Journal of Natural Environment Hazards
University of Sistan and Baluchestan
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

Journal of Natural Environmental Hazards, Vol.14, Issue 45, September 2025

Drought monitoring based on the NDVI index and its effects on the villages of Shiraz

Babak Ejtemaei[1*]

1. *Corresponding Author*, Assistant Professor, Department of Geography, Payam Noor University, Tehran, Iran

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 07 September 2024
Revised: 02 November 2024
Accepted: 16 November 2024

Keywords:
Vegetation cover, Drought, NDVI, Shiraz County, Rural areas.

ABSTRACT

Recent droughts and climate changes have had profound effects on the natural resources and agriculture of Shiraz County in Fars Province. Drought is recognized as one of the main challenges to sustainable development in the rural areas of Shiraz County. The deep impacts of this phenomenon on agriculture, livelihoods, migration, the environment, and public health highlight the need for precise, data-driven scientific studies. Utilizing remote sensing indices such as NDVI and satellite data enables monitoring of vegetation changes and assessing the intensity of droughts in rural areas. This study aims to evaluate these effects using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and remote sensing data over the period 2016 to 2023. Data obtained from satellite imagery and NDVI analysis indicate a significant reduction in vegetation cover and an increase in drought severity in this region. These changes have led to the depletion of water resources, the degradation of vegetation, and the disruption of local ecosystem balance. Reduced agricultural production, soil erosion, and declining productivity of arable lands are among the major consequences of this critical situation. These conditions have also caused increased migration from rural areas to urban centers, adding pressure to urban infrastructure. From around 2021 onwards, there has been a general decline in NDVI values, suggesting a trend of increasing drought and decreasing rainfall in the region. This gradual decline is especially evident in 2023, highlighting the strain on vegetation in Shiraz County. A comparison of NDVI maps from 2016 and 2023 shows a downward trend in vegetation quality during this period. This decline, particularly in rural areas, poses a serious threat to the livelihoods of rural residents and the environmental sustainability of the region. To address these challenges, corrective measures such as vegetation restoration, sustainable water resource management, watershed projects, and the promotion of smart agriculture are recommended.

Cite this article: Ejtemaei, B. (2025). Drought monitoring based on the NDVI index and its effects on the villages of Shiraz. Journal of Natural Environmental Hazards, 14(45), 95-112. DOI: 10.22111/jneh.2024.49761.2066

© Babak Ejtemaei
Publisher: University of Sistan and Baluchestan
DOI: 10.22111/jneh.2024.49761.2066

* Corresponding Author Email: ejtemaei@pnu.ac.ir

مخاطرات محیط طبیعی
شاپا چاپی: ۲۶۷۶-۴۳۷۷ شاپا الکترونیکی: ۲۶۷۶-۴۳۸۵
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۴، شماره ۴۵، شماره پیاپی۳، مهر ۱۴۰۴

پایش خشکسالی بر اساس شاخص NDVI و تأثیرات آن بر روستاهای شهرستان شیراز

بابک اجتماعی[1*]

۱. استادیار گروه جغرافیا دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول)

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۶/۱۷

تاریخ ویرایش: ۱۴۰۳/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش : ۱۴۰۳/۰۸/۲۶

واژه‌های کلیدی:
پوشش گیاهی،
خشکسالی،شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده،،شهرستان شیراز، مناطق روستایی.

چکیده

خشکسالی‌های اخیر و تغییرات اقلیمی تأثیرات عمیقی بر منابع طبیعی و کشاورزی شهرستان شیراز در استان فارس گذاشته‌اند. خشکسالی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های توسعه پایدار روستاهای شهرستان شیراز شناخته می‌شود. تأثیرات عمیق این پدیده بر کشاورزی، معیشت، مهاجرت، زیست‌محیطی و بهداشت عمومی، نیاز به مطالعات علمی دقیق و داده‌محور را دوچندان می‌کند. بهره‌گیری از شاخص‌های سنجش‌ازدور همچون شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارزیابی شدت خشکسالی در مناطق روستایی را فراهم می‌کند. این پژوهش باهدف ارزیابی این اثرات با استفاده از شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده و داده‌های سنجش‌ازدور در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ صورت گرفت. داده‌های به‌دست‌آمده از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل شاخص پوشش گیاهی نرمال‌شده، نشان‌دهنده کاهش چشمگیر پوشش گیاهی و افزایش شدت خشکسالی در این منطقه است. این تغییرات منجر به کاهش منابع آبی، تخریب پوشش گیاهی و ازبین‌رفتن تعادل اکوسیستم‌های محلی شده‌اند. کاهش تولیدات کشاورزی، فرسایش خاک و کاهش بهره‌وری زمین‌های زراعی ازجمله پیامدهای اصلی این وضعیت بحرانی است. این شرایط موجب افزایش مهاجرت از مناطق روستایی به مناطق شهری و افزایش فشار بر زیرساخت‌های شهری شده است. از حدود سال ۲۰۲۱ به بعد، به‌طورکلی شاهد کاهش در مقادیر شاخص هستیم که می‌تواند بیانگر روند افزایش خشکسالی و کاهش بارندگی در منطقه باشد. این کاهش تدریجی به‌ویژه در سال ۲۰۲۳ به وضوح مشهود است که نشان می‌دهد پوشش گیاهی در منطقه شیراز تحت فشار قرار گرفته است. مقایسه نقشه‌های مربوط به شاخص شهرستان شیراز در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳ نشان‌دهنده روند کاهش کیفیت پوشش گیاهی در این بازه زمانی است. این کاهش، به‌ویژه در مناطق روستایی، تهدیدی جدی برای معیشت روستاییان و پایداری زیست‌محیطی منطقه به‌حساب می‌آید. برای مقابله با این چالش‌ها، استفاده از اقدامات اصلاحی نظیر بازسازی پوشش گیاهی، مدیریت پایدار منابع آبی، اجرای طرح‌های آبخیزداری و ترویج کشاورزی هوشمندانه پیشنهاد می‌شود.

استناد: اجتماعی, بابک . (۱۴۰۴). پایش خشکسالی بر اساس شاخص NDVI و تأثیرات آن بر روستاهای شهرستان شیراز. مخاطرات محیط طبیعی, ۱۴(۴۵)، ۱۱۲-۹۵. DOI: 10.22111/jneh.2024.49761.2066

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© بابک اجتماعی.

*- بابک اجتماعی (نویسنده مسئول)

Email: ejtemaei@pnu.ac.ir

مقدمه

ایران کشوری است واقع در اقلیم خشک و نیمه‌خشک و مساحتی حدود ۲۲۵ میلیون هکتار (حدود ۶۵ درصد) از کشور را این اقلیم شامل می‌شود. متوسط بارش در کشور ۲۲۴ تا ۲۷۵ میلی‌متر در سال حدود یک‌سوم از میانگین بارندگی خشکی‌های جهان است. بر اساس مطالعات طرح جامع آب کشور، ریزش‌های جوی بیش از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب، منشأ اصلی منابع آب ایران را تشکیل می‌دهد. از این حدود ۷۱ درصد آن به‌صورت تبخیر از دسترس خارج شده و تنها بخشی از آن (۸۸/۵/ میلیارد مترمکعب) برای مصارف بخش‌های کشاورزی، صنعت، معدن و شرب برداشت می‌شود (دهکردی و همکاران،۱۳۹۵). یکی از پیامدهای خشکسالی، فشار بر منابع آب و سفره‌های آب زیرزمینی و کاهش تغذیه طبیعی آنها بر اثر تخریب پوشش گیاهی به‌علت چرای بیش‌ازحد دام بر عرصه‌های منابع طبیعی است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک، کاهش سطح ایستایی آب زیر زمینی و تنزل کیفیت شیمیایی آن (در اثر افزایش غلظت املاح) در ایجاد شوری ثانویه خاک، کاهش باروری خاک‌ها و... نقش اساسی دارد. افت سطح آب زیرزمینی به‌علت کاهش بارش در سال‌های خشک، دماهای بالا و تأثیر انسانی، در نتیجه تغذیه آن در سال‌های مرطوب جبران می‌شود. کاهش بارندگی و بهره‌برداری بیش‌ازحد مجاز از سفره آب زیرزمینی برای مصارف گوناگون باعث افت شدیدی در سطح آب زیرزمینی شده که به نوبه خود باعث نزول کیفیت آب زیرزمینی می‌شود (زینالی، فرید پور و اصغری، ۱۳۹۴). خشکسالی می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات و شیوه‌های مدیریتی نامناسب در زمینه تخصیص، مصرف و تأمین آب در شهرها و روستاها گردد. به‌نحوی‌که در زمان وقوع خشکسالی، استفاده نامطلوب و بی‌رویه از منابع آبی موجود به همراه ضعف سیستم‌های توزیع آب موجب تشدید بحران می‌گردد. (کشاورز و همکاران، ۱۳۸۸). آب عامل اصلی تعیین‌کننده نظام‌های اکولوژیکی - اجتماعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بااین‌وجود، مدیریت ناپایدار از منابع آبی باعث بروز کم‌آبی بیشتر این مناطق و همچنین باعث ازبین‌رفتن توازن نیاز بخش کشاورزی به آب و ظرفیت این مناطق می‌شود (کشاورز و اجتماعی،۱۳۹۹). یکی از مهم‌ترین پیامدهای خشکسالی، کاهش مقدار پوشش گیاهی مراتع است. با کاهش پوشش گیاهی، شرایط محیطی برای بروز مشکلات مختلف نظیر فرسایش خاک، افزایش میزان رواناب سطحی و خطر بروز سیل و غیره فراهم می‌شود. مراتع ازجمله نعمت‌های الهی است که نقش ارزنده‌ای در محیط‌زیست و همچنین رشد و توسعه اقتصاد ملی هر کشوری ایفا می‌نمایند. حفظ خاک، تولید علوفه، تعدیل‌کننده آب‌وهوا و جریان‌های آبی کشور، تولید گیاهان دارویی و صنعتی، زیستگاه و تفرجگاه مردم از فواید مهم مراتع هستند. (زارع خور میزی و همکاران،۱۳۹۶)

نمازی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهش خود تحت عنوان ارزیابی روند خشکسالی و تأثیر آن بر تغییرات پوشش گیاهی شهرستان سرخس به این نتیجه رسیده‌اند که همبستگی بین شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی و شاخص بارش-تبخیر و تعرق استانداردشده[1] وجود دارد و ارتباط مثبت را در منطقه مورد پژوهش خود بیان کردند.

