Archive of SID.ir

University of Sistan and Baluchestan

Geography and Development

Print ISSN: 1735 - 0735 Online ISSN: 2676-7791

Homepage: https://gdij.usb.ac.ir

Drought Monitoring using MODIS Sensor Data and Comparison with SPI Meteorological Index in Short-term Periods (Case study: Golestan province)

Hadi Siasar[1]✉, Omolbani Mohamadrezapour[2] , Mehraneh Khodamoradpour[3]

1. Assistant Professor of Agricultural, University of Payam Noor, Tehran, Iran
   ✉ E-mail: hadisiasar@pnu.ac.ir
2. Associate Professor of Water Engineering, Faculty of water and Soil, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
   Email: mohammadrezapour@gau.ac.ir
3. Assistant Professor of water Science and Engineering, Faculty of Agricultural, University of Bu-Ali Sina, Hamedan, Iran
   Email: mkhodamorad@basu.ac.ir

Siasar, H; Mohamadrezapour, O; & Khodamoradpouur, M. (2024). Drought Monitoring using MODIS Sensor Data and Comparison with SPI Meteorological Index in Short-term Periods (Case study: Golestan province). *Geography and Development*, 22 (74),166-186 .

DOI: http://dx.doi.org/10.22111/GDIJ.2024.8175

Received:
26 May 2023
Received in revised form:
23 September 2023
Accepted:
4 November 2023
Published online:
20 January 2024

Keywords:
Drought,
Satellite data,
SPI index,
Vegetation cover.

ABSTRACT

Drought is one of the most complex natural disasters that causes economic, social and environmental damage and is often described as a creeping phenomenon. Drought monitoring using satellite images can represent the severity of drought in areas with a lack of meteorological precipitation data and compensate for its spatial and temporal deficiency. In this research, the drought of Golestan province has been investigated using SPI, TCI, VCI and VHI indices and with the help of MODIS sensor satellite images. Therefore, first, VHI, VCI and TCI drought index maps were extracted. The findings in the TCI index study showed that in 2000, more than 80% of the studied area experienced severe drought. Similarly, in 2010, 2017 and 2018, a significant part of the studied area was in a severe drought situation. By examining the VCI index, 2008, and 2011. The maps also show that a very severe meteorological drought occurred in 2008. In the study of the VHI index during a period of 21 years in the studied area, it showed that the years 2000, 2001, 2002, 2008, 2010, 2011, 2014, 2015, 2017, 2018 and 2021 have experienced a critical drought situation. Also, in the years 2000, 2008 and 2018, more than 60% of the area of the region was in a very severe drought situation. In general, most of the studied area is in the range of severe and severe drought classes, which requires attention to the optimal management of water resources in these areas.

© the Author(s). **Publisher:** University of Sistan and Baluchestan

Extended Abstract

1. Introduction

In recent research, satellite data, particularly remote sensing drought indicators like TCI, VCI, and VHI, have been proven useful in drought monitoring and evaluation. These indices combine temperature, precipitation, and vegetation information based on satellite data and illustrate various relationships among them. Different studies have used these indicators to monitor droughts in different regions. Furthermore, combining these indicators with meteorological data can improve drought monitoring accuracy and reliability. According to

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Endojar et al. (2017), combining TCI, VCI, and VHI remote sensing drought indices with the SPI meteorological drought index can provide an effective drought monitoring tool. Some studies have also investigated the relationship between drought indicators derived from remote sensing and meteorological indicators, such as SPI. Decision makers and managers can use these relationships to take precautionary measures and manage droughts appropriately, especially at local scales and in areas without meteorological information. Due to the ability of appropriate spatial and temporal separation, the use of remotely sensed drought indicators can help in the management of water resources and agriculture and reduce the effects of droughts in general.

