Journal of Rangeland

Print ISSN: 2008-0891

Online ISSN: 2676-5039

Investigating the Impact of Drought on Vegetation and Evapotranspiration Using MODIS Sensor Images: A Case Study of Tehran Province

Shima Javadi [1], Abolfazl Ranjbar Fordoie[*2], Hassan Khosravi[3], Hadi Eskandari Damaneh[4]

1. PhD in Desert Region Management, Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran.
2. Corresponding author; Prof., Faculty of Natural Resources and Earth Sciences, Kashan University, Kashan, Iran. E-mail: aranjbar@kashanu.ac.ir
3. Associate Prof., Department of Reclamation of Arid and Mountainous Regions, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Researcher of Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

Article Info

Article type:
Research Full Paper

2025; Vol 18, Issue 3

Article history:
Received: 02.06.2024
Revised: 26.08.2024
Accepted: 31.08.2024

Keywords:
EVI index,
MODIS,
Palmer index,
Potential Evapotranspiration.

Abstract

Background and objectives: Vegetation is a critical component of ecosystems and is significantly impacted by climatic events, including drought. Indices such as the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Potential Evapotranspiration (PET) are effective tools for evaluating drought effects, obtained through the MODIS sensor. Numerous studies have identified climatic factors, including drought, as primary determinants of plant community growth and dynamics. Thus, monitoring drought and vegetation changes is essential for effective regional management. This study aims to assess the effects of drought on vegetation and potential evapotranspiration using MODIS sensor data.

Methodology: The Palmer Drought Severity Index (PDSI) was utilized to assess drought, while EVI and PET indices were derived from MODIS satellite images. Temperature and precipitation data from 13 synoptic stations in Tehran Province, spanning 2001 to 2021, were obtained monthly from the national meteorological organization. Using Inverse Distance Weighting (IDW), the corresponding maps were plotted in ArcGIS. Terra satellite series images from the USGS database were used to obtain EVI and PET data. The MOD13A3 sensor with a 1 km spatial resolution in monthly intervals provided EVI data, while the MOD16A2 sensor with a 500 m spatial resolution in 8-day intervals supplied PET data. Trends in PDSI, EVI, and PET were calculated using linear regression and the non-parametric Kendall test. Pearson correlation coefficient was applied to investigate the correlations between indices. Additionally, correlation analysis evaluated the impact of drought on EVI and PET in different climates.

Results: The 20-year average analysis indicated an increase in the PDSI (average 95.1) in the region. The average vegetation index was approximately 0.076, and the average PET was around 26.57 mm/m². Slope analysis using the Kendall test showed a 13.73% increase in vegetation and a 100% increase in drought indices, while PET decreased by 83.86%. The study revealed negative correlations between drought and vegetation (97.59%) and PET (18.68%), and positive correlations for vegetation (3.40%) and PET (82.31%). Examining the relationship between drought and EVI and PET indices in different climates revealed a positive relationship in 58.66% of the dry climate and a negative relationship in 35.82%, a negative relationship in 63.54% and 51.78% of the semi-arid climate, a positive relationship in 98.61% and a negative relationship in 68.73% of the humid climate, and a negative relationship in 4.74% and 82.49% of the semi-humid climate.

Conclusion: The research demonstrates that extracting EVI and PET indices from MODIS sensor data provides insights into drought damage. The PDSI results indicate the growth trend of drought across different climates. The correlation between vegetation cover and drought (WUE-PDSI) suggests improved ecosystem resistance to drought. The findings

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

highlight the significant relationship between drought and changes in vegetation and evapotranspiration potential. Natural resource managers and decision-makers can utilize these results to manage vegetation and develop strategies to combat this destructive phenomenon in arid and semi-arid areas.

Cite this article: Javadi, Sh., A. Ranjbar Fordoie, H. Khosravi, H. Eskandari Damaneh, 2025. Investigating the Impact of Drought on Vegetation and Evapotranspiration Using MODIS Sensor Images: A Case Study of Tehran Province. Journal of Rangeland, 18(3): 399-418.



© The Author(s).
DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4
Publisher: Iranian Society for Range Management

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

مـــرتـــع

شاپا چاپی: ۰۸۹۱-۲۰۰۸

شاپا الکترونیکی: ۵۰۳۹-۲۶۷۶

بررسی اثرگذاری خشکسالی بر پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی استان تهران)

شیما جوادی[۱]، ابوالفضل رنجبر فردویی*[۲]، حسن خسروی[۳]، هادی اسکندری دامنه[۴]

۱. دانشجوی دکتری رشته مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

۲. نویسنده مسئول، استاد گروه بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین دانشگاه کاشان، کاشان، ایران. رایانامه: aranjbar@kashanu.ac.ir

۳. دانشیار گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۴. محقق بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل – پژوهشی

۱۴۰۳؛ جلد ۱۸، شماره ۳

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۳/۱۳
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۰

واژه‌های کلیدی:
تبخیر وتعرق پتانسیل،
شاخص پالمر،
شاخص EVI،
مودیس.

چکیده

سابقه و هدف: پوشش‌گیاهی یکی از مهم‌ترین معیارهای موثر در اکوسیستم است که به‌شدت تحت‌تاثیر رخدادهای اقلیمی است. در میان عوامل اقلیمی خشکسالی از مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد و پویایی جوامع‌گیاهی شناخته شده است به این منظور پایش خشکسالی و تغییرات پوشش‌گیاهی از اهمیت بسزایی برخوردار است لذا هدف از این مطالعه ارزیابی اثرات خشکسالی بر پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق با استفاده از سنجنده مودیس است. به این منظور برآورد شاخص‌هایی از قبیل پوشش‌گیاهی بارز شده (EVI) و تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) از ابزارهای مناسبی برای ارزیابی اثرات وقوع خشکسالی است که این شاخص‌ها از طریق سنجنده مودیس به‌دست می‌آیند.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق برای ارزیابی خشکسالی از شاخص خشکسالی پالمر (PDSI) و برای محاسبه شاخص‌های پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل از تصاویر سنجنده مودیس استفاده شد. برای محاسبه شاخص PDSI، داده‌های دما و بارش ۱۳ ایستگاه سینوپتیک واقع در استان تهران طی دوره آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۱ به صورت ماهانه از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد سپس با استفاده از روش درون‌یابی وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) نقشه‌های مربوطه در محیط ArcGIS ترسیم گردید. برای به‌دست آوردن داده‌های ماهواره‌ای EVI و PET از پایگاه داده USGS از سری تصاویر ماهواره‌ای Terra استفاده شد.، به این منظور برای شاخص EVI از سنجنده MOD13A3 با قدرت تفکیک یک کیلومتر در بازه زمانی ماهانه و برای محاسبه PET از سنجنده MOD16A2 با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر در بازه زمانی ۸ روزه استفاده شد. روند تغییرات شاخص خشکسالی، پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق در بازه زمانی ذکر شده با استفاده از رگرسیون خطی و آزمون ناپارامتری من-کندال محاسبه و به‌منظور بررسی همبستگی بین شاخص‌ها از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. به دنبال آن پاسخ پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق به خشکسالی در اقلیم‌های مختلف نیز با استفاده از آنالیز همبستگی مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج: بررسی متوسط ۲۰ ساله شاخص‌های خشکسالی، پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق نشان داد که شاخص خشکسالی پالمر با متوسط ۱/۹۵- نشان‌دهنده افزایش این شاخص در منطقه است. هم‌چنین، متوسط پوشش‌گیاهی حدود ۰/۰۷۶ و متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل حدود ۵۷/۲۶ میلی‌متر بر مترمربع برآورد شده است. طبق نتایج به‌دست آمده از بررسی شیب تغییرات با آزمون من-کندال روند تغییرات شاخص‌های

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

پوشش‌گیاهی و خشکسالی به‌ترتیب ۷۳/۱۳ و ۱۰۰ درصد افزایش و تبخیر و تعرق پتانسیل ۸۶/۸۳ درصدکاهش یافته است. اثرگذاری خشکسالی بر شاخص پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل نشان داد که به‌ترتیب ۵۹/۹۷ و ۶۸/۱۸ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه دارای همبستگی منفی و ۴۰/۰۳ و ۳۱/۸۲ درصد دارای همبستگی مثبت است. نتایج حاصل از بررسی رابطه خشکسالی با شاخص‌های پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل در اقلیم‌های مختلف به‌ترتیب در اقلیم خشک ۶۶/۵۸ درصد رابطه مثبت و ۸۲/۳۵ درصد رابطه منفی، در اقلیم نیمه‌خشک ۵۴/۶۳ و ۷۸/۵۱ درصد رابطه منفی هم‌جنین در اقلیم مرطوب ۷۳/۶۸ درصد رابطه منفی و ۶۱/۹۸ درصد رابطه مثبت و در اقلیم نیمه‌مرطوب ۷۴/۰۴ و ۴۹/۸۲ درصد رابطه منفی داشته است.

نتیجه‌گیری: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با استخراج شاخص‌های پوشش گیاهی EVI و تبخیرو تعرق پتانسیل حاصل از سنجنده مودیس می‌توان به‌خوبی به اثرات مخرب خشکسالی پی‌برد. بر این اساس، نتایج شاخص خشکسالی پالمر نشان‌دهنده روند افزایشی این پدیده بوده و اثرات آن در اقلیم‌های مختلف متفاوت بوده است. بر اساس نتایج به‌دست آمده، مقاومت اکوسیستم در برابر خشکسالی توسط همبستگی مابین پوشش گیاهی و خشکسالی (WUE-PDSI) به خوبی مشخص می‌شود. براساس یافته‌های تحقیق حاضر، نتیجه‌گیری می‌شود که خشکسالی ارتباط معناداری با تغییرات پوشش گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل در طول مورد مطالعه داشته که مدیران و تصمیم‌گیران عرصه منابع طبیعی می‌توانند از نتایج حاصله به‌منظور مدیریت پوشش‌گیاهی و تصمیم‌گیری مناسب در برخورد با این پدیده مخرب در مناطق خشک و نیمه‌خشک استفاده کنند.

