Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Temporal and spatial monitoring of drought using remote sensing technique (case study of Khuzestan province)

Danesh Nasiri[1] | Reza Borna[2]✉ | Manijeh Zahoorian Pardel [3] Kamran Jafarpour Ghalehteimouri[4]

1. PhD student in Meteorology, Department of Geography, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. **Email:** daneshnassiri1351@gmail.com
2. Corresponding author, Associate Professor, Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. **Email:** bornareza@yahoo.com
3. Assistant Professor, Department of Geography, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran. **Email:** Manijeh2002@yahoo.com
4. Environmental Resilience and Sutainability, Malaysia-Japan International Institute of Technology, Universiti Teknologi Malaysia Kuala Lumpur, Jalan Sultan Yahya Petra, Kuala Lumpur & Disaster Preparedness & Prevention Centre, Malaysia-Japan International Institute of Technology, Universiti Teknologi Malaysia Kuala Lumpur, Jalan Sultan Yahya Petra, Kuala Lumpur, Malaysia. **Email:** space.kamran@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received
2023/01/29
Received in revised
2023/04/03
Accepted
2023/04/30
Published
2023/05/07
Published online
2025/12/22

Keywords:
Drought,
MODIS sensor,
SPI and VHI index,
Khuzestan Province.

ABSTRACT

Widespread and frequent droughts in recent decades in Khuzestan province have emerged as a significant challenge for the region. The application of remote sensing products for the temporal and spatial monitoring of drought can play a pivotal role in managing this risk and mitigating its detrimental effects. The primary objective of this research is to develop a remote sensing index for the temporal and spatial monitoring of drought in Khuzestan province and to validate it using meteorological drought indices derived from station data. This study utilizes the vegetation products (MOD13C2) and land surface temperature products (MOD11C3) from the MODIS sensor to create a drought index based on vegetation, referred to as the Vegetation Health Index (VHI). The Standardized Precipitation Index (SPI), which is derived from rainfall data collected at meteorological stations during the statistical period from 2000 to 2012, was employed to evaluate and quantify this index. The comparison between the VHI drought index and the three-month SPI meteorological drought index values revealed a significant correlation ranging from 0.68 to 0.75. The identification of four years characterized by widespread and relatively severe drought in Khuzestan province—specifically 2000, 2005, 2012, and 2015—demonstrated that the spatial distribution patterns of meteorological drought and VHI indicated that the northern regions of the province generally experienced mild to moderate droughts, while the southern regions were predominantly affected by moderate to severe droughts. A spatial correlation matrix, based on 2,500 pixels with dimensions of 5x5 km encompassing VHI and SPI values for the selected drought years, indicated a significant spatial correlation between the two indices. During the widespread drought of 2000, the correlation between the VHI and SPI indices at the provincial level was 0.47; in 2005, it was 0.35; in 2012, it was 0.42; and in 2015, it was 0.40. These correlation values were statistically significant at the 0.95 confidence level (P-value = 0.05). Consequently, the drought index derived from vegetation cover and surface temperature products from the MODIS sensor effectively elucidates the intensity and spatial distribution patterns of drought, both in terms of temporal trends and spatial distribution.

Cite this article: Nasiri, Danesh., Borna, Reza., Zahoorian Pardel, Manijeh., & Jafarpour Ghalehteimouri, Kamran. (2025). Temporal and spatial monitoring of drought using remote sensing technique (case study of Khuzestan province. *Applied Researches in Geographical Sciences*, 25 (79), 152-169. DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.13

© The Author(s). Publisher: Kharazmi University
DOI: http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.13

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Extended Abstract

Introduction

Currently, high spatial resolution and regularly acquired satellite remote sensing data enable accurate and timely monitoring of drought conditions on the Earth's surface. The utilization of these data presents several advantages over traditional methodologies, including increased sampling points, broader geographical coverage, higher temporal resolution, and reduced costs. When integrated with data from meteorological stations, remote sensing sources can serve as a valuable tool in the spatiotemporal monitoring of drought, particularly in agricultural contexts. Such data facilitate the assessment of water deficits experienced by a region due to drought conditions in comparison to long-term averages. In this context, the Vegetation Health Index (VHI) is recognized as a reliable remote sensing indicator for monitoring agricultural droughts. This index is derived from the integration of two vegetation cover indices, the Vegetation Condition Index (VCI) and the Land Surface Temperature Index (TCI), enabling the evaluation of plant health in relation to water stress. Research has demonstrated that the VHI can effectively simulate agricultural droughts and exhibits a strong correlation with meteorological indices such as the Standardized Precipitation Index (SPI).

Satellite remote sensing data, characterized by high spatial resolution and regular temporal coverage, currently facilitate precise and timely monitoring of drought conditions. The application of these data presents several advantages over traditional methodologies, including increased sampling density, broader geographic coverage, enhanced temporal resolution, and reduced costs. These remote sensing resources, when integrated with meteorological station data, serve as a valuable tool for the spatio-temporal monitoring of agricultural droughts. Through these data, it becomes feasible to quantify the water deficit attributable to drought conditions in a region, relative to long-term averages. In this context, the Vegetation Health Index (VHI) emerges as a reliable remote sensing indicator for assessing agricultural droughts. The VHI is derived from the combination of two vegetation cover indices: the Vegetation Condition Index (VCI) and the Temperature Condition Index (TCI), and effectively reflects the health status of plants under water stress. Research has demonstrated that the VHI can accurately simulate agricultural droughts and exhibits a strong correlation with meteorological indices such as the Standardized Precipitation Index (SPI). For instance, a study conducted in the Bavarian region indicated a significant correlation between VHI, soil moisture anomalies, and crop yields. Ultimately, the integration of satellite remote sensing data with meteorological station information can constitute a robust framework for monitoring and managing agricultural droughts. This approach is particularly effective for predicting and mitigating the impacts of drought, especially in arid and semi-arid regions such as Khuzestan Province, where rainfed agriculture predominates.

Materials and Methods

- Data Utilized

This study utilized MODIS satellite data, specifically focusing on vegetation cover products (MOD13C2) and land surface temperature data (MOD11C3), covering the period from 2000 to 2012.

- Indices Employed

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

Journal of Applied Researches in Geographical Sciences
Print ISSN: 2228-7736 Online ISSN: 2588-5138
https://jgs.khu.ac.ir/

Vegetation Health Index (VHI): The VHI integrates the vegetation cover index, represented by the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and the temperature index, represented by Land Surface Temperature (LST). This index serves as a critical tool for monitoring agricultural and meteorological droughts. Standardized Precipitation Index (SPI): The SPI is derived from station-based precipitation data and is employed to assess meteorological droughts across various temporal scales.

- Analytical Methodology

The VHI was computed using MODIS data and subsequently compared to the SPI at a quarterly temporal scale. To evaluate the spatial correlation between these two indices, a correlation matrix was constructed utilizing a sample of 2,500 pixels, each with dimensions of 5×5 km.

Results and Discussion

The analyses revealed a significant correlation between the Vegetation Health Index (VHI) and the Standardized Precipitation Index (SPI), with correlation coefficients ranging from 0.68 to 0.75. The years 2000, 2005, 2012, and 2015 were identified as periods characterized by widespread and relatively severe drought conditions. The spatial distribution of drought indicated that the northern regions of the province predominantly experienced mild to moderate droughts, whereas the southern regions were subjected to moderate to severe droughts. Furthermore, the spatial correlation matrix analysis indicated that during the aforementioned years, the correlations between the VHI and SPI indices were 0.47, 0.35, 0.42, and 0.40, respectively, all of which were statistically significant at the 95% confidence level.

Conclusion

In recent years, Khuzestan Province has encountered significant climatic and environmental challenges, despite its considerable agricultural potential and abundant water resources. The province has been adversely affected by persistent droughts, diminished rainfall, increased evaporation rates, and inadequate management of water resources. These factors have contributed to a decline in agricultural production, rural depopulation, and detrimental impacts on local ecosystems. To address these issues, the application of Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) satellite data, along with drought indices such as the Vegetation Health Index (VHI) and the Standardized Precipitation Index (SPI), has been employed for monitoring and assessing drought conditions in Khuzestan Province. Research indicates a strong correlation between these indices, particularly evident in the years 2000, 2005, 2012, and 2015, where the correlation coefficients between VHI and SPI ranged from approximately 0.42 to 0.47. By identifying periods of severe drought and examining their spatial-temporal patterns, this methodology enables effective monitoring of drought severity and distribution. Such insights are crucial for enhancing water resource management and agricultural strategies, particularly in the context of ongoing climate change and the reduction of available water resources.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی
شاپا چاپی: ۲۲۲۸-۷۷۳۶ شاپا الکترونیکی: ۲۵۸۸-۵۱۳۸
https://jgs.khu.ac.ir/

پایش زمانی مکانی خشکسالی با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور (مطالعه موردی استان خوزستان)

دانش نصیری [۱]، رضا برنا [۲]✉، منیژه ظهوریان پردل [۳] کامران جعفرپور قلعه‌تیموری [۴]

۱. دانشجوی دکتری آب و هواشناسی گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: Daneshnassiri1351@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
رایانامه: Bornareza@yahoo.com

۳. استادیار گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران. رایانامه: Manijeh2002@yahoo.com

۴. موسسه بین‌المللی فناوری مالزی-ژاپن، مقاومت و پایداری زیستی، ، دانشگاه فناوری مالزی، کوالالامپور، jalan Sultan Yahya Petra، کوالالامپور. - مرکز آمادگی و پیشگیری از حوادث، موسسه بین‌المللی فناوری مالزی-ژاپن، دانشگاه فناوری مالزی، کوالالامپور، jalan Sultan Yahya Petra، کوالالامپور space.kamran@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۱/۱۱/۰۹
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۱/۱۴
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۲/۱۰
تاریخ انتشار:
۱۴۰۲/۰۲/۱۷
تاریخ انتشار آنلاین:
۱۴۰۴/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
خشکسالی،
سنجنده MODIS،
شاخص SPI و VHI،
استان خوزستان.