2. Methods and Material

A combination of remote sensing drought indices was used in this study, including VCI, TCI, and VHI, which were taken from the Terra satellite MODIS sensor with a spatial resolution of 250 meters and a temporal resolution of 16 days, as well as SPI meteorological drought index for Golestan province between 2000 and 2021. First, the earth's surface temperature condition was assessed using the TCI index (temperature condition index), which is based on the surface temperature. The deviation between the desired month's temperature and the maximum temperature over time is represented by this index. The humidity conditions are then examined based on the VCI index, calculated based on the normalized NDVI values. The plant health index VHI was calculated by combining two indices, TCI and VCI. In this index, heat stress is combined with vegetation status. Finally, drought indicators derived from remote sensing were mapped using classified maps. In addition, SPI (estimated from standardized rainfall) was calculated in the study area and classified according to mild to very severe droughts. As a last step, Pearson's correlation coefficient was used to determine if remote sensing drought indicators and SPI index in the study area are linearly related.

3. Results and Discussion

The study examined drought in the north of Iran in Golestan province between 2000 and 2021 using different drought indices. The drought effects on vegetation were estimated from MODIS using the TCI, VCI, and VHI drought indices. Results showed that drought intensity and spread changed over time, with 2008, 2001, and 2011 being key years. In 2000 and 2010, more areas of the province, especially those in the north, experienced severe and very severe droughts, according to the TCI and VHI indexes. Moreover, the SPI index indicates severe droughts in 2001, 2007, 2010, 2013, 2018 and 2020. It has been shown that SPI index correlates well with remote sensing indicators VCI and TCI, with the highest correlation coefficient between six-month SPI index and TCI at about 0.53, whereas there is no significant correlation between SPI index and VHI. As a result of these findings, water resource and agricultural planners can be assured that satellite data can be used to improve drought detection and monitoring accuracy and efficiency. Overall, this research not only provides a better understanding of drought in Golestan province, but also shows how satellite images can be used to reduce drought effects through better management.

4. Conclusion

In this study, the intensity, frequency, and spread of drought were found to be spatially and temporally dependent. The TCI index, for instance, shows that most of the studied areas were affected by drought in 2008 (90% of the total area) except for parts of the southeast and southwest, whereas the VHI index indicates that the lowest spread of drought in 2000 occurred only in Golestan province's northern and northwestern regions. Moreover, global warming increased drought intensity and frequency estimated by the TCI index from 2011 to 2021 as compared to 2000 to 2010. The high correlation between SPI and TCI also indicates that TCI is more accurate in estimating drought in Golestan province. It is also evident that there is no significant correlation between the VHI index and SPI index, which suggests that other factors, besides drought, affect plant health.

Keywords: Drought, Satellite Data, SPI index, Vegetation cove.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

5. References

Andujar, E., Krakauer, N. Y., Yi, C., & Kogan, F (2017). Ecosystem Drought Response Timescales from Thermal Emission versus Shortwave Remote Sensing, Advances in Meteorology, 8434020, 1-10.

https://doi.org/10.1155/2017/8434020

Bento, V. A., Gouveia, C. M., DaCamara, C. C., & Trigo, I. F (2018). A climatological assessment of drought impact on vegetation health index. Agricultural and Forest Meteorology.Vol.259, 286-295.

https:// DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.05.014

Bhuiyan, C (2008). Desert vegetation during droughts: response and sensitivity. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 37, 907-912.

https://www.researchgate.net/publication/228452114

Carolyn, Qu, Hao, X, J. Qu, J (2019). Monitoring Extreme Agricultural Drought over the Horn of Africa (HOA) Using Remote Sensing Measurements. Remote Sensing. Vol.11, No.8, 902.

https:// https://doi.org/10.3390/rs11080902

Dalezios, N, Blanta, A., Spyropoulos, N.V., Tarqui, A (2014). Risk identification of agricultural drought for sustainable Agroeco systems. Nat. Hazards Earth Syst. Sci, Vol2, No.4, 3097-3135.

https:// doi:10.5194/nhess-14-2435-2014

Möllmann, J., Buchholz, M., Musshoff, O (2019). Comparing the Hedging Effectiveness of Weather Derivatives Based on Remotely Sensed Vegetation Health Indices and Meteorological Indices. Weather, Climate, and Society, Vol.1, No.11, 33-48.

https://doi.org/10.1175/WCAS-D-17-0127.1.