استناد: جوادی، ش.، ا. رنجبر فردویی، ح. خسروی، ه. اسکندری دامنه، ۱۴۰۳. بررسی اثرگذاری خشکسالی بر پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی استان تهران). مرتع، ۱۸(۳): ۳۹۹-۴۱۸.

DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4

ناشر: انجمن علمی مرتعداری ایران

© نویسندگان

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

مقدمه

پوشش‌گیاهی یکی از اجزای زنده اکوسیستم و بخش اصلی اکوسیستم‌های خشک را تشکیل می‌دهد، که به علل مختلف و به‌مرور زمان در اثر عوامل اقلیمی و انسانی دچار تغییر شده و شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت‌تاثیر قرار می‌دهد. پوشش‌گیاهی نقش اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست دارد که به‌شدت تحت‌تاثیر رخدادهای اقلیمی از جمله خشکسالی است (۱۳ و ۳۱). خشکسالی یک دوره پیوسته و پایدار است که در تمامی مناطق اقلیمی با بارش‌های مختلف اتفاق می‌افتد و مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملا متفاوت است (۱). به علت مشخص نبودن زمان دقیق شروع و پایان خشکسالی و تدریجی بودن آن، اثرات شدیدتری نسبت به سایر پدیده‌ها بر جامعه و محیط و پوشش‌گیاهی می‌گذارد. این مسئله اهمیت پایش خشکسالی را به‌خوبی نشان می‌دهد (۱۱). یکی از اساسی‌ترین شاخص‌ها برای پایش خشکسالی، استفاده از شاخص خشکسالی پالمرا است (۱۷)، پراکنش زمانی و مکانی خشکسالی را می‌توان با استفاده از این شاخص محاسبه کرد (۲۰). از دیگر شاخص‌های خشکسالی بسیار مهم، شاخص تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) است. این شاخص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود بارش و افزایش دما همراه است بسیار حائز اهمیت است، به‌طوری که با کمک این شاخص می‌توان به اثرات مستقیم و غیرمستقیم متعددی که این پدیده مخرب روی جوامع مختلف ایجاد می‌کند پی برد (۲). وقایع طولانی مدت خشکسالی تاثیرات عمده‌ای بر ساختار و عملکرد پوشش‌گیاهی دارد و می‌تواند کیفیت و کمیت طبیعی گیاه را تغییر داده و منجر به کاهش پوشش‌گیاهی شود (۱۰). یکی از راه‌های کسب اطلاعات از محیط، از جمله پوشش‌گیاهی به کارگیری فناوری سنجش از دور و تلفیق آن با سامان اطلاعات جغرافیایی (GIS= Geographic Information System) است. این فن‌آوری با داشتن خصوصیاتی نظیر دید وسیع و یکپارچه از منطقه، قدرت تفکیک زمانی بالا، سهل‌الوصول بودن اطلاعات و هزینه کمتر نسبت به سایر روش‌ها ارجحیت دارد. شاخص پوشش‌گیاهی بارز شده (EVI= Enhanced Vegetation Index) یکی از شاخص‌های پوشش‌گیاهی جهانی است که برای ارائه نمودن دائمی اطلاعات مکانی و زمانی پوشش‌گیاهی به کار گرفته می‌شود (۲۲ و ۲۵). مقدار این شاخص تحت‌تاثیر عواملی قرار می‌گیرد که آگاهی از آن‌ها نقش کلیدی و مهمی را در مطالعات پوشش گیاهی دارد. بر این اساس تحقیقات گوناگونی در زمینه پایش خشکسالی و شاخص‌های پوشش‌گیاهی انجام شده که در ادامه به آن می‌پردازیم.

ژانگ و همکاران (۲۰۱۲) به بررسی روند تغییرات خشکسالی در نواحی مختلف چین با استفاده از شاخص خشکسالی پالمر(Palmer Drought Severity = PDSI Index) پرداختند، بر اساس نتایج به‌دست آمده آزمون من-کندال، برخی از مناطق روند کاهشی و برخی دیگر روند افزایشی داشته و به‌طور کلی خشکسالی از جنوب شرقی به سمت شمال غربی چین در حال افزایش است، آردو و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از شاخص EVI مستخرج از سنجنده مودیس، اقدام به محاسبه تولید خالص اولیه برای منطقه ساحل آفریقا نمودند. سپس با استفاده از روش تحلیل روند، روند تغییرات بلند مدت آن را مورد بررسی قرار دادند. درنهایت نتایج نشان داد که هیچ تغییر معنی‌داری در مقادیر تولید خالص اولیه در منطقه مطالعاتی رخ نداده است. زو و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه پاسخ تولیدات گیاهی حاصل از سنجنده مودیس به خشکسالی بیان کردند که بیش از ۷۹ درصد از منطقه تحت‌تاثیر خشکسالی در بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۸۲ بوده است. هم‌چنین نانزاد و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی شدت خشکسالی و اثر آن بر روی شاخص پوشش‌گیاهی در مغولستان پرداختند، نتایج نشان داد که این کشور در طی بازه زمانی ۱۷ ساله انواع طبقه خشکسالی از خفیف تا شدید را تجربه نموده و طی این دوران ۴۱ تا ۵۷ درصد از پوشش‌گیاهی از بین رفته است. فیروزی و همکاران (۲۰۱۹) میزان حساسیت دو شاخص NDVI و EVI نسبت به خشکسالی را در دشت سیستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد، شاخص EVI در مقایسه با NDVI در مناطقی که از پوشش‌گیاهی کم برخوردارند مناسب‌تر است. طبق تحقیقی در چین جاود و همکاران (۲۰۲۰) در بازه زمانی ۲۰۱۷-۲۰۰۰ جهت بررسی تاثیر خشکسالی بر فنولوژی گیاهی از شاخص‌های Standardized Precipitation = SPEI)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

Evapotranspiration Index) و EVI استفاده شد. نتایج حاکی از آن بود که سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ به‌ترتیب خشک‌ترین و مرطوب‌ترین سال در بازه زمانی مورد نظر بوده است و تغییرات سریع در فنولوژی و بهره‌وری پوشش‌گیاهی بین سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۶ مشاهده شد. اسکندری دامنه و همکاران (۲۰۲۱) به تحلیل و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش‌گیاهی (Normalized = NDVI Difference Vegetation Index) در حوضه غرب تالاب جازموریان پرداختند و نتایج حاصل از بررسی ضریب همبستگی پیرسون نشان‌دهنده همبستگی بالایی بین شاخص خشکسالی هواشناسی و شاخص پوشش‌گیاهی در سطح ۹۵ درصد در ایستگاه‌های میانده و دشت کوچ بوده است. باقری و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی اثر خشکسالی هواشناسی بر پویایی پوشش‌گیاهی ایران پرداختند. به این منظور از شاخص‌های SPEI و EVI استفاده کردند. نتایج آنالیز رگرسیون خطی حاکی از آن بود که در دشت لوت و ارتفاعات رشته‌کوه البرز و زاگرس، حساسیت پوشش‌گیاهی به خشکسالی هواشناسی بسیار کمتر است. در حالی که نواحی مرکزی، جنوب غرب، جنوب شرق و سواحل خلیج فارس حساسیت بیشتری از خود نشان داده‌اند.

با توجه به مطالب و تحقیقات گفته شده در این زمینه، با استفاده از تکنیک سنجش از دور می‌توان خشکسالی را از طریق اثراتی که بر گیاهان دارد، بررسی نمود و در نتیجه به نتایج دقیق‌تر و موثرتری پیرامون اثرات خشکسالی دست یافت. طبق نظرات بیان شده، شاخص پوشش‌گیاهی بارز شده یکی از شاخص‌های قدرتمند برای بررسی روند تغییرات پوشش‌گیاهی مخصوصا در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، که اطلاعات کاملی در رابطه با تغییرات مکانی و زمانی پوشش‌گیاهی ارائه می‌دهد و بسیاری از مسائلی که موجب ناخالصی در برخی از شاخص‌ها می‌شود مانند اثرات زمینه خاک و گردوغبارهای برجای‌مانده روی پوشش‌گیاهی را کاهش می‌دهد (۹). بررسی منابع نشان می‌دهد که تاکنون تحقیقات کمی بر روی شاخص خشکی AI صورت گرفته است. هم‌چنین شاخص‌های خشکسالی پالمر و تبخیر و تعرق پتانسیل از شاخص‌های مهم خشکسالی می‌باشند که کمتر به‌این دو شاخص پرداخته شده است. ازطرفی، خشکسالی رخدادی است که در تمام رژیم‌های اقلیمی رخ می‌دهد بنابراین بررسی این پدیده در اقلیم‌های مختلف هر منطقه از اهمیت خاصی برخوردار است. درنتیجه نوآوری این تحقیق استفاده از شاخص‌های خشکسالی پالمر و تبخیر و تعرق پتانسیل و شاخص پوشش‌گیاهی EVI که در مطالعات کمی بدان پرداخته شده است و بررسی این شاخص‌ها در اقلیم‌های مختلف با استفاده از شاخص خشکی AI است. با توجه به این که بیش از ۵۰ درصد اقلیم استان تهران خشک و نیمه‌خشک است، این استان در معرض خطر بیشتر تغییرات اقلیمی به‌خصوص پدیده خشکسالی قرار دارد که به دنبال آن منجر به کاهش پوشش گیاهی و دیگر منابع طبیعی منطقه خواهد شد. در نتیجه با آگاهی از وضعیت خشکسالی و پوشش‌گیاهی می‌توان فهم و درک مناسبی از وضعیت خشکسالی در این استان ارائه داد و از اثرات این پدیده در درازمدت و هم‌جنین اثرات مخرب اکولوژیکی و پدید آمدن بحران‌های اجتماعی جلوگیری کرد. از این‌رو در پژوهش حاضر سعی شده است تا با استفاده از داده‌های اقلیمی دما و بارش شاخص‌های خشکسالی پالمر استخراج شود و با تحلیل و پردازش شاخص پوشش گیاهی EVI و تبخیر و تعرق پتانسیل حاصل از تصاویر ماهواره‌ای، رابطه همبستگی بین این شاخص‌ها با شاخص خشکسالی تعیین شود. بدیهی است اطلاعات تولید شده با استفاده از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای کمک شایانی به سیاست‌مداران در مواجهه با خشکسالی و اثرات آن بر پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق خواهد نمود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

