



Analyzing the Effects of Meteorological Drought on Vegetation Dynamics in the Golestan Province

Roghayeh Jahdi¹ | Mahin Hanifepour² | Saeedeh Jalali³

1. Corresponding Author, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. E-mail: roghayeh.jahdi@uma.ac.ir
2. Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Department of Physical Geography, Faculty of earth science, Shahid Beheshty University, Tehran, Iran.

Article Info

ABSTRACT

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 23 Jun 2024

Received in revised form: 08 Aug 2024

Accepted: 13 Aug 2024

Available online: 22 Sep 2024

Keywords:

Climate change,
Drought index,
Golestan province,
MODIS,
Remote Sensing.

The characteristics of drought as one of the environmental events may affect climate changes in the future. The purpose of this study is to evaluate the effect of meteorological drought on vegetation dynamics from 2001 to 2021 in the Golestan province, northern Iran, using remote sensing satellite images. First, using MATLAB software, the Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) was calculated in time scales of 3, 6, 9, and 12 months for the Golestan province with a statistical period of 20 years and zoned in ArcGIS software with IDW (Inverse Distance Weighting) Interpolation Method. In the next step, we obtained the maximum value of the Enhanced Vegetation Index (EVI) per month from the MODI3Q1 product of the MODIS spectrometer. Also, using Tersest software, the correlation and line slope of EVI index changes were calculated based on SPEI index changes. The results of correlation analysis showed that in 54.19% of the area of Golestan province, 6-month SPEI changes have the maximum correlation with the EVI index compared to SPEI in other periods. As a result, the highest impact of drought on vegetation in most parts of the study area is related to the 6-month SPEI in May. The results of vegetation sensitivity to meteorological drought showed that in the south of Golestan province, which is covered with dense forest conditions and includes the eastern slopes of Alborz spread in the form of a strip from the west to the east of the province, the vegetation has relatively low sensitivity to the phenomenon of drought due to suitable climatic conditions and the relative humidity of the air. The research results can be used in long-term planning for sustainable natural resources management.

Cite this article: Jahdi, R., Hanifepour, M., & Jalali, S. (2024). Analyzing the Effects of Meteorological Drought on Vegetation Dynamics in the Golestan Province. *Geography and Environmental Sustainability*, 14 (3), 39-51. <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10786.2762>



© The Author (s).

DOI: <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10786.2762>

Publisher: Razi University



ارزیابی آثار خشکسالی هواشناسی بر پویایی پوشش گیاهی در استان گلستان

رقیه جهدی^۱ | مهین حنیفه پور^۲ | سعیده جلالی^۳

۱. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: roghayeh.jahdi@uma.ac.ir
 ۲. گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
 ۳. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخچه مقاله:</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۴/۰۳</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۵/۱۸</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳</p> <p>دسترسی آنلاین: ۱۴۰۳/۰۷/۰۱</p> <p>کلیدواژه‌ها:</p> <p>تغییر اقلیم، شاخص خشکسالی، استان گلستان، سنجش از دور، MODIS</p>	<p>ویژگی‌های خشکسالی به‌عنوان یکی از رویدادهای محیط‌زیستی می‌تواند بر تغییرات اقلیمی در آینده تأثیر گذارد. هدف از این مطالعه، بررسی آثار خشکسالی هواشناسی بر پویایی پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ در استان گلستان در شمال ایران، برپایه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجش از دور است. ابتدا، با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه برای استان گلستان با دوره آماری ۲۰ سال محاسبه و در نرم‌افزار ArcGIS با روش درون‌یابی IDW (وزن دهی معکوس فاصله) پهنه‌بندی شد. در مرحله بعد، بیشینه مقدار شاخص گیاهی تقویت‌شده (EVI) در ماه از محصول MODIS3Q1 طیف‌سنج MODIS به دست آمد. همچنین، با استفاده از نرم‌افزار TerSet، همبستگی و شیب خط تغییرات شاخص EVI بر اساس تغییرات شاخص SPEI محاسبه شد. در این تحقیق، نتایج تحلیل همبستگی نشان داد که در ۵۴/۱۹ درصد از مساحت استان گلستان تغییرات ۶ ماهه SPEI بیشترین همبستگی را با شاخص EVI نسبت به SPEI در سایر دوره‌ها دارد. در نتیجه، بیشترین تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی در اکثر نقاط منطقه مورد مطالعه مربوط به SPEI ۶ ماهه در اردیبهشت است. نتایج حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی هواشناسی نشان داد که در جنوب استان گلستان که پوشیده از شرایط جنگلی انبوه است و دامنه‌های شرقی البرز را در برمی‌گیرد و به‌صورت نواری از غرب به شرق استان گسترش یافته است، به دلیل شرایط آب‌وهوایی مناسب و رطوبت نسبی هوا حساسیت نسبتاً کمی به پدیده خشکسالی دارد. نتایج تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی بلندمدت برای مدیریت پایدار منابع طبیعی مورد استفاده قرار گیرد.</p>

استناد: جهدی، رقیه؛ حنیفه پور، مهین؛ جلالی، سعیده (۱۴۰۳). ارزیابی آثار خشکسالی هواشناسی بر پویایی پوشش گیاهی در استان گلستان.

جغرافیا و پایداری محیط، ۱۴ (۳)، ۳۹-۵۱. <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10786.2762>

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه رازی

DOI: <https://doi.org/10.22126/GES.2024.10786.2762>



مقدمه

خشکسالی پدیده‌ای پیچیده و طبیعی است که به طور مکرر یا متناوب در هر شرایط اقلیمی رخ می‌دهد (Nejadrekabi et al., 2022) و پیشرفت آن تدریجی است، به طوری که ممکن است آثار آن به‌مرور زمان ظاهر شود (Kocaaslan et al., 2021). به‌طور کلی، خشکسالی‌ها به علت حساسیت زیاد پوشش گیاهی به نوسان اقلیم در مناطق خشک و نیمه‌خشک، می‌تواند سریع‌تر پوشش گیاهی را تحت تأثیر قرار دهد و رشد طبیعی آن را مختل کند (Khosravi et al., 2017). این حساسیت به علت ذخیره رطوبتی کمتر، تبخیر و تعرق بیشتر و... است؛ بنابراین، اطلاع داشتن از شدت، مدت و مکان تحت تأثیر پدیده خشکسالی می‌تواند با اتخاذ تدابیر مناسب مدیریتی، آسیب‌های ناشی از آن را کاهش دهد (Measho et al., 2019).

از آنجاکه دمای هوای جهانی به طور مداوم تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در حال تغییر است و انتظار می‌رود الگوی مکانی - زمانی بارندگی و کاربری زمین در دهه‌های آینده به طور قابل توجهی تغییر کند (Liu et al., 2014)، توسعه ابزارهای دقیق‌تر و مؤثرتر پایش خشکسالی ضروری است. در این زمینه، سنجش‌ازدور به دلیل مزایای مکانی و زمانی که می‌تواند ارائه دهد، نقش مهمی در مطالعات خشکسالی ایفا می‌کند (West et al., 2019). داده‌های ماهواره‌ای امکان شناسایی پوشش گیاهی آسیب‌دیده در انواع کاربری‌های مختلف و ارزیابی شدت آسیب را فراهم می‌کنند (Rimkus et al., 2017). استفاده از این داده‌ها جهت پایش فعالیت‌های گیاهی در یک منطقه بزرگ در مقایسه با مطالعات مبتنی بر روش‌های سنتی مزیت‌های زیادی دارند (Pei et al., 2018) و در حال حاضر موضوع داغ تحقیقات پیش‌گام در زمینه تشخیص خشکسالی است (Choi et al., 2013; Lin et al., 2014).