خسروی و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی تأثیر خشکسالی در پوشش گیاهی ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی به این نتیجه رسیده‌اند که طی سال‌هایی که خشکسالی رخ داده است، مقدار شاخص‌ها از ماه آوریل روند نزولی دارد و در ژوئن و جولای، شاخص‌ها به‌سمت خشکسالی شدید میل پیدا می‌کند.

1 SPEI

فخار و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهشی تحت عنوان تحلیل خشکسالی در ایران با استفاده از شاخص مادیس [1]به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص، سلامت وضعیت گیاه[2] نشان می‌دهد ۶ استان ناحیه جنوبی کشور، بین بازه زمانی سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۲۱ خشکسالی طولانی‌مدت را تجربه کرده‌اند.

دلاور و همکاران (۱۴۰۳) در پژوهش خود تحت عنوان مروری بر برخی از شاخص‌های ایستا و ناایستا برای پایش خشکسالی در ایران و سایر کشورها به این نتیجه رسیده‌اند که عوامل ناایستایی در شاخص‌های ایستای خشکسالی، باعث پایش دقیق‌تر خشکسالی از منظر شدت و فراوانی آن می‌شود.

فیض اله پور (۱۴۰۳) در پژوهش خود تحت عنوان پایش تنش رطوبتی و خشکسالی بر پایه تحلیل همبستگی در محدوده تالاب شادگان به این تیجه رسیده‌اند که در تالاب شادگان شاخص‌های مبتنی بر تنش‌های رطوبتی و دمایی نسبت به شاخص‌های پوشش گیاهی از قابلیت بهتری در برآورد خشکسالی برخوردار بوده‌اند.

لی و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی که تحت عنوان تحلیل کمی فرآیند تکثیر خشکسالی پوشش گیاهی و عدم قطعیت در حوضه رودخانه زرد داشته‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که ارتفاعات دارای خطر کم برای همه خشکسالی‌ها هستند؛ درحالی‌که مناطق میانی دارای خطر کم و مناطق پست دارای خطر بالایی برای خشکسالی هستند. همچنین دشت‌ها قوی‌ترین همبستگی و کوتاه‌ترین تأخیر زمانی را دارا می‌باشد؛ درحالی‌که منطقه مرتفع ضعیف‌ترین همبستگی و طولانی‌ترین تأخیر زمانی را دارد.

وی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی که به‌عنوان تغییرات فضایی و زمانی در خشکسالی و واکنش پوشش گیاهی در مغولستان انجام داده‌اند، به این نتیجه رسیده‌اند که بر اساس روابط بین پوشش گیاهی مختلف و خشکسالی در شرق مغولستان داخلی، مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی و شاخص بارش و تبخیر و تعرق استانداردشده مراتع همبستگی مثبت و معنی‌داری داشتند، درحالی‌که مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی زمین‌های جنگلی (بوته‌ها، جنگل‌های پهن برگ و جنگل‌های مخروطی) همبستگی منفی داشتند.

فان و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی به‌عنوان زمان پاسخ پوشش گیاهی به خشکسالی در حوضه رودخانه در چین به این نتیجه رسیده‌اند که همبستگی بین شاخص‌های نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی و شاخص بارش استانداردشده[3] وجود دارد و زمان پاسخ شاخص اول به دوم در این منطقه کوتاه بوده و بیشتر در ۳ و ۶ ماه متمرکز می‌شود.

سان و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهشی که به‌عنوان آستانه‌های خشکسالی که بر پوشش گیاهی تأثیر می‌گذارد، به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی و تاثیر ان بر پوشش گیاهی می تواند برای ارزیابی دقیق اثرات خشکسالی موثر واقع شود و همچنین می‌تواند به‌عنوان یک مرجع علمی برای مدیریت موثر اقتصادی اکوسیستم‌های زمینی درنظر گرفته شود.

لیو (۲۰۲۴) در پژوهشی که تحت عنوان پاسخ شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مختلف در حوزه رودخانه زرد انجام داده است، به این نتیجه رسیده است که ارتفاع زیاد و شیب‌های تند،

[1] MODIS
[2] VHI
[3] SPI

مقاومت پوشش گیاهی به خشکی را افزایش می‌دهد، درحالی‌که پوشش گیاهی در مناطق دشتی ظرفیت بازیابی قوی‌تری را پس از خشکسالی نشان می‌دهد.

زهانگ و همکاران (۲۰۲۴) در پژوهش خود تحت عنوان تغییرات در پوشش گیاهی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی و واکنش آن به تغییرات آب‌وهوایی و فعالیت‌های انسانی در حوضه فرغانه، به این نتیجه رسیده‌اند که دو عامل دما و بارش ازجمله مهم‌ترین عواملی هستند که می‌تواند بر روی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مؤثر واقع شود.

لیو و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه خود تحت عنوان پاسخ و حساسیت پوشش گیاهی جهانی به تنش آبی: مقایسه محصولات مختلف شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مبتنی بر ماهواره، به این نتیجه رسیده‌اند که سه نوع شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی می‌تواند تاثیرات مختلفی داشته باشد. مناطقی که رطوبت و پوشش درختی بالاتری دارند، پاسخ‌های متناقضی به تنش آبی نشان می‌دهند و با افزایش رطوبت و پوشش درخت، حساسیت آنها به تنش آبی کاهش می‌یابد.

وانگ و همکاران (۲۰۲۱) در بررسی خود تحت عنوان پاسخ شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی پوشش گیاهی طبیعی به تغییرات آب‌وهوایی و خشکسالی در چین به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی می‌تواند رابطه معناداری با تغییرات آب‌وهوایی و خشکسالی داشته باشد.

دینگ و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای که تحت عنوان بررسی پاسخ پوشش گیاهی به خسکسالی بر اساس شاخص شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی داشته‌اند به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به‌خوبی می‌تواند خشکسالی را شناسایی کند.

حسین و جیان فنگ (۲۰۲۱) در بررسی دینامیک پوشش گیاهی بر اساس شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به این نتیجه رسیده‌اند که شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی می‌تواند دینامیک پوشش گیاهی و مقاومت آنها را در برابر تغییرات اقلیمی به‌خوبی نشان دهد و در پیش‌بینی مقاومت و انعطاف‌پذیری اکوسیستم‌های زمینی مؤثر واقع شود.

خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی است که با کاهش طولانی مدت بارندگی‌ها و افزایش دما همراه است و تأثیرات عمیقی بر منابع آبی می‌گذارد. این پدیده می‌تواند به کاهش چشمگیر حجم آب‌های سطحی و زیرزمینی منجر شود؛ به‌ویژه در مناطقی که وابستگی زیادی به بارش‌های فصلی دارند. در دوره‌های خشکسالی، منابع آبی تجدیدپذیر کاهش یافته و فشار زیادی بر اکوسیستم‌ها و جوامع انسانی وارد می‌شود. به‌دنبال این کاهش، تأمین آب برای مصارف کشاورزی، صنعتی و شرب با چالش‌های جدی مواجه شده و باعث بحران آب و تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌شود. خشکسالی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های اقلیمی، تأثیرات گسترده‌ای بر بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی دارد. شهرستان شیراز، واقع در استان فارس، به‌دلیل موقعیت جغرافیایی و قرارگیری در منطقه‌ای با آب‌وهوای نیمه‌خشک، از دیرباز با مشکل کمبود آب و نوسانات اقلیمی مواجه بوده است. باتوجه به تغییرات اقلیمی جهانی و کاهش منابع آبی در دهه‌های اخیر، شدت و تناوب خشکسالی‌ها در این منطقه افزایش یافته است. این وضعیت موجب کاهش بهره‌وری کشاورزی، افت منابع آبی زیرزمینی، کاهش سطح پوشش