چکیده

خشکسالی‌های فراگیر و پرتکرار طی دهه‌های اخیر در استان خوزستان تبدیل به یکی از مهم‌ترین چالش‌های این استان شده است. هدف اساسی این تحقیق ارائه شاخص سنجش‌ازدوری برای پایش زمانی مکانی خشکسالی در سطح استان خوزستان و اعتبارسنجی آن با استفاده از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی ایستگاهی است. ابتدا با استفاده از محصولات پوشش گیاهی (MOD13C2) و دمای سطح زمین (MOD11C3) سنجنده MODIS، اقدام به تولید شاخص خشکسالی مبتنی بر پوشش گیاهی به نام شاخص سلامت گیاهی VHI گردید. برای ارزیابی و اعتبارسنجی این شاخص از شاخص خشکسالی هواشناسی SPI که مبتنی بر داده‌های بارش ایستگاهی طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، بود استفاده شد. مقایسه شاخص خشکسالی VHI، با مقادیر شاخص خشکسالی هواشناسی SPI سه ماهه بیانگر وجود همبستگی معنی‌داری بین ۰/۶۸ تا ۰/۷۵ بود. با شناسایی ۴ سال با حاکمیت خشکسالی فراگیر و نسبتاً شدید در سطح استان خوزستان (براساس هر دو شاخص VHI و SPI)، که شامل سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۲، ۲۰۱۵، بود، الگوی توزیع فضایی خشکسالی هواشناسی و خشکسالی گیاهی VHI به‌طورکلی بیانگر آن بود که عموماً بخش‌های شمالی استان درگیر خشکسالی‌های خفیف تا متوسط و بخش‌های جنوبی عموماً درگیر خشکسالی‌های متوسط تا شدید بوده‌اند. ماتریس همبستگی فضایی مبتنی بر تعداد ۲۵۰۰ پیکسل با ابعاد ۵*۵ کیلومتری که شامل مقادیر VHI و SPI سال‌های منتخب خشکسالی بودند، بیانگر وجود همبستگی فضایی معنی‌داری بین دو شاخص مذکور بودند. در خشکسالی فراگیر سال ۲۰۰۰، در سطح استان خوزستان، دو شاخص خشکسالی VHI و SPI، همبستگی برابر ۰/۴۷، و در سال ۲۰۰۵، برابر ۰/۳۵ و در سال ۲۰۱۲، برابر ۰/۴۲ و در سال ۲۰۱۵، برابر ۰/۴۰ نشان دادند این مقادیر همبستگی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05)، معنی‌دار بوده است. براین اساس شاخص خشکسالی مبتنی بر محصولات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین سنجنده MODIS می‌تواند به صورت قابل قبولی هم از لحاظ سری زمانی و هم از لحاظ توزیع فضایی شدت و الگوی توزیع خشکسالی را آشکار کند.

استناد: نصیری ، دانش؛ برنا، رضا؛ منیژه ظهوریان پردل، منیژه ؛ و جعفرپور قلعه‌تیموری؛ کامران (۱۴۰۴). پایش زمانی مکانی خشکسالی با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور (مطالعه موردی استان خوزستان)، ۲۵ (۷۹)، ۱۶۹-۱۵۲.

http://dx.doi.org/10.61882/jgs.25.79.13

ناشر: دانشگاه خوارزمی تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

مقدمه

امروزه خشکسالی به‌عنوان یکی از تظاهرات عمده و اصلی تغییرات اقلیمی در ایران تأثیرات گسترده‌ای را در همهٔ ابعاد زندگی جامعه وارد کرده است. در زمینهٔ کشاورزی اعم از زراعت، باغداری، دامداری، زنبورداری و شیلات، تأثیرات خشکسالی ملموس‌تر است. با توجه به اینکه جنوب غرب کشور از جمله استان خوزستان، یکی از قطب‌های تولید محصولات کشاورزی در کشور است، لذا نوسانات سالانهٔ بارش و خشکسالی می‌تواند خسارات قابل‌توجهی را در این زمینه، هم به اقتصاد منطقه و هم به امنیت غذایی کل کشور وارد کند. استان خوزستان یکی از پرظرفیت‌ترین استان‌های کشور از لحاظ کشاورزی به شمار می‌رود، به‌طوری‌که براساس گزارش وزارت جهاد کشاورزی، در طی ۵ سال اخیر استان خوزستان در زمینه حجم تولید محصولات کشاورزی (بین ۱۳ تا ۱۵ میلیون تن محصول زراعی باغی در سال)، رتبه نخست تولیدات محصولات کشاورزی را داشته است. این کشاورزی عظیم استان خوزستان، روند تشدید تغییرات کاربری اراضی استان را می‌تواند به دنبال داشته باشد (بارونیان و همکاران،۱۴۰۰: ۱۰۱).

بخش کشاورزی به دلیل ارتباط مستقیم و بدون واسطه‌ای که با شرایط اقلیمی دارد، به صورت مستقیم از پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم و خشکسالی متأثر می‌گردد. تنش‌های آبی ناشی از آنومالی بارش بر عملکرد محصولات کشاورزی به صورت قابل‌توجهی تأثیر گذاشته و نوسانات قابل‌توجهی در عملکرد سالانه محصولات ایجاد می‌کند. خشکسالی‌های کشاورزی نتیجه کمبود رطوبت خاک می‌باشد که براثر به هم خوردن تعادل میان تأمین آب و هدررفت آن از طریق تبخیر و تعرق به وجود می‌آید (ویلی[1] و همکاران،۲۰۱۲: ۲۹۲).

خشکسالی کشاورزی زمانی به وجود می‌آید که در فاصله بین دو بارندگی ذخیره رطوبتی منطقه ریشه در خاک برای زنده ماندن محصولات کشاورزی و گیاهان طبیعی و مراتع کفایت نکند. این وضعیت معمولاً در اثر نبود و یا کمبود جریان رطوبت برای تغذیه منطقه ریشه (خشکسالی خاک) و یا زمانی که رطوبت نسبی هوا به اندازه‌ای کم است که رطوبت موجود خاک قادر به جبران میزان هدررفت رطوبت براثر تبخیر و تعرق نبوده (خشکسالی جوی)، رخ می‌دهد. به‌عبارت دیگر این نوع از خشکسالی زمانی روی می‌دهد که رطوبت قابل‌دسترس خاک برای محصولات کشاورزی به سطحی برسد که باعث پژمردگی گیاه و اثرات زیان‌بار بر روی میزان تولید محصول گردد (سیواکومار[2] و همکاران،۲۰۱۱: ۱۲۱). در نهایت در آخرین مرحله پیامدهای اقتصادی و اجتماعی خشکسالی که عبارت است از کاهش قدرت اقتصادی خانوارهای وابسته به کشاورزی و بیکاری نیروی کار این بخش، مهاجرت خانوارهای روستایی، افزایش حاشیه نشینی در شهرها و سایر تبعات اجتماعی دیگر اشاره کرد. یکی از مهم‌ترین پیامدهای خشکسالی در مناطقی که غالب کشاورزی دیم است، کاهش مقدار پوشش گیاهی است. با کاهش پوشش گیاهی، شرایط محیطی برای بروز مشکلات مختلف نظیر فرسایش خاک، افزایش میزان رواناب سطحی و خطر بروز سیل و ... فراهم می‌شود. بر این اساس، ارزیابی اثرات خشکسالی بر روی پوشش گیاهی از اهمیت زیادی برخوردار است. آثار پدیده خشکسالی بر روی پوشش‌گیاهی، به صورت تدریجی ظاهر می‌شود (میرموسوی، ۱۳۹۲: ۷۱).

پوشش‌گیاهی بخش بسیار حساسی از اکوسیستم در برابر تغییرات آب و هوایی است. هم فصل رشد و هم مقدار کل پوشش‌گیاهی که در کنار هم پویایی پوشش‌گیاهی نامیده می‌شوند، به شدت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار دارند (تنکابیل[3] و همکاران،۲۰۰۴: ۱۱۱). در حال حاضر تصاویر ماهواره‌ای به‌طور منظم و با قدرت تفکیک مکانی بالا، از سطح زمین تهیه می‌شوند و می‌توانند شرایط نظم و گستردگی فضایی را فراهم کنند. از مزایای استفاده از سنجش‌ازدور نسبت به روش‌های هواشناسی، می‌توان به افزایش نقاط نمونه‌برداری، سطح پوشش وسیع‌تر، قدرت تفکیک زمانی بالاتر و هزینه‌ی کمتر اشاره کرد (وایلی[4]،۲۰۱۷: ۲۷۲).

[1]. Woli
[2]. Sivakumar
[3]. Thenkabail
[4]. Wylie

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

داده‌های سنجش‌ازدور ماهواره‌ای که از قابلیت‌های خوب مکانی و زمانی برخوردار هستند، می‌توانند به‌عنوان ابزار مناسبی در پایش مکانی – زمانی خشک‌سالی خصوصاً از نوع کشاورزی نقش ایفا نمایند. این منابع سنجش‌ازدوری در کنار داده‌های ایستگاهی هواشناسی قابلیت پایش زمانی مکانی دقیق‌تر رخداد خشک‌سالی را به دست می‌دهند. بعد از آگاهی دقیق و به‌روز از توزیع فضایی خشک‌سالی و شدت و ضعف آن در مناطق مختلف کشور، می‌توان میزان کم‌آبی که به‌واسطه خشک‌سالی نسبت به میانگین بلندمدت بر منطقه تحمیل شده است، با استفاده از این داده‌های ایستگاهی و داده‌های سنجش‌ازدوری محاسبه نمود. موکرجی[5] و همکاران (۲۰۱۴) به منظور پایش SPI و VHI خشکسالی منطقهٔ چتیسگر هند از شاخص‌های NDVI و شاخص NOAA-AVHRR تصاویر GVI تصاویر سنجندهٔ مودیس در طول سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۲ استفاده کردند.