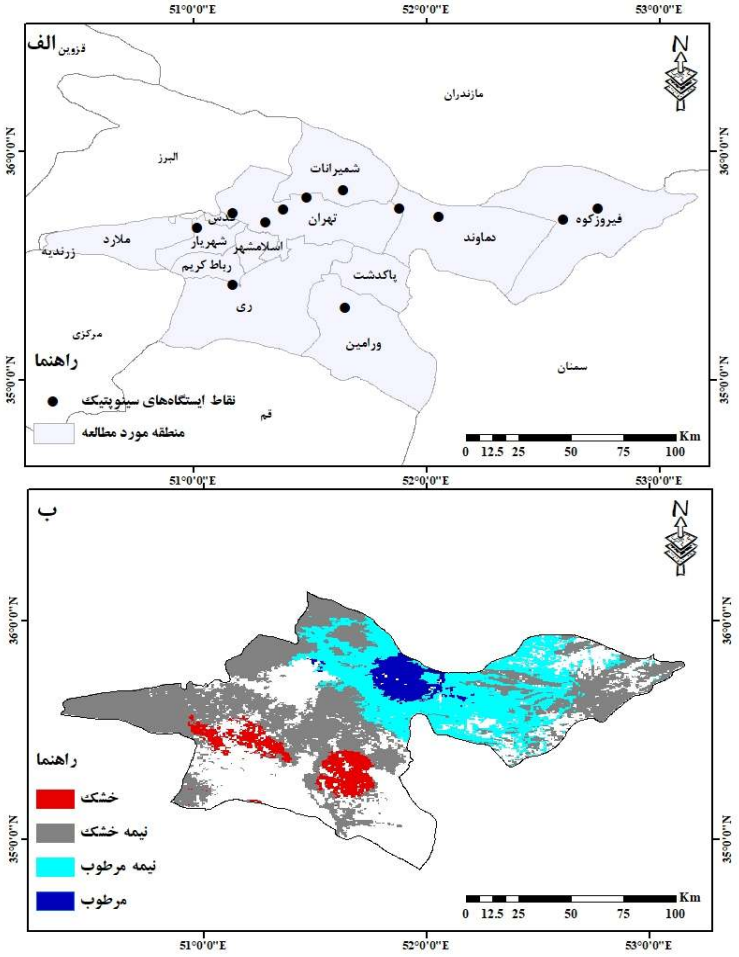
استان تهران به‌دلیل موقعیت سیاسی، اجتماعی و اقتصادی خود از جایگاه ویژه‌ای در بحث‌های مرتبط با خشکسالی برخوردار است که مجموعه این عوامل باعث گردیده تا این استان به‌عنوان منطقه مطالعاتی تحقیق حاضر انتخاب گردد. این استان با وسعتی حدود ۱۸۹۰۹ کیلومتر مربع و بین طول جغرافیایی شرقی ′۱۰ °۵۰ تا ′۱۰ °۵۳ و عرض شمالی ′۵۲ °۳۴ تا ′۲۱ °۳۶ در نیمه‌شمالی ایران واقع شده است (۱۷). شکل (۱) موقعیت استان تهران و نقشه اقلیم را در این استان نشان می‌دهد. از نظر محیط زیستی آب و هوای استان تهران در نواحی جنوبی گرم و خشک

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

ولی در نواحی کوهستانی سرد و نیمه‌مرطوب و در نواحی مرتفع سرد با زمستان های طولانی است. گرم‌ترین ماه‌های سال از اواسط خرداد تا اواسط مرداد است، زمانی که دما بین ۲۸ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد است و سردترین ماه‌ها از آبان تا اسفند ماه است و دما از ۱ تا ۱۵- درجه سانتی‌گراد است (۷). میزان بارش در این استان از ۲۳۰ تا ۵۰۰ میلیمتر در سال متغیر است (۶). بیشترین مساحت کاربری اراضی در استان تهران، مربوط به کاربری مرتع بوده که ۴۰/۵۱ درصد از منطقه را دربرگرفته است، سپس اراضی بایر ۳۸/۸۶، کشاورزی ۷/۸۴، شهری ۷/۴۳ و بوته‌زار ۵/۲۹ درصد را شامل می‌شوند. در آخر، جنگل با ۰/۰۷ درصد کمترین مساحت منطقه را تشکیل داده است (۱۷).

منطقه مطالعاتی توسط شاخص خشکی (AI = Aridity Index) به چهار بخش اقلیمی تقسیم شد که شامل ۵۶/۴۹ درصد معادل ۵۲۹۱۴۴/۹۱ هکتار مربوط به اقلیم نیمه‌خشک، ۳۰/۷۷ درصد معادل ۲۹۰۴۸۹/۱۷ هکتار اقلیم نیمه‌مرطوب، ۷/۵۳ درصد اقلیم خشک که ۷۱۰۴۴/۷۳ هکتار از منطقه را شامل شده و در آخر، ۵/۲۱ درصد از منطقه اقلیم مرطوب بوده که حدود ۴۸۷۹۲/۴۹ هکتار از سطح استان را دربرگرفته است (شکل۱- ب).



شکل ۱: الف) موقعیت استان تهران و ب) تقشه اقلیم منطقه با روش شاخص خشکی *AI*

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

روش تحقیق

هدف از پژوهش حاضر بررسی خشکسالی و اثر آن بر پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل است که در این راستا از دو نوع داده هواشناسی و ماهواره‌ای استفاده شده است. در ادامه به شرح کامل این داده‌ها پرداخته می‌شود.

داده‌های پژوهش

در این مطالعه داده‌های دما و بارش ۱۳ ایستگاه سینوپتیک واقع در استان تهران طی دوره آماری ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۱ به‌صورت ماهانه از سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. برای داده‌های ماهواره‌ای از محصولات سنجنده مودیس (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer = MODIS) از جمله داده‌های تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) و شاخص پوشش‌گیاهی بارز شده (EVI) طی دوره آماری ۲۰۲۱-۲۰۰۱ از سایت https://earthexplorer.usgs.gov (United States Geological Survey = USGS) از سری تصاویر ماهواره‌ای Terra به‌دست آمد. بدین منظور برای محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل از سنجنده (MOD16A2) با قدرت تفکیک ۵۰۰ متر در بازه زمانی ۸ روزه و برای شاخص پوشش‌گیاهی بارز شده از سنجنده (MOD13A3) با قدرت تفکیک یک کیلومتر در بازه زمانی ماهانه از ژانویه ۲۰۰۱ الی دسامبر ۲۰۲۱ استفاده شد (۱۶ و ۱۷). تمامی داده‌ها در مرز منطقه مورد مطالعه استخراج شد و آماده پردازش قرار گرفت. برای تصحیح و پیش‌پردازش کردن داده‌ها از افزونه MODIS TOOLKIT در نرم‌افزار ENVI5.3 استفاده گردید(۲۹).

شاخص پوشش‌گیاهی بارز شده (EVI)

ترکیب روابط تجربی برای تصحیح اتمسفریک منجر به ایجاد شاخص(EVI) گردیده است (۳۰). این شاخص برای مناطق با زیست‌توده زیاد توسعه داده شده و از مزایای آن می‌توان به بهبود بخشیدن اثرات تاج پوشش و کاهش اثرات اتمسفر و پخش آیروسل اشاره کرد.

این شاخص با استفاده از رابطه (۱) به‌دست می‌آید:

$$EVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + C1 * R - C2 + B + L)}$$ رابطه (۱)

در این رابطه NIR، بازتاب در باند مادون قرمز نزدیک، R بازتاب در باند قرمز، B بازتاب در باند آبی، L فاکتور تنظیم خاک است که برابر با ۱ بوده و دو ضریب C1 و C2 به‌ترتیب برابر با ۶ و ۷/۵ می‌باشند (۱۲).

در این مطالعه برای به‌دست آوردن شاخص (EVI) از سنجنده مودیس (MOD13A3) با قدرت تفکیک یک کیلومتر در بازه زمانی ماهانه استفاده شد و نقشه‌های مربوطه در محیط ArcGIS تهیه شدند.

