیانگر آن بود که جایگاه و اهمیت درختان بلوط در میان روستاییان استان، تبیین نشده است. در بسیاری از روستاهای منطقه از درختان بلوط به‌مثابه سوخت هیزم استفاده می‌کنند و در برخی دیگر از روستاها بازار فروش زغال بلوط باعث ایجاد تخریب گسترده در جنگل‌های بلوط این استان شده است؛ اما دامنه تخریب جنگل‌های بلوط تنها به قطع درختان بلوط به‌وسیله روستائیان یا افراد سودجو و تاجران چوب ختم نمی‌شود، مطالعه میدانی پژوهشگران بیانگر آن بوده است که در بسیاری از عرصه‌های جنگلی پرشیب، کشاورزی زیر اشکوب جنگل حتی در شیب‌های بیش از ۱۲ درجه، و شخم زمین، چرای دائمی و بی‌رویه دام‌ها و سرشاخه‌خوری درختان به‌وسیله دام‌ها، آتش‌سوزی‌های ناشی از سهل‌انگاری‌های انسانی در فصل گرم، همگی باعث تضعیف و نابودی تدریجی این جنگل‌های ارزشمند شده است.

به‌دنبال افزایش عدم قطعیت در اقلیم منطقه که از تظاهرات عمده گرمایش جهانی در ایران است، آستانه تحمل این درختان را تحت تأثیر قرار داده است. از طرف دیگر، بسیاری از پژوهشگران عرصه جنگل بر این باورند که جنگل‌های بلوط زاگرس کمابیش به سن پیری رسیده‌اند و توان جایگزینی خود را به‌صورت مناسبی ندارند؛ بنابراین در این حالت آنومالی‌های بارش می‌تواند فشار بیش از حدی بر این جنگل‌ها بیاورد. با تغییر رفتار بارش و افزایش فراوانی بارش‌های رگباری، افزایش ضریب بارش روزانه به سالانه، جابه‌جایی زمان بارش، بسیاری از رفتارهای فنولوژیک این درختان، تحت تأثیر قرار خواهد گرفت؛ از طرف دیگر برخی مخاطرات نوظهور اقلیمی از جمله خشکسالی و به‌دنبال آن ریزگردها، بروز آفات و بیماری‌های جدید، از بین بردن تنوع زیستی در خاک، باعث افزایش شدید در مرگ و میر درختان بلوط می‌شود. یکی از راه‌های بررسی تأثیر آنومالی‌های بارشی در جنگل‌ها، بررسی فراوانی درختان سالم و درختان با میزان سبزی‌نگی مناسب است.

1- Denman

2- Wang

در پژوهش حاضر با نمونه‌برداری از ۱۷۰ درخت سالم بدون نشانه‌های زوال و دارای سبزیگی مناسب در رویشگاه‌های مختلف استان لرستان در ماه اوج سبزیگی درختان، یعنی شهریورماه و بررسی این موقعیت‌ها روی تصاویر EVI سنجنده مادیس، آستانه سبزیگی متوسط برای این درختان سالم برابر  $EVI = 0.4$  تعیین شد. این آستانه تجربی برای سبزیگی درختان بلوط بوده و به سایر گونه‌ها قابل تعمیم نیست؛ زیرا تمام نمونه‌برداری‌ها از گونه بلوط انتخاب شده بودند و نکته دوم اینکه این آستانه تعیین شده برای ماه اوج سبزیگی بلوط‌ها، یعنی شهریور و برای رویشگاه‌های استان لرستان بوده است؛ بنابراین این آستانه تجربی به هیچ‌وجه قابلیت تعمیم به سایر ماه‌ها و سایر رویشگاه‌ها را نخواهد داشت.