Essa, Y. H., Khalil, A. A., M. Abdel-Wahab (2016). Assessment of Agricultural Drought under Climate Change" Research Journal of Fisheries and Hydrobiology. Vol.11, 1-11.

https://scholar.google.com/scholar?cluster=٥٠٩٩٣٢٤١٦٣٥٧١٢٠٢٥٠٣&hl=fa&as_sdt=٢٠٠٥&sciodt=٠,٥

Gidey, E, Dikinya, O, Sebego, R, Segosebe, E, Zenebe, A (2018). Earth Systems and Environment Using Drought Indices to Model the Statistical Relationships Between Meteorological and Agricultural Drought in Raya and Its Environs. Earth Systems and Environment Northern Ethiopia.Vol.2, No.6.

https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s٩٠٠٥٥٠٠١٨٠٤١٧٤٨

Guttman, N.B (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calcula-tion algorithm. Journal of the American water resources Association, Vol.35, No.2, 311-322.

DOI:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x

Han, P., Wang, P. X., Zhang, S. Y., & Zhu, D. H (2010). Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models. Mathematical and Computer Modelling, Vol.51, No.11-12, 1398-1403.

https:// DOI:10.1016/j.mcm.2009.10.031

Jang, J.-D (2004). Evaluation of Thermal Water Stress of Forest in Southern Quebec from Satellite Images. These Doctor (Ph.D). University Laval Quebec.

http://hdl.handle.net/20.500.11794/17895

Jeyaseelan, A (2004). Droughts & floods assessment and monitoring using remote sensing and GIS. In Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology. Geneva 2, Switzerland, Editors: M.V.K Sivakumar et al. 291-313.

https://www.researchgate.net/publication/٢٣٤٨٣٨٥٩٧_Droughts_Floods_Assessment_and_Monitoring_using_Remote_sensing_and_GIS

Kogan, F. N (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol.82, No.9, 1949-1964.

http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082<1949:OSTFGV>2.3.CO;2

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Kogan, F.N.F.N (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15.11 91-100.
https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T

Möllmann, J., Buchholz, M., & Musshoff, O (2019). Comparing the Hedging Effectiveness of Weather Derivatives Based on Remotely Sensed Vegetation Health Indices and Meteorological Indices. Weather, Climate, and Society, Vol.1, No.11, 33-48.
https://doi.org/10.1175/WCAS-D-17-0127.1

Quiring, S. M. and S. Ganesh (2010). Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas." Agricultural and Forest Meteorology. Vol.150,No.3,330-339.
https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.015

Rezaei moghadam, M, Valizadeh Kamran, K, Rostamzadeh, H, Rezaei, A (2014). Assessing the Efficiency of Vegetation Indicators for Estimating Agricultural Drought Using MODIS Sensor Images (Case Study: Sharghi AzerbaijanProvince) International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. Vol. 2, No.2, 399-407.
https://www.ijabbr.com/article_۷۰۹۴.html

Singh, R. P., Roy, S., & Kogan, F (2003). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. International journal of remote sensing, Vol.24, No.22, 4393-4402.
http://dx.doi.org/۰۱۴۳۱۱۶۰۳۱۰۰۰۰۸۴۳۲۳/۱۰,۱۰۸۰

Su, Z.B, Yacob A, Wen J, Roerink G, He YB, Gao BH, Boogaard H, van Diepen C (2003). Assessing relative soil moisture with remote sensing data: theory, experimental validation, and application to drought monitoring over the North China Plain, Physics and Chemistry of the Earth, Vol.28,No.1-3.
https://doi.org/۱۰,۱۰۱۶/S۷۰۶۵-۱۴۷۴(۰۳)۰۰۰۱۰-X

Thenkabail, P.S., Gamage, M.S.D.N., Smakhtin, V.U., 2003. The Use of Remote Sensing Data for Drought Assessment and Monitoring in Southwest Asia. Research report 85. 1-34.
https:// www.unisdr.org/ files/ 1871_VL102138.pdf

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

جغرافیا و توسعه
شاپا چاپی: ۰۷۳۵-۱۷۳۵ شاپا الکترونیکی: ۷۷۹۱-۲۶۷۶
https://gdij.usb.ir
دانشگاه سیستان و بلوچستان