نتایج این مطالعه نشان داد که شرایط خشکسالی شدید در چتیسگر در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ به‌طور عمده وجود داشته است. همچنین نتایج SPI نشان داد که همبستگی زیادی بین NDVI و شاخص SPI، همبستگی ضعیفی بین، VHIو شاخص SPI وجود دارد که این شاخص‌ها را برای مطالعهٔ پایش خشکسالی مناسب می‌کند. آیولیا و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهشی به بررسی خشکسالی با استفاده از تصاویر مودیس و شاخص گیاهی بارز شده (EVI) طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۵ پرداختند.

نتایج نشان داد این شاخص به خوبی می‌تواند پاسخ پوشش گیاهی به پدیده خشکسالی را نشان دهد. همچنین مقادیر این شاخص با شاخص بارش- تبخیر و تعرق استاندارد شده (SPEI) مقایسه شد. نتایج نشان داد که همبستگی خوبی بین هر دو شاخص وجود دارد. جیانگ و همکاران[6] (۲۰۱۸) در بررسی ارتباط بین خشکسالی و پوشش گیاهی (شاخص پوشش گیاهی NDVI) در چین طی دوره ۱۹۸۲-۲۰۱۳ با استفاده از شاخص تبخیر و تعرق- بارش استاندارد به این نتیجه رسیدند که شاخص NDVI در سال‌های متفاوت موردمطالعه دچار نوسان بوده و به‌صورت کلی به علت داشتن آب‌های سطح الارضی، این شاخص افزایش نشان می‌دهد و بین شاخص پوشش گیاهی و بارش-تبخیر استاندارد نیز همبستگی بالایی وجود دارد.

مایرون اندرسون و همکاران (۲۰۲۰) برای توصیف و پایش خشکسالی هواشناسی با هدف ارزیابی عملکرد شاخص استاندارد بارش (SPI) و با استفاده از داده‌های بارندگی برآورد شده سنجش‌ازدور در نظارت بر خشکسالی هواشناسی در منطقه آمازون در برزیل انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که شاخص SPI به عنوان بهترین شاخص توصیه شده توسط سازمان جهانی هواشناسی بر دیگر شاخص‌ها مزیت دارد و رابطه بین وقایع خشکسالی تشخیص داده شده توسط SPI و کاهش تولید غلات که در شرایط دیم رخ می‌دهد یک رابطه درست می‌باشد.

زارع خورمیزی و همکاران (۱۳۹۶) به مطالعه پایش خشکسالی و تأثیر آن بر پوشش گیاهی با استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور در استان یزد در سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۴ پرداختند. نتایج نشان داد که پهنه‌بندی شاخص‌های خشکسالی، در سال‌های آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ و ۲۰۰۸-۲۰۰۷ استان یزد در وضعیت خشکسالی شدید قرار داشته است. ارزیابی نتایج همبستگی پوشش‌های‌گیاهی مختلف استان یزد با شاخص‌های خشکسالی نشان داد جنگل‌های نیمه انبوه، مناطق بیشه‌زار و درختچه‌زار و مراتع بیشترین و جنگل‌های در دست کاشت و مناطق زراعی و باغات کمترین تأثیرپذیری را نسبت به خشکسالی داشته‌اند.

زرگران و همکاران (۱۳۹۸) به مطالعه روزانه تأثیر خشکسالی بر پوشش‌گیاهی با استفاده از داده‌های بارش شبکه INTERIMو تصاویر سنجنده MODIS در استان کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد که همبستگی قوی و معنی‌داری بین تغییرات بارندگی داده‌های INTERIM و نمایه NDVI در سه کاربری وجود دارد. دوره‌های تجمیع دارای بیشینه همبستگی با پوشش گیاهی در محاسبه شاخص خشکسالی مؤثر[7] (EDI) استفاده شد، اما همبستگی بین NDVI و EDI در سه کاربری منتخب، منفی بود. موغلی (۱۳۹۹) به مطالعه پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS پرداخت. نتایج این مطالعه نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های موجود در سال‌های

[5]. Mukherjee
[6]. Jiang et al
[7]. Effective Drought Index

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

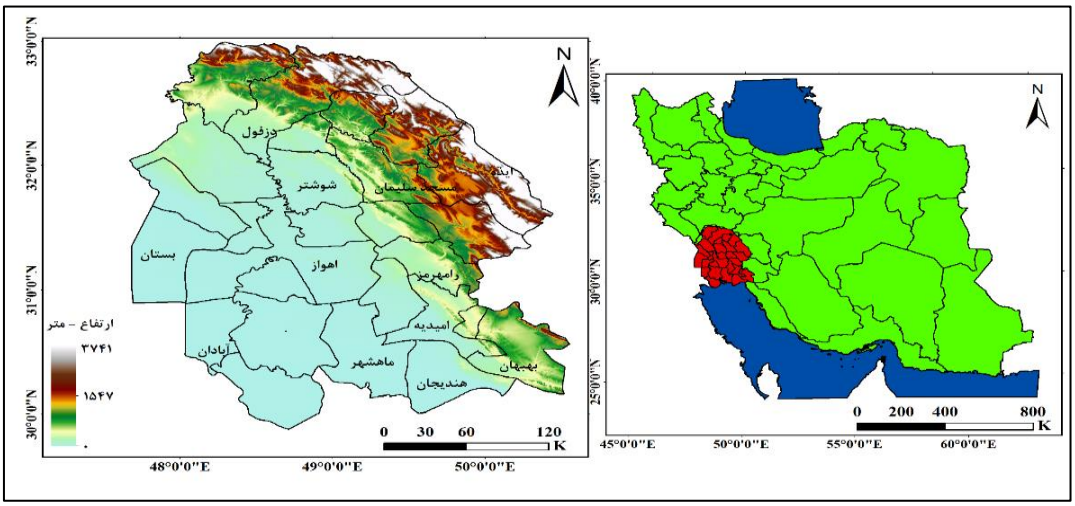
۲۰۰۱ ، ۲۰۰۳ ، ۲۰۰۵ ، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۳ خشکسالی ضعیف تا شدید رخداده است. همچنین در سال‌های ۲۰۰۹ و ۲۰۱۴ دوره ترسالی در منطقه اتفاق افتاده است. در ابتدا، شاخص SPI برای سه ایستگاه هواشناسی طی سال‌های ۲۰۱۵ – ۲۰۰۱ محاسبه گردید و در مرحله بعد بر اساس تصاویر گرفته شده از MODIS در ماه‌های اکتبر، اگوست، سپتامبر شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی NDVI محاسبه شد. سپس همبستگی بین شاخص‌های هواشناسی و پوشش گیاهی در طی دوره آماری برای سال‌های خشک و تر گرفته شد نتایج نشان داد شاخص NDVI بیشترین همبستگی را در ایستگاه درودزن نسبت به تغییرات خشکسالی داشته است.

نوابی و همکاران (۱۴۰۰) به ارزیابی پایش خشکسالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های مختلف بر اساس داده‌های زمینی و سنجش‌ازدور، مطالعه موردی: حوزه آبخیز دریاچه ارومیه پرداختند نتایج این مطالعه نشان داد که نمایه سنجش‌ازدور از دقت خوبی در برآورد پراکندگی مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی برخوردار است، به‌طوری‌که ضریب همبستگی بین نمایه VHI و SPI برابر ۰/۸۶ به دست آمد که نشان دهنده تطابق این شاخص با شاخص هواشناسی SPI می‌باشد. هدف اساسی این تحقیق ارائه یک شاخص سنجش‌ازدوری برای پایش زمانی مکانی خشکسالی در سطح استان خوزستان است. این شاخص خشکسالی مبتنی بر محصولات پوشش گیاهی سنجنده MODIS و بوده و براساس شاخص خشکسالی هواشناسی مبتنی بر بارش‌های ایستگاهی اعتبارسنجی می‌شود.

روش تحقیق

منطقه موردمطالعه

موقعیت موردمطالعه این تحقیق استان خوزستان است که از لحاظ مخاطرات محیطی یکی از پرچالش‌ترین استان‌های کشور به شمار می‌رود. این استان با مساحتی حدود ۶/۵ میلیون هکتار، حدود ۴ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص داده است. این استان یکی از پرآب‌ترین استان‌های کشور بوده و درعین‌حال از لحاظ منابع آب با مشکلات متعددی روبرو است. این مشکلات هم در کیفیت و هم در کمیت منابع آب و به صورت سلسله مراتبی در عملکرد محصولات کشاورزی، صنایع و شبکه‌های انتقال انرژی، کیفیت هوای شهرها قابل‌ردیابی است. با توجه به اینکه این استان در واقع بخش پایین دست حوضه آبریز زاگرس است، رژیم‌های بارشی در پهنه زاگرس، تأثیر قابل‌توجهی در منابع آب سطحی این استان دارند. بخش‌های وسیعی از غرب و مرکز استان کم ارتفاع و هموار است و از لحاظ زهکشی منابع آب با محدودیت روبرو می‌باشد در حالی که بخش‌های شرقی و شمال شرق استان دارای توپوگرافی متنوعی بوده ارتفاع آن از ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر تناوب دارد.