شاخص خشکسالی پالمر(PDSI)

با توجه به متغیر بودن شرایط اقلیمی منطقه مطالعاتی و تعیین خشکسالی طولانی‌مدت از شاخص پالمر استفاده شد چرا که این شاخص روشی بسیار موثر در تعیین خشکسالی طولانی‌مدت(سالانه) است. از دیگر امتیازات این شاخص این است که نسبت به شرایط اقلیمی محلی استاندارد است. بنابراین می‌تواند در هر بخش کشور جهت نشان دادن خشکسالی نسبی یا ترسالی مورد استفاده قرار گیرد. شاخص پالمر (PDSI) یکی از شاخص‌های متداول خشکسالی است که توسط پالمر برای سنجش میزان نوسانات ذخیره رطوبتی خاک مورد ارزیابی قرار گرفت (۲۷). در واقع، این شاخص بر اساس میزان رطوبت خاک که متأثر از بارش و دما است خشکسالی را نشان می‌دهد (۲۱)

پس از پردازش داده‌های دما و بارش میانگین سالانه شاخص PDSI در بازه زمانی ۲۱ ساله محاسبه شد، با توجه به نتایج جدول (۱) مقدار RMSE در روش درون‌یابی وزن‌دهی معکوس فاصله (Inverse distance weighting = IDW) کمتر از روش KRIGING است. این نشان‌دهنده مناسب بودن روشIDW به‌جای KRIGING در این تحقیق است. سپس با استفاده از این روش نقشه‌های مربوطه در محیط (Aeronautical Reconnaissance Coverage Geographic = ArcGIS) ترسیم شد.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

جدول ۱: ارزیابی روش‌های مختلف درون‌یابی داده‌های دما وبارش استان تهران

مدل	۲۰۰۱	۲۰۰۲	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷
IDW	۰/۵۲	۰/۳۱	۰/۵۴	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۰۹	۰/۲۰
KRIGING	۰/۵۵	۰/۳۲	۰/۵۱	۰/۳۲	۰/۱۸	۰/۱۰	۰/۱۹
مدل	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	۲۰۱۱	۲۰۱۲	۲۰۱۳	۲۰۱۴
IDW	۰/۰۲	۰/۲۶	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۶۲	۰/۲۵	۰/۴۲
KRIGING	۰/۰۳	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۱۹	۰/۶۷	۰/۳۲	۰/۴۱
مدل	۲۰۱۵	۲۰۱۶	۲۰۱۷	۲۰۱۸	۲۰۱۹	۲۰۲۰	۲۰۲۱
IDW	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۲۶	۰/۴۱
KRIGING	۰/۱۲	۰/۱۶	۰/۳۳	۰/۲۰	۰/۱۷	۰/۲۸	۰/۶۱

شاخص خشکی (AI)

با توجه به مرور منابع و در نظر گرفتن مقدار بارش و تبخیر و تعرق در شاخص خشکی، بررسی روند AI می‌تواند به‌خوبی نمایانگر تاثیرات تغییرات اقلیمی باشد. به‌این علت این شاخص در تحقیق حاضر انتخاب گردید. شاخص خشکی (AI) به‌عنوان نسبت میانگین بارندگی سالانه (P) به میانگین تبخیر و تعرق بالقوه سالانه (PET) برای بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۱ تعریف شد. رابطه (۲).

رابطه (۲) $AI = \frac{P}{PET}$

پس از محاسبه شاخص خشکی بر طبق (جدول۲) کلاس‌بندی انجام گرفت و نقشه‌های مربوطه در محیط GIS ترسیم شد (۱۳).

جدول ۲: دامنه عددی شاخص خشکی (AI)

شاخص خشکی	دامنه
خشک	$AI \leq ۰/۲$
نیمه‌خشک	$۰/۲ < AI \leq ۰/۵$
نیمه‌مرطوب	$۰/۵ < AI \leq ۰/۶۵$
مرطوب	$AI \geq ۰/۶۵$

بررسی روند تغییرات

روند تغییرات شاخص‌های پوشش‌گیاهی بارز شده، خشکسالی و تبخیر وتعرق پتانسیل در دوره زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۱ با استفاده از آنالیز ناپارامتری من‌کندال در محیط TerrSet انجام شد. سپس میانگین پارامترها در نرم‌افزار ArcGIS به‌دست آمد. در نهایت نقشه میانگین شاخص‌ها در ArcGIS استخراج شد.

آزمون من-کندال از متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های غیرپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی به شمار رفته که با استفاده از این تکنیک می‌توان تغییرات داده‌ها را شناسایی و نوع و زمان آن را مشخص نمود. این آزمون ابتدا توسط من (۲۳) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹) بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است.

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

رابطه (۳) $$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^{N} \mathrm{sgn}(X_j - X_i)$$

n طول سری زمانی، xj و xi داده‌های متوالی و $x_j - x_i$ تابع علامت بوده که به شرح رابطه ۴ قابل محاسبه است:

رابطه (۴) $$\mathrm{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1, \text{if}(x_j - x_i) > 0 \\ 0, \text{if}(x_j - x_i) = 0 \\ -1, \text{if}(x_j - x_i) < 0 \end{cases}$$

محاسبه واریانس آماره در رابطه ۵ مشاهده می‌شود:

رابطه (۵) $$Var(S) = \frac{1}{18}\left(N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^{m} t_i(t_i-1)(2t+5)\right)$$

در آخر، آماره استاندارد شده یا همان Z از رابطه ۶ محاسبه می‌شود. مقدار مثبت Z روند افزایش و مقدار منفی Z روند کاهشی سری زمانی را نشان می‌دهد. هم‌چنین برای آزمودن روند افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

معنی‌داری P، اگر مقدار Z بزرگتر از $Z_{1-P/2}$ باشد، فرض صفر رد می‌شود (مقدار $Z_{1-P/2}$ از جدول ۱، توزیع تجمعی نرمال استاندارد به‌دست می‌آید). برای این کار، سطح معنی‌داری ۰/۰۱ یا ۰/۰۵ به کار می‌رود.

رابطه (۶)

$$x=\begin{cases}(S-1)/\sqrt{Var(S)}, & S>0\\ 0, & S=0\\ (S+1)/\sqrt{Var(S)}, & S<0\end{cases}$$

مقدار آماره به‌دست آمده با مقدار قدرمطلق Z از جدول توزیع نرمال (جدول ۳) مقایسه می‌شود (۱۳).

جدول ۳: جدول توزیع نرمال

سطح معنی‌داری	$\|Z\|$
معنی‌دار نیست	$Z = \pm 1.96$
روند افزایشی و معنی‌دار است	$Z > 1.96$
روند کاهشی و معنی‌دار است	$Z < -1.96$

آنالیز همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی و پوشش‌گیاهی

به‌منظور بررسی همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی و پوشش‌گیاهی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد (رابطه ۷).

رابطه (۷)

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

y ضریب همبستگی بین x و y است، x_i مقدار شاخص مستقل در بازه زمانی iام، y_i متغیرهای مستقل بازه زمانی iام و i بازه زمانی (ماه، فصل یا سال) است.

ضریب همبستگی بین ۱- و ۱ تغییر می‌کند. ۱- رابطه منفی کامل (رابطه معکوس بین دو متغیر)، ۱ رابطه مثبت کامل(رابطه مستقیم بین دو متغیر) و صفر عدم وجود رابطه را نشان می‌دهند (۱۳ و ۱۷).

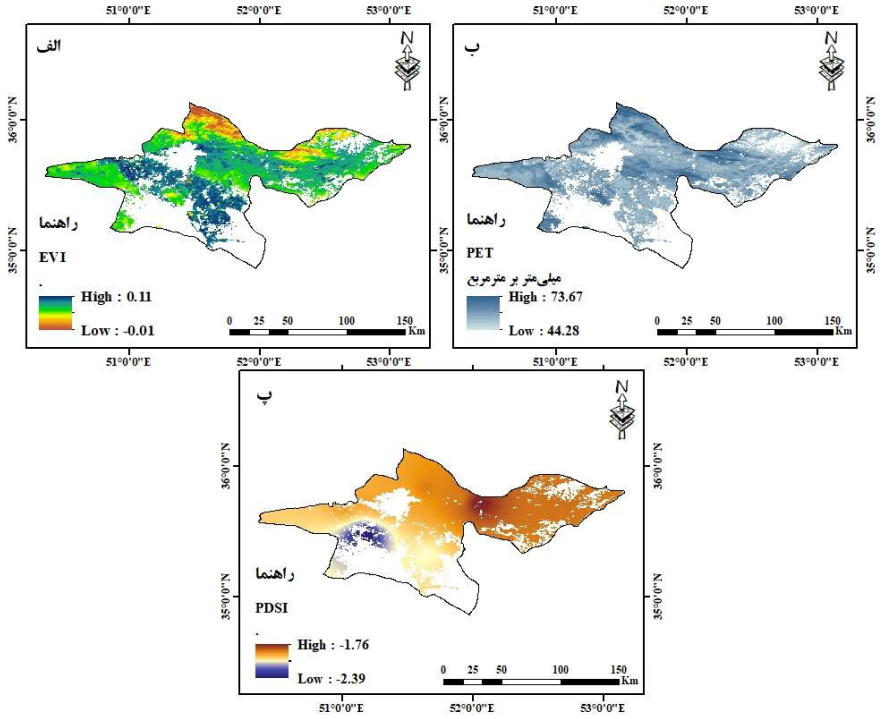
نتایج:

بررسی تغییرات مکانی و زمانی EVI، PDSI و PET در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۱