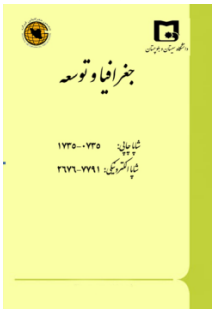
پایش خشکسالی با استفاده از داده‌های سنجندهٔ MODIS و مقایسه با شاخص هواشناسی SPI در دوره‌های کوتاه‌مدت

مطالعهٔ موردی: استان گلستان

مقاله پژوهشی

دکتر هادی سیاسر[1*]، دکتر ام‌البنی محمدرضاپور[2]، دکتر مهرانه خدامرادپور[3]

جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۷۴، بهار ۱۴۰۳
تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۰۵
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۳
صفحات: ۱۸۶-۱۶۶



واژه‌های کلیدی:
خشکسالی، داده‌های ماهواره‌ای، شاخص SPI، پوشش گیاهی.

چکیده

خشکسالی یکی از پیچیده‌ترین بلایای طبیعی است که آسیب‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فراوانی را به همراه دارد و غالباً به‌عنوان یک پدیدهٔ خزنده بیان می‌شود. پایش خشکسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند نمایانگر شدت خشکسالی در مناطق با کمبود داده بارش هواشناسی بوده و کاستی مکانی و زمانی آن را جبران کند. در این پژوهش، خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص‌های SPI، TCI، VCIو VHI و به کمک تصاویر ماهواره‌ای سنجندهٔ مودیس مورد بررسی قرار گرفته است؛ ازاین‌رو، ابتدا نقشه‌های شاخص خشکسالی VHI، VCI و TCI استخراج شد. یافته‌ها در بررسی شاخص TCI نشان داد که سال ۲۰۰۰ بیش از ۸۰ درصد منطقهٔ مورد مطالعه خشکسالی شدید را تجربه کرده است. همچنین در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ نیز بخش قابل‌توجهی از منطقهٔ مورد مطالعه در موقعیت خشکسالی شدید قرار داشتند. با بررسی شاخص VCI مشخص شده است که بیشترین گسترهٔ خشکسالی بسیار شدید متعلق به سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ بوده است. نقشه‌ها همچنین نشان می‌دهد که خشکسالی بسیار شدید هواشناسی در سال ۲۰۰۸ نمود پیدا کرده است. در بررسی شاخص VHI طی دورهٔ زمانی ۲۱ ساله در منطقهٔ مورد مطالعه نشان داد که سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵، ۲۰۱۷، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ وضعیت بحرانی خشکسالی را تجربه کرده‌اند. همچنین، در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۸ بالای ۶۰ درصد از مساحت منطقه در وضعیت خشکسالی خیلی شدید واقع شده است. بررسی مقادیر ضریب همبستگی نمایه‌ها VCI، VHI و TCI با شاخص هواشناسی SPI، نشان داد که شاخص SPI، بیشترین ضریب همبستگی را با شاخص TCI و کمترین ضریب همبستگی را با شاخص VHI دارد. به‌طورکلی بخش اعظم منطقهٔ مورد مطالعه در گسترهٔ کلاس‌های خشکسالی خیلی‌شدید و شدید قرار گرفته است که نیازمند توجه به مدیریت بهینهٔ منابع آبی در این نواحی است.

مقدمه

خشکسالی یکی از پیچیده‌ترین بلایای طبیعی است که آسیب‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی فراوانی را به همراه دارد و غالباً به‌عنوان یک پدیدهٔ خزنده بیان می‌شود؛ زیرا بر خلاف سایر بلایای طبیعی، این پدیده به‌تدریج و در یک دورهٔ زمانی نسبتاً طولانی اثر کرده و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت‌به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود *(جهانگیر و مشیدی،۱۳۹۹: ۱۲۵۷)*. خشکسالی‌های طولانی‌مدت باعث آسیب‌های قابل‌توجهی به محیط طبیعی و توسعهٔ جوامع انسانی شده است *(Han et al, 2010:1398)*. سازمان هواشناسی جهانی WMO عواملی را که می‌توان با آن‌ها به تعیین و تعریف خشکسالی پرداخت، ارائه کرده است. این عوامل شامل: بارش، بارش با میانگین دما، رطوبت خاک و و میزان محصول، شاخص‌های اقلیمی و برآورد تبخیر و تعرق است *(Jeyaseelan, 2003:291)*.