تاکنون، تحقیقات متنوعی در زمینه ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی در مواجهه با نوسانات اقلیمی و خشکسالی انجام شده که از آن جمله می‌توان به کنگ و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد. آن‌ها در مطالعه‌ای تعامل بین پوشش گیاهی و تغییرات اقلیمی در منطقه‌ای از چین به این نتیجه رسیدند که دمای روزانه، رطوبت نسبی و بارش با پوشش گیاهی رابطه مستقیم دارند (Kong et al., 2018). مرادیان و همکاران (۲۰۱۹) رابطه بین عناصر اقلیمی و پوشش گیاهی کوهستان‌های ارمنستان را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دما و بارش در فصل تابستان تأثیر زیادی بر پوشش گیاهی و رشد گیاهان دارد (Muradyan et al., 2019). لی و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش خود در ارزیابی اثر نوسان اقلیم بر پوشش گیاهی از شاخص‌های SPEI و NDVI استفاده کرده و گزارش نمودند که تقریباً ۴۵/۴ درصد از پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در معرض خطر خشکسالی متوسط یا زیاد قرار دارد (Li et al., 2020). همچنین، جاود و همکاران (۲۰۲۱) در تحقیق خود باهدف ارزیابی اثر نوسان اقلیم بر فنولوژی گیاهی، از شاخص SPEI و EVI بهره بردند. نتایج این تحقیق نشان داد که همبستگی قوی‌تری بین SPEI و EVI در مقایسه با همبستگی EVI و بارش وجود دارد (Javed et al., 2021).

در داخل کشور نیز باقری و همکاران (۱۴۰۰) اثر خشکسالی بر پویایی پوشش گیاهی را با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در سطح ایران مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور آن‌ها همبستگی و تغییرات شاخص EVI را با شاخص SEPI محاسبه نمودند. نتایج نشان داد حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی در مناطق خشک و بیابانی کمتر از مناطق مرطوب است. نتایج بررسی تأثیر عناصر اقلیمی بر توزیع پوشش گیاهی در ایران مرکزی توسط خورشید دوست و همکاران (۱۴۰۱) نشان داد که میزان پراکنش پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI بین ۰/۲- تا ۰/۶۴+ است. علاوه بر این، توزیع و تراکم پوشش گیاهی دارای رشد کمتر از یک درصد می‌باشد. متغیر اقلیمی دما بیشترین تأثیر را بر توزیع و تراکم پوشش گیاهی در ایران مرکزی دارد. در مطالعه اصلان‌پنجه و همکاران (۱۴۰۲)، بررسی تأثیر تغییرات خشکسالی اقلیمی بر شاخص‌های پوشش گیاهی شهرستان اشتهارد نشان داد که در ۶۸/۹ درصد منطقه مورد مطالعه SPEI ۳ ماهه، قوی‌ترین رابطه را با پوشش گیاهی نسبت به SPEI سایر بازه‌های زمانی دارد و اکثر نواحی کوهستانی

جنوب این شهرستان در این کلاس قرار می‌گیرند.

در مطالعه عشقی‌زاده (۱۴۰۲) ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش گناباد با استفاده از تصاویر ماهواره لندست در شاخص‌های SAVI, TDVI, NDVI و EVI نشان داد که محدوده پوشش آن‌ها در وضعیت خشکسالی خیلی خشک و با بیشترین مقادیر ۰/۳۴۱ در شاخص EVI از وضعیت بهتری نسبت به سایر محدوده‌ها برخوردار بود. اما در شدت‌های خشکسالی متوسط و ملایم، محدوده تاغ با بیشترین مقدار ۰/۴۵۶ در شاخص TDVI از وضعیت بهتری برخوردار بود. همچنین، بر اساس مطالعه هاشمی و همکاران (۱۴۰۳) تأثیر متغیرهای اقلیمی بر شاخص‌های پوشش گیاهی باغات پرتقال حسن‌آباد داراب بررسی شد. نتایج نشان داد که متغیرهای حداکثر رطوبت، حداقل دما و بارش دارای تأثیر مثبت معنی‌دار بر متغیر NDVI هستند. به‌علاوه، متغیرهای حداکثر دما و حداقل رطوبت دارای تأثیر منفی معنی‌دار بر NDVI و EVI هستند.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مطالعات فوق‌الذکر و قرارگرفتن ایران در نواحی خشک و بیابانی سبب شده که میزان بارندگی در برخی دوره‌ها کمتر از میانگین درازمدت سالانه باشد. استان گلستان با وجود اینکه در شمال ایران واقع شده و از رطوبت دریای خزر تأثیر می‌پذیرد، تاکنون تحقیقات محدودی در رابطه با پایش خشکسالی و مدیریت آن در استان گلستان انجام شده است؛ بنابراین، هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر پوشش گیاهی در استان گلستان است. از جمله روش‌های مرسوم جهت پایش خشکسالی‌ها، استفاده از شاخص‌های هواشناسی است.

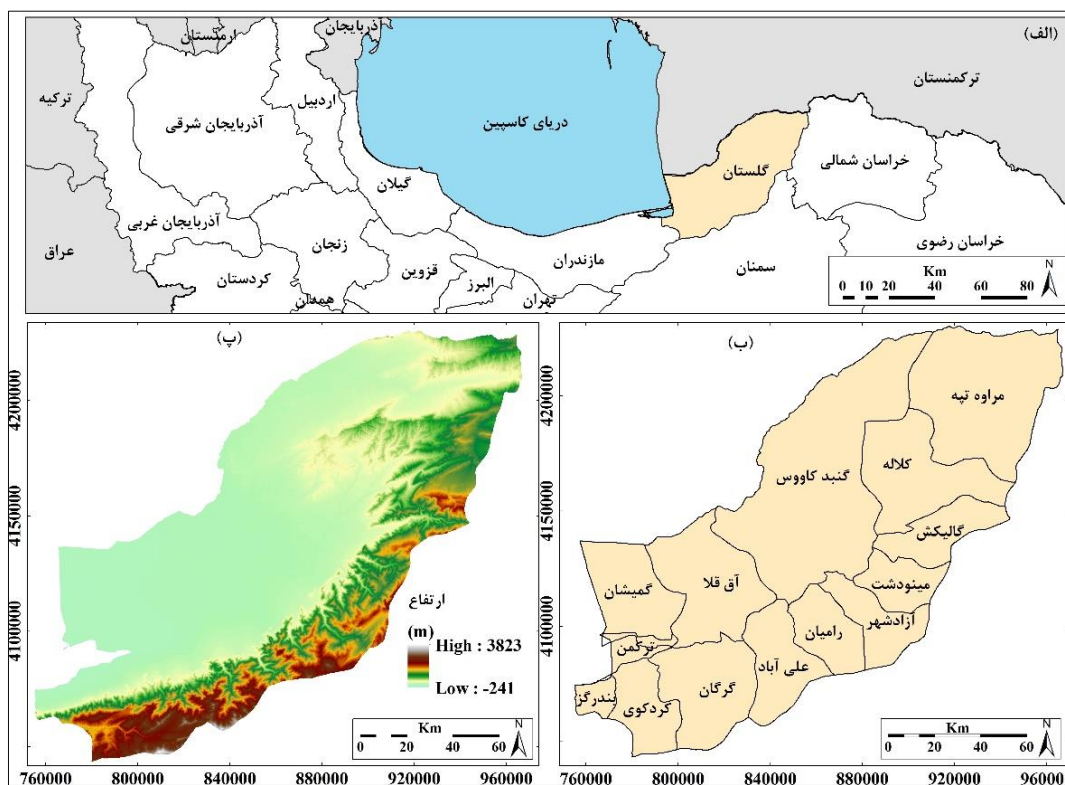
همچنین، اقلیم به‌عنوان مهم‌ترین عامل جهت تغییرات پوشش گیاهی طبیعی در یک منطقه محسوب می‌شود؛ از این رو، ارزیابی اثر نوسانات اقلیمی که عموماً با شاخص‌های ارزیابی خشکسالی هواشناسی صورت می‌گیرد، می‌تواند در راستای مدیریت، حفظ و احیای پوشش گیاهی نقش شایانی داشته باشد. در این تحقیق، با استفاده از فن‌سنجش‌از‌دور و تصاویر ماهواره‌ای، اثر خشکسالی هواشناسی بر شاخص پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ در استان گلستان مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در مدیریت اثربخش بخش‌های مختلف از جمله کشاورزی، منابع طبیعی و محیط‌زیست استان، مورد توجه مدیران و برنامه‌ریزان قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد بررسی

استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۳۸۷ کیلومتر مربع در شمال ایران و در جنوب شرقی دریای خزر واقع شده است و در حدود ۱/۳ درصد از مساحت کل کشور را شامل می‌شود. این استان بین ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). استان گلستان بر اساس موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی دارای اقلیم‌های متفاوت بوده و تحت تأثیر عوامل مختلف آب‌وهوایی قرار گرفته است. به همین علت ریزش‌های جوی در مناطق مختلف استان متفاوت است. در این استان اقلیم نیمه‌خشک در نوار مرزی و حوزه آبریز اترک تا معتدل و نیمه‌مرطوب در مناطق جنوبی و غربی متغیر است (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۴). متوسط بارندگی سالیانه در استان گلستان، حدود ۴۵۰ میلی‌متر است که ۷۰ درصد آن در فصول غیرزرعی (مهر تا فروردین‌ماه) اتفاق می‌افتد.

میزان بارندگی در مناطق جنوب و جنوب غربی استان حدود ۷۰۰ میلی‌متر و در نواحی شمال و نوار مرزی حدود ۲۰۰ میلی‌متر است. میانگین سالانه درجه حرارت روزانه از ۷ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات ۲۰۰۰ متری و تا ۱۹ درجه سانتی‌گراد در شهرستان گنبدکاووس متغیر است. متوسط تبخیر از ۸۰۰ میلی‌متر در نواحی جنوبی و ارتفاعات استان تا ۲۰۰۰ میلی‌متر در نواحی مرزی در شمال استان تغییر می‌کند (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۹۴).



شکل ۱. نقشه‌های موقعیت استان گلستان در شمال ایران (الف)، شهرستان‌های استان (ب) و مدل رقومی ارتفاع (پ).

شاخص SPEI

شاخص بارش - تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) در مقیاس‌های زمانی مختلف از رابطه ساده بیلان آب یعنی تفاوت بین بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل بر اساس رابطه تورنتوایت (۱۹۴۸) استفاده می‌کند (Thornthwaite, 1948). با در نظر گرفتن تبخیر و تعرق پتانسیل (PET)، تفاوت بین بارندگی (P) و تبخیر و تعرق پتانسیل برای ماه i به صورت رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^\beta \right]^{-1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه N_m ضریب تصحیحی است که بر مبنای ماه مورد نظر و عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه تعیین می‌شود. T_m میانگین دمای ماه مورد نظر بر حسب درجه سانتی‌گراد، I شاخص حرارتی که برای کل سال محاسبه می‌شود و a که بر مبنای I محاسبه می‌شود.

سپس با استفاده از رابطه (۲) کمبود یا مازاد آب ماهانه و در گام بعدی $X_{i,j}^k$ از رابطه (۳) محاسبه شد. لازم به ذکر است که در این معادلات i سال مورد نظر، j ماه مورد نظر و k مقیاس زمانی است.

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^\beta \right]^{-1} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$X_{i,j}^k = \begin{cases} \sum_{l=13-k+j}^{12} D_{i-1,l} + \sum_{l=1}^j D_{i,l} & \text{if } j < k \\ \sum_{l=j-k+1}^j D_{i,l} & \text{if } j \geq k \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این تحقیق SPEI در مقیاس زمانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه محاسبه شد ($k=12$). لازم به ذکر است که این گام‌های

زمانی بر اساس رده‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت می‌توانند شبیه‌سازی شوند. با توجه به بازه ۲۰ ساله که جزو رده کوتاه‌مدت محسوب می‌شود، بر اساس شاخص باید تفکیک زمانی فاصله کمتری داشته باشد، انتخاب بازه‌های زمانی بر اساس سناریوهای تایید شده در پژوهش‌های مشابه و الگوریتم خود شاخص می‌باشد. شدت بارندگی و تبخیر و تعرق در بازه ۳ ماهه برای یک دوره کوتاه‌مدت که می‌بایست میزان خطا به کمترین حد خود برسد، تفاوت آشکاری در مقایسه با بازه‌ی ۹ ماهه ایجاد می‌کند. جهت دقت بالاتر سعی شد هر ۴ بازه‌ی زمانی (۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه) لحاظ شود، در صورت حذف یک بازه زمانی، احتمال افزایش خطا وجود دارد، چرا که از تاثیر فصل نمی‌توان غافل شد.

ویسنته - سرانو و همکاران (۲۰۱۰) توزیع‌های سازگار با سری مشاهدات D را مورد بررسی و آزمون قرار دادند و نتیجه گرفتند که توزیع سه پارامتری لوگ-لجیستیک مناسب‌ترین توزیع سازگار با آن است و انتخاب مناسبی جهت استاندارد کردن سری D برای تعیین شاخص SPEI است (Vicente-Serrano et al., 2010). تابع چگالی احتمال توزیع سه پارامتری لوگ-لجیستیک به صورت رابطه (۴) است.

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta-1} \left[1 + \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)\right]^{-2} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه (۴) α ، β و γ به ترتیب پارامترهای مقیاسی، شکلی و مرزی برای مقادیر D در بازه $\gamma < D < \infty$ هستند. این پارامترها را می‌توان با استفاده از روش‌های مختلف از روی مشاهدات برآورد نمود. از میان آن‌ها روش گشتاورها مطمئن‌تر و ساده‌ترین روش است (Ahmad et al., 1988). وقتی گشتاورها محاسبه شدند، پارامترهای توزیع لوگ-لجیستیک با استفاده از روابط پیشنهادی سینگ و همکاران (۱۹۹۴) تخمین زده می‌شود (Singh et al., 1994). رابطه (۵) تابع توزیع احتمالی سری D با توجه به توزیع لوگ-لجیستیک را نشان می‌دهد.

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^{\beta}\right]^{-1} \quad \text{رابطه (۵)}$$

در نهایت بر مبنای تابع $F(x)$ ، SPEI با استفاده از رابطه (۶) محاسبه می‌شود:

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1 W + C_2 W^2}{1 + d_1 W + d_2 W^2 + d_3 W^3} \quad \text{رابطه (۶)}$$

در رابطه (۶) $C_0=2.515517$ ، $C_1=0.802853$ ، $C_2=0.010328$ ، $d_1=1.432788$ ، $d_2=0.189269$ و $d_3=0.001308$ است. همچنین، در این رابطه اگر $P=1-F(x) \leq 0.5$ باشد آنگاه $W = \sqrt{-2 \ln P}$ است، اما اگر $P > 0.5$ باشد P_1 با $1-P$ جایگزین می‌شود و علامت SPEI قرینه می‌شود (Vicente-Serrano et al., 2010). تمامی محاسبات SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه در نرم‌افزار MATLAB کدنویسی و برای ۳ ایستگاه هواشناسی انجام شد. لازم به ذکر است که SPEI دارای مقادیر مثبت و منفی است که هر چه این مقدار منفی‌تر باشد نشان‌دهنده خشکسالی با شدت بیشتر است. بعد از محاسبه شاخص SPEI در مقیاس ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه برای هر ۳ استان ایستگاه هواشناسی، با استفاده از روش درون‌یابی IDW (وزن دهی معکوس فاصله) در محیط ArcGIS، نقشه‌های شدت خشکسالی به دست آمد.