از دیگر نقاط ضعف این آستانه این است که از آنجاکه در نوشتار پیش رو آستانه پوشش جنگلی با استفاده از فیلتر تجربی  $EVI > 0.4$  از سایر پوشش‌ها تفکیک شده است؛ بنابراین هنگام تعمیم این فیلتر به کل منطقه، احتمال دارد بخشی از مراتع غنی پاکوهی، سبزیگی بالایی داشته باشند در مناطق کوهستانی، وارد طبقه جنگلی شده‌اند که شیفو و همکاران (۲۰۱۸)، به این خطا اشاره کرده‌اند. در پژوهش حاضر پهنه‌های جنگلی که با استفاده از آستانه ( $EVI > 0.4$ ) به دست آمد، اول اینکه نشان داد که سبزیگی بلوط‌های استان لرستان در حالت پیک (ماه شهریور) در مقیاس درون‌سالی با بارش‌های سه تا پنج ماه قبل بالاترین همبستگی را داشته‌اند؛ چنین تأخیری در بسیاری از پژوهش‌های دیگر از جمله صدیقی‌فر و همکاران (۲۰۱۹) نیز که پاسخ زمانی و مکانی جنگل‌های هیرکانی استان مازندران را به ویژگی‌های اقلیمی منطقه از جمله بارش بررسی کرده‌اند، مشاهده شده است. دوم اینکه آستانه سبزیگی بلوط‌های استان لرستان که با نمونه‌برداری تجربی محاسبه شده است، بارش ۳۲۰ میلی‌متر بوده است که بیانگر آن است که سبزیگی تجربی به دست آمده، به‌طور کلی در نواحی‌ای مشاهده می‌شود که بارش سالانه بیش از ۳۲۰ میلی‌متر در سال باشد. این آستانه بارشی با عدم قطعیت زیادی همراه است؛ در اینجا نیز مقادیر زیادی خطا مشاهده می‌شود؛ به همین دلیل پژوهشگرانی مانند گویلی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۵) و تونگ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در مورد این گونه آستانه‌های اقلیمی بسیار با احتیاط و با عدم قطعیت بالا صحبت کرده‌اند؛ بنابراین در نوشتار پیش رو نیز این آستانه همراه با احتیاط و عدم قطعیت زیادی پیشنهاد خواهد شد.

مدل برازش داده‌شده بیانگر آن بود که در مقیاس بارش سالانه، افزایش هر میلی‌متر بارش (در مرز بارش بالاتر از ۳۲۰ میلی‌متر) باعث افزایش ۰/۰۸ شاخص EVI خواهد شد که این رابطه دارای ضریب تعیینی برابر ۰/۴۶ بود که در سطح اطمینان ۰/۹۵ معنی دار بوده است. از لحاظ تغییرات فضایی بارش نیز نتایج بیانگر آن بود که تغییرات بارش در رویشگاه‌های بلوط می‌تواند به‌صورت معنی‌داری پهنه‌های دارای استان سبزیگی بلوط را دچار تغییر مساحت کند؛ به‌گونه‌ای که براساس مدل خطی برازش داده‌شده هر میلی‌متر تغییر بارش در رویشگاه‌های بلوط (آستانه بارشی ۳۲۰ میلی‌متر) منجر به ۱۷۲۴ کیلومتر تغییر در مساحت این پهنه‌های سبزیگی بالای ۰/۴ خواهد شد. اگر با رویکرد آینده‌پژوهی به پژوهش حاضر نگریسته شود، آینده مناسبی برای جنگل‌های بلوط استان لرستان با فرض تداوم مدیریت فعلی، قابل تصور نیست. از آنجاکه انومالی‌های بارش، که به‌نوعی نمایه‌ای از افزایش ناهنجاری اقلیمی ناشی از گرمایش جهانی است، از یک‌سو روند افزایشی دارد و از دیگر سو هم جنگل‌های بلوط استان به‌طور کلی هم به دلیل جوان‌نبودن و هم به دلایل متعدد انسانی، توان جایگزینی مناسب خود را از دست داده‌اند، بنابراین روند تخریب این جنگل‌ها تشدید می‌شود و در آینده‌ای نه‌چندان دور در صورتی که مدیریت جامع و همه‌جانبه‌ای در کار نباشد، این جنگل‌ها به‌طور چشم‌گیری از بین خواهند رفت.

