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, Payame 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), 21-24. 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

INTRODUCTION

One of the most significant consequences of drought is the reduction in rangeland vegetation cover. With decreased vegetation cover, environmental conditions become more favourable for various problems such as soil erosion, increased surface runoff, and the risk of flooding (Zare Khormizi et al., 2017). Drought can lead to inappropriate management decisions regarding water allocation, consumption, and supply in both urban and rural areas (Keshavarz et al., 2009). Utilizing remote sensing indices, such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and employing satellite data enables monitoring of vegetation cover changes and assessing drought severity in rural areas. Numerous national and international studies have investigated drought using the NDVI, including those by Namazi et al. (2024), Khosravi et al. (2024), Wei et al. (2022), Fan et al. (2023), Liu (2024), Liu et al. (2023), Wang et al. (2021), Ding et al. (2022), Hussain and Jianfeng (2021), Sun et al. (2024), Zhang et al. (2024), and Li et al. (2024). Drought is recognized as one of the primary challenges for sustainable development in the rural areas of Shiraz County.

Studying drought using remote sensing data can help identify critical areas, design sustainable solutions to mitigate drought, and facilitate effective management decisions regarding water resource allocation and sustainable rural development. Therefore, conducting research in this field is essential to reduce the adverse impacts of drought and preserve the livelihoods of rural communities in Shiraz County.

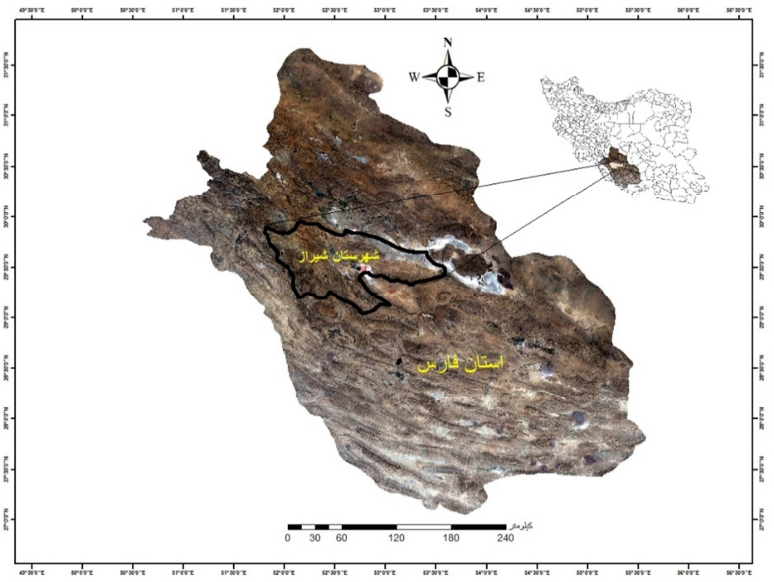


Figure 1: Geographical location of Shiraz County. *Source: Sentinel-2 satellite*

DATA AND METHODOLOGY

Shiraz County is located between 51° 50′ and 53° 35′ east longitude and 29° 00′ and 29° 55′ north latitude (Figure 1). This county is situated approximately in the centre of Fars Province. It is bordered to the north by Marvdasht and Sepidan counties, to the east by Fasa, Estahban, and Arsanjan counties, to the south by Jahrom and Firuzabad counties, and the west by Kazerun County. The study period spans from 2016 to 2023. The selection of 2016 as the starting year of the statistical period is due to the availability of Sentinel-2 data.

For drought assessment, satellite remote sensing data were used. Specifically, Sentinel-2 satellite data, obtained through the Google Earth Engine platform, were employed. A reduction in the NDVI was considered an indicator of drought occurrence and a decline in vegetation health. In the final analysis,

annual NDVI maps were produced, illustrating the spatial changes in vegetation cover in Shiraz. Additionally, temporal charts of NDVI changes were generated to examine drought variations over time.