شکل (۱). موقعیت منطقه موردمطالعه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

داده و روش کار

در این تحقیق به‌طورکلی از دو دسته داده استفاده شد. دسته اول داده‌های مربوط به محصولات سنجش‌ازدوری سنجنده MODIS است. دو محصول سنجنده MODIS یعنی پوشش گیاهی[8] و دمای سطح زمین[9] در مقیاس ماهانه برای تولید شاخص خشکسالی پوشش‌گیاهی. این داده‌ها از پایگاه محصولات سنجنده MODIS، به آدرس https://modis.gsfc.nasa.gov/ با فرمت داده‌های سلسله مراتبی HDF اخذ می‌شود. این داده‌ها دارای سیستم تصویر سینوسیدال بوده و با توجه به اینکه یک مرحله پردازش روی آن‌ها صورت گرفته و تبدیل به محصول یا Product شده‌اند، لذا نیازی به تصحیحات اتمسفری، هندسی و رادیومتریک و ژئورفرنس ندارند. با توجه به اینکه استان خوزستان در یک بلوک تصویربرداری سنجندهٔ MODIS یعنی بلوک تصویری H22V05، قرار گرفته است. لذا برای هر سال ۳ تصویر از دو محصول پوشش گیاهی و دمای سطح زمین اخذ شد. این تصاویر به صورت محصولات میانگین ماهانه ماه‌های نوامبر، فوریه و می (نماینده سه فصل =پاییز، زمستان و بهار) هرسال اخذ گردید. در مجموع طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، تعداد ۱۲۰ محصول پوشش گیاهی و دمای سطح زمین اخذ گردید (هر سال ۶ محصول دمای سطح زمین و پوشش گیاهی طی یک دوره ۲۰ ساله). از طرف دیگر، برای ایجاد شاخص خشکسالی هواشناسی مبتنی بر بارش، از داده‌های بارش ایستگاهی طی همان دوره ۲۰۰۰-۲۰۲۰، برای ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان که دارای دوره آماری مشترک بودند، استفاده گردید.

جدول (۱). داده‌های مورداستفاده در تحقیق

نام داده	منبع اخذ	دوره آماری	نام محصول	رزولوشن فضایی	تعداد
دمای سطح زمین	MODIS-web	۲۰۲۰-۲۰۰۰	MOD11C3	۵ کیلومتر	۶۰ تصویر
پوشش گیاهی	MODIS-web	۲۰۲۰-۲۰۰۰	MOD13C2	۵ کیلومتر	۶۰ تصویر
بارش ایستگاهی	سازمان هواشناسی	۲۰۲۰-۲۰۰۰		ایستگاهی- مقیاس ماهانه	

تولید شاخص خشکسالی پوشش گیاهی مبتنی بر محصولات سنجنده MODIS

شاخص خشکسالی کشاورزی در این تحقیق براساس دو محصول پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) سنجنده مادیس است. شاخص خشکسالی گیاهی که به شاخص سلامت گیاهی VHI[10] (کارنیلی[11] و همکاران،۲۰۰۶: ۲۰۲۱) معروف است، در واقع به‌عنوان شاخص خشکسالی کشاورزی در نظر گرفته شده است. این شاخص میزان تنش خشکی را در پوشش گیاهی در طی دوره رشد گیاه براساس دو شاخص NDVI و LST به دست می‌دهد. از این شاخص برای تولید نقشه‌های خشکسالی کشاورزی به صورت فصلی استفاده خواهد شد. شاخص خشکسالی گیاهی سنجنده MODIS طی ۳ گام اصلی ایجاد خواهد شد. در گام اول شاخص وضعیت گیاهی (VCI)[12] با استفاده از محصول پوشش گیاهی MOD13C2 ساخته می‌شود رابطه (۱).

رابطه (۱) شاخص وضعیت گیاهی:

$$\boldsymbol{VCI} = \mathbf{100} \times \frac{(NDVI - NDVI_{min})}{NDVI_{max} - NDVI_{min}}$$

که در این رابطه مقادیر کمینه و بیشینه آماری طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ محاسبه می‌شود.

[8]. Vegetation Index
[9]. Land Surface Temperature (LST)
[10]. Vegetation Helath Index(VHI)
[11]. Karnieli
[12]. Vegetation Condition Index(VCI)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

در گام دوم شاخص وضعیت دمایی (TCI[13]) در سطح استان خوزستان با استفاده از محصول دمایی سنجنده MODIS یعنی محصول MOD11C3 تولید گردید رابطه (۲):

رابطه (۲) شاخص وضعیت دمایی

$$TCI = 100 \times \frac{(T_{max} - T)}{T_{max} - T_{min}}$$

که در این رابطه مقادیر کمینه و بیشینه آماری طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ محاسبه می‌شود.

در نهایت شاخص خشکسالی گیاهی که می‌توان آن را به عنوان شاخص خشکسالی کشاورزی دیم نیز در نظر گرفت به صورت رابطه (۳) به دست می‌آید:

رابطه (۳) شاخص خشکسالی گیاهی سنجنده MODIS

$$VHI = 0.5 \times (VCI + TCI)$$

در جدول (۲) آستانه‌های شاخص خشکسالی گیاهی تولید شده سنجنده MODIS ارائه شده است.

جدول (۲). طبقه‌بندی آستانه خشکسالی کشاورزی شاخص سنجش‌ازدوری VHI14

طبقه خشکسالی گیاهی	آستانه شاخص VHI
خشکسالی بحرانی	VHI< 15
خشکسالی شدید	15<VHI<25
خشکسالی متوسط	25<VHI<35
خشکسالی خفیف	35<VHI<45
فاقد خشکسالی	VHI> 45

شاخص خشکسالی هواشناسی

برای تولید شاخص خشکسالی هواشناسی از داده مربوط به بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، برای محاسبه شاخص بارش استاندارد شده[15] به عنوانی یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین شاخص‌های پایش و آشکارسازی خشکسالی استفاده گردید.

جدول (۳). مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب خوزستان (سازمان هواشناسی، ۱۳۹۹)

نام ایستگاه	ارتفاع (M)	سال تأسیس	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
آبادان	۶/۶	۱۳۳۰	۴۸۱۵	۳۰۲۲
امیدیه	۳۴/۹	۱۳۴۰	۴۹۳۹	۳۰۴۶
اهواز	۲۲/۵	۱۳۳۰	۴۸۴۰	۳۱۲۰
ایذه	۷۶۴	۱۳۵۸	۴۹۵۲	۳۱۵۱
بستان	۷/۸	۱۳۴۰	۴۸۰۰	۳۱۴۳
بندرماهشهر	۶/۲	۱۳۴۰	۴۹۰۹	۳۰۳۳

[13]. Temperature Condition Index(TCI)
[14]. http://ons.ana.gob.pe:8080/maproom/Monitoring/NDVI/VHI.html?Set-Language=en
[15]. Standard Precipitation Index (SPI)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

بهبهان	۳۱۳	۱۳۴۳	۵۰۱۴	۳۰۳۶
دزفول	۱۴۳	۱۳۳۹	۴۸۲۳	۳۲۲۴
رامهرمز	۱۵۰/۵	۱۳۴۰	۴۹۳۶	۳۱۱۶
شوشتر	۶۷	۱۳۲۹	۴۸۵۰	۳۲۰۳
مسجدسلیمان	۳۲۰/۵	۱۳۴۰	۴۹۱۷	۳۱۵۶
هندیجان	۳	۱۳۸۰	۴۹۷۱	۳۰۲۵

جهت محاسبه شاخص SPI از توزیع گاما برای برازش داده‌های بلندمدت بارش استفاده می‌شود.G(X) احتمالات تجمعی گاما است که از رابطه (۴) به دست می‌آید

رابطه (۴)

$$G(x) = \frac{1}{\beta^{x}\Gamma(\alpha)}\int_{1}^{x} x^{\alpha-1}{}_{\varepsilon}{}^{\frac{-x}{\beta}}$$

که در این معادله α و βمقدار بهینه α (پارامتر شکل) و β (پارامتر مقیاس)، X مقدار بارندگی و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاما می‌باشد. پارامترهای توزیع چگالی احتمال گاما از داده‌های نمونه با روش درست نمایی حداکثر برای هر ایستگاه و برای مقیاس زمانی انتخابی و بر هر ماه از سال برآورد می‌شود. طبقات مختلف خشکسالی و ترسالی در شاخص مذکور با استفاده از مقادیر به دست آمده از SPI که بین ۲- و ۲+ می‌باشد به دست می‌آید. در این روش، دوره خشکسالی زمانی شروع می‌شود که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱ - یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت شود. مقدار مثبت SPI نشان دهنده بارندگی بیش از بارندگی میانه و مقدار منفی حالت عکس آن است (مک کی[16]، ۱۹۹۳) با توجه به ارزش حاصل از این شاخص و با توجه به خصوصیات شاخص و زمان وقوع آن، شدت دوره‌های خشک را به صورت جدول (۴) طبقه‌بندی کردند.