شاخص EVI

در مناطق با پوشش گیاهی غیرمتراکم، ترکیب پیچیده نوع خاک، آثار جوی و پوشش گیاهی، امکان استخراج اطلاعات قابل‌اعتماد را از داده‌های ماهواره‌ای کاهش می‌دهد؛ بنابراین، همواره تلاش شده تا شاخص‌های پوشش گیاهی که قادرند آثار ناخواسته عواملی مانند خاک زمینه را کاهش دهند، ارائه شود. هوت و همکاران (۲۰۰۲) شاخص پوشش گیاهی EVI را برای استفاده در داده‌های MODIS پیشنهاد کرده‌اند که در رابطه (۷) الگوریتم باندی برای محاسبه آن ارائه شده است (Huete et al., 2002).

$$EVI = \frac{NIR-R}{NIR + C1 \times R - C2 \times B + L} (1+L) \quad \text{رابطه (۷)}$$

در این رابطه NIR، بازتاب در بلند مادون قرمز نزدیک، R بازتاب در بلند قرمز، B بازتاب در بلند آبی، L برابر ۱، C1 برابر ۶ و C2 برابر ۷/۵ است. از مزایای این شاخص این است که با پیشرفت به وسیله بازتاب باند آبی در محدوده LAI (شاخص سطح برگ)، آثار خاک پس زمینه را تصحیح می کند و از آثار اتمسفر و پخش آبروسل می کاهد (Lee Rodgers & Nicewander, 1988). در واقع EVI یک NDVI تغییر یافته است که در آن فاکتور تنظیم خاک (L) و دو ضریب C1 و C2 لحاظ می شود. این روش حساسیت به نواحی پوشش گیاهی را افزایش و کاهش آثار جوی را موجب می شود (Huete et al., 2022). در این پژوهش از EVI به دست آمده از محصول MOD13Q1 سنجنده مودیس با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر و تفکیک زمانی ۱۶ روز از ابتدای ۱۳۷۹ تا انتهای ۱۳۹۹ استفاده شد. در مرحله بعد بیشترین مقدار EVI هر ماه محاسبه شد.

تحلیل همبستگی بین SPEI چند مقیاس با EVI

در این مرحله با استفاده از رابطه همبستگی پیرسون (Lee Rodgers & Nicewander 1988) که در رابطه ۸، همبستگی بین نقشه های SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه و بیشترین مقدار EVI هر ماه با مجموعه ابزار Earth Trend (ETM) Modeler در نرم افزار TerrSet محاسبه شد. لازم به ذکر است که سطح معنی داری همبستگی در آنالیز آماری پیرسون، ۹۵ درصد در نظر گرفته شده است.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \text{رابطه (۸)}$$

در این رابطه r نقشه ضریب همبستگی پیرسون، x_i و \bar{x} به ترتیب نقشه SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه سال مورد نظر و نقشه میانگین شاخص SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه دوره مطالعاتی و y_i و \bar{y} به ترتیب نقشه EVI همان سال و میانگین EVI در هر دوره مطالعاتی است. مقدار ضریب همبستگی بین -۱ تا ۱ متغیر است که +۱ همبستگی مثبت کامل، صفر نبود همبستگی و -۱ همبستگی منفی کامل را نشان می دهد. برای بررسی میزان همبستگی ابتدا قدر مطلق ضریب همبستگی گرفته شد و سپس میزان همبستگی در نرم افزار ArcGIS 10.7 انجام شد.

تحلیل رگرسیون خطی

در این تحقیق با استفاده از رابطه (۹)، شیب خط اثر رابطه بین SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه و EVI بر اساس معادلات رگرسیون خطی چتفیلد (۲۰۱۶) محاسبه شد تا اثر نوسانات SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه بر EVI بررسی شود. به عبارت دیگر SPEI ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه، متغیر مستقل و EVI متغیر وابسته است (Chatfield, 2016).

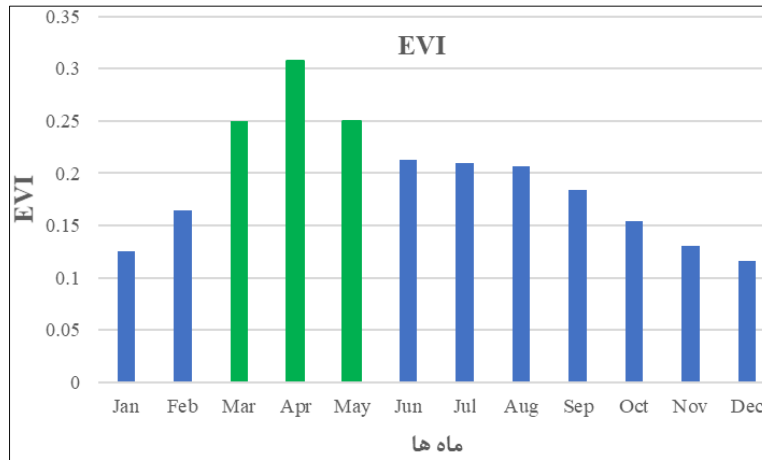
$$\text{slop} = \frac{17(\sum_{i=2000}^{2016} \text{SPEI}_i \text{EVI}_i - \sum_{i=2000}^{2016} \text{SPEI}_i \sum_{i=2000}^{2016} \text{EVI}_i)}{17 \sum_{i=2000}^{2016} \text{SPEI}_i^2 - (\sum_{i=2000}^{2016} \text{SPEI}_i)^2} \quad \text{رابطه (۹)}$$

شیب خط اثر بین SPEI در بازه زمانی مختلف و EVI محاسبه شد. به طور کلی شیب منفی نشان دهنده رابطه عکس، شیب مثبت نشان دهنده رابطه مستقیم است و مقدار شیب، میزان وابستگی متغیرها را بیان می کند. شیب اثر همراه با میزان R^2 که نشان دهنده میزان صحت رگرسیون خطی است در ETM از نرم افزار TerrSet انجام شد.

نتایج

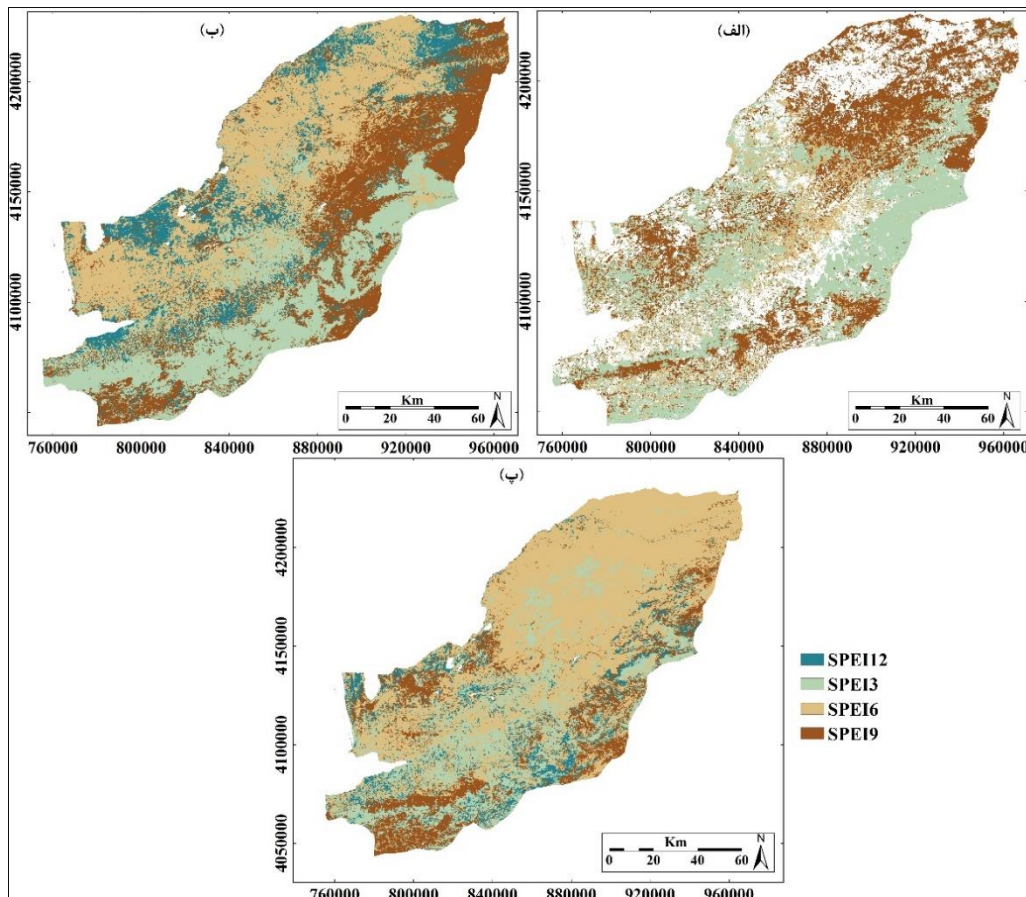
همبستگی خشکسالی هواشناسی و شاخص پوشش گیاهی