RESULTS AND DISCUSSION

Overall, in recent years, a noticeable decline in the NDVI trend has been observed, indicating an increase in drought severity and the impacts of climate change in the region. In the 2016 map, a significant portion of Shiraz County, especially the central and southwestern areas, shows a lack of severe weakness in vegetation cover. Many rural areas in these sections are exposed to desertification and a shortage of natural resources. Additionally, a limited number of areas on the 2016 map indicate weak vegetation cover, mainly concentrated in the mountainous and eastern parts of the county. In the 2023 map, weak vegetation cover is more widespread, particularly in the central and southern parts of Shiraz County. Generally, the rural areas in these regions have faced an increased risk of reduced agricultural resources and livelihood challenges from 2016 to 2023.

CONCLUSION

The results indicate that Shiraz County is subject to seasonal fluctuations in vegetation cover due to variations in rainfall and different seasons. However, in general, a declining trend in the NDVI has been evident in recent years. Rural areas that had adequate vegetation cover in 2016 have been affected by drought and climate change by 2023. This decline in vegetation cover has led to water resource shortages, reduced agricultural production, and increased economic pressure on rural communities. Furthermore, the decrease in vegetation cover in both maps, especially in 2023, highlights increased pressure on water and soil resources in rural areas. Comparing the NDVI maps of Shiraz County for 2016 and 2023 reveals a trend of declining vegetation cover quality during this period. The results show that even areas that were in better condition in 2016 experienced a reduction in vegetation cover quality by 2023. Therefore, it can be concluded that rural areas with adequate vegetation cover in 2016 have been significantly affected by drought and climate change by 2023.

REFERENCES

References (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]

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.

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)، ۲۸-۲۵. DOI: 10.22111/jneh.2024.49761.2066

ناشر: دانشگاه سیستان و بلوچستان

© بابک اجتماعی.

*- بابک اجتماعی (نویسنده مسئول)

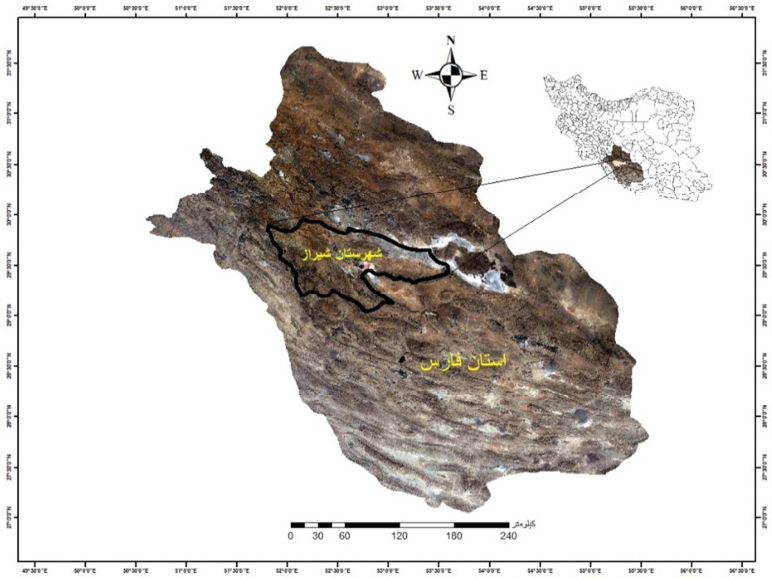
Email: ejtemaei@pnu.ac.ir

مقدمه

یکی از مهم‌ترین پیامدهای خشکسالی، کاهش مقـدار پوشش گیاهی مراتع است. با کاهش پوشش گیاهی، شرایط محیطی برای بروز مشکلات مختلف نظیر فرسایش خـاک، افزایش میزان رواناب سـطحی و خطـر بـروز سـیل و غیـره فراهم می‌شود (زارع خور میزی و همکاران،۱۳۹۶). خشکسالی می‌تواند منجر به اتخاذ تصمیمات و شیوه‌های مدیریتی نامناسب در زمینه تخصیص، مصرف و تأمین آب در شهرها و روستاها گردد (کرمی و همکاران، ۱۳۸۸). بهره‌گیری از شاخص‌های سنجش‌ازدور همچون شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، امکان پایش تغییرات پوشش گیاهی و ارزیابی شدت خشکسالی در مناطق روستایی را فراهم می‌کند.افراد مختلفی در سطح ملی و بین اممللی به بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی پرداخته اند که از جمله می توان به نمازی و همکاران (۱۴۰۳)، خسروی و همکاران (۱۴۰۳) ، وی و همکاران (۲۰۲۲)، فان و همکاران (۲۰۲۳)، لیو (۲۰۲۴)، زهانگ و همکاران (۲۰۲۴)، لیو و همکاران (۲۰۲۳)، وانگ و همکاران (۲۰۲۱)، دینگ و همکاران (۲۰۲۲)، حسین و جیان فنگ (۲۰۲۱) ، سان و همکاران (۲۰۲۴) ، لی و همکاران (۲۰۲۴) شاره کرد . خشکسالی به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین چالش‌های توسعه پایدار روستاهای شهرستان شیراز شناخته می‌شود. مطالعه خشکسالی با استفاده از داده های سنجش از دور 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 تحقیقاتی در این حوزه به‌منظور کاهش آسیب‌های خشکسالی و حفظ معیشت روستاییان شهرستان شیراز ضروری است.