بررسی متوسط ۲۰ ساله شاخص‌های پوشش‌گیاهی، خشکسالی و تبخیر و تعرق پتانسیل در شکل(۲ الف تا پ) ارائه شده است. بررسی این نتایج نشان داد که متوسط پوشش‌گیاهی بارز شده (EVI) حدود ۰/۰۷۶ است. بیش‌ترین مقدار این شاخص در بخش‌های جنوب و غرب و کمترین مقدار در بخش‌های شمال و شرق دیده می‌شود (شکل ۲-الف). متوسط تبخیر و تعرق پتانسیل (PET) حدود ۵۷/۲۶ میلی‌متر بر مترمربع است و همانطور که در شکل ۲- ب مشاهده می‌شود بیش‌ترین مقدار آن به صورت پراکنده در بخش‌های مرکزی، شمالی و غربی دیده می‌شود. شاخص خشکسالی پالمر (PDSI) نیز با متوسط ۱/۹۵- نشان‌دهنده افزایش این شاخص در منطقه است که بیش‌ترین مقدار آن در بخش‌های شمال و شرق و کمترین مقدار در بخش‌های جنوب و غرب منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود (شکل ۲-پ). مقادیر شاخص پالمر در شکل (۲) مربوط به حداقل و حداکثر متوسط این شاخص در منطقه مورد مطالعه است. درصورتی که در شکل (۳) مقادیر مربوط به متوسط این شاخص در هر سال است.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



شکل ۲: الف) متوسط پوشش‌گیاهی بارز شده؛ ب) تبخیر و تعرق پتانسیل و پ) خشکسالی در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۱

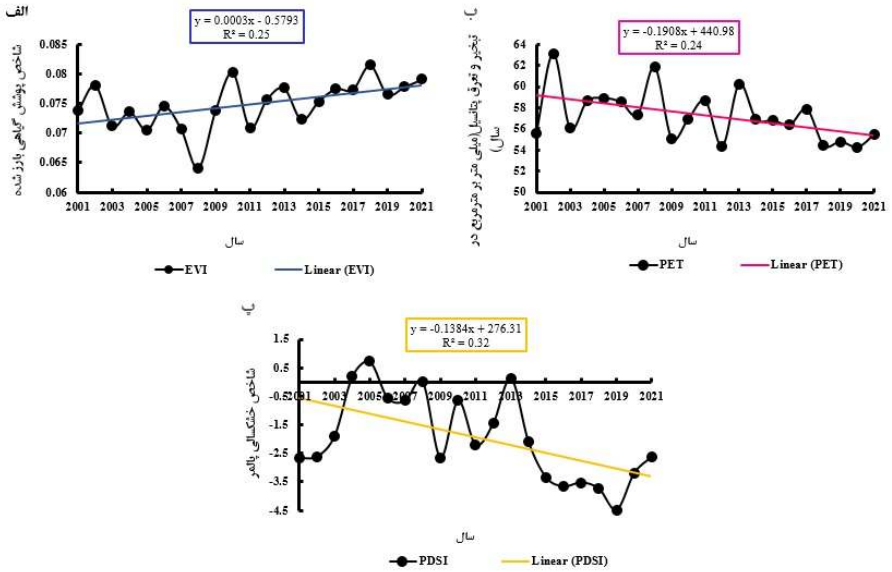
معنی‌داری روندها توسط ANOVA در نرم‌افزار SPSS درصد انجام شد. چنان‌چه در جدول ۴ مشاهده می‌شود روند شاخص‌ها در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. با توجه به شکل (۳)، بررسی روند شاخص‌های ذکرشده در سطح منطقه مورد مطالعه به‌این صورت است که روند تغییرات متوسط سالانه پوشش‌گیاهی بارز شده افزایشی بوده و بیش‌ترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۰۸ بوده است (شکل۳-الف). روند شاخص تبخیر و تعرق پتانسیل کاهشی بوده و همان‌طور که در شکل (۳-ب) مشاهده می‌شود بیش‌ترین مقدار مربوط به سال ۲۰۰۲ و کمترین مقدار در سال ۲۰۱۲ بوده است. روند متوسط سالانه شاخص خشکسالی چنانچه در (شکل ۳-پ) مشاهده می‌شود روندی کاهشی و منفی است که نشان‌دهنده افزایش خشکسالی در بازه زمانی ذکر شده است.

جدول ۴: جدول توزیع نرمال

شاخص	R_2	Sig
EVI	۰/۲۴	۰/۰۲۳
PET	۰/۲۳	۰/۰۲۵
PDSI	۰/۳۲	۰/۰۰۸

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



شکل ۳: الف) روند پوشش‌گیاهی بارز شده؛ ب) تبخیر و تعرق پتانسیل و پ) خشکسالی در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۱

بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی EVI، PDSI و PET در بازه زمانی ۲۰۲۱-۲۰۰۱

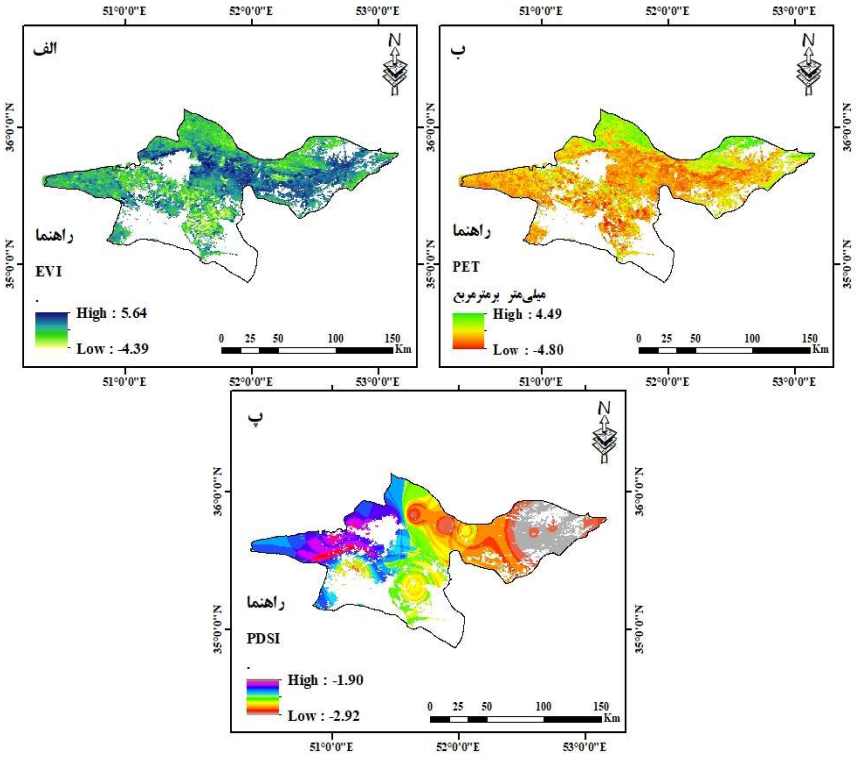
بررسی روند تغییرات شاخص‌های پوشش‌گیاهی، تبخیر و تعرق پتانسیل و خشکسالی بر اساس آزمون من-کندال در شکل (۴) نشان داده شده است.

روند تغییرات شاخص پوشش‌گیاهی (بیشترین ارزش ۵/۴۶ و کمترین ارزش ۴/۳۹-) در ۹۹۱۴۲۵ هکتار از منطقه ۷۳/۱۳ درصد افزایشی بوده که از این مقدار ۴/۲۵ درصد معنی‌دار و در ۳۶۴۲۵۰ هکتار از منطقه ۲۶/۸۷ درصد کاهشی و ۳۲/۵۰ درصد معنی‌دار بوده است (شکل ۴-الف).

بررسی روند تغییرات تبخیر و تعرق پتانسیل با آزمون من-کندال در شکل ۴-ب) نشان داد (بیشترین ارزش ۴/۴۹ و کمترین ارزش ۴/۵۰-) که ۸۶/۸۳ درصد از منطقه(۱۱۷۷۰۷۵ هکتار) روند کاهشی و ۱۳/۱۷ درصد (۱۷۸۶۰۰ هکتار) روند افزایشی داشته است و از این مقادیر به‌ترتیب ۴۰/۸۰ و ۰/۵۷ درصد معنی‌دار بوده است. روند تغییرات خشکسالی توسط آزمون من-کندال در شکل ۴-پ نشان می‌دهد (بیشترین ارزش ۱/۹۰- و کمترین ارزش ۲/۹۲-) که روند ۱۰۰ درصد افزایشی بوده و از این مقدار ۰/۱۷ درصد معنی‌دار بوده که ۲۳۲۵ هکتار از مساحت منطقه مطالعاتی را شامل می‌شود.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



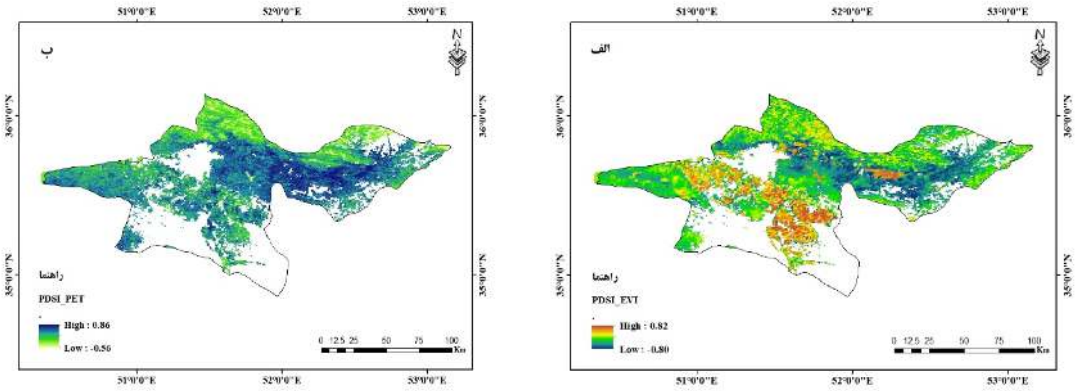
شکل ۴: الف) روند تغییرات پوشش‌گیاهی بارز شده؛ ب) تبخیر و تعرق پتانسیل و پ) خشکسالی بر اساس آزمون من-کندال در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۱