بر اساس نتایج به دست آمده (شکل ۲)، ماه های مارس، آوریل و می، بیشترین مقدار اعتبار را برای ارزیابی شاخص پوشش گیاهی دارند. به بیان دیگر، این ۳ ماه دارای بیشترین عدد شاخص EVI هستند و در نتیجه برای بررسی اثر خشکسالی هواشناسی بر پوشش گیاهی، از داده های این ۳ ماه استفاده شد.



شکل ۲. نمودار همبستگی خشکسالی هواشناسی و شاخص پوشش گیاهی

شکل ۳ الف نقشه بیشترین مقدار همبستگی میان شاخص EVI و SPEI با مقیاس زمانی متفاوت ماه مارس را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، در SPEI ۱۲ ماهه ۲۹/۳۴ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند. این پراکندگی شامل شمال شرق استان یعنی شهرستان مراوه‌تپه و هم‌مرز با کشور ترکمنستان و نوار باریک جنوب غرب استان است. در SPEI ۹ ماهه ۲۸/۴۶ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند. که شامل شرق یعنی شهرستان کلالة و بخش‌هایی از غرب که شامل شهرستان آق‌قلا است. در SPEI ۶ ماهه ۱۱/۰۱ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند. این مناطق شامل مرکز استان از شهرستان آق‌قلا تا آزادشهر است. در SPEI ۳ ماهه ۳۱/۱۹ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند که شامل جنوب غرب استان از گالیکش تا آزادشهر است.



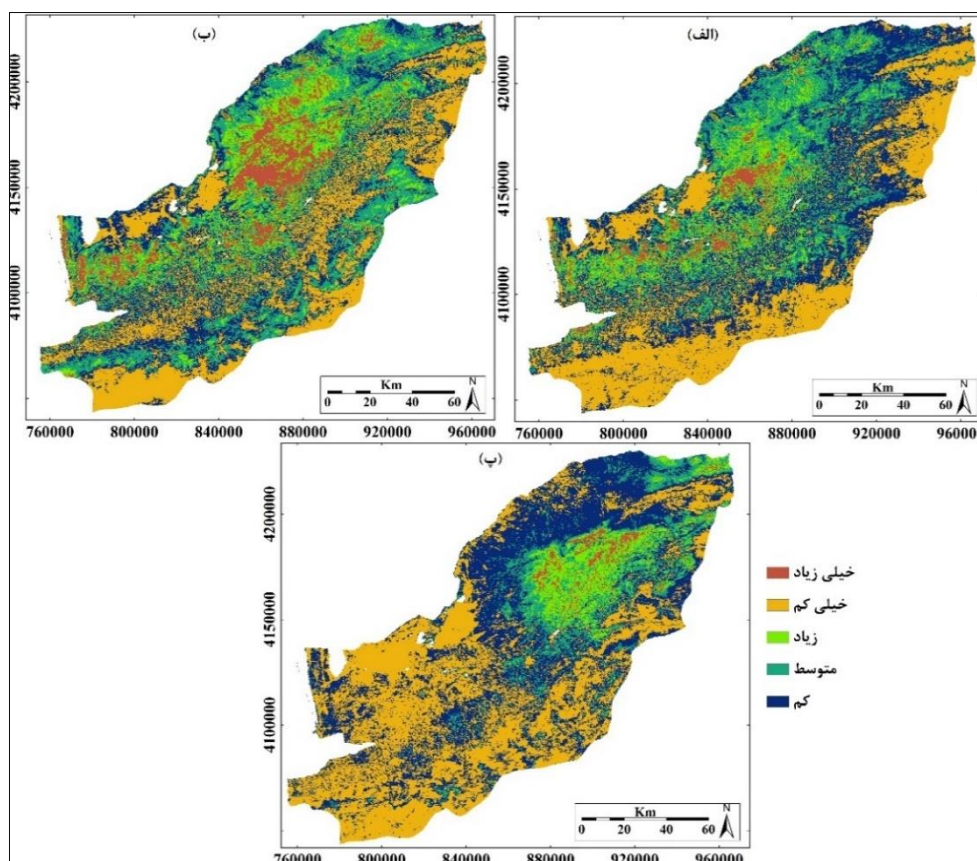
شکل ۳. نقشه بیشترین مقدار همبستگی میان شاخص EVI و SPEI با مقیاس زمانی متفاوت در ماه‌های مارس (الف)، آوریل (ب) و می (ب)

شکل ۳ ب نقشه بیشترین مقدار همبستگی میان شاخص EVI و SPEI با مقیاس زمانی متفاوت ماه آوریل را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده SPEI ۱۲ ماهه، ۱۴/۵۷ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند. این مناطق شامل شمال شهرستان آق‌قلا و شهرستان مراوه‌تپه است. در SPEI ۹ ماهه، ۲۵/۵۲ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند. شمال شرق استان که شامل پارک ملی گلستان تا شهرستان گنبدکاووس است این مساحت از پوشش می‌دهد. در SPEI ۶ ماهه، ۳۴/۰۱ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند که شامل سراسر شمال استان است. در SPEI ۳ ماهه، ۲۵/۸۹ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند و جنوب استان که پهنه باریکی را شامل می‌شود (شهرستان‌های کردکوی تا گالیکش و گنبدکاووس تا آق‌قلا) را در بر گرفته است.

شکل ۳ پ نقشه بیشترین مقدار همبستگی میان شاخص EVI و SPEI با مقیاس زمانی متفاوت ماه می را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از SPEI ۱۲ ماهه، بخش اندکی از استان گلستان (۸/۳۴ درصد) دارای همبستگی بودند که شامل شهرستان علی‌آباد است. در SPEI ۹ ماهه، ۱۵/۵۸ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند که شامل جنوب غرب استان از گرگان تا کردکوی را شامل می‌شود. در SPEI ۶ ماهه، ۵۴/۱۹ درصد از استان گلستان دارای همبستگی بودند که شامل کل شرق استان از مراوه‌تپه و گلی داغ گرفته و بخش‌هایی از آق‌قلا و گرگان تا کردکوی در غرب استان را شامل شده است.

تحلیل رگرسیون خطی شاخص پوشش گیاهی به شاخص خشکسالی

شکل ۴ الف نقشه حساسیت شاخص EVI به شاخص SPEI در ماه مارس در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. بر این اساس، محدوده گنبدکاووس تا بندر ترکمن که از لحاظ پوشش گیاهی از نوع مرتع است در طبقه حساسیت خیلی زیاد قرار گرفته است. جنوب و جنوب شرق استان که مناطق کوهستانی بوده و پوشش جنگلی دارند در طبقه با حساسیت خیلی کم قرار گرفته‌اند. در نهایت، مناطق مرکزی استان که پوشیده از جنگل هستند، حساسیت کم دارند.