در سال‌های اخیر در مدیریت و ساماندهی مناسب اثرات خشکسالی، علاوه بر شاخص‌ها و روش‌های آماری، داده‌های سنجنده‌های ماهواره‌ای نقش مهم روزافزونی

۱. استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران (نویسنده مسئول) hadisiasar@pnu.ac.ir
۲. دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران mohammadrezapour@gau.ac.ir
۳. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران mkhodamorad@basu.ac.ir

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

در پایش خشکسالی مرتبط با شرایط محیطی ایفا می‌کنند (Jang, 2004:160).

سو و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای NOAA/AVHRR ارتباط رطوبت خاک با این داده‌ها را ارزیابی کردند. همچنین از شاخص رطوبت خاک برای پایش شدت خشکسالی در دشت شمال چین استفاده کردند. در مطالعات ایشان، مقایسهٔ بین شاخص رطوبت خاک و اندازه‌گیری‌های واقعی رطوبت خاک، اعتبار و توانایی این تئوری را نشان داد (Su et al, 2003 :89).

کویرینگ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی رابطهٔ بین شاخص VCI و چند شاخص خشکسالی هواشناسی ازجمله PDSI[1] ، SPI و Z-index در چندین منطقه در تگزاس پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص VCI بالاترین همبستگی را با شاخص SPI ۶ ماهه و ۹ ماهه و شاخص PDSI داشته است. در این تحقیق مشخص شد که شرایط آب‌وهوایی منطقه یکی از مهم‌ترین عوامل ارتباط بین شاخص‌های VCI و PDSI است و همچنین درجهت مطالعهٔ خشکسالی کشاورزی در منطقه توسط شاخص VCI باید دقت و احتیاط کافی را لحاظ کرد؛ زیرا این شاخص با داده‌های هواشناسی ارتباط بالایی نداشته و به‌شدت تحت‌تأثیر عوامل متغیر محیطی است (Quiring et al, 2010:330).

سینگ و همکاران (۲۰۰۳) به‌منظور تفکیک و پهنه‌بندی پوشش گیاهی در هند، از شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI، VCI و شاخص حرارتی TCI استفاده کردند. در این تحقیق از تصاویر سنجندهٔ AVHRR استفاده شده و شاخص‌های نام‌برده‌شده در بررسی پوشش گیاهی در این کشور کارایی مناسبی را از خود نشان دادند (Singh et al, 2003:4393).

بویان (۲۰۰۸) به برآورد خشکسالی صحرای تار در شمال غربی هند و شرق پاکستان بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۳ و با استخراج داده‌های ماهوارهٔ NOAA-AVHRR و به‌کارگیری شاخص‌های NDVI، VCI، TCI و VHI پرداخت. نتایج نشان داد در هر سالی که تنش رطوبتی و حرارتی وجود داشته است، خشکسالی توسعه یافته و از آنجا که بارندگی هر دو تنش مذکور را کاهش می‌دهد، پوشش گیاهی ناجی صحراست (Bhuiyan, 2008: 907). دالزیوس و همکاران (۲۰۱۴) خطرخشکسالی، کشاورزی یونان را با استفاده از شاخص VHIحاصل‌شده از NDVI و داده‌های دمای تصاویر NOAA/ AVHRR سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۰۱ بررسی کردند و توانستند مکان و شدت خشکسالی را تعیین کنند (Dalezios et al, 2014: 2435). آن‌ها ازطریق برازش دو منحنی توابع پلی‌نومیال‌ها به کلاس‌ها با شدت پایین و بالای خشکسالی به‌صورت ماهانه، شدت خشکسالی را پیش‌بینی و ابزاری برای هشدار سریع خشکسالی فراهم کردند. درنهایت به این نتیجه رسیدند که داده‌ها و روش‌های استفاده‌شده برای پایش خشکسالی مؤثر بوده و میزان خشکسالی در فصول گرم افزایش داشته است (داوودآبادی،۱۴۰۰).