همبستگی بین شاخص‌های پوشش‌گیاهی، تبخیر و تعرق پتانسیل و خشکسالی

اثرگذاری شاخص خشکسالی بر پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل در شکل (۵) ارائه شده است. اثرگذاری خشکسالی بر شاخص پوشش‌گیاهی نشان داد که ۵۹/۹۷ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه معادل ۸۱۳۰۵۰ هکتار دارای همبستگی منفی و ۴۰/۰۳ درصد از مساحت معادل ۵۴۲۶۲۵ هکتار از منطقه همبستگی مثبت دارد (شکل ۵-الف). بررسی اثرگذاری خشکسالی بر تبخیر و تعرق پتانسیل نشان داد که ۶۸/۱۸ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه معادل ۹۲۴۳۵۰ هکتار دارای همبستگی منفی و ۳۱/۸۲ درصد از مساحت معادل ۴۳۱۳۲۵ هکتار از منطقه همبستگی مثبت است (شکل ۵-ب).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



شکل ۵: همبستگی بین الف) شاخص‌های خشکسالی و پوشش‌گیاهی و ب) شاخص‌های خشکسالی و تبخیر و تعرق پتانسیل

همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی، پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل و در اقلیم‌های مختلف

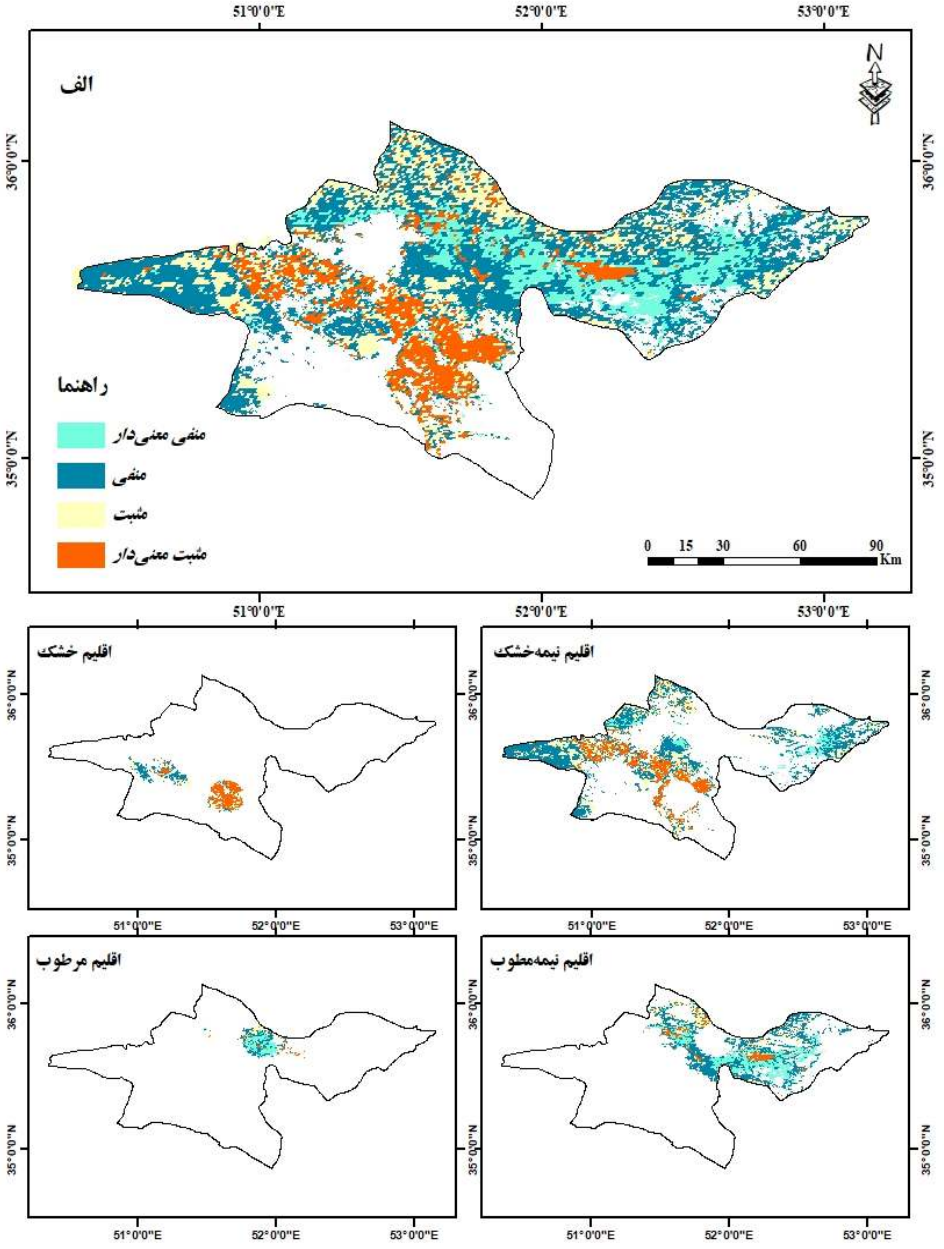
همان‌طور که در شکل (۶ و ۷) مشاهده می‌شود تأثیر خشکسالی بر شاخص پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل در اقلیم‌های مختلف متفاوت است که در ادامه به آن پرداخته خواهد شد.

تاثیر خشکسالی بر پوشش‌گیاهی نشان داد بیشترین مساحت معادل ۸۱۳۰۵۰ هکتار از منطقه مربوط به همبستگی منفی بوده که در بخش‌های شرق تا غرب مشاهده شده، از این مقدار ۱۵/۰۹ درصد معنی‌دار بوده و در قسمت‌های شمال و شرق مشاهده می‌شود. هم‌جنین از ۴۰/۰۳ درصد همبستگی مثبت، ۱۶درصد معنی‌دار بوده که در بخش‌های جنوب و غرب منطقه مشاهده می‌شود (شکل۶-الف). تاثیر خشکسالی بر تبخیر و تعرق در شکل (۶-ب) نشان داده شده است. بیشترین مساحت معادل ۹۲۴۳۵۰ هکتار از منطقه همبستگی منفی را نشان داده که از شرق به غرب ادامه دارد. از این مقدار ۳۶/۴۸ درصد معنی‌دار بوده و در قسمت‌های شمال و جنوب غرب مشاهده می‌شود. ۲۷/۵۹ درصد از ۳۱/۸۲ درصد همبستگی مثبت معنی‌دار است و در بخش‌های شمال و شرق مشاهده می‌شود.

تاثیر خشکسالی بر پوشش‌گیاهی در اقلیم خشک نشان داد که ۶۶/۵۸ درصد (۶۳۳۰۰ هکتار) رابطه مثبت داشته و ۳۳/۴۲ درصد (۳۱۷۷۵ هکتار) رابطه منفی داشته است. در اقلیم نیمه‌خشک ۵۴/۶۳ درصد (۳۹۹۰۲۵ هکتار) رابطه منفی و ۴۵/۳۷ درصد (۳۳۱۴۰۰ هکتار) رابطه مثبت داشته است. در اقلیم مرطوب ۷۳/۶۸ درصد معادل ۵۰۸۷۵ هکتار از منطقه دارای همبستگی منفی بوده و ۲۶/۳۲ درصد معادل ۱۸۱۷۵ هکتار از منطقه دارای همبستگی مثبت بوده است. در اقلیم نیمه‌مرطوب ۷۴/۰۴ درصد (۳۰۰۵۷۵ هکتار) دارای همبستگی منفی هم‌جنین ۲۵/۹۶ درصد معادل ۱۰۵۴۷۵ هکتار از منطقه دارای رابطه مثبت بوده است (شکل ۷-الف). تاثیر خشکسالی بر تبخیر و تعرق پتانسیل در اقلیم خشک نشان داد که ۸۲/۳۵ درصد معادل ۷۹۱۷ هکتار دارای رابطه منفی و ۱۷/۶۵ درصد معادل ۱۶۹۷ هکتار از منطقه رابطه مثبت داشته است. در اقلیم نیمه‌خشک ۷۸/۵۱ درصد (۵۷۶۹۵۰ هکتار) همبستگی منفی و ۲۱/۴۹ درصد (۱۵۷۹۵۰ هکتار) همبستگی مثبت داشته است. در اقلیم مرطوب ۶۱/۹۸ درصد معادل ۴۳۰۷۵ هکتار از منطقه دارای همبستگی مثبت بوده و ۳۸/۰۲ درصد معادل ۲۶۴۲۵ هکتار از منطقه دارای همبستگی منفی بوده است. در اقلیم نیمه‌مرطوب ۵۰/۱۸ درصد (۲۰۳۶۵۰ هکتار) دارای همبستگی منفی و ۴۹/۸۲ درصد معادل ۲۰۲۱۵۰ هکتار از منطقه دارای رابطه مثبت بوده است (شکل۷-ب).