گیاهی و همچنین به‌خطرافتادن اکوسیستم‌های طبیعی و معیشت مردم شده است. باتوجه به اینکه بخش بزرگی از اقتصاد منطقه وابسته به کشاورزی است، خشکسالی باعث کاهش ذخایر آبی، به‌ویژه در بخش‌های کشاورزی و منابع آب زیرزمینی شده است. این پدیده نه تنها اکوسیستم‌های طبیعی و منابع آب منطقه را تحت تأثیر قرار داده، بلکه به‌طور مستقیم و ویژه‌ای زندگی و معیشت روستاهای این منطقه را نیز مختل کرده است. بخش عمده‌ای از اقتصاد روستاهای شهرستان شیراز وابسته به کشاورزی و دامداری است. خشکسالی‌های پی‌درپی باعث کاهش شدید منابع آبی سطحی و زیرزمینی شده و بسیاری از مزارع و باغات به‌دلیل کمبود آب دچار خسارت شده‌اند. کاهش بارش‌های سالانه و نبود منابع آبی کافی، موجب خشک‌شدن چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها شده و معیشت کشاورزان و دامداران به‌طور جدی در معرض خطر قرار گرفته است. خشکسالی و پیامدهای آن ازجمله کاهش درآمد کشاورزی و ناتوانی در تأمین نیازهای معیشتی، بسیاری از ساکنان روستاها را مجبور به مهاجرت به شهرها کرده است. این مهاجرت‌ها نه‌تنها باعث خالی‌شدن روستاها و تخلیه منابع انسانی در این مناطق می‌شود، بلکه بر شهرنشینی غیررسمی و مشکلات اجتماعی و اقتصادی شهری نیز می‌افزاید. در اثر خشکسالی، پوشش گیاهی در روستاها به‌شدت کاهش یافته است که این مسئله منجر به فرسایش خاک و افزایش بیابان‌زایی در این مناطق شده است. ازبین‌رفتن مراتع و گیاهان بومی، دامداری را با مشکل روبه‌رو کرده و فرسایش خاک موجب تخریب زمین‌های کشاورزی شده است. این امر تأثیرات زیست‌محیطی بلندمدتی را به‌دنبال دارد که می‌تواند بر پایداری زیست‌محیطی روستاها تأثیرگذار باشد. خشکسالی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های توسعه پایدار روستاهای شهرستان شیراز شناخته می‌شود. تأثیرات عمیق این پدیده بر کشاورزی، معیشت، مهاجرت، زیست‌محیطی و بهداشت عمومی، نیاز به مطالعات علمی دقیق و داده‌محور را دوچندان می‌کند. بهره‌گیری از شاخص‌های سنجش‌ازدور، همچون شاخص نرمال‌شده، تفاوت پوشش گیاهی[1] استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارزیابی شدت خشکسالی در مناطق روستایی را فراهم می‌کند. این مطالعات می‌توانند به شناسایی مناطق بحرانی، طراحی راه‌کارهای پایدار برای مقابله با خشکسالی و اتخاذ تصمیمات مدیریتی مؤثر در زمینه تخصیص منابع آب و توسعه پایدار روستاها کمک کنند. ازاین‌رو، انجام پژوهش‌هایی در این حوزه، به‌منظور کاهش آسیب‌های خشکسالی و حفظ معیشت روستاییان شهرستان شیراز ضروری است.

داده‌ها

الف-معرفی محدوده مورد مطالعه

استان فارس یکی از استان‌های جنوبی کشور است که بین ۲° و ۲۷′ تا ۴۲° و ۳۱′ عرض شمالی و ۴۲° و ۵۰′ تا ۳۶° و ۵۵′ طول شرقی از نصف النهار مبدأ قرار دارد. آب‌وهوای استان فارس در شمال سرد، در نواحی مرکزی زمستان‌ها معتدل و بارانی و تابستان‌ها گرم‌وخشک و در جنوب و جنوب شرقی زمستان‌ها معتدل و تابستان‌ها بسیار گرم است. از نظر بارندگی سالانه در شمال فارس حدود ۴۰۰ میلی‌متر، در جنوب بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر و در مرکز استان فارس بین ۲۰۰ تا ۴۰۰ میلی‌متر باران می‌بارد. منابع آب موجود در استان فارس شامل آب‌های سطحی

1 . Normalized Difference Vegetation Index

و زیرزمینی می‌باشد. آب‌های سطحی استان فارس شامل رودخانه و دریاچه است. مهم‌ترین رودخانه‌های موجود در استان فارس شامل: رودخانه کر، قره آغاج، فهلیان، سیوند، فیروزآباد، دالکی و شش پیر هستند. آب‌های زیرزمینی در استان فارس شامل: قنات چاه و چشمه می‌باشند. در استان فارس حدود ۱۴۰۰ رشته قنات فعال، ۸۵۰ چشمه و حدود ۲۳۰۰ چاه عمیق و نیمه‌عمیق وجود دارد. شهرستان شیراز بین طول ۵۱ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی و عرض ۲۹ درجه تا ۲۹ درجه و ۵۵ درجه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۱). این شهرستان تقریباً در مرکز استان فارس قرار دارد. از شمال به شهرستان‌های مرودشت و سپیدان، از شرق به شهرستان‌های فسا، استهبان و ارسنجان، از جنوب به شهرستان‌های جهرم و فیروزآباد و از مغرب به شهرستان کازرون محدود است. مساحت این شهرستان ۱۰۶۸۸/۸ کیلومتر مربع می‌باشد. شیراز بزرگ‌ترین شهرستان استان فارس محسوب می‌شود، ۶۰/۴٪ مساحت این شهرستان شامل مناطق کوهستانی و تپه ماهوری و ۳۹/۶ ٪ آن شامل مناطق پست و دشت‌ها می‌باشد. از نظر آب‌های سطحی، دشت شیراز فاقد رودخانه‌های دائمی است. عمده‌ترین جریانات آبی از نظر دریاچه و برم مهارلو و سد درودزن می‌باشد و رودخانه‌های موجود در دشت شیراز به دو صورت وجود دارند: رودخانه خشک یا رود بهاره (خرم دره) که آب سیلابی را به دریاچه مهارلو می‌برد. رودخانه قره‌باغ، این رودخانه در جنوب غربی شیراز جریان دارد و با گذر از پل فسا به دریاچه مهارلو می‌ریزد.

شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان شیراز. *منبع: ماهواره سنتینل ۲*

ب-روش پژوهش

شیراز در منطقه‌ای با آب‌وهوای نیمه‌خشک قرار دارد که به‌دلیل تغییرات اقلیمی و کمبود منابع آبی، در معرض خشکسالی قرار می‌گیرد (دستورانی و همکاران،۱۴۰۳). بازه زمانی مورد بررسی در این پژوهش شامل سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ میلادی است. علت اینکه شروع دوره آماری از سال ۲۰۱۶ می‌باشد، بخاطر داده‌های سنتینل ۲ می‌باشد. برای ارزیابی خشکسالی، از داده‌های ماهواره‌ای سنجش‌ازدور استفاده شد. به‌طور خاص، داده‌های ماهواره‌های سنتینل۲[1] به‌کار گرفته شدند که این داده‌ها از طریق پلتفرم ارث انجین به‌دست آمدند. این داده‌ها شامل اطلاعات نور

1 . Sentinel-2

مادون قرمز نزدیک[1] و نور قرمز[2] بودند که برای محاسبه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی استفاده می‌شوند. برای محاسبه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی، داده‌های ماهانه از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ استخراج شده و میانگین ماهانه برای هر سال محاسبه شد. این داده‌ها به‌عنوان شاخصی برای سلامت پوشش گیاهی و شدت خشکسالی استفاده شدند. برای بررسی خشکسالی در طول زمان، میانگین سالانه نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی برای هر سال محاسبه و تغییرات آن در بازه ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ تحلیل شد. کاهش مقدار شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به‌عنوان نشانه‌ای از وقوع خشکسالی و کاهش سلامت پوشش گیاهی درنظر گرفته شد. علاوه بر تحلیل زمانی، نقشه‌های مکانی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی نیز برای هر سال تولید شدند تا تفاوت‌های فضایی در شدت خشکسالی در مناطق مختلف شهرستان شیراز را نشان دهند. برای طبقه‌بندی شدت خشکسالی، مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به سه دسته شامل پوشش گیاهی مناسب، پوشش گیاهی فقیر و پوشش گیاهی ضعیف تقسیم شد. در تحلیل نهایی، نقشه‌های شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی سالانه تولید شدند که نشان‌دهنده تغییرات فضایی پوشش گیاهی در شیراز بودند. همچنین، نمودارهای زمانی تغییرات شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به‌منظور بررسی تغییرات خشکسالی در طول زمان تهیه شدند. این نمودارها به تحلیل تغییرات بلندمدت خشکسالی و اثرات آن بر پوشش گیاهی منطقه کمک کردند.

شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی یکی از معروف‌ترین شاخص‌های سنجش‌ازدور است که برای ارزیابی وضعیت و سلامت پوشش گیاهی استفاده می‌شود. این شاخص به کمک داده‌های ماهواره‌ای محاسبه می‌شود و به‌ویژه در کشاورزی، محیط‌زیست و مطالعات خشکسالی اهمیت زیادی دارد. ازآنجاکه این شاخص بر مبنای بازتاب نوری پوشش گیاهی کار می‌کند، این تغییرات به‌راحتی توسط این شاخص قابل‌شناسایی هستند. در طول دوره خشکسالی، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی کاهش می‌یابد؛ چراکه پوشش گیاهی توانایی جذب نور قرمز را از دست می‌دهد و کمتر بازتاب می‌دهد. شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی از بازتاب نور در دو باند مختلف طیف الکترومغناطیسی استفاده می‌کند:

نور قرمز :که توسط گیاهان جذب می‌شود.

نور مادون‌قرمز نزدیک : که توسط گیاهان بازتاب داده می‌شود.

فرمول محاسبه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به‌صورت زیر است:

(۱) شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی= (قرمز- مادون‌قرمز)/(قرمز+ مادون‌قرمز)

مقدار شاخص بین -۱ تا +۱ متغیر است:

شاخص نزدیک به +۱ (۰,۶ تا ۰,۹) نشان‌دهنده پوشش گیاهی سالم و متراکم است.