رضایی‌مقدّم و همکاران (۳۹۹:۲۰۱۴) برای پایش خشکسالی استان آذربایجان شرقی از شاخص VCI حاصل از NDVI که از باندهای ۱۳ و ۱۶ تصاویر مادیس (۲۰۰۰-۲۰۱۱) محاسبه شده، استفاده کردند. برای ارزیابی نتایج از شاخص SPI حاصل از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک استفاده کردند. براساس نتایج VCI، در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ خشکسالی شدید و در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۱۰ شدت خشکسالی پایین بوده است.

1. Palmer Drought Severity Index.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

ایسا و همکاران (۲۰۱۶) خشکسالی کشاورزی تحت تغییرات آب‌وهوایی را ارزیابی کردند. آن‌ها انطباق بین دو شاخص SPEI[1] و VHI طی فصول مختلف از ۲۰۰۱/۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ را بررسی و تأثیر تغییرات اقلیم بر خشکسالی را با استفاده از داده‌های GCM آب‌وهوا مدل از ۲۰۱۰ تا ۲۰۵۰ ارزیابی کردند. نتایج نشان دادند VHI و SPEI در چهار فصل منطبق هستند و هر دو شدت خشکسالی را در این فصول تشخیص دادند *(Essa et al, 20116:8)*.

اندوجار و همکاران (۲۰۱۷) برای بررسی خشکسالی از شاخص‌های خشکسالی TCI, VCI, VHI حاصل از NDVI, LST در کنار شاخص بارش SPEI استفاده کردند و برای ارزیابی آن‌ها و انتخاب شاخص مناسب همبستگی SPEI و شاخص‌ها را بررسی کردند. براساس نتایج، VHI بالاترین همبستگی را با SPEI در مقیاس زمانی ۱۳ ماه داشت. بعد از آن TCI چهار ماه و VCI دو ماه با SPEI همبستگی داشتند؛ بنابراین VHI مناسب‌ترین شاخص برای نظارت بر اثر خشکسالی‌های طولانی است *(Andujar et al, 2017:6)*.

مولمان و همکاران (۲۰۱۸) از شاخص‌های TCI, VCI, VHI به‌عنوان مشتقات آب‌وهوا و از دما و بارش به‌عنوان دو شاخص هواشناسی برای مدیریت خشکسالی کشاورزی در شمال شرق آلمان استفاده کردند. برای تعیین شاخص‌های مناسب، همبستگی و دورهٔ زمانی بالاترین همبستگی با محصولات زمستانی ادغام شدند. براساس نتایج VCI و VHI این شاخص‌ها بر کاهش خطر خشکسالی مؤثر هستند. علاوه‌براین VHI بالاترین میزان همبستگی با محصولات زمستانی را دارد، پس بهترین شاخص خشکسالی است. به‌ویژه در مناطقی که ایستگاه‌های هواشناسی پراکنده هستند *(Möllmann et al, 2018:33)*.

بنتو و همکاران (۲۰۱۸) برای ارزیابی خشکسالی از شاخص VHI استفاده کردند. این شاخص حاصل از VCI ، NDVI وLST، TCI است که در بازهٔ زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۹ در بخشی از مدیترانه استفاده شدند. برای ارزیابی اثر خشکسالی، همبستگی این شاخص‌ها با شاخص SPEI بررسی شد. نتایج همبستگی بین SPEI-VCI و SPEI-TCI نشان دادند که با به حداکثر رساندن همبستگی بین VHI و SPEI، طی یک دورهٔ اقلیمی، می‌توان نقش نسبی VCI و TCI به VHI را در مناطق مختلف آب‌وهوایی ارزیابی کرد *(Bento et al, 2018:290)*.

گیدی و همکاران (۲۰۱۸) رابطهٔ بین LST و NDVI، شاخص VCI، TCI، VHI و شاخص SPI در مقیاس زمانی ۳ ماهه در رایا و حومهٔ آن در شمال اتیوپی مدل‌سازی کردند و به این نتیجه رسیدند که این شاخص‌ها با یکدیگر در ارتباط هستند. در این تحقیق ازNDVI Terra LST MOD11A2، eMODIS و داده‌های بارش ماهانهٔ تصاویر ماهواره‌