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

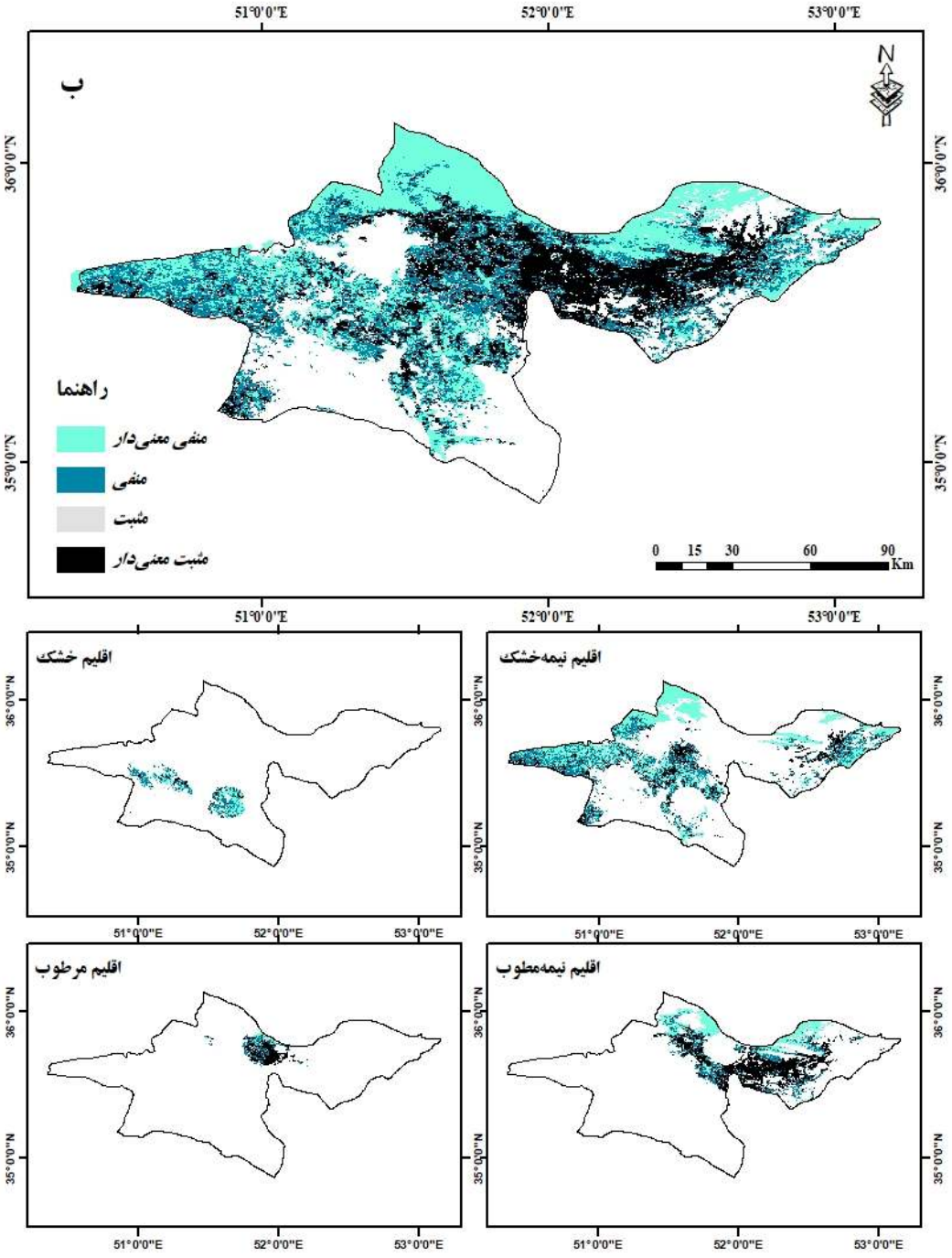
[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



شکل ۶: الف) همبستگی شاخص‌های خشکسالی و پوشش‌گیاهی و ب) همبستگی شاخص‌های خشکسالی و تبخیر و تعرق پتانسیل در اقلیم‌های مختلف

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

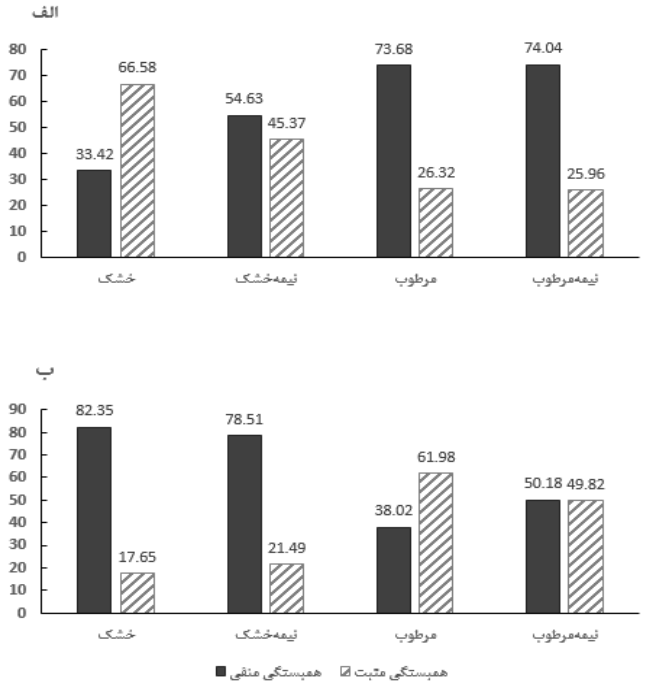
[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



ادامه شکل ۶

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]



شکل ۷: درصد الف) همبستگی شاخص‌های خشکسالی و پوشش‌گیاهی و ب) همبستگی شاخص‌های خشکسالی و تبخیر و تعرق پتانسیل در اقالیم مختلف منطقه مورد مطالعه

بحث و نتیجه‌گیری

خشکسالی به‌عنوان یک رویداد مشترک و با دوره بازگشت معین تمامی اقلیم‌ها اعم از خشک تا مرطوب را در بر می‌گیرد (۸)، هم‌جنین تاثیرات زیان‌آور شدیدی بر محیط و پوشش‌گیاهی منطقه می‌گذارد و از آن جایی که پوشش‌گیاهی هر منطقه به ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک وابستگی زیادی به شرایط محیطی حاکم بر آن منطقه دارد و دارای واکنش سریع به تغییرات اقلیمی از جمله خشکسالی است در نتیجه برای اعمال مدیریت صحیح در منطقه پایش خشکسالی و تغییرات پوشش‌گیاهی از اهمیت بسزایی برخوردار است (۲۴).

نتایج حاصل از روند تغییرات نشان داد که متوسط شاخص پوشش‌گیاهی حدود ۰/۰۷۶ است و بیش‌ترین مقدار این شاخص در بخش‌های مرکزی و جنوب و غرب مشاهده شد. شاخص خشکسالی پالمر نیز با متوسط ۱/۹۵- نشان‌دهنده افزایش این شاخص در منطقه است که بیش‌ترین مقدار در بخش‌های شرقی، مرکزی و شمالی و کمترین مقدار در بخش‌های غرب و جنوب دیده می‌شود. روند پوشش‌گیاهی در این مطالعه با تحقیق جوادی و همکاران (۲۰۲۳) هم‌خوانی دارد.

بررسی روند تغییرات شاخص‌های پوشش‌گیاهی، تبخیر و تعرق پتانسیل و خشکسالی توسط آزمون من-کندال نشان داد که شاخص خشکسالی پالمر نسبت به تبخیر و تعرق پتانسیل تاثیر بیشتری بر پوشش گیاهی داشته است. در این زمینه تحقیقات مشابهی وجود دارد، از جمله جوادی و همکاران (۲۰۲۳) طی یافته‌های به‌دست آمده از بررسی تاثییرات خشکسالی بر پوشش‌گیاهی به این نتیجه رسیدند که خشکسالی اثرات معنی‌داری بر کارایی مصرف آب و پوشش‌گیاهی داشته است. عوض‌پور و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر پوشش‌گیاهی مراتع کوهستانی البرز شمالی پرداختند و طبق نتایج به‌دست آمده بیان داشتند که پوشش‌گیاهی تحت‌تاثیر خشکسالی و تغییرات اقلیمی قرار گرفته است.

بررسی اثرگذاری خشکسالی بر شاخص‌های پوشش‌گیاهی و تبخیر و تعرق پتانسیل نشان داد که به‌ترتیب ۵۹/۹۷ و ۶۸/۱۸ درصد از مساحت منطقه مورد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

مطالعه دارای همبستگی منفی می‌باشند. طبق نتایج به‌دست آمده از همبستگی بین شاخص‌های پوشش‌گیاهی، تبخیر و تعرق پتانسیل و خشکسالی می‌توان اذعان داشت که حساسیت پوشش‌گیاهی در بخش‌های شمالی و شرقی کمتر و در بخش‌های جنوبی و غربی منطقه بیشتر است. در بخش‌های شمالی و شرقی استان تهران شرایط اقلیمی مساعدتری وجود دارد و درنتیجه از پوشش گیاهی مناسب‌تری برخوردار است و امکان احیای پوشش‌گیاهی در این مناطق بیشتر است. می‌توان این موضوع را دلیلی برای کاهش حساسیت پوشش گیاهی به خشکسالی در مناطق شمال و شرق منطقه مطالعاتی دانست. باقری و همکاران (۲۰۲۲) به ارزیابی اثر خشکسالی بر پویایی پوشش‌گیاهی اشاره داشتند و نتایج تحقیق آنها نشان داد که پوشش‌گیاهی در غرب استان خوزستان، از حساسیت نسبی کمی برخوردار است زیرا رودهای کرخه و کارون از این استان عبور می‌کنند و شرایط مناسبی در زمان وقوع خشکسالی وجود دارد و آسیب‌پذیری نسبی پوشش‌گیاهی به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد.