جدول (۴). طبقات شدت دوره‌های خشک براساس مقادیر SPI (مک کی، ۱۹۹۳: ۱۸۰)

وضعیت	مقدار SPI
فرامرطوب	۲
بسیار مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
نسبتاً مرطوب	۱ تا ۱/۴۹
نزدیک نرمال	۰/۹۹- تا ۰/۹۹
نسبتاً خشک	۱- تا ۱/۴۹-
بسیار خشک	۱/۵- تا ۱/۹۹-
فراخشک	۲-

ارزیابی کارایی شاخص‌های خشکسالی کشاورزی در سطح استان خوزستان

در این بخش برای اعتبارسنجی شاخص خشکسالی سنجش‌ازدوری سنجنده MODIS یعنی شاخص VHI، براساس شاخص بارش استاندارد شده، از تحلیل همبستگی زمانی و سپس تحلیل همبستگی فضایی استفاده می‌شود. تحلیل همبستگی سری زمانی در مقیاس فصلی، براساس یک دوره آماری ۲۱ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰) انجام می‌گیرد. از مدل همبستگی پیرسون در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P-value = 0.05)، برای تحلیل ارتباط سری زمانی ۲۰ ساله دو شاخص VHI و SPI استفاده گردید. از طرف دیگر، برای آشکارسازی همبستگی فضایی یا اعتبارسنجی فضایی شاخص خشکسالی سنجش‌ازدوری VHI، براساس

[16]. MacKee

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

شاخص SPI سه کیس از خشکسالی‌های پوشش گیاهی آشکار شده، انتخاب و همبستگی فضایی آن براساس توزیع فضایی شاخص SPI در سطح استان خوزستان انجام می‌گیرد. مدل همبستگی پیرسون در رابطه (۵) ارائه شده است:

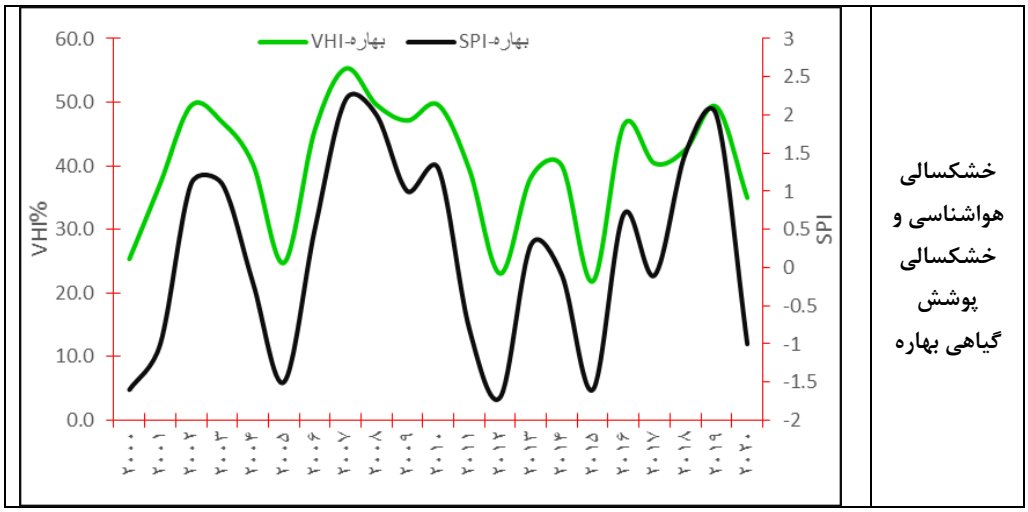
رابطه (۵)

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

متغیرهای این رابطه یعنی X و Y مقادیر مربوط به شاخص VHI و SPI هرکدام از پیکسل‌های ۵ کیلومتری هستند. همان‌طور که مشاهده می‌گردد، این رابطه مبتنی بر کواریانس مقادیر VHI و SPI است.

نتایج

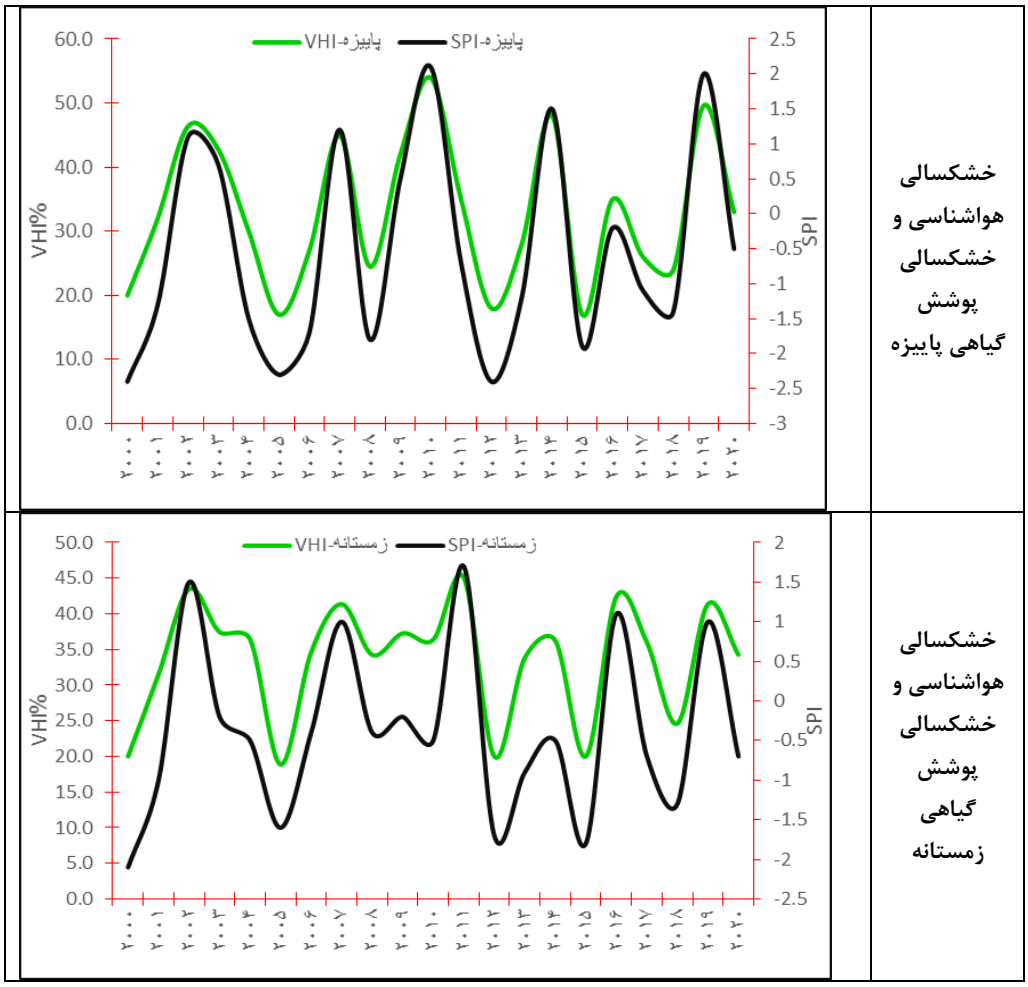
در شکل (۲) روند سری زمانی شاخص‌های خشکسالی گیاهی VHI مستخرج از محصول پوشش گیاهی (MOD13C2) و دمای سطح زمین (MOD11C3) سنجنده MODIS برای میانگین فضایی استان خوزستان و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI براساس میانگین ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در مقیاس فصلی طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ ارائه شده است. همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود، یک هماهنگی زمانی نسبتاً مناسبی بین تغییرات سالانه شاخص خشکسالی هواشناسی بارش استاندارد شده SPI و شاخص خشکسالی گیاهی مبتنی بر محصولات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین سنجنده MODIS برقرار است. همان‌طور که در این اشکال ۲۰ ساله دیده می‌شود، سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵، سال‌هایی بوده است که بر اساس هر دو شاخص خشکسالی، یعنی شاخص سنجش‌ازدوری VHI و شاخص ایستگاهیSPI در سطح استان خوزستان خشکسالی فراگیر و نسبتاً شدید حاکم بوده است. در سال ۲۰۰۰ شاخص خشکسالی هواشناسی SPI ۳ ماهه که مبتنی بر بارش‌های ایستگاه‌های استان طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ بود، در فصل بهار برابر ۱/۶- و در فصول پاییز و زمستان کمتر از ۲- رسیده است که آستانه خشکسالی شدید است. در همین سال میانگین فضایی شاخص خشکسالی پوشش گیاهی VHI مستخرج از دو محصول LST و NDVI سنجنده MODIS، در فصل بهار برابر ۲۵ درصد در دو فصل پاییز و زمستان برابر ۲۰ درصد بوده است که گویای خشکسالی شدید در سطح استان است. در سال ۲۰۰۵، نیز هر دو شاخص SPI و VHI، خشکسالی نسبتاً شدید و فراگیر را در سطح استان خوزستان مشابه سال ۲۰۰۰ نشان داده‌اند. در سال‌های ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ نیز این دو شاخص به صورت هم‌زمان خشکسالی فراگیر و نسبتاً شدید را در سطح استان شناسایی کرده‌اند.



خشکسالی هواشناسی و خشکسالی پوشش گیاهی بهاره

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]



شکل (۲). روند سری زمانی شاخص‌های خشکسالی گیاهی VHI برای میانگین فضایی استان خوزستان و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI براساس میانگین ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در مقیاس فصلی طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰

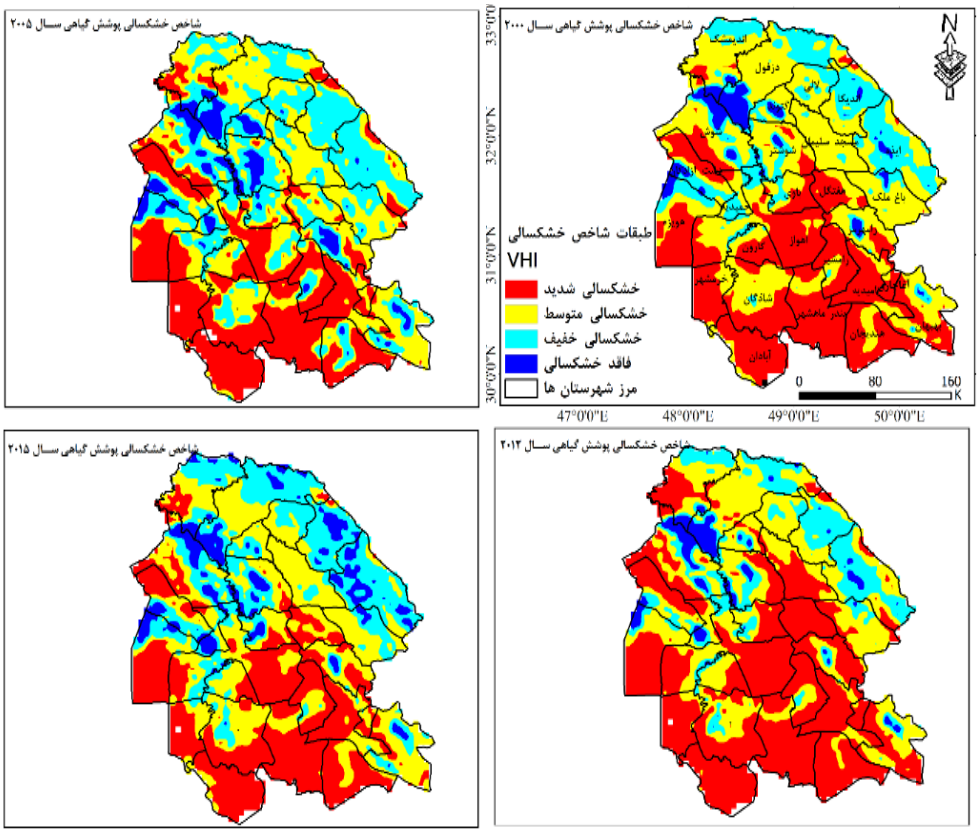
در جدول (۵) ماتریس همبستگی بین سری زمانی شاخص خشکسالی گیاهی VHI برای میانگین فضایی استان خوزستان و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI براساس میانگین ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در مقیاس فصلی طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ ارائه شده است. همان‌طور که در این ماتریس دیده می‌شود، همبستگی بین شاخص VHI بهاره با شاخص خشکسالی هواشناسی SPI ۳ ماهه فصل بهار، برابر ۰/۷۵ بوده است که این میزان همبستگی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05)، معنی‌دار بوده است. این همبستگی برای دو فصل پاییز و زمستان به ترتیب برابر ۰/۷۰ و ۰/۶۸ بوده است.

جدول (۵). ماتریس همبستگی بین سری زمانی ۲۰ ساله شاخص خشکسالی گیاهی VHI برای میانگین فضایی استان خوزستان و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI براساس میانگین ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان در مقیاس فصلی طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05)

همبستگی	ضریب همبستگی-R	آماره معنی‌دار Sig در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P-value=0.05)
VHI#SPI بهاره	۰/۷۵	۰/۰۰
VHI#SPI پاییزه	۰/۷۰	۰/۰۰
VHI#SPI زمستانه	۰/۶۸	۰/۰۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

نتایج حاصل از بررسی همبستگی سری زمانی خشکسالی گیاهی VHI و خشکسالی هواشناسی مبتنی بر بارش‌های ایستگاهی استان خوزستان در مقیاس فصلی طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، بیانگر آن بود که اولاً همبستگی معنی‌دار و قابل‌توجهی بین این دو شاخص خشکسالی وجود داشت و دوماً طی دوره آماری موردبررسی ۴ سال با حاکمیت خشکسالی شدید و فراگیر در سطح استان براساس هر دو شاخص آشکار گردید. سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵، به عنوان سال‌هایی تشخیص داده شد که در سطح استان خشکسالی نسبتاً شدید و فراگیر حاکم بوده است. در این بخش برای بررسی و اعتبار سنجی شاخص خشکسالی گیاهی VHI که از محصولات سنجنده MODIS استخراج شد، نسبت به شاخص خشکسالی هواشناسی SPI که مبتنی بر داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰، بود، اقدام به ارائه نقشه‌های پهنه‌بندی این دو شاخص خشکسالی طی ۴ سال ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵، می‌گردد. همان‌طور که در شکل (۳) دیده می‌شود، توزیع فضایی شاخص خشکسالی VHI، در سطح استان خوزستان در سال‌هایی که خشکسالی فراگیر حاکم بوده است، ارائه شده است. براساس این نقشه‌ها در همه سال‌های خشکسالی فراگیر، الگوی توزیع فضایی خشکسالی پوشش گیاهی به این صورت بوده است که بخش‌های جنوب و جنوب غرب استان و نیز بخش‌های مرکزی استان عموماً درگیر خشکسالی شدید، بخش‌های شمالی و شمال شرق استان عموماً درگیر خشکسالی خفیف تا متوسط بوده است.

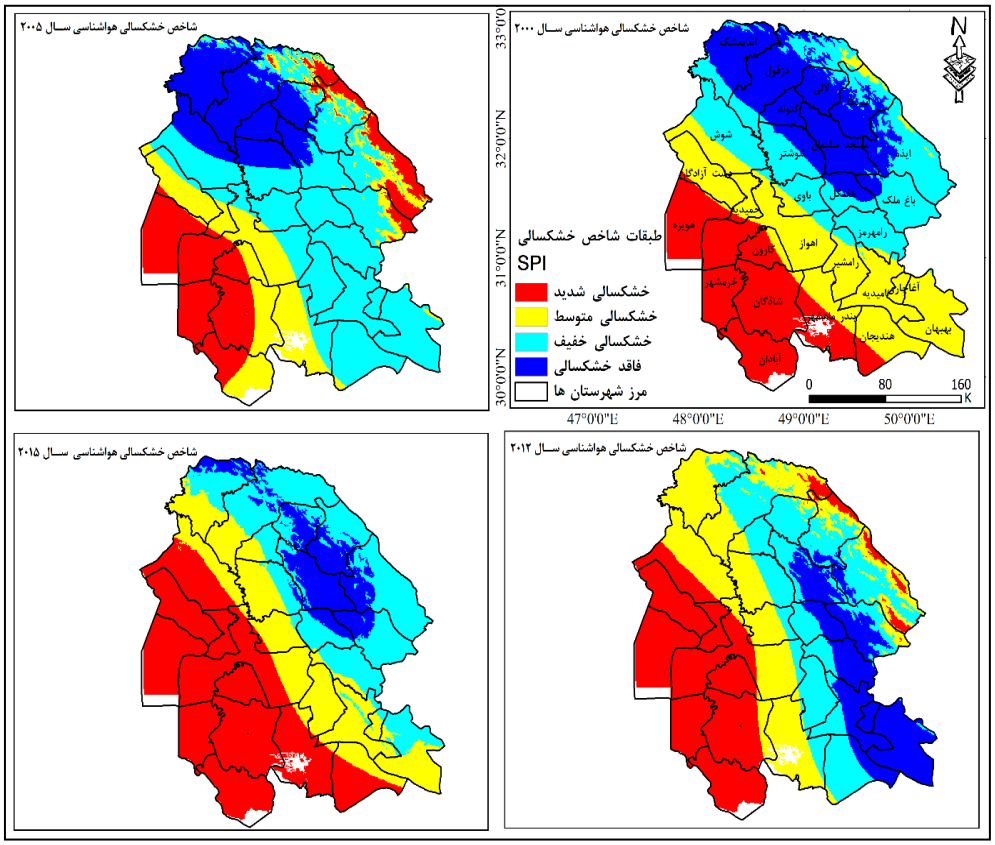


شکل (۳) توزیع فضایی شاخص خشکسالی پوشش گیاهی VHI مستخرج از محصول پوشش گیاهی (MOD13C2) و دمای سطح زمین (MOD11C3) سنجنده MODIS برای ۴ سال با حاکمیت خشکسالی فراگیر متوسط تا شدید در سطح استان خوزستان

در کنار تولید نقشه‌های توزیع فضایی شاخص خشکسالی VHI در سطح استان خوزستان، توزیع فضایی شاخص خشکسالی هواشناسی SPI نیز براساس داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان، به صورت نقشه‌های شکل (۴) تولید گردید. الگوی توزیع فضایی شاخص خشکسالی SPI نیز تا حدودی مشابه توزیع فضایی شاخص خشکسالی VHI

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

می‌باشد. همان‌طور که در این نقشه‌ها مشخص است، عموماً بخش‌های جنوبی و جنوب غرب استان، در طبقه خشکسالی شدید قرار گرفته است در حالی که بخش‌های شمالی استان درگیر خشکسالی‌های خفیف تا متوسط است.



شکل (۴) توزیع فضایی شاخص خشکسالی هواشناسی بارش استاندارد شده SPI سه ماهه، مستخرج از داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان برای ۴ سال با حاکمیت خشکسالی فراگیر متوسط تا شدید در سطح استان خوزستان

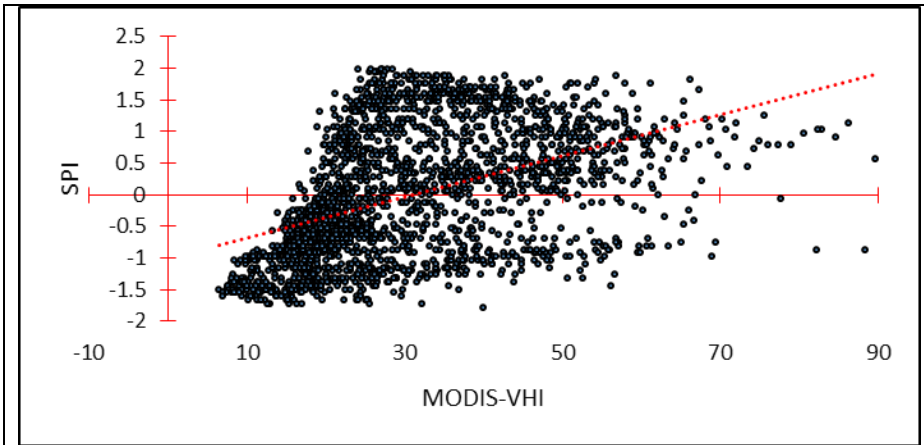
برای آشکارسازی ارتباط بین توزیع فضایی دو شاخص خشکسالی VHI و SPI در سطح استان خوزستان، از ماتریس همبستگی فضایی مبتنی بر پیکسل‌های ۵ کیلومتری استفاده شد. بر این اساس همبستگی استخراج شده از تعداد ۲۵۰۰ پیکسل با ابعاد ۵ کیلومتری (۵*۵ کیلومتری) استفاده شد. ماتریس همبستگی فضایی پیکسل‌های حاوی مقادیر VHI و SPI برای ۴ سال آشکار شده با حاکمیت خشکسالی فراگیر در سطح استان خوزستان به صورت جدول (۶) ارائه شده است. همان‌طور که در این ماتریس همبستگی فضایی دیده می‌شود، در سال ۲۰۰۰، ضریب همبستگی بین شاخص VHI و SPI در سطح استان خوزستان برابر ۰/۴۷، در سال ۲۰۰۵، برابر ۰/۳۳ در سال ۲۰۱۲، برابر ۰/۴۱ و در سال ۲۰۱۵ برابر ۰/۴۰ بوده است. همه این ضرایب همبستگی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05) معنی‌دار بوده است.