شکل ۴. نقشه حساسیت شاخص EVI به شاخص SPEI در ماه‌های مارس (الف)، آوریل (ب) و می (پ)

شکل ۴ ب نقشه حساسیت شاخص EVI به شاخص SPEI در ماه آوریل در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. بر این اساس، شمال غرب و جنوب غرب استان که شامل شهرهای گرگان، کردکوی، بندر ترکمن و بندگز است و پوشش از نوع جنگل بوده، دارای حساسیت خیلی کم به شاخص خشکسالی هستند. از سوی دیگر، شرق استان که شامل مراوه‌تپه و گلی داغ بوده و از لحاظ پوشش گیاهی مرتع بوده، دارای حساسیت زیاد به شاخص خشکسالی هستند. در نهایت، شمال شرق استان که جز مناطق بیابانی بوده، از لحاظ حساسیت به شاخص در طبقه کم قرار گرفته‌اند.

شکل ۴ پ نقشه حساسیت شاخص EVI به شاخص SPEI در ماه می در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، جنوب استان که شامل جنگل‌های کوهستانی است و هم‌مرز با استان سمنان است، در طبقه حساسیت کم قرار دارد. همچنین، شرق و قسمت‌های محدودی از شمال غرب استان در طبقه‌ی حساسیت زیاد قرار دارد.

بحث

در این تحقیق، اثر خشکسالی هواشناسی بر شاخص پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹ در استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، ماه‌های مارس (اسفند)، آوریل (فروردین) و می (اردیبهشت) از لحاظ مقیاس زمانی، بیشترین مقدار اعتبار را برای ارزیابی همبستگی شاخص پوشش گیاهی و خشکسالی هواشناسی دارند. نتایج تحلیل همبستگی نشان داد در ۵۴/۱۹ درصد از مساحت استان گلستان، تغییرات SPEI ۶ ماهه بیشترین همبستگی را با شاخص EVI نسبت به SPEI در دیگر بازه‌های زمانی مورد مطالعه دارد. در نتیجه، بیشترین تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی در اکثر نقاط استان گلستان مربوط به SPEI ۶ ماهه و در ماه می (اردیبهشت) است.

در مطالعه‌ی افضل‌ی کردمحل و بهزادی (۱۴۰۲) نیز بیشترین تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی در استان گلستان در ماه‌های آوریل و سپتامبر میلادی به دست آمد. همچنین، بر اساس نتایج آنها در بررسی وضعیت خشکسالی گیاهی استان گلستان طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۲ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص وضعیت پوشش گیاهی، گلستان منطقه‌ای با خشکسالی کم در مقایسه با استان مجاور (سمنان) با خشکسالی متوسط روبه‌بالا شناخته شد.

نتایج حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی هواشناسی نشان داد، در جنوب استان گلستان (دامنه‌های البرز شرقی) که پوشیده از شرایط جنگلی متراکم است، به علت شرایط اقلیمی مساعد، به‌ویژه رطوبت نسبی هوا، پوشش گیاهی نسبت به پدیده خشکسالی از حساسیت نسبی کمی برخوردار است. این نتایج مطابق با نتایج مطالعه علی‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) است که نشان داد پوشش گیاهی زراعی موجود در شهرستان‌های بندر ترکمن، گرگان و قسمت مرکزی و جنوبی شهرستان علی‌آبادکتول با خطر خشکسالی کمتری مواجه هستند. همچنین، در پژوهش باقری و همکاران (۱۴۰۰) مبنی بر ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر پویایی پوشش گیاهی در ایران، نتایج نشان داد که در دشت لوت و ارتفاعات البرز و زاگرس، حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی هواشناسی بسیار کم‌تر است. در حالی که، نواحی مرکزی، جنوب غرب، جنوب شرق و سواحل خلیج فارس حساسیت بسیار زیادی از خود نشان داده است؛ بنابراین، مساعد بودن شرایط اقلیمی در نواحی شمالی کشور و به‌ویژه در ارتفاعات البرز از جمله در استان گلستان و در نتیجه پائین بودن حساسیت پوشش گیاهی نسبت به خشکسالی‌ها در این نواحی، مطابق با نتایج این تحقیق است.

در مقابل، در بخش‌های شمالی و شرقی استان گلستان به علت نزدیکی به بیابان‌های ترکمنستان، احداث چاه‌های غیرمجاز و برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی، سطح ایستایی با افت شدید مواجه شده و رطوبت خاک کاهش یافته است (پاکدل و همکاران، ۱۴۰۱) که این امر موجب کاهش عملکرد گیاه و افزایش حساسیت آن به پدیده خشکسالی شده است. به‌بیان دیگر، در این نواحی پوشش گیاهی نسبت به پدیده خشکسالی از حساسیت زیادی برخوردار است. در مطالعه شمسی پور و رودگرسفاری (۱۳۹۹) نیز بیشترین میزان خشکسالی در نواحی شمالی و شمال شرق استان گلستان در طی یک دوره آماری چهار ساله (۲۰۱۰-۱۹۷۱) به‌دست آمد. همچنین، این نتایج مطابق با نتایج مطالعه سیاسر و همکاران (۱۴۰۳) در پایش خشکسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS و محاسبه شاخص هواشناسی SPI در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت در استان گلستان است. بر اساس نتایج آنها، بخش قابل توجهی از استان در طبقه خشکسالی‌های بسیار شدید و

شدید قرار گرفته‌اند و در نتیجه مدیریت بهینه منابع آبی آنها از اولویت بالایی برخوردار است. علاوه بر این، نتایج مطالعه انجام‌شده با پژوهش کفایتی و همکاران (۱۴۰۰)، که در مطالعه خود شاخص‌های مناسب برای سنجش آسیب‌پذیری به خشکسالی به تفکیک سه مؤلفه در معرض قرار گرفته، حساسیت و سازگاری است را در استان گلستان بررسی کردند، مطابقت دارد. نتایج نشان داد که در بعد در معرض قرار گرفتن، بندرگز، بندر ترکمن و آق‌قلا به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار دارند و در معرض خشکسالی هستند. شهرستان‌های آزادشهر، گالیکش و بندر ترکمن به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم بیش‌ترین میزان حساسیت به خشکسالی قرار دارند. شهرستان‌های گمیشان، گالیکش و مراوه‌تپه به ترتیب بیش‌ترین سازگاری را به خشکسالی دارند.

در نهایت، نتایج محاسبه شاخص آسیب‌پذیری کل نشان داد که شهرستان‌های مراوه‌تپه و بندر ترکمن آسیب‌پذیرترین مناطق نسبت به خشکسالی در استان گلستان محسوب می‌شوند. شهرستان‌های آزادشهر، گالیکش، بندر ترکمن، مینودشت، کردکوی، رامیان، علی‌آباد و بندرگز حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی دارند. شهرستان مراوه‌تپه به علت بالا بودن درصد سطح زمین کشت نشده ناشی از کمبود آب، پایین بودن شاخص آبیاری و عملکرد گیاهان پرآب و پایین بودن مصرف کود بیش‌ترین میزان حساسیت را به خشکسالی دارند.

به‌طور کلی، قرارگیری استان گلستان در چند عارضه مهم شامل سلسله جبال البرز، دریای خزر و بیابان ترکمنستان شرایط غیریکنواخت و متنوع اقلیمی را باعث شده است، به‌نحوی که شدت و حساسیت خشکسالی در غرب استان (برای مثال، شهرستان کردکوی) به دلیل نزدیکی به دریای خزر، در شمال استان (برای مثال، شهرستان مراوه‌تپه) به دلیل نزدیکی به بیابان ترکمنستان و نیز در جنوب استان (برای مثال، شهرستان علی‌آباد) به دلیل هم‌جواری با جنوب البرز، کاملاً متفاوت است. این وضعیت جغرافیایی و در نتیجه شرایط اقلیمی مختلف، منجر به شرایط پوشش گیاهی متفاوتی در نواحی مختلف استان شده است که نتایج این مطالعه در نقشه‌های خروجی، صحت این ادعا را تأیید می‌کند.