بسیاری از تحقیقات عوامل اقلیمی از جمله خشکسالی را مهم‌ترین عوامل موثر بر رشد و پویایی جوامع گیاهی دانسته‌اند و بیان داشتند که در اقلیم‌های مختلف این موضوع متفاوت است (۱۵ و ۲۸). در این تحقیق نیز تغییرات پوشش‌گیاهی نسبت به خشکسالی در اقالیم مختلف متفاوت است. طبق نتایج بیش‌ترین میزان همبستگی بین شاخص‌های پوشش‌گیاهی و خشکسالی به‌ترتیب در اقلیم‌های نیمه‌خشک (۵۶/۱۵ درصد)، نیمه‌مرطوب (۳۱/۲۳ درصد)، خشک (۷/۳۱ درصد) و مرطوب (۵/۳۱ درصد) مشاهده شده است.

با توجه به نتایج بالا می‌توان اذعان نمود که با استفاده از تحلیل بلندمدت شاخص‌های خشکسالی پالمر و تبخیر و تعرق پتانسیل برآوردشده از داده‌های سنجش از دور می‌توان تغییرات پوشش‌گیاهی را در واحد سطح مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. برای بررسی شاخص‌های مختلف پوشش‌گیاهی در این تحقیق از داده‌های سنجنده مودیس استفاده شده است. پیشنهاد می‌شود برای بررسی دقیق‌تر از سنجنده لندست ۸/۹ و از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل۲ (Sentinel-2) استفاده شود. هم‌چنین پیشنهاد می‌شود شاخص‌های موثر دیگر در برآوورد خشکسالی ازجمله SPEI که در این تحقیق مورد مطالعه قرار نگرفتند مطالعه گردد. در نهایت می‌توان بیان کرد با تلفیق تکنیک‌های سنجش از دور و شاخص‌های اقلیمی شرایط حاکم بر مناطق جغرافیایی متفاوت را شناسایی و برای آنها با توجه به موقعیت قرار گرفته سیاست‌های مدیریتی ازجمله مقابله با تخریب پوشش‌گیاهی در مقابل خشکسالی در اقلیم‌های مختلف را برنامه‌ریزی کرد.

References

1. Abobatta, W. F, 2019. Drought adaptive mechanisms of plants–a review. Advances in Agriculture and Environmental Science, 2(1): 62-65.
2. Ali Moradi, S., A. Khorani & Y. Esmail Poor, 2017. Vegetation dynamics in relation to temperature and rainfall in rangelands of Karun Basin in Khuzestan province. Journal of Applied Research in Geographical Sciences, 44: 155-177. (In Persian)
3. Ardo, J., T. Tagesson, S. Jamali & A. Khatir, 2017. MODIS EVI- based not primary production in the sahel 2000-2014. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 65: 35-45.
4. Avazpour, N., M. Faramarzi, R. Omidpour, & H. Mehdizadeh, 2021. Monitoring the drought effects on vegetation changes using satellite imagery. Geography and Environmental Sustainability, 11(4): 125-143. (In Persian)
5. Bagheri, S., E. Heydari, H. Khosravi & A. Abolhasani, 2022. The effect of meteorological drought on vegetation dynamics in Iran. Journal of Rangeland, 154: 622-637.
6. Binesh, N., M. Nick-Sokhan & A. Sarang, 2017. Trend Detection in Tehran Temperature and Precipitation during 1984-2014. Journal of Meteorological Organization, 97(41): 36-45. (In Persian)
7. Borji, M., H. Khosravi & T. Mesbahzadeh, 2016. Desertification of forest, range and desert in Tehran province, affected by climate change. Solid Earth, 7: 905-915.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

8. Choubin, B., F. Soleimani, A. Pirnia, F. Sajedi-Hosseini, H. Alilou, O. Rahmati, A. M. Melesse, V.P. Singh & H. Shahabi, 2019. Effects of drought on vegetative cover changes: Investigating spatiotemporal patterns. Extreme Hydrology and Climate Variability, 17: 213-222.
9. Dastorani. M., A. Vali, A. Sepehr & C.B. Komaki, 2015. The effect of drought on vegetation using MODIS satellite Khorasan Razavi. Desert Ecosystem Engineering Journal, 4(7): 1-8.
10. Ding, Y., J. Xu, X. Wang, X. Peng & H. Cai, 2020. Spatial and temporal effects of drought on Chinese vegetation. Science of The Total Environment, 7(16): 137-166.
11. Ebrahimi Khusfi, Z. & M. Zarei, 2020. Relationships between Meteorological Drought and Vegetation Degradation Using Satellite and Climatic Data in a Semi-Arid Environment in Markazi Province, Iran. Journal of Rangeland, 10(2): 204-216.
12. Eskandari Damaneh, H., H. Eskandari Damaneh, H. Khosravi & H. Gholami, 2019. Analysis and monitoring of drought using NDVI index (Case study: the west basin of Jaz Murian wetland). Journal of Rangeland, 13(3): 461-475. (In Persian)
13. Eskandari Damaneh, H., H. Gholami, R. Mahdavi, A. Khoorani & J. Li, 2021. Assessing the land degradation using water use efficiency (WUE) and drought indices (case study: Fars province). Journal of Range and Watershed Management, 74(1): 103-120. (In Persian)
14. Firouzi, F., T. Tavoosi & P. Mahmoudi, 2019. Valuation of sensitivity of NDVI and EVI vegetation indices to droughts and wetlands in arid and semi-arid regions; Case study: Sistan plain of Iran. Scientific Research Quarterly Geographical Data (Sepehr*)*, 110: 163-179. (In Persian)
15. He, L., Z. Li, X. Wang, Y. Xie & J.S. Ye, 2021. Lagged precipitation effect on plant productivity is influenced collectively by climate and edaphic factors in drylands. Science of the Total Environment, 7(55): 142-506.
16. Huete, A., C. Justice & W. Van Leeuwen, 1999. MODIS vegetation index (MOD13). Algorithm theoretical basis document, 3(213).
17. Javadi, Sh., A. Ranjbar, H. Khosravi & H. Eskandari Damaneh, 2023. Investigating the effects of drought on the water use efficiency in different climates and land uses (Case study: Tehran province). Journal of Arid Biome 13(1): 97-110. (In Persian)
18. Javed, T., Y. Li, K. Feng, O. Ayantobo, A. Shakil, Ch. Xingeo, R. Sadaf & S. Sovannaka, 2020. 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 International, 28: 3644-3659.
19. Kendall, M. G., 1970. Rank Correlation Methods. U.S.A. Hassell Street Press 9/9/2021, 146-163.
20. Khosravi, H., A. Azareh, H. Eskandari Dameneh, E. Rafiei Sardoii & H. E. Eskandari Dameneh, 2017. Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. Arabian Journal of Geosciences, 10(4): 93
21. Khosravi, H., E. Heidari Alamdarloo, S. Shekoohizadegan & S. Zareie, 2017. Assessment of the Effect of Drought on Vegetation in Desert Area using Landsat Data. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 20: 3-12.
22. Kowsari, M.R., M.R. Ekhtesasi & H. Malekinejad, 2017. The trend of meteorological and agricultural drought in the semiarid, dry and hyper arid of the World, Journal of the Ecosystem of Desert Engineering, 6(4):91-105. (In persian)
23. Mann, H. B., 1945. Nonparametric tests against trend, Econometrica. Atmospheric and Climate Sciences, 4(2), 245-259.
24. Mefhakheri, O., S. Khaledi, A.K. Shamsipour, M. Fallahi Khoshji & A. Kermani, 2016. Drought analysis using NDVI index in Qorveh and Dehgolan plains, Journal of Applied Geosciences Research, 16(41):77-94. (In Persian)
25. Mir Mousavi, H. & H. Karimi, 2013. Study of the effect of drought on vegetation using MODIS sensor images. Journal of Geography and Development, 31: 57-76. (In Persian)
26. Nanzad, L., J. Zhang, B. Tuvdendorj, M. Nabil, S. Zhang & Y. Bai, 2019. NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factor over Mongolia from 2000 to 2016. Journal of Arid Environment, 164, 69-77.
27. Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought. Research., 45, U. S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C. 58 p.
28. Perkins, D., E. Uhl, P. Biber, B. Du Toit, V. Carraro, T. Rötzer & H. Pretzsch, 2018. Impact of climate trends and drought events on the growth of oaks within and beyond their natural range. Section Forest Ecology and Management, 9(3): 108.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]

29. Piao, S., Q. Liu, A. Chen, I.A. Janssens, Y. Fu, J. Dai, L. Liu, X.U. Lian, M. Shen & X. Zhu, 2019. Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. Global Change Biology, 25(6): 1922-1940.
30. Shahzad, A., M. Henchiri, F. Yao & J. Zhang, 2019. Analysis of vegetation dynamics, drought in relation with climate over South Asia from 1990 to 2011. Environmental Science and Pollution Research, 26: 11470-11481.
31. Zhang, B., P. Wu, X. Zhao & Y. Wang, 2012. Drought variation trends in different sub regions of the Chinese Loess Plateau over the past four decades. Agricultural Water Management, 115: 167-177.
32. Zhou, A., A. Zhang, S. Cao, X. Liu, J. Liu & D. Cheng, 2018. Response of vegetation productivity to multi-scale drought in Loess Plateau, China. Catena, 163: 165-171.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-11-26]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1403.18.3.4.4]