داده‌ها و روش‌ها

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 شهرستان های مرودشت و سپیدان، از شرق به شهرستان های فسا، استهبان و ارسنجان، از جنوب به شهرستان های جهرم و فیروزآباد و از مغرب به شهرستان کازرون محدود است. بازه زمانی مورد بررسی در این پژوهش شامل سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۳ میلادی است.علت اینکه شروع دوره آماری از سال ۲۰۱۶ می باشد بخاطر داده های سنتینل ۲ می باشد.برای ارزیابی خشکسالی، از داده‌های ماهواره‌ای سنجش از دور استفاده شد. به طور خاص، داده‌های ماهواره‌های سنتینل۲به کار گرفته شدند که این داده‌ها از طریق پلتفرم ارث انجین به دست آمدند. کاهش مقدار شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی به‌عنوان نشانه‌ای از وقوع خشکسالی و کاهش سلامت پوشش گیاهی در نظر گرفته 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.



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

نتایج و بحث

به‌طورکلی در سال‌های اخیر، روند کاهش شاخص NDVI مشهود است که نشان‌دهنده افزایش شدت خشکسالی و تأثیرات تغییرات اقلیمی در منطقه است. در نقشه مربوط به ۲۰۱۶، بخش زیادی از شهرستان شیراز، خصوصاً نواحی مرکزی و جنوب غربی، 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 نشان‌دهنده پوشش گیاهی ضعیف است. این نواحی بیشتر در مناطق کوهستانی و شرق شهرستان متمرکز شده‌اند. در نقشه ۲۰۲۳، این مناطق به‌ویژه در نواحی مرکزی و جنوبی شهرستان شیراز، پوشش گیاهی ضعیف در مناطق بیشتری قابل مشاهده است.بطور کلی روستاهای واقع در این مناطق که از سال ۲۰۱۶ به ۲۰۲۳ با افزایش خطر کاهش منابع کشاورزی و تأمین معیشت قرار دارند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان می‌دهد که شهرستان 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. 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 به کمبود منابع آبی، کاهش تولیدات کشاورزی و افزایش فشار اقتصادی بر روستاییان منجر شده است. همچنین کاهش پوشش گیاهی در هر دو نقشه، به‌ویژه در سال ۲۰۲۳، نشان‌دهنده افزایش فشار بر منابع آبی و خاکی در مناطق روستایی 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.نتایج نشان می‌دهد که حتی مناطقی که در سال ۲۰۱۶ از وضعیت بهتری برخوردار بوده‌اند، در سال ۲۰۲۳ با کاهش کیفیت پوشش گیاهی مواجه شده‌اند.لذا می توان گفت که مناطق روستایی که در سال ۲۰۱۶ پوشش گیاهی مناسبی داشته‌اند، در سال ۲۰۲۳ تحت تأثیر خشکسالی و تغییرات اقلیمی قرار گرفته‌اند.

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 سنجش از دور و GIS ایران http//:doi:10.48308/gisj.2023.10339416(1), 81-102

زارع خور میزی، هادی. حسینی، سید زین‌العابدین. 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

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

نمازی, اکبری.معماریان, هادی. اسدالهی (۱۴۰۳). ارزیابی روند خشکسالی و تأثیر آن بر تغییرات پوشش گیاهی شهرستان سرخس. مجله علمی سامانه های 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.