جدول (۶). ماتریس همبستگی فضایی بین شاخص خشکسالی گیاهی VHI و شاخص خشکسالی هواشناسی SPI براساس تعداد ۲۵۰۰ پیکسل با ابعاد ۵*۵ کیلومتری در سطح استان خوزستان طی ۴ سال با حاکمیت خشکسالی متوسط تا شدید در سطح استان

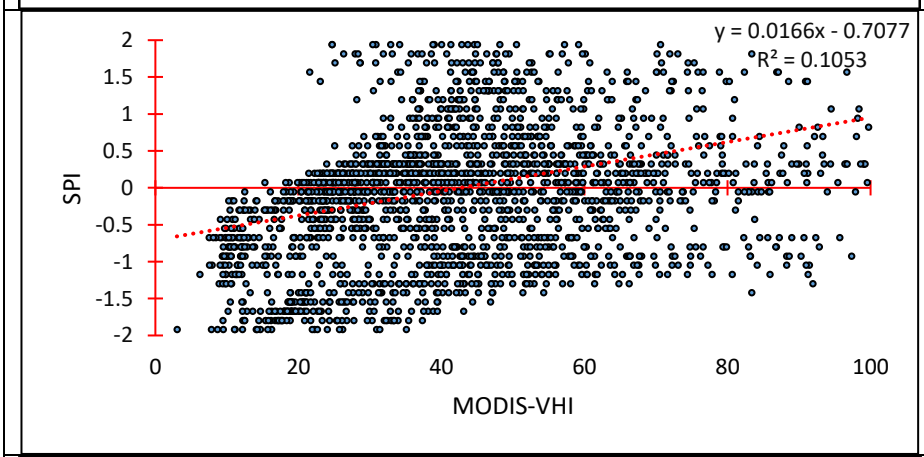
همبستگی	ضریب همبستگی-R	آماره معنی‌دار Sig در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P-value=0.05)
VHI#SPI سال ۲۰۰۰	۰/۴۷	۰/۰۰
VHI#SPI سال ۲۰۰۵	۰/۳۳	۰/۰۰
VHI#SPI سال ۲۰۱۲	۰/۴۱	۰/۰۰
VHI#SPI سال ۲۰۱۵	۰/۴۰	۰/۰۰

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

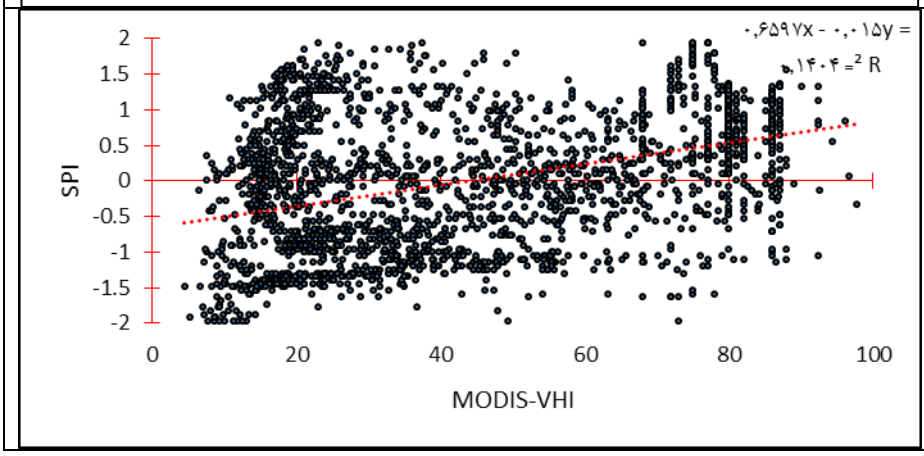
در اشکالی که براساس ۲۵۰۰ پیکسل حاوی مقادیر دو شاخص خشکسالی SPI و VHI، است، مشاهده می‌گردد که یک رابطه خطی مستقیم بین دو شاخص آشکار شده است. در سال ۲۰۰۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵، غالب تمرکز پیکسل‌ها در طبقه خشکسالی متوسط تا شدید (SPI<0 و VHI<20) قرار گرفته است در حالی که در سال ۲۰۰۵، توزیع پیکسل‌ها در طبقات خشکسالی نسبتاً همگون بوده است.



سال ۲۰۰۰



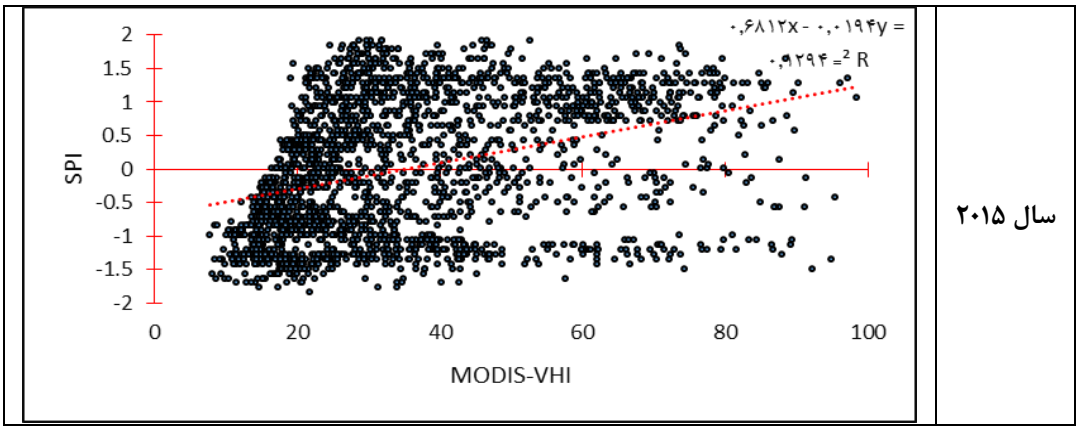
سال ۲۰۰۵



سال ۲۰۱۲

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]



شکل (۵). پراکنش نگار ارتباط بین توزیع فضایی شاخص خشکسالی هواشناسی بارش استاندارد شده SPI سه ماهه و شاخص خشکسالی پوشش گیاهی VHI برای ۴ سال با حاکمیت خشکسالی فراگیر متوسط تا شدید در سطح استان خوزستان

نتیجه‌گیری

استان خوزستان یکی از پرظرفیت‌ترین استان‌های کشور از لحاظ تولید محصولات کشاورزی و منابع انرژی است، به‌طوری‌که طی ۵ سال اخیر به صور مستمر از لحاظ حجم تولید محصولات کشاورزی (اعم از زراعی و باغی) استان خوزستان سالانه با تولید ۱۳ تا ۱۵ میلیون تن محصول زراعی و باغی رتبه اول تولیدات کشاورزی را در سطح کشور داشته است اما این استان با این ظرفیت عظیم کشاورزی، یکی از پرچالش‌ترین استان‌های کشور از لحاظ مخاطرات اقلیمی و محیطی می‌باشد. طیف گسترده‌ای از مخاطرات اقلیمی و محیطی از قبیل گردوغبار، بارش‌های رگباری در حوضه بالادست، زهکشی نامناسب در بخش‌های گسترده‌ای از دشت خوزستان، زیرآب رفتن بخش وسیعی از اراضی کشاورزی و مسکونی بعد از رخداد بارش‌های سنگین، منجر به ایجاد ناپایداری‌های محیطی گسترده‌ای در این استان شده است. این استان مخاطرات مرتبط با بارش و منابع آب به صورت دو قطبی عمل می‌کنند. خشکسالی و کمبود منابع آب در دو دهه اخیر، به صورت دومینووار، باعث تحریک و فعال‌سازی طیف وسیعی از مخاطرات مرتبط با کمبود بارش و منابع آب شده است. ایجاد و توسعه کانون‌های گردوغبار، آتش‌سوزی‌های ناشی از خشکی مراتع و جنگل‌ها، تضعیف اراضی کشاورزی و تبدیل اراضی زراعی به شوره‌زارها و اراضی بایر، همگی از آثار اولیه خشکسالی‌های مداوم و شدید استان هستند. این مخاطرات باعث شده است که استان خوزستان علی‌رغم داشتن ظرفیت قابل‌توجه در زمینه کشاورزی و منابع انرژی در دهه اخیر (۱۳۸۵ تا ۱۳۹۵) به مهاجر فرست‌ترین استان کشور تبدیل شود (ثانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۲۴).