علاوه بر این، در ایجاد شرایط فعلی عوامل بسیار دیگری نیز مؤثرند که از اصلی‌ترین آنها می‌توان به عوامل انسان‌ساخت (آنتروپوژنیک) اشاره کرد که خود نیاز به پژوهش‌های گسترده‌تر در غالب اجرای مدل‌های پیش‌تری هستند. هدف این پژوهش، صرفاً بررسی مؤلفه‌ها و تفسیر خروجی‌های شاخص‌ها در استان گلستان بود که می‌تواند در بررسی‌ها و مدیریت پوشش گیاهی و نیز منابع آبی استان مورد استفاده قرار گیرد.

نتیجه‌گیری

باتوجه به اینکه استان گلستان قطب کشاورزی و تولیدکننده محصولات استراتژیکی از جمله گندم، جو و سویا است و از سوی دیگر کمبود بارش باران و تغییرات اقلیمی شدید در این استان، مسئولان را درصدد داشته به امر مهم کنترل و مدیریت مصرف آب توجه کنند. همچنین، با تغییر در شیوه کشت، می‌توان از آثار نامطلوب پدیده خشکسالی بر محصولات کاست؛ بنابراین، اطلاع دقیق از تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی که با اجرای مدل مذکور حاصل می‌شود، گام مهمی در تدوین و اجرای راهبردهای مؤثر در جهت کشاورزی پایدار است و در نتیجه امنیت اقتصادی و غذایی کشور در جهت پایداری نسبی سوق داده خواهد شد. به‌طور کلی، در این مطالعه آثار مکانی و زمانی خشکسالی روی پوشش گیاهی در سطح استان تشریح شد که می‌تواند رویکرد مطلوبی را برای ایجاد مدل انتشار خشکسالی، پیش‌بینی شرایط خشکسالی کشاورزی آینده، بهبود کیفیت محیط‌زیست و همچنین برای بررسی سایر انواع خشکسالی پیشنهاد کند.

منابع

اصلان پنجه، بهزاد؛ ارزانی، حسین؛ طویلی، علی؛ کشت‌کار، حمیدرضا؛ خلیقی سیگارودی، شهرام (۱۴۰۲). بررسی تاثیر تغییرات خشکسالی اقلیمی بر شاخص‌های پوشش گیاهی (مطالعه موردی: شهرستان اشتهارد، استان البرز). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۴(۱۰)، ۱۸-۳۲. doi: 10.22034/iwm.2023.2010428.1103

افضلی کردمحل، پارسا؛ بهزادی، سعید (۱۴۰۲). مقایسه خشکسالی استانهای گلستان و سمنان توسط داده‌های ماهواره‌ای با اندازه‌گیری شاخص وضعیت گیاهی (VCI)، سومین همایش ملی راهبردهای مدیریت منابع آب و چالش‌های زیست محیطی، ساری.

<https://civilica.com/doc/1810344>

- باقری، سمانه؛ حیدری علمدارو، اسماعیل؛ خسروی، حسن؛ ابوالحسنی، اعظم (۱۴۰۰). ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر پویایی پوشش گیاهی در ایران. مرتع، ۱۵(۴)، ۶۲۲-۶۳۷. doi: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.4.5
- پاکدل، مریم؛ قر محمودلو، مجتبی؛ جندقی، نادر؛ فتح‌آبادی، ابوالحسن؛ نیک قوجق، یعقوب (۱۴۰۱). تاثیر برداشت از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق بر روی افت سطح ایستایی و پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در دشت گرگان. زمین‌شناسی ایران، ۱۶(۶۴)، ۶۵-۸۴. doi: 20.1001.1.24236772.1399.6.2.7.8
- زارعی ایبانه، حمید؛ قبائی سوق، محمد؛ مساعدی، ابوالفضل (۱۳۹۳). پایش خشک‌سالی بر مبنای شاخص بارش-تبخیر و تفرق استاندارد شده (SPEI). آب و خاک، ۲۹(۲)، ۳۷۴-۳۹۲. doi: 10.22067/jsw.v0i0.36472
- شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ رودگر صفاری، وحید (۱۳۹۹). بررسی پیامدهای تغییرات آب و هوایی با تمرکز بر تحلیل فضایی شدت خشکسالی در استان گلستان با شاخص‌های آماری و سنجش از دوری. پژوهش‌های تغییرات آب‌وهوایی، ۱(۳)، ۷۶-۶۵. doi: 10.30488/ccr.2020.246770.1022
- عشقی‌زاده، معصومه (۱۴۰۲). ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر عملکرد پوشش گیاهی در طرح‌های کنترل فرسایش با استفاده از تصاویر ماهواره لندست. اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۱۲۶، ۱۱۳-۹۳. doi: 10.22131/sepehr.2023.1971473.2921
- علی‌زاده، پریسا؛ کامکار، بهنام؛ شتایی، شعبان؛ کاظمی، حسین (۱۳۹۸). ارزیابی تغییرات عملکرد سویا با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی و ماهواره‌ای در غرب استان گلستان. تولید گیاهان زراعی، ۱۲(۳)، ۶۹-۸۴. doi: 10.22069/ejcp.2019.15743.2171
- عیوضی، معصومه؛ مساعدی، ابوالفضل (۱۳۹۰). پایش و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان با استفاده از روش‌های زمین آماری. مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۴(۱)، ۶۵-۷۸. doi: 20.1001.1.20087713.1398.11.3.18.7
- مساعدی، ابوالفضل؛ خلیلی‌زاده، مجتبی؛ محمدی استادکلايه، امین (۱۳۸۷). پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵(۲)، ۱۷۶-۱۸۲. <https://sid.ir/paper/9659/fa>
- هاشمی، علی؛ یزدان‌پناه، حجت‌الله؛ مؤمنی شهرکی، مهدی (۱۴۰۳). بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی بر شاخص‌های پوشش گیاهی (مورد مطالعه باغات پرتقال حسن‌آباد داراب). تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، ۲۴(۷۵)، ۲۷۲-۲۵۴. doi: 10.61186/jgs.24.75.17

References

- Afzali Kardamehle, P., & Behzadi, S. (2023). Comparison of Drought in Golestan And Semnan Provinces By Satellite Data with Vegetation Condition Index (VCI) Measurement, *3rd National Conference on Water Resource Management Strategies and Environmental Challenges*, Tarbiat Debir Shahid Rajaee University, Tehran, Iran. <https://civilica.com/doc/1810344> (In Persian)
- Ahmad, M.I., Sinclair, C.D., & Werritty, A. (1988). Log-logistic flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 98(3-4), 205-224. doi: 10.1016/0022-1694(88)90015-7.
- Alizadeh, P., Kamkar, B., Shataee, S., & Kazemi Posht Masari, H. (2020). Assessment of Soybean yield using changes meteorological and satellite-based drought indices in the west of Golestan province. *Crop Production*, 12 (3), 69-84. doi: 10.22069/ejcp.2019.15743.2171 (In Persian)
- Aslanpanjeh, B., Arzani, H., Tavili, A., Keshtkar, H.R., & Khalighi Sigaroodi, S.H., (2023). Investigating the Impact of Climatic Drought Changes on Vegetation Indicators (Case study: Eshtehard city, Alborz province). *Integrated Watershed Management*, 3(4), 18- 32. doi: 10.22034/iwm.2023.2010428.1103 (In Persian)
- Bagheri, S., Heydari Alamdarloo, E., Khosravi, H., & Abolhasani, A. (2021). The effect of meteorological drought on vegetation dynamics in Iran. *Rangeland*, 15(4), 622-637. doi: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.4.5 (In Persian)
- Chatfield, C. (2003). *The Analysis of Time Series: An Introduction, Sixth Edition (6th ed.)*. Chapman and Hall/CRC. doi: 10.4324/9780203491683
- Choi, M., Jacobs, J.M., Anderson, M.C. & Bosch, D.D. (2013). Evaluation of drought indices via remotely sensed data with hydrological variables. *Journal of Hydrology*, 476, 265-273. doi: 10.1016/j.jhydrol.2012.10.042
- Eivazi, M., & Mosaedi, A. (2011). Monitoring and Spatial Analysis of Meteorological Drought in