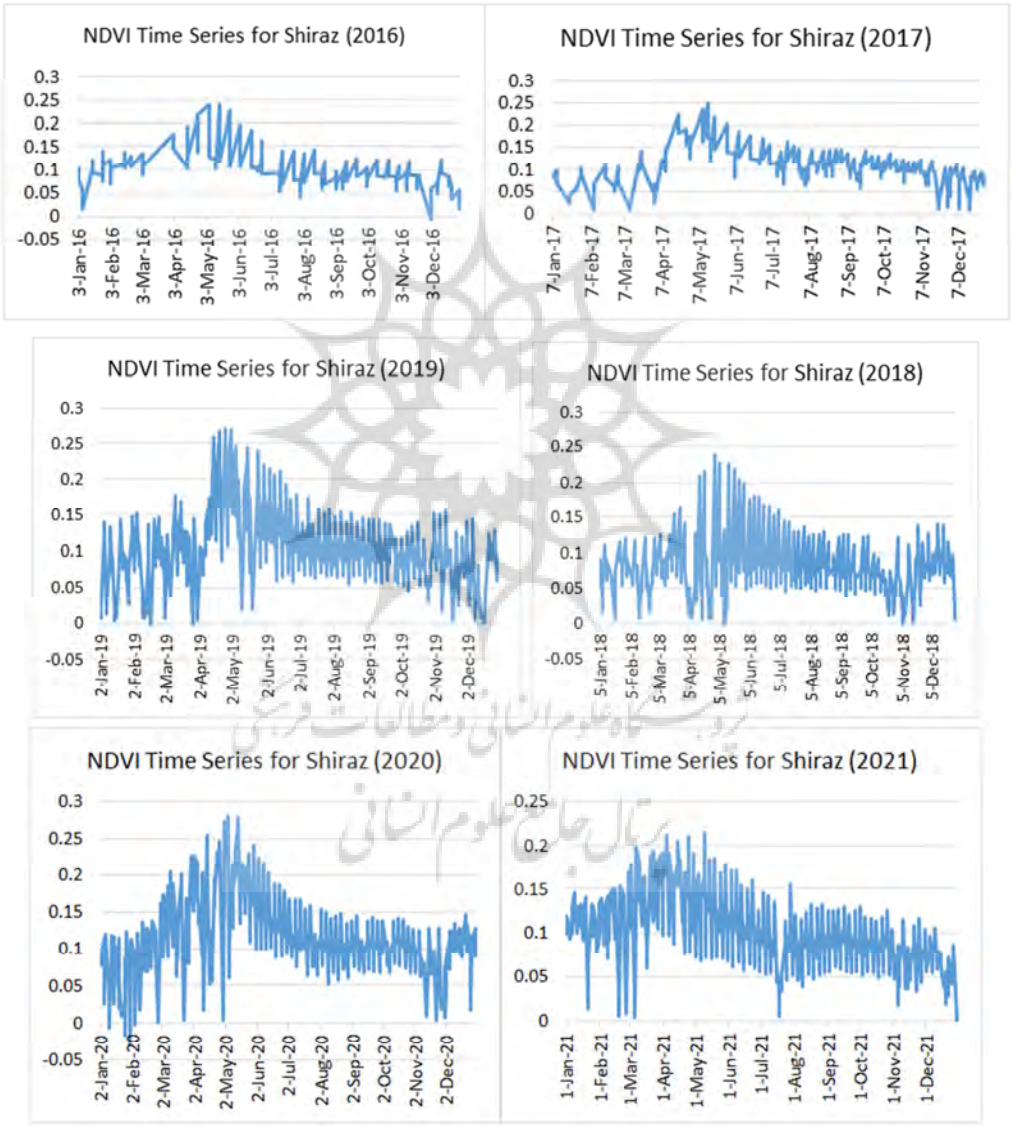
شاخص نزدیک به ۰ (۰,۱ تا ۰,۵) نشان‌دهنده پوشش گیاهی کم‌تراکم یا در حال استرس است.

شاخص کمتر از ۰ نشان‌دهنده سطوحی مانند آب یا خاک‌های بدون پوشش گیاهی است.

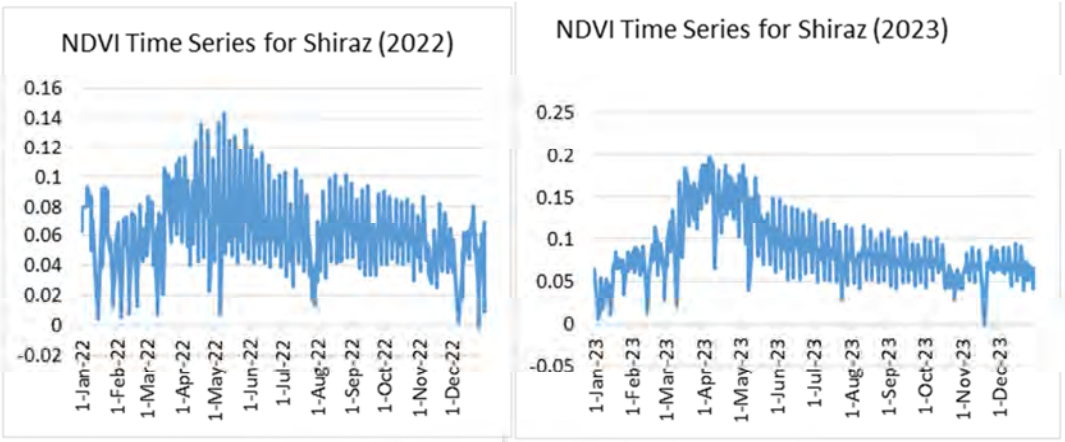
1 . NIR
2 .RED

یافته‌های پژوهش

با پایش منظم شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی در فصل‌های مختلف، می‌توان کاهش ناگهانی این شاخص را مشاهده کرد که نشان‌دهنده شروع خشکسالی است. بر همین اساس جهت اطلاع از وضعیت خشکسالی در شهرستان شیراز به این شاخص می‌پردازیم. شکل (۲) نمودار شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی شهرستان شیراز را از سال ۲۰۱۶ تا سال ۲۰۲۳ نشان می‌دهد.



شکل ۲: نمودار شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مربوط به شهرستان شیراز ۲۰۱۶-۲۰۲۳ *منبع: ماهواره سنتینل ۲*



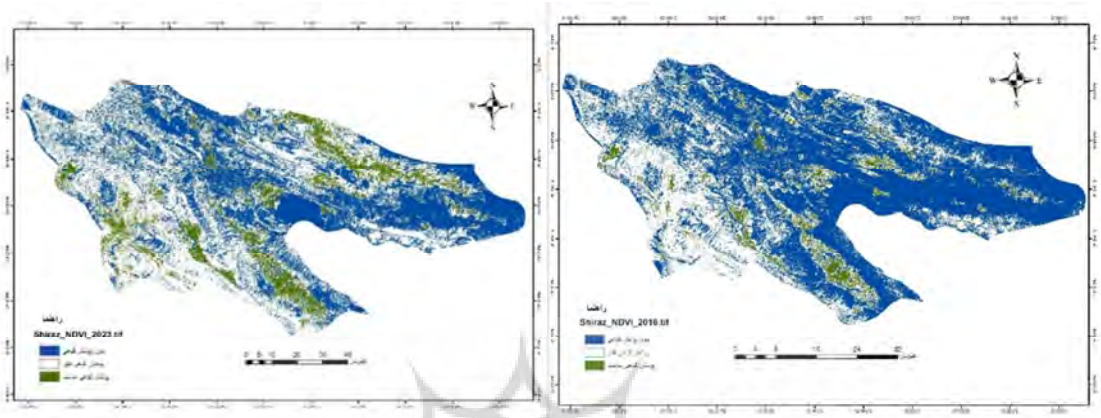
ادامه شکل ۲: نمودار شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مربوط به شهرستان شیراز ۲۰۱۶-۲۰۲۳ *منبع: ماهواره سنتینل ۲*

در اولین نمودار از شکل ۲ که مربوط به سال ۲۰۱۶ است، در ماه‌های ابتدایی سال به تدریج افزایش می‌یابد که ناشی از رویش پوشش گیاهی باشد. شاخص در ماه‌های خرداد و تیر به اوج می‌رسد و به بالاترین سطح خود در طول سال می‌رسد. این نشان‌دهنده رشد و تراکم بالای پوشش گیاهی در این دوره است که احتمالا با افزایش بارش‌های فصلی و شرایط مطلوب آب‌وهوایی مرتبط است. از مرداد به بعد، این شاخص به تدریج کاهش می‌یابد. در آذر و دی ماه به پایین‌ترین حد خود می‌رسد. در نمودار آخر که مربوط به سال ۲۰۲۳ است مانند سال ۲۰۱۶ در ابتدای سال شروع به افزایش داشته و در اردیبهشت به اوج خود می‌رسد. ولی در مقایسه با سال ۲۰۱۶، اوج شاخص در سال ۲۰۲۳ به مقداری نزدیک به ۰,۲ می‌رسد که نسبت به سال ۲۰۱۶ کمی کمتر است. این می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت در شرایط اقلیمی یا تغییرات در نوع و تراکم پوشش گیاهی باشد. بعد از اوج در بهار کاهش داشته ولی نسبت به سال ۲۰۱۶ کمی یکنواخت‌تر و تدریجی‌تر است. در سال ۲۰۲۳، نوسانات بیشتری در مقادیر شاخص به‌ویژه در نیمه دوم سال وجود دارد که نشان‌دهنده تغییرات پایداری پوشش گیاهی است، درحالی‌که در سال ۲۰۱۶، نمودار به تدریج و با نوسانات کمتری کاهش یافته است. به‌طورکلی بر اساس این نمودارها می‌توان گفت که روند رشد و کاهش پوشش گیاهی در شیراز تابعی از شرایط فصلی و سالانه بوده و تغییرات در تراکم پوشش گیاهی و نوسانات آن می‌تواند به تفاوت‌های اقلیمی و تغییرات محیطی مرتبط باشد.