1- Guili

2- Tong

### نتیجه گیری

جنگل‌های بلوط لرستان که جزء جامعه جنگلی زاگرس است، در پی انطباق بلندمدت با الگوی زمانی - مکانی شرایط اقلیمی از جمله بارش و رطوبت ایجاد شده است. اکنون که به واسطه رخداد گرمایش جهانی، الگوی زمانی - مکانی بارش در منطقه مورد مطالعه دچار ناهنجاری‌ها و بی‌نظمی‌های گسترده‌ای شده است، جنگل‌های استان، بیش از همیشه در موضع ضعف و آسیب‌پذیری قرار گرفته‌اند. در پژوهش حاضر مشاهده شد که بارش پنج ماه پیش از شهریور هر سال، یعنی بارش‌های فروردین تا خرداد، کنترل‌کننده اصلی میزان سبزی‌نگی درختان سالم جنگل‌های بلوط استان است؛ از طرف دیگر نیز مشخص شد که آستانه سبزی‌نگی این جنگل‌ها، بارش ۳۲۰ میلی‌متر سالانه است؛ اما در برخی از رویشگاه‌ها اشکوب جنگل زیر این تراز بارشی نیز مشاهده می‌شود. با توجه به این وابستگی جنگل‌های بلوط استان به بارش و با توجه به اینکه روند افزایش ناهنجاری‌ها و بی‌نظمی‌های بارش در آینده افزایشی بوده و جابه‌جایی‌های زمانی و مکانی بارش در سطح استان روند افزایشی خواهد داشت، در صورت تداوم روند مدیریت کنونی و عدم اخذ تدابیر حفاظتی از جنگل‌های بلوط استان، روند تخریب این جنگل‌ها تشدید شده و در آینده‌ای نزدیک سطح این جنگل‌ها در استان لرستان بسیار کاهش می‌یابد؛ پس لازم است اقدامات مدیریتی از جمله کنترل چرای دام در اشکوب جنگلی استان، کنترل کشاورزی در اشکوب جنگلی، افزایش گشت‌های محافظتی جنگل‌بانی در منطقه، پایش سلامت درختان و کنترل بیماری‌ها، امراض آفات درختان، تقویت اقتصاد روستایی و اشتغال‌زایی روستایی برای جلوگیری از تخریب درختان به‌وسیله روستاییان، آماده‌سازی خدمات گرمایشی همچون گاز شهری برای روستاهای منطقه به‌منظور جلوگیری از قطع درختان برای مصارف گرمایشی در فصل سرد تدوین شود.

### منابع

- احسانی، علی؛ ارزانی، حسین؛ فرحپور، مهدی؛ احمدی، حسن؛ جعفری، محمد؛ جلیلی، عادل؛ میرداودی، حمیدرضا؛ عباسی، حمیدرضا؛ عظیمی، مژگان السادات (۱۳۸۶). تأثیر شرایط اقلیمی بر تولید علوفه مراتع در منطقه استپی اخترباد ساوه. *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۴ (۲)، ۲۴۹-۲۶۰.
- علیرضایی، زهرا؛ گندمکار، امیر؛ خدقلی، مرتضی؛ عباسی، علیرضا (۱۳۹۸). آشکارسازی تأثیر خشکسالی بر پویایی زمانی - مکانی جنگل‌های بلوط زاگرس (نمونه موردی: جنگل‌های بلوط لرستان). *تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران*، ۱۷ (۱)، ۱۰۷-۱۲۳.
- فرزاده، منوچهر؛ فتح‌نیا، امان‌اله؛ علیجانی، بهلول؛ ضیائیان، پرویز (۱۳۹۰). ارزیابی تأثیر عوامل اقلیمی بر رشد پوشش گیاهی در مراتع متراکم ایران با استفاده از تصاویر AVHRR. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۴ (۷۵)، ۱-۱۴.
- فرزاده، بهنوش؛ منصوری، شهروز؛ سپهری، عادل (۱۳۹۶). تعیین میزان همبستگی بین شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI با شاخص خشکسالی هواشناسی (مطالعه موردی: مراتع دشتی استان گلستان). *هواشناسی کشاورزی*، ۵ (۲)، ۶۵-۵۵.
- هادیان، فاطمه؛ جعفری، رضا؛ بشری، حسین؛ سلطانی، سعید (۱۳۹۲). پایش تأثیر بارش در تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور در یک دوره ۲۱ ساله (مطالعه موردی: سمیرم و لردگان). *نشریه مرتع و آبخیزداری*، ۶۶ (۴)، ۶۲۱-۶۳۲.

### References

- Alirezaee, Z., Gandomkar, A., Khodaghohi, M. & Abasi, A. R. (2019). Spatiotemporal Dynamics of Oak Forest of Zagros in Responce to Drought Case Study: Oak Forest of Lorestan. *Iranian Journal of Foret and Range Protection Research*, 17 (1), 107-123. doi 10.22092/IJFRPR. 2019.119997. (In Persian)