روند رو به رشد مهاجر فرستی در استان خوزستان و خالی از سکنه شدن بخش‌های وسیعی از این استان را در رده مهاجرت‌های ناشی از ناپایداری محیطی یا مهاجرت‌های اقلیمی می‌توان قلمداد کرد. رخدادهای خشکسالی که در سه دهه اخیر در سراسر کشور به عنوان رخنمون و نمایه اصلی گرمایش جهانی تشدید شده است، اثرات مخرب گسترده‌ای در ابعاد زیست‌محیطی داشته است. اتخاذ راهکارهای سازش و همسو با این مخاطره در ابعاد مختلف می‌تواند تا حدود زیادی به مدیریت این مخاطره کمک کرده و اثرات مخرب آن را کاهش دهد. لازمه اتخاذ راهکارهای مدیریتی ابتدا شناخت و آگاهی از ساختار و الگوهای زمانی مکانی خشکسالی در سطح منطقه است. محصولات سنجش‌ازدور سنجنده MODIS، با توالی زمانی و مکانی مناسب و نیز رزولوشن فضایی مناسب می‌توانند به‌عنوان ابزار مناسبی در پایش مکانی – زمانی خشکسالی خصوصاً از نوع کشاورزی نقش ایفا نمایند. در این تحقیق با استفاده از محصولات پوشش گیاهی (MOD13C2) و دمای سطح زمین (MOD11C3) سنجنده MODIS، اقدام به تولید شاخص خشکسالی مبتنی بر پوشش گیاهی به نام شاخص سلامت گیاهی VHI گردید. طی دوره آماری ۲۰ ساله ۲۰۰۰-۲۰۲۰، برای سه فصل بهار، پاییز و زمستان مقادیر سالانه این شاخص برای استان خوزستان تولید گردید. مقایسه این مقادیر فضایی شاخص خشکسالی VHI، با مقادیر شاخص خشکسالی هواشناسی SPI سه ماهه که از داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک سطح استان خوزستان طی دوره آماری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

۲۰۰۰-۲۰۲۰، محاسبه گردید، بیانگر وجود همبستگی معنی‌داری بین ۰/۶۸ تا ۰/۷۵ بود. چنین نتیجه‌ای در کار عربی و محمدی (۱۴۰۰)، نیز دیده شد. در تحقیق عربی و محمدی (۱۴۰۰)، نیز با استفاده از محصولات دما و پوشش گیاهی سنجنده MODIS، اقدام به قابلیت سنجی شاخص‌های سنجش‌ازدوری پایش خشکسالی کردند. تحقیق ایشان بیانگر وجود انطباق مناسبی بین شاخص‌های خشکسالی سنجش‌ازدوری (VCI, TCI ,PCI) به‌ویژه شاخص مرکب SDCI با خشکسالی‌های آشکارشده ایستگاهی از طریق شاخص SPEI بود. در تحقیق محسنی و همکاران نیز (۲۰۲۱)، مشاهده گردید که شاخص‌های خشکسالی مستخرج از محصولات سنجنده MODIS شامل دمای سطح خاک و پوشش گیاهی، همبستگی معنی‌داری با شاخص خشکسالی هواشناسی SPI سه ماهه و شش ماهه نشان داد.

با شناسایی ۴ سال با حاکمیت خشکسالی فراگیر و نسبتاً شدید در سطح استان خوزستان (براساس هر دو شاخص VHI و SPI) که شامل سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۵، ۲۰۱۲، ۲۰۱۵، بود، الگوی توزیع فضایی خشکسالی هواشناسی (شاخص SPI سه ماهه مبتنی بر بارش‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان) و شاخص خشکسالی گیاهی VHI(مبتنی بر محصولات پوشش گیاهی (MOD13C2) و دمای سطح زمین (MOD11C3) سنجنده MODIS)، به‌طورکلی بیانگر آن بود که عموماً بخش‌های شمالی استان درگیر خشکسالی‌های خفیف تا متوسط و بخش‌های جنوبی عموماً درگیر خشکسالی‌های متوسط تا شدید بوده‌اند. ماتریس همبستگی فضایی مبتنی بر تعداد ۲۵۰۰ پیکسل با ابعاد ۵*۵ کیلومتری که شامل مقادیر VHI و SPI سال‌های منتخب خشکسالی بودند، بیانگر وجود همبستگی فضایی معنی‌داری بین دو شاخص مذکور بودند. در خشکسالی فراگیر سال ۲۰۰۰، در سطح استان خوزستان، دو شاخص خشکسالی VHI و SPI، همبستگی برابر ۰/۴۷ و در سال ۲۰۰۵، برابر ۰/۳۵ و در سال ۲۰۱۲، برابر ۰/۴۲ و در سال ۲۰۱۵، برابر ۰/۴۰ از خود نشان دادند که این مقادیر همبستگی در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P_value=0.05)، معنی‌دار بوده است. براین اساس شاخص خشکسالی مبتنی بر محصولات پوشش گیاهی و دمای سطح زمین سنجنده MODIS می‌تواند به صورت قابل قبولی هم از لحاظ سری زمانی و هم از لحاظ توزیع فضایی شدت و الگوی توزیع خشکسالی را آشکار کند.

منابع

بارونیان، ایرج؛ برنا، رضا؛ ظهوریان، منیژه؛ مرشدی، جعفر. (۱۴۰۰). آشکارسازی تأثیرگذاری تغییرات کاربری زمین‌ها در توزیع فضایی غلظت گردوغبار استان خوزستان با استفاده از محصولات سنجنده MODIS، *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۱(۳): ۹۷-۱۱۴.

زارع خورمیزی، هادی؛ غفاریان مالمیری، حمیدرضا. (۱۳۹۶). پایش خشکسالی و تأثیر آن بر پوشش گیاهی با استفاده از فناوری‌های سنج ساز دور بررسی موردی :استان یزد، سال‌های ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۴، *نشریه مدیریت بیابان*، ۱۰(۵): ۶۸-۸۶.

زرگران، پریما؛ بذرافشان، جواد؛ شریعتمداری، زهرا؛ حجابی، سمیه؛ کمالی، سعیده. (۱۳۹۸). پایش روزانه تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های بارش شبکه INTERIM و تصاویر سنجنده MODIS (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)، *نشریه هواشناسی کشاورزی*، ۷(۲): ۳-۱۴

شهپری ثانی، داود؛ میرزایی، محمد؛ محمودیان، حسین. (۱۳۹۸). بررسی میزان تمایل به مهاجرت جوانان از استان خوزستان، مسائل متعاقب و عوامل زمینه‌ساز، بررسی مسائل اجتماعی ایران، ۱۰(۱): ۱۱۹-۱۴۳

عربی، زهرا؛ محمدی، شاهین. (۱۴۰۰). پایش مکانی- زمانی الگوی خشک‌سالی با استفاده از محصولات ماهواره‌ای در کشور ایران در طول دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸، *مخاطرات محیط طبیعی*،۱۰(۳۰): ۸۳ -۱۰۴.

موغلی، مرضیه. (۱۳۹۹). پایش تغییرات پوشش گیاهی در اثر خشکسالی در حوضه آبریز درودزن با استفاده از تصاویر MODIS ، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۱۲(۴۹): ۸۵-۱۰۷

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]

میرموسوی، سیدحسین؛ کریمی، حمیده. (۱۳۹۲). مطالعه‌ی اثر خشکسالی بر روی پوشش گیاهی با استفاده از تصاویر سنجنده‌ی MODIS مورد: استان کردستان، *نشریه جغرافیا و توسعه*،۱۱(۳۱): ۵۷-۷۶.

نوابی، نغمه؛ مقدسی، مهنوش؛ نجی خرم، ناصر. (۱۴۰۰). ارزیابی پایش خشکسالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های مختلف بر اساس داده‌های زمینی و سنجش‌ازدور، مطالعه موردی: حوزه آبخیز دریاچه ارومیه، *مهندسی و مدیریت آبخیز*،۱۳(۱): ۱-۱۲.

Aulia, M.R., Liyantono Setiawan, Y., Fatikhunnada, A., (2016), Drought detection of West Java's paddy field using MODIS EVI satellite images (case study: Rancaekek and Rancaekek Wetan), Procedia Environmental Sciences, 33: 646 – 653.

Jiang, Y., Wang, R., Peng, Q., Wu, X., Ning, H., Li, C., (2018), The relationship between drought activity and vegetation cover in Northwest China from 1982 to2013, Natural Hazards, 92(1): 145-163

Karnieli, A., Bayasgalan, M., Bayarjargal, Y., Agam, N., Khudulmur, S., Tucker, C. J., (2006), Comments on the Use of the Vegetation Health Index over Mongolia, International Journal of Remote Sensing,. 27(10): 2017 -2024.

Mairon, A., Eduardo, M., (2020). Drought Monitoring Based on Remote Sensing in a Grain-Producing Region in the Cerrado–Amazon Transition, Brazil, 12(12): 3366

Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993), The relationship of drought frequency and duration to time scales, 8th Conference of Applied Climatology, Aneheim, 179-184

Mohseni , F., Kiani Sadr , M., Eslamian , S., Areffian , A., Khoshfetrat , A.,(2021), Spatial and temporal monitoring of drought conditions using the satellite rainfall estimates and remote sensing optical and thermal measurements, Advances in Space Research, 67(12): 3942- 3959

Mukherjee, T., Mukherjee, S., Mukhopadhaya, A., Roy, A. K., & Dutta, S., (2014), Drought monitoring of chhattisgarh using different indices based on remote sensing data, Climate Change and Biodiversity, 85-101.

Sivakumar, M. V. K., Motha, R. P., Wilhite, D. A., and Qu, J. J., (2011), Towards a compendium on national drought policy." Proc. of an Expert Meeting on the Preparation of a Compendium on National Drought Policy, World Meteorological Organization, Washington DC, USA,1-135.

Thenkabail, P. S., Gamage, M. S. D. N., Smakhtin, V. U., (2004), The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia, Research Report 85, International water management Institute.

Woli, P., Jonesb, J. W., Ingramb, K. T., and Fraisseb, C. W., (2012), Agricultural reference index for drought (ARID),Agronomy Journal,104(2): 287-300

Wylie, B. K., Meyer D. J., Tieszen, L. L.. Mannel, S., (2017). Satellite Mapping Of Surface Biophysical Parameters At The Biome Scale Over The North American Grasslands: A Case Study, Remote Sensing Of Environment, 79 (2-3): 266-278.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOI: 10.61882/jgs.25.79.13]