شکل ۳: نمودار شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مربوط به شهرستان شیراز ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ *منبع: ماهواره سنتینل ۲*

شکل (۳) شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی را برای شهرستان شیراز در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ نشان می‌دهد. این شاخص به‌عنوان معیاری برای سنجش سلامت پوشش گیاهی به‌کار می‌رود و مقادیر بالاتر این شاخص نشان‌دهنده پوشش گیاهی سالم‌تر و مقادیر پایین‌تر بیانگر کاهش پوشش گیاهی و در نتیجه احتمال وقوع خشکسالی است. به نظر می‌رسد نمودار نشان‌دهنده نوسانات فصلی است که به تغییرات دوره‌ای سالانه مرتبط با چرخه‌های رشد و خشک‌شدن پوشش گیاهی بر اساس فصول مربوط می‌شود. معمولاً مقادیر بالاتر شاخص در ماه‌های بهار و تابستان دیده می‌شود که به‌دلیل بارش‌های فصل زمستان و رشد پوشش گیاهی است. در مقابل، در فصل‌های پاییز و زمستان به‌دلیل کاهش بارش و رشد گیاهان، مقدار شاخص کاهش می‌یابد. در برخی از سال‌ها، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی اوج‌های بالایی را نشان می‌دهد که می‌تواند بیانگر دوره‌های بارندگی و رشد شدید پوشش گیاهی باشد. برای مثال، در سال‌های ۲۰۱۷، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ می‌توان اوج‌های قابل‌توجهی را مشاهده کرد. این دوره‌ها احتمالاً با بارش‌های مناسب یا ترسالی همراه بوده است. در مقابل، در برخی بازه‌های زمانی این شاخص به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است، به‌ویژه در سال‌های اخیر (۲۰۲۲ و ۲۰۲۳) که مقدار شاخص به‌طور قابل‌توجهی پایین آمده و حتی به زیر ۰,۰۵ رسیده است. این کاهش‌های شدید نشان‌دهنده دوره‌های خشکسالی و افت شدید پوشش گیاهی است. از حدود سال ۲۰۲۱ به بعد، به‌طورکلی شاهد کاهش در مقادیر شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی هستیم که می‌تواند بیانگر روند افزایش خشکسالی و کاهش بارندگی در منطقه باشد. این کاهش تدریجی به‌ویژه در سال ۲۰۲۳ به‌وضوح مشهود است که نشان می‌دهد پوشش گیاهی در منطقه شیراز تحت‌فشار قرار گرفته است و تأثیرات خشکسالی به‌طور فزاینده‌ای احساس می‌شود. نوسانات سریع و شدید در شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به‌دلیل تغییرات ناگهانی در بارندگی یا دوره‌های کوتاه‌مدت خشکسالی و ترسالی باشد. این الگوها نشان‌دهنده شرایط نامنظم و غیر پایدار در میزان بارندگی و تأثیرات تغییرات اقلیمی در منطقه است. این نمودار تأیید می‌کند که منطقه شیراز در معرض نوسانات فصلی در پوشش گیاهی قرار دارد که ناشی از تغییرات در میزان بارش و فصول مختلف است. بااین‌حال، به‌طورکلی در سال‌های اخیر، روند کاهش شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مشهود است که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش شدت خشکسالی و تأثیرات تغییرات اقلیمی در منطقه باشد. این امر می‌تواند برای

کشاورزی و منابع طبیعی منطقه چالش‌برانگیز باشد و نیاز به مدیریت منابع آبی و برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای مقابله با خشکسالی احساس می‌شود.



شکل۴: نقشه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مربوط به شهرستان شیراز ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳ *منبع: ماهواره سنتینل ۲*

شکل ۴ توزیع فضایی شاخص تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی را در منطقه شیراز برای سال ۲۰۲۳ نشان می‌دهد. در این نقشه، شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به سه دسته کلی طبقه‌بندی شده است:

پوشش گیاهی فقیر (آبی)

مناطق با رنگ آبی، نشان‌دهنده بخش‌هایی هستند که پوشش گیاهی بسیار کمی دارند یا تقریباً بدون پوشش گیاهی هستند. در این مناطق، شاخص پایین است و می‌تواند بیانگر شرایط خشکسالی، تخریب زمین‌ها و یا بیابانی‌شدن باشد. به نظر می‌رسد که بخش بزرگی از نقشه با این رنگ پوشیده شده است که نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۳ است. این وضعیت ممکن است به‌دلیل خشکسالی‌های شدید، کمبود بارش و یا بهره‌برداری ناپایدار از زمین‌های کشاورزی باشد.

پوشش گیاهی متوسط (سفید)

مناطق با رنگ سفید، نشان‌دهنده مناطقی هستند که پوشش گیاهی نسبتاً متوسط دارند. در این مناطق، شاخص در حد متوسط قرار دارد که می‌تواند بیانگر پوشش گیاهی نیمه‌پایدار و یا مناطقی با تنوع گیاهی محدود باشد. این مناطق معمولاً در وضعیت متعادلی هستند، اما به‌شدت تحت‌تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارند و می‌توانند به‌سرعت به مناطق با پوشش فقیر تبدیل شوند.

پوشش گیاهی غنی (سبز)

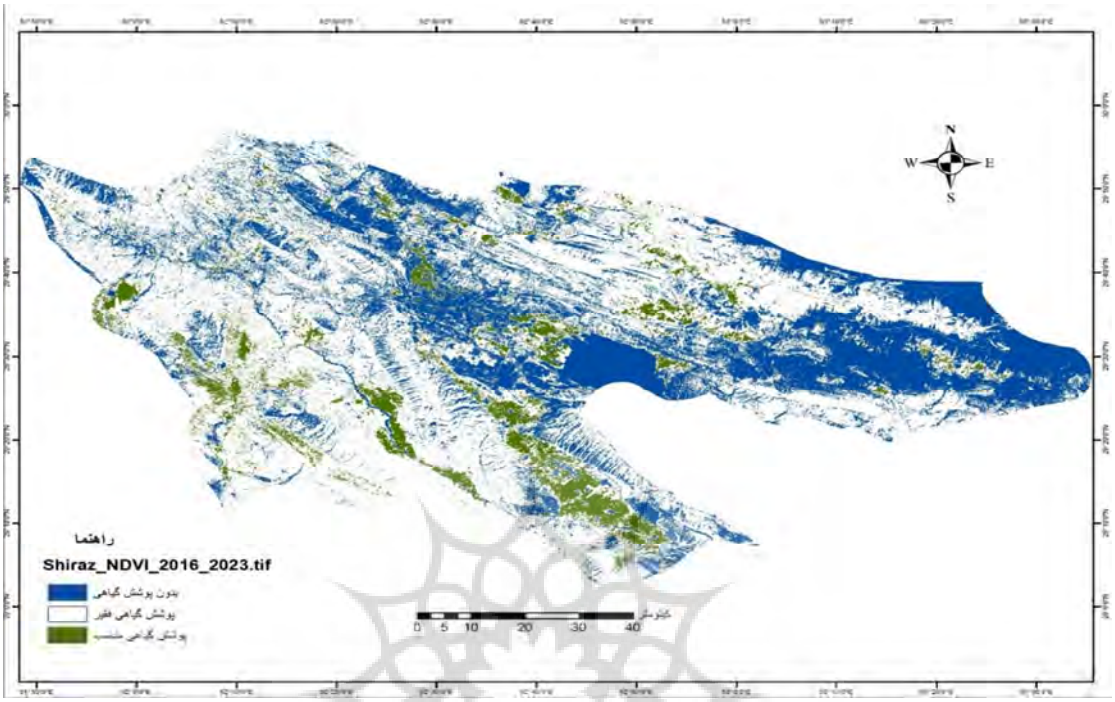
مناطق سبزرنگ، بیانگر مناطقی هستند که دارای پوشش گیاهی غنی و سالم هستند. در این مناطق، شاخص بالاست و می‌توان گفت که پوشش گیاهی در وضعیت مطلوبی قرار دارد. این مناطق معمولاً به‌دلیل دسترسی به منابع آب بیشتر و شرایط اقلیمی مناسب‌تر، از سلامت پوشش گیاهی برخوردارند. اما در این نقشه، مساحت مناطق سبز نسبت به مناطق آبی بسیار کمتر است که نشان‌دهنده کاهش قابل‌توجه پوشش گیاهی سالم در منطقه است. بخش اعظم نقشه با رنگ آبی مشخص شده است که بیانگر پوشش گیاهی فقیر است. این موضوع نشان‌دهنده تأثیرات شدید