- Anyamba, A., Eastman, J. R. (1996). Interannual variability of NDVI over Africa and its relation to El Nino/Southern Oscillation. *International Journal Remote Sens*, 17 (3), 2533-2548. <https://doi.org/10.1080/01431169608949091>.
- Berhan, G., Tadesse, T. & Atnafu, S. (2015). Drought Spatial Object Prediction Approach Using Artificial Neural Network. *Geoinfor Geostat: An Overview*, 3 (2), 1-7. doi:10.4172/2327-4581.1000132.
- Choudhury, B. J., Tucker, C. J., Golus, R. E. & Newcomb, W. W. (1987). Monitoring vegetation using Nimbus-7 scanning multichannel microwave radiometer's data. *International Journal of Remote Sensing*, 8 (3), 533-538. <https://doi.org/10.1080/01431168708948660>.
- Denman, S., Barrett, G., Kirk, S. A., McDonald, J. E. & Coetzee, M. P. A. (2017). Identification of Armillaria species on declined oak in Britain: Implications for oak health. *Forestry*, 90 (2), 148-161. DOI: 10.1093/forestry/cpw054.
- Ehsani, A., Hosein Arzani, M., Farahpoor, H., Ahmadi, M., Jafari, A., Jalili, H. R., Mirdavodi, H. & Abbasi, M. (2007). The effect of climatic conditions on range forage production in steppe rangelands, Akhtarabad of Saveh. *Iranian journal of Range and Desert Research*, 14 (2), 249-260. (In Persian)
- Farajzadeh, M., Fathnia, A., Alijani, B. & Zeaiean, P. (2011). Assessment of the Effect of Climatic Factors on the Growth of Dense Pastures of Iran, Using AVHRR Images. *Physical Geography Research*, 43 (75), 1-14. (In Persian)
- Farrokhzadeh, B., Mansouri, S. & Sepehri, A. (2018). Determining the correlation between NDVI and EVI vegetation indices and SPI drought index (Case Study: Golestan rangelands). *Journal of Agricultural Meteorology*, 5 (2), 56-65. (In Persian)
- Goward, S. N., Prince, S. D. (1995). Transient Effects of Climate on Vegetation Dynamics Satellite Observations. *Journal Biogeogr*, 22 (5), 549-563. DOI: 10.2307/2845953 <https://www.jstor.org/stable/2845953>.
- Guli, J., Shunlin, L., Qiuxiang, Yi. & Jinping, L. (2015). Vegetation dynamics and responses to recent climate change in Xinjiang using leaf area index as an indicator. *Ecological Indicators*, 58 (2), 64-76. DOI10.1016/j.ecolind.2015.05.036.
- Hadian, F., Jafari, R., Bashari, H. & Soltani, S. (2014). Monitoring the Effects of Precipitation on Vegetation Cover Changes Using Remote Sensing Techniques in 12 Years Period (Case study: Semirom Isfahan). *Journal of Range and Watershed Management*, 66 (4), 621-632, doi 10.22059/JRWM.2014.50035. (In Persian)
- Potter, C. S., Brooks, V. (1998). Global analysis of empirical relations between annual climate and seasonality of NDVI. *International Journal Remote Sens*, 15 (1), 2921-2948. <https://doi.org/10.1080/014311698214352>.
- Schultz, P. A. & Halpert, M. S. (1995). Global Analysis of the Relationships Among a Vegetation Index, Precipitation, and Land Surface Temperature. *International Journal of Remote Sensing*, 16 (3), 2755-2777. <https://doi.org/10.1080/01431169508954590>.
- Sedighifar, Z., Motlagh, M. G. & Halimi, M. (2019). Investigating spatiotemporal relationship between EVI of the MODIS and climate variables in northern Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16 (4), 1-12.
- Shifaw, E., Sha, J., Xiaomei, L., Zhongcong, B., Jianwan, J. & Bingchu, C. (2018). Spatiotemporal analysis of vegetation cover (1984-2017) and modelling of its change drivers, the case of Pingtan Island, China. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4 (1), 899-917. DOI: 10.1007/s40808-018-0473-6.
- Tong, S., Zhang, J., Bao, Y. (2017). Spatial and temporal variations of vegetation cover and the relationships with climate factors in inner Mongolia based on GIMMS NDVI3g data. *Journal of Arid Land*, 9 (3), 394-407.
- Tucker, C. J., Holben, B. N. & Goff, T. E. (1984). Intensive forest clearing in Rondonia, Brazil, as detected by satellite remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 15 (3), 255-261.
- Wang T., Luo Y., Zhong, M. (2017). Comparison of recent precipitation tendency between Northwest and North China. *Journal of China Hydrology*, 37 (1), 56-63. <https://doi.org/10.1155/2017/8282353>.