- Golestan Province using Geostatistical Methods. *Journal of Range and Watershed Management*, 64(1), 65-78. doi: 20.1001.1.20087713.1398.11.3.18.7 (In Persian)
- Eshghizadeh, M. (2023). Assessment of the effect of meteorological drought on the performance of vegetation in erosion control projects using Landsat satellite images. *Quarterly of Geographical Data*, 32(126), 93-113. doi: 10.22131/sepehr.2023.1971473.2921 (In Persian)
- Hashemi, A., Yazdanpanah, H., & Momeni, M. (2025). The effect of climatic variables on vegetation indices (Case study: Orange orchards in Hassan Abad, Darab County. *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 24 (75), 254-272. doi: 10.61186/jgs.24.75.17 (In Persian)
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E., 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. doi: 10.1016/S0034-4257(02)00096-2
- Javed, T., Li, Y., Feng, K., Ayantobo, O.O., Ahmad, S., Chen, X., Rashid, S., & Suon, S. (2021). Monitoring responses of vegetation phenology and productivity to extreme climatic conditions using remote sensing across different sub-regions of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 3644-3659. doi: 10.1007/s11356-020-10769-1
- Kefayati, N., Ghorbani, K., & Abdollahzade G.H. (2021). Regional leveling of drought vulnerability in Golestan province. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 8 (2), 15-32. doi: 10.52547/jsaeh.8.2.15
- Khorshid Doust A, M., Panahi, A., Khorramabadi, F., & Imanipour, H. (2022). The effect of climatic parameters on plant distribution in central Iran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 9 (2), 73-86. doi: 20.1001.1.24237892.1401.9.2.5.3 (In Persian)
- Khosravi, H., Haydari, E., Shekoohizadegan, S. & Zareie, S. (2017). Assessment the effect of drought on vegetation in desert area using Landsat data. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 20, S3- S12. doi: 10.1016/j.ejrs.2016.11.007
- Kocaaslan, S., Musaoğlu, N., & Karamzadeh, S. (2021) Evaluating drought events by timefrequency analysis: A case study in Aegean region of Turkey. *IEEE Access*, 9, 125032-125041. doi: 10.1109/ACCESS.2021.3110816
- Kong, D., Miao, C., Duan, Q., Lei, X., & Li, H. (2018). Vegetation-Climate Interactions on the Loess Plateau: A Nonlinear Granger Causality Analysis. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(19), 11068-11079. doi: 10.1029/2018JD029036
- Lee Rodgers, J., & Nicewander, W.A. (1988). Thirteen ways to look at the correlation coefficient. *The American Statistician*, 42(1), 59-66. doi: 10.1080/00031305.1988.10475524
- Li, K., Tong, Z., Liu, X., Zhang, J., & Tong, S. (2020). Quantitative assessment and driving force analysis of vegetation drought risk to climate change: Methodology and application in Northeast China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 282, 107865. doi: 10.1016/j.agrformet.2019.107865
- Liu, Z., Yao, Z., Huang, H., Wu, S. & Liu, G. (2014). Land use and climate changes and their impacts on runoff in the Yarlung Zangbo river basin, China. *Land Degradation & Development*, 25(3), 203- 215. doi: 10.1002/ldr.1159
- Measho, S., Chen, B., Trisurat, Y., Pellikka, P., Guo, L., Arunyawat, S. Tuankrva. V., Ogbazghi. W., & Yemane, T. (2019). Spatiotemporal analysis of vegetation dynamics as a response to climate variability and drought patterns in the semiarid region. *Eritrea. Remote Sensing*, 11(6), 724. doi: 10.3390/rs11060724
- Mosaedi, A., Khalili Zade, M., & Mohammadi, A. (2008). Drought monitoring in Golestan Province. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources*, 51(2), 176-182. <https://sid.ir/paper/9659/en> (In Persian)
- Mousavi, S., & Gholami-Borujeni, F. (2020). Investigation of Drought Indices in Golestan, Mazandaran, and Guilan Provinces during a 10-Year Period (2009-2019). *Journal Health Res Commun.*, 6 (2), 69-79. doi: 20.1001.1.24236772.1399.6.2.7.8 (In Persian)
- Muradyan, V., Tepanosyan, G., & Asmaryan, S. (2019). Relationships between NDVI and climatic factors in mountain ecosystems: A case study of Armenia. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 14 (158-169). doi: 10.20944/preprints202208.0432.v1
- Nejadrekabi, M., Eslamian, S. & Zareian, M. J. (2022) Spatial statistics techniques for SPEI and NDVI

- drought indices: A case study of Khuzestan Province. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19 (7), 6573-6594. doi: 10.1007/s13762-021-03852-8
- Pakdel, M., G.Mahmoodlu, M., Jandaghi, N., Fathabadi, A., & Nick Ghogh, Y. (2023). Extraction effect of deep and semi-deep wells on water table decline and groundwater quality parameters in Gorgan Plain. *Iranian Journal of Geology*, 16(64), 65-84. dor: 20.1001.1.17357128.1401.16.64.5.8 (In Persian)
- Pei, F., Wu, C., Liu, X., Li, X., Yang, K., Zhou, Y. Wang, K., Xu, L. & Xia, G. (2018). Monitoring the vegetation activity in China using vegetation health indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248, 215-227. doi: 10.1016/j.agrformet.2017.10.001
- Rimkus, E., Stonevicius, E., Kilpys, J., Maciulyte, V., & Valiukas, D. (2017). Drought identification in the eastern Baltic region using NDVI. *Earth system dynamics*, 8(3) ,627-637. doi: 10.5194/esd-8-627-2017
- Shamsipour, A., & Rodgar Safari, V. (2020). Investigating the Consequences of Climate Change with a Focus on Spatial analysis of drought severity in Golestan Province using Statistical and Remote sensing indices. *Climate Change Research*, 1 (3), 65-76. doi: 10.30488/ccr.2020.246770. 1022 (In Persian)
- Siasar, H., Mohammadrezapour, O., & Khodamorad Pour, M. (2024). Drought Monitoring using MODIS Sensor Data and Comparison with SPI Meteorological Index in Short-term Periods (Case study: Golestan province). *Geography and Development*, 22 (74), 166-186. doi: 10.22111/gdij.2024.8175 (In Persian)
- Singh, A.C., Mantel, J.H., & Thomas, B.W. (1994). Time series EBLUPs for small areas using survey data. *Survey Methodology*, 20, 33-43. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/en/pub/12-001-x/1994001/article/14434-eng.pdf?st=fG-36mhn>
- Thornthwaite, C.W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, 38(1), 55-94. doi: 10.2307/210739
- Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S. & López-Moreno, J.I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23, 1696-1718. doi: 10.1175/2009JCLI2909.1
- West, H., Quinn, N. & Horswell, M. (2019). Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 232(111291), 1-14. doi: 10.1016/j.rse.2019.111291
- Zareabyaneh, H., GHobaeisoogh, M., & Mosaedi, A. (2015). Drought Monitoring Based on Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) Under the Effect of Climate Change. *Journal of Water and Soil*, 29(2), 374-392. doi: 10.22067/jsw.v0i0.36472 (In Persian)