خشکسالی بر مناطق مختلف شهرستان شیراز در سال ۲۰۲۳ است. کمبود بارش‌ها و افزایش دما احتمالاً دلایل اصلی این کاهش گسترده پوشش گیاهی هستند. مناطق سبز که نشان‌دهنده پوشش گیاهی غنی هستند، در نقاط خاص و به‌صورت پراکنده مشاهده می‌شوند. این مناطق به منابع آبی محلی مانند رودخانه‌ها، چشمه‌ها یا چاه‌ها دسترسی داشته و یا در مناطقی با ارتفاعات خاص قرار دارند که باعث شده شرایط بهتری برای رشد گیاهان فراهم شود. تفاوت فضایی بین مناطق با پوشش گیاهی غنی و فقیر نشان‌دهنده توزیع نامتقارن منابع آبی و شرایط اقلیمی در این منطقه است. مناطق کوهستانی یا مناطق با دسترسی بهتر به منابع آب، به‌طور طبیعی پوشش گیاهی بهتری دارند. این نقشه بیانگر وضعیت وخیم پوشش گیاهی در شهرستان شیراز در سال ۲۰۲۳ است. مناطق گسترده‌ای از این شهرستان با پوشش گیاهی ضعیف مواجه هستند که احتمالاً به‌دلیل خشکسالی‌های اخیر و تغییرات اقلیمی بوده است. بخش‌های محدودی از منطقه همچنان دارای پوشش گیاهی غنی هستند، اما وسعت این مناطق بسیار محدود است و ممکن است در صورت تداوم شرایط خشکسالی، این مناطق نیز تحت فشار قرار گیرند. چنین تحلیلی ضرورت مدیریت منابع آبی، تلاش برای بازیابی پوشش گیاهی و استفاده از فناوری‌های نوین برای پایش دقیق تغییرات محیطی را برجسته می‌کند. بسیاری از مناطق روستایی به‌ویژه در نواحی مرکزی و جنوبی شهرستان شیراز که در نقشه با رنگ آبی مشخص شده‌اند، نشان‌دهنده پوشش گیاهی فقیر هستند. این مناطق روستایی به‌دلیل کاهش بارش‌ها و افزایش دما، شاهد کاهش شدید پوشش گیاهی بوده‌اند. این وضعیت می‌تواند تأثیرات منفی گسترده‌ای بر کشاورزی و دامداری که عمده فعالیت اقتصادی روستاهاست، بگذارد. کمبود علوفه برای دام‌ها و کاهش محصول‌های زراعی ازجمله مشکلاتی است که روستاهای واقع در این مناطق با آن روبرو خواهند شد. در برخی از مناطق روستایی که با رنگ سفید نمایش داده شده‌اند، پوشش گیاهی در حد متوسط قرار دارد. این مناطق یا به منابع آبی دسترسی محدود دارند و یا در ارتفاعات و مناطق کوهستانی واقع شده‌اند که به آن‌ها امکان دسترسی به منابع طبیعی بیشتری را می‌دهد. بااین‌حال، حتی این مناطق نیز با تهدیدهای ناشی از تغییرات اقلیمی مواجه‌اند و در صورت ادامه خشکسالی، احتمالاً پوشش گیاهی آن‌ها به سمت کاهش بیشتر پیش خواهد رفت. در مناطقی که خشکسالی و کاهش پوشش گیاهی به‌شدت احساس می‌شود (مناطق آبی نقشه)، احتمال افزایش مهاجرت روستاییان به شهرها بیشتر می‌شود. کمبود منابع آبی و کاهش تولید کشاورزی باعث فشارهای اقتصادی می‌شود و روستاییان برای یافتن منابع درآمدی دیگر به شهرهای بزرگ مهاجرت می‌کنند. نقشه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی برای سال ۲۰۲۳ به‌وضوح نشان می‌دهد که بسیاری از مناطق روستایی شهرستان شیراز تحت تأثیر شدید خشکسالی قرار دارند. کاهش پوشش گیاهی در این مناطق نه‌تنها معیشت روستاییان را به خطر می‌اندازد، بلکه می‌تواند باعث مهاجرت بیشتر به شهرها و افزایش فشار بر منابع آبی محدود منطقه شود. برای مقابله با این وضعیت، استفاده از فن‌های پایدار مدیریت منابع طبیعی و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت ضروری است. همچنین، حمایت از جوامع روستایی از طریق اجرای پروژه‌های احیای زمین‌های کشاورزی و توسعه منابع آب‌های زیرزمینی می‌تواند از بروز پیامدهای شدیدتر جلوگیری کند. در نقشه مربوط به ۲۰۱۶، بخش زیادی از شهرستان شیراز، به‌خصوص نواحی مرکزی و جنوب غربی، با رنگ آبی نمایش داده شده است. این نشان‌دهنده فقدان یا ضعف شدید پوشش گیاهی است. بسیاری از مناطق روستایی در این بخش‌ها در معرض بیابان‌زایی و کمبود منابع طبیعی قرار دارند. همچنین نواحی محدودی از نقشه سال ۲۰۱۶ به رنگ سفید هستند که نشان‌دهنده پوشش گیاهی ضعیف است. این نواحی بیشتر در مناطق کوهستانی و شرق شهرستان متمرکز

شده‌اند. در نقشه ۲۰۲۳، این مناطق سفیدرنگ گسترش یافته‌اند. به‌ویژه در نواحی مرکزی و جنوبی شهرستان شیراز، پوشش گیاهی ضعیف در مناطق بیشتری قابل‌مشاهده است. به‌طور کلی روستاهای واقع در این مناطق که از سال ۲۰۱۶ به ۲۰۲۳ با افزایش مناطق سفیدرنگ مواجه شده‌اند، در خطر کاهش منابع کشاورزی و تأمین معیشت قرار دارند. این موضوع نشان‌دهنده روند فرسایشی و کاهش تدریجی منابع طبیعی است. در نقشه سال ۲۰۱۶، مناطقی با پوشش گیاهی غنی و مناسب بیشتر در نواحی شمالی و بخش‌هایی از غرب شهرستان شیراز مشاهده می‌شوند. این نواحی به‌دلیل دسترسی بهتر به منابع آب و خاک‌های حاصلخیز توانسته‌اند پوشش گیاهی مطلوبی را حفظ کنند. در نقشه ۲۰۲۳، وسعت مناطق سبزرنگ (پوشش گیاهی مناسب) کاهش یافته است. این نشان می‌دهد که حتی مناطقی که در سال ۲۰۱۶ از وضعیت بهتری برخوردار بوده‌اند، در سال ۲۰۲۳ با کاهش کیفیت پوشش گیاهی مواجه شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که مناطق روستایی که در سال ۲۰۱۶ پوشش گیاهی مناسبی داشته‌اند، در سال ۲۰۲۳ تحت تأثیر خشکسالی و تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند. این کاهش پوشش گیاهی غنی می‌تواند به کمبود منابع آبی، کاهش تولیدات کشاورزی و افزایش فشار اقتصادی بر روستاییان منجر شود. همچنین کاهش پوشش گیاهی در هر دو نقشه، به‌ویژه در سال ۲۰۲۳، نشان‌دهنده افزایش فشار بر منابع آبی و خاکی در مناطق روستایی است. این امر می‌تواند باعث مهاجرت روستاییان به شهرها و تخلیه تدریجی روستاها شود. در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳، خشکسالی و کاهش بارش‌ها باعث تشدید روند بیابان‌زایی و کاهش منابع طبیعی در مناطق روستایی شده است. این وضعیت تأثیرات جدی بر تولیدات کشاورزی و دامداری داشته است. مقایسه نقشه‌های شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی شهرستان شیراز در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳ نشان‌دهنده روند کاهش کیفیت پوشش گیاهی در این بازه زمانی است. این کاهش، به‌ویژه در مناطق روستایی، تهدیدی جدی برای معیشت روستاییان و پایداری زیست‌محیطی منطقه به‌حساب می‌آید. افزایش مناطق بدون پوشش گیاهی و گسترش مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، نشانه‌هایی از افزایش خشکسالی و تغییرات اقلیمی در این منطقه هستند. برای کاهش تأثیرات منفی این روند، نیاز به سیاست‌های مدیریتی قوی و پایدار است.

شکل شماره ۵، نقشه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ را نشان می‌دهد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۵: نقشه شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مربوط به شهرستان شیراز ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ *منبع :ماهواره سنتینل ۲*

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که شهرستان شیراز در سال‌های اخیر با خشکسالی‌های شدید و مداومی روبه‌رو بوده است. این خشکسالی‌ها، ناشی از کاهش قابل‌توجه میزان بارندگی و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی است که در نهایت به کمبود آب، تخریب پوشش گیاهی و کاهش کیفیت زمین‌های کشاورزی منجر شده است. نتایج حاصل از بررسی شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی نشان‌دهنده افت شدید پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ است که این امر حاکی از تشدید خشکسالی و کاهش سلامت اکوسیستم‌های طبیعی منطقه است.

در این پژوهش مشخص شد که خشکسالی نه‌تنها بر منابع طبیعی، بلکه بر جنبه‌های اجتماعی - اقتصادی نیز تأثیرگذار بوده است. کاهش بهره‌وری کشاورزی، افت منابع آب زیرزمینی و تخریب مراتع موجب شده است تا بسیاری از کشاورزان و دامداران با چالش‌های اقتصادی مواجه شوند و در نتیجه، مهاجرت از روستاها به شهرها افزایش یافته است. این روند تهدیدی جدی برای پایداری جمعیت روستایی و توسعه متوازن منطقه به شمار می‌آید.

علاوه بر این، تخریب پوشش گیاهی و فرسایش خاک که در نتیجه خشکسالی و کمبود آب به وجود آمده است، منجر به کاهش ظرفیت زمین برای تولید محصولات کشاورزی و در نتیجه کاهش امنیت غذایی شده است. ازاین‌رو، لزوم توجه به مدیریت پایدار منابع طبیعی و اتخاذ راهبردهایی برای حفظ و بازسازی پوشش گیاهی بیش‌ازپیش احساس می‌شود.

نتایج نشان می‌دهد که منطقه شیراز در معرض نوسانات فصلی در پوشش گیاهی قرار دارد که ناشی از تغییرات در میزان بارش و فصول مختلف است. بااین‌حال، به‌طورکلی در سال‌های اخیر، روند کاهش شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی مشهود است که می‌تواند نشان‌دهنده افزایش شدت خشکسالی و تأثیرات تغییرات اقلیمی در منطقه باشد. این امر می‌تواند برای کشاورزی و منابع طبیعی منطقه چالش‌برانگیز باشد و نیاز به مدیریت منابع آبی و برنامه‌ریزی دقیق‌تری برای مقابله با خشکسالی احساس می‌شود. در نقشه سال ۲۰۱۶، مناطقی با پوشش گیاهی غنی و مناسب بیشتر در نواحی شمالی و بخش‌هایی از غرب شهرستان شیراز مشاهده می‌شوند. این نواحی به‌دلیل دسترسی بهتر به منابع آب‌وخاک‌های حاصلخیز توانسته‌اند پوشش گیاهی مطلوبی را حفظ کنند. در نقشه ۲۰۲۳، وسعت مناطق سبزرنگ (پوشش گیاهی مناسب) کاهش یافته است. این نشان می‌دهد که حتی مناطقی که در سال ۲۰۱۶ از وضعیت بهتری برخوردار بوده‌اند، در سال ۲۰۲۳ با کاهش کیفیت پوشش گیاهی مواجه شده‌اند. بنابراین می‌توان گفت که مناطق روستایی که در سال ۲۰۱۶ پوشش گیاهی مناسبی داشته‌اند، در سال ۲۰۲۳ تحت تأثیر خشکسالی و تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند. این کاهش پوشش گیاهی غنی می‌تواند به کمبود منابع آبی، کاهش تولیدات کشاورزی و افزایش فشار اقتصادی بر روستاییان منجر شود. همچنین کاهش پوشش گیاهی در هر دو نقشه، به‌ویژه در سال ۲۰۲۳، نشان‌دهنده افزایش فشار بر منابع آبی و خاکی در مناطق روستایی است. این امر می‌تواند باعث مهاجرت روستاییان به شهرها و تخلیه تدریجی روستاها شود. در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳، خشکسالی و کاهش بارش‌ها باعث تشدید روند بیابان‌زایی و کاهش منابع طبیعی در مناطق روستایی شده است. این وضعیت تأثیرات جدی بر تولیدات کشاورزی و دامداری داشته است. مقایسه نقشه‌های شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی شهرستان شیراز در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۲۳، نشان‌دهنده روند کاهش کیفیت پوشش گیاهی در این بازه زمانی است. این کاهش، به‌ویژه در مناطق روستایی، تهدیدی جدی برای معیشت روستاییان و پایداری زیست‌محیطی منطقه به‌حساب می‌آید. افزایش مناطق بدون پوشش گیاهی و گسترش مناطق با پوشش گیاهی ضعیف، نشانه‌هایی از افزایش خشکسالی و تغییرات اقلیمی در این منطقه هستند. برای کاهش تأثیرات منفی این روند، نیاز به سیاست‌های مدیریتی قوی و پایدار است. برای مقابله با چالش‌های ناشی از خشکسالی و تغییرات اقلیمی بر منابع طبیعی و کشاورزی شهرستان شیراز، پیشنهادها و راهکارهای زیر ارائه می‌شود:

بهبود مدیریت منابع آبی: اجرای استراتژی‌های جامع مدیریت آب برای بهینه‌سازی استفاده از منابع آبی موجود. این شامل بهبود فن‌های آبیاری، ترویج فناوری‌های صرفه‌جویی در آب و تشویق به استفاده بهینه از آب در کشاورزی است.

ترویج شیوه‌های کشاورزی پایدار: تشویق کشاورزان به استفاده از شیوه‌های کشاورزی پایدار مانند چرخش زراعت، کشت و کار حفاظتی و کشاورزی ارگانیک. این شیوه‌ها می‌توانند به بهبود سلامت خاک، افزایش مقاومت در برابر خشکسالی و کاهش تأثیرات زیست‌محیطی کشاورزی کمک کنند.

سرمایه‌گذاری در بازسازی پوشش گیاهی: آغاز برنامه‌های جنگل‌کاری و پوشش گیاهی برای بازسازی اراضی تخریب‌شده و بهبود پوشش گیاهی. این اقدامات می‌توانند به کاهش فرسایش خاک، افزایش نگهداری آب و حمایت از تنوع‌زیستی محلی کمک کنند.

توسعه محصولات مقاوم به خشکسالی: حمایت از تحقیقات و توسعه گونه‌های گیاهی مقاوم به خشکسالی که قادر به تحمل شرایط خشک هستند. ارائه این گونه‌ها به کشاورزان می‌تواند به حفظ تولیدات کشاورزی باوجود تغییرات آب‌وهوایی کمک کند.

تقویت زیرساخت‌های روستایی: بهبود زیرساخت‌ها در مناطق روستایی برای حمایت از فعالیت‌های کشاورزی و ارتقای شرایط زندگی. این شامل ارتقای جاده‌ها، تأسیسات ذخیره‌سازی و دسترسی به بازارها است که می‌تواند به کاهش تأثیرات اقتصادی خشکسالی بر جوامع روستایی کمک کند.

پیاده‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام: توسعه و پیاده‌سازی سیستم‌های هشدار زودهنگام برای خشکسالی و رویدادهای جوی شدید. این سیستم‌ها می‌توانند اطلاعات به‌موقع به کشاورزان و جوامع ارائه دهند و به آن‌ها اجازه دهند اقدامات پیشگیرانه برای کاهش اثرات شرایط نامساعد انجام دهند.

منابع

خسروی یگانه، صمد؛ کرم‌پور، مصطفی؛ نصیری، بهروز. (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیر خشکسالی در پوشش گیاهی ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی. نشریه سنجش‌ازدور و GIS ایران http//:doi:10.48308/gisj.2023.10339416(1), 81-102

دستورانی، مهدی؛ حسین‌آبادی، سعیده؛ یعقوب زاده، مصطفی؛ فروزان مهر، مهدیه. (۱۴۰۳). اثر تغییراقلیم بر خشک‌سالی هواشناسی به‌کمک داده‌های گزارش ششم تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شهرستان شیراز) .فصلنامه علمی مهندسی منابع آب: ۱۷(۶۱)، ۲۷-۱۳. http://doi:10.30495/wej.2024.30610.2360

دلاور، سحر؛ انوری، صدیقه؛ نجف‌زاده، محمد؛ فتحیان، فرشاد. (۱۴۰۳). مروری بر برخی از شاخص‌های ایستا و ناایستا برای پایش خشکسالی در ایران و سایر کشورها .نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران: ۱۴(۳)، ۱۹۳-۱۷۵. http://doi:10.22125/iwe.2023.404878.1729

زارع خور میزی، هادی؛ حسینی، سیدزین‌العابدین؛ مختاری، غفاریان مالمیری. (۱۳۹۶). بررسی ارتباط خشکسالی و تغییرات NDVI در تیپ‌های مختلف پوشش گیاهی (مطالعه موردی: مراتع جنوب استان یزد). خشک بوم، ۷(۲)، ۸۵-۱۰۱. http://doi: 10.29252/aridbiom.7.2.85

زینالی، بتول؛ فریدپور، مجتبی؛ اصغری سراسکانرود، صیاد. (۱۳۹۴). بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی ویژگی‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت مرند) پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز ۱۳۹۵؛ ۷ (۱۴): ۱۷۷-۱۸۷. http://doi:10.29252/jwmr.7.14.187

فاضل دهکردی، لیلا؛ آذرنیوند، حسین؛ ارع چاهوکی، محمدعلی؛ محمودی کهن، فرهاد؛ خلیقی سیگارودی، شهرام. (۱۳۹۵). پایش خشکسالی با استفاده از شاخص پوشش گیاهی NDVI (مطالعه موردی: مراتع استان ایلام. نشریه علمی - پژوهشی مرتع و آبخیزداری ۶۹(۱)، ۱۴۱-۱۵۴. http://doi:10.22059.jrwm.2016.61739

فخار، محدثه السادات؛ نظری، بیژن. (۱۴۰۳). تحلیل خشکسالی در ایران: پایش و ارزیابی ویژگی‌های مکانی و زمانی با استفاده از شاخص‌هایMODIS . مجله پژوهش‌های خشکسالی و تغییر اقلیم. https://doi:10.22034/hyd.2024.60376.1727

فیض اله پور، مهدی. (۱۴۰۳). پایش تنش رطوبتی و خشکسالی بر پایه تحلیل همبستگی بین شاخص‌های طیفی مبتنی بر رطوبت، پوشش گیاهی و دما در محدوده تالاب شادگان. هیدروژئومورفولوژی. http://doi: 10.22034/hyd.2024.60376.1727

کرمی، عزت اله؛ کشاورز، مرضیه؛ فروزانی، معصومه. (۱۳۸۸). توسعه پایدار روستایی: چالش کشاورزان فقیر، نخستین همایش ملی توسعه پایدار روستایی، کرمانشاه. https://civilica.com/doc/63711

کشاورز، مرضیه؛ اجتماعی، بابک. (۱۴۰۱). کمیّت و کیفیت آب کشاورزی و تأثیر آن بر تولیدات کشاورزی و پایداری سکونت‌گاه‌های روستایی (مورد مطالعه: دشت فیروزآباد). روستا و توسعه، ۲۵(۱)، ۱۲۹-۱۶۰. Doi : 10.30490/rvt.2021.351733.1271

نمازی، محدثه؛ اکبری، مرتضی؛ معماریان، هادی؛ اسدالهی، زهرا. (۲۰۲۴). ارزیابی روند خشکسالی و تأثیر آن بر تغییرات پوشش گیاهی شهرستان سرخس. مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران، دوره ۱۲ جلد ۲ صفحات ۷۸-۵۹. URL: http://jircsa.ir/article-1-538-fa.html

Ding, Y., He, X., Zhou, Z., Hu, J., Cai, H., Wang, X. Shi, H. (2022). Response of vegetation to drought and yield monitoring based on NDVI and SIF. Catena, 219, 106328. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106328

Fan, J., Wei, S., Liu, G., Zhou, X., Li, Y., Wu, C. Xu, F. (2023). Response Time of Vegetation to Drought in Weihe River Basin, China. Atmosphere, 14(6), 938. https://doi.org/10.3390/atmos14060938

Hossain, M. L. Li, J. (2021). NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events. Global Ecology and Conservation, 30, e01768. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01768

Liu, Q., Yao, F., Garcia-Garcia, A., Zhang, J., Li, J., Ma, S. Peng, J (2023). The response and sensitivity of global vegetation to water stress: A comparison of different satellite-based NDVI products. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 120, 103341. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103341

.Li, L., Peng, Q., Wang, M., Cao, Y., Gu, X. Cai, H (2024). Quantitative analysis of vegetation drought propagation process and uncertainty in the Yellow River Basin. Agricultural Water Management, 295, 108775.

Liu, W (2024). The Response of NDVI to Drought at Different Temporal Scales in the Yellow River Basin from 2003 to 2020. Water, 16(17), 2416. https://doi.org/10.3390/w16172416

Sun, M., Li, X., Xu, H., Wang, K., Anniwaer, N. Hong, S (2024). Drought thresholds that impact vegetation reveal the divergent responses of vegetation growth to drought across China. Global Change Biology, 30(1), e16998. https://doi.org/10.1111/gcb.16998

Wang, H., Li, Z., Cao, L., Feng, R., & Pan, Y (2021). Response of NDVI of natural vegetation to climate changes and drought in China. Land, 10(9), 966. https://doi.org/10.3390/land10090966

Wei, Y., Zhu, L., Chen, Y., Cao, X. Yu, H (2022). Spatiotemporal variations in drought and vegetation response in Inner Mongolia from 1982 to 2019. Remote Sensing, 14(15), 3803. https://doi.org/10.3390/rs14153803

Zhang, H., Li, L., Zhao, X., Chen, F., Wei, J., Feng, Z. Hu, M (2024) Changes in Vegetation NDVI and Its Response to Climate Change and Human Activities in the Ferghana Basin from 1982 to 2015. Remote Sensing, 16(7), 1296. https://doi.org/10.3390/rs16071296.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

University of Sistan and Baluchestan
Journal of Natural Environment Hazards
Print ISSN: 2676 - 4377 Online ISSN: 2676 - 4385
Homepage: https://jneh.usb.ac.ir

References

References (in Persian)

Dastorani, Mehdi, Hosseinabadi, Saeedeh, Yaghoubzadeh, Mostafa, & Forouzanmehr, Mahdieh. (2024). The Impact of Climate Change on Meteorological Drought Using Sixth Climate Change Report Data (Case Study: Shiraz County). Scientific Quarterly of Water Resources Engineering, 17(61), 13-27. https:// doi:10.30495/wej.2024.30610.2360 [in persian]

Delavar, S. Anvari, S. Najafzadeh, M. Fathian, F (2024). A review of some static and dynamic indices for drought monitoring in Iran and other countries. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering, 14(3), 175-193. https://doi:10.22125/iwe.2023.404878.1729[in persian]

Fakhar, M.S. Nazari, B (2024). Drought analysis in Iran: Monitoring and evaluating spatial and temporal characteristics using MODIS indices. Journal of Drought and Climate Change Research, doi:10.22077/jdcr.2024.7011.1050 [in Persian]

Feyzollahpour, M (2024). Monitoring moisture stress and drought based on the correlation analysis between moisture-based spectral indices, vegetation, and temperature in the Shadgan Wetland area. Hydrogeomorphology, https://doi:10.22034/hyd.2024.60376.1727[in persian]

Fazel Dehkordi, Leila. Azernivand, Hossein. Zare Chahoki, Mohammad Ali. Mahmoudi Kohn, Farhad. Khalighi Sigarodi, Shahram (2015). Drought monitoring using NDVI vegetation index (case study: pastures of Ilam province). Pasture and watershed scientific research journal, 69(1), 141-154. https:// doi: 10.22059/jrwm.2016.61739. [in Persian]

Karami, E. Keshavarz, M., Forouzani, M. (2009). Rural sustainable development: Challenges for poor farmers. First National Conference on Rural Sustainable Development, Kermanshah. https://civilica.com/doc/63711 [in Persian]

Keshavarz, M. Ejtemaei, B (2022). Quantity and quality of agricultural water and its impact on agricultural production and the sustainability of rural settlements (Case study: Firoozabad Plain). Village and Development, 25(1), 129-160. https:// Doi : 10.30490/rvt.2021.351733.1271 [in persian]

Khosravi Yeganeh, S.Karampour, M.Nasiri, B (2024). Evaluation of the impact of drought on vegetation cover in Iran using satellite images and meteorological data. Journal of Remote Sensing and GIS of Iran, 16(1), 81-102. https://doi:10.48308/gisj.2023.103394[in persian]

Namazi, Akbari. Memarian, H.. Asadollahi. (2024). Evaluation of drought trends and their impact on vegetation cover changes in Sarakhs County. Journal of Rainwater Harvesting Systems, 12(2), 59-78. URL: http://jircsa.ir/article-1-538-fa.html[in persian]

Zare Khormizi, H.Hosseini, S.Z.Mokhtari, Ghafarian Malmiri (2017). Investigating the relationship between drought and NDVI changes in different vegetation types (Case study: South rangelands of Yazd Province). Dryland Journal, 7(2), 85-101. http://doi: 10.29252/aridbiom.7.2.85 [in Persian]

Zeinali, B. Faridpour, M M. Asghari, S (2015). The impact of meteorological and hydrological drought on quantitative and qualitative characteristics of groundwater (Case study: Harand plain). http://jircsa.ir/article-1-538-fa.html [in Persian]

Yenali, b. Faridpour, M. Asghari, pp (2014) Investigating the effect of meteorological and hydrological drought on the quantitative and qualitative characteristics of groundwater (case study: Marand Plain) Watershed Management Research Journal 2015; 7 (14): 177-187 http://doi:10.29252/jwmr.7.14.187[in persian]

References (in English)

Ding, Y. He, X.Zhou, Z. Hu, J. Cai, H. Wang, X. Shi, H. (2022). Response of vegetation to drought and yield monitoring based on NDVI and SIF. Catena, 219, 106328. https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106328

Fan, J., Wei, S., Liu, G., Zhou, X., Li, Y., Wu, C., & Xu, F. (2023). Response Time of Vegetation to Drought in Weihe River. Basin, China. Atmosphere, 14(6), 938. https://doi.org/10.3390/atmos14060938

Hossain, M. L. Li, J (2021). NDVI-based vegetation dynamics and its resistance and resilience to different intensities of climatic events. Global Ecology and Conservation, 30, e01768. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01768

Liu, Q.Yao, F.Garcia-Garcia, A.Zhang, J. Li, J.Ma, S. Peng, J. (2023). The response and sensitivity of global vegetation to water stress: A comparison of different satellite-based NDVI products. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 120, 103341. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103341

Li, L.Peng, Q. Wang, M.Cao, Y.Gu, X.Cai, H (2024). Quantitative analysis of vegetation drought propagation process and uncertainty in the Yellow River Basin. Agricultural Water Management, 295, 108775.

Liu, W (2024). The Response of NDVI to Drought at Different Temporal Scales in the Yellow River Basin from 2003 to 2020. Water, 16(17), 2416. https://doi.org/10.3390/w16172416

Sun, M. Li, X.Xu, H. Wang, K. Anniwaer, N. Hong, S. (2024). Drought thresholds that impact vegetation reveal the divergent responses of vegetation growth to drought across China. Global Change Biology, 30(1), e16998. https://doi.org/10.1111/gcb.16998

Wang, H. Li, Z. Cao, L. Feng, R. Pan, Y (2021). Response of NDVI of natural vegetation to climate changes and drought in China. Land, 10(9), 966. https://doi.org/10.3390/land10090966

Wei, Y. Zhu, L. Chen, Y. Cao, X.Yu, H (2022). Spatiotemporal variations in drought and vegetation response in Inner.Mongolia from 1982 to 2019. Remote Sensing, 14(15), 3803. https://doi.org/10.3390/rs14153803

Zhang, H. Li, L. Zhao, X. Chen, F. Wei, J. Feng, Z. Hu, M (2024). Changes in Vegetation NDVI and Its Response to Climate Change and Human Activities in the Ferghana Basin from 1982 to 2015. Remote Sensing, 16(7), 1296. https://doi.org/10.3390/rs16071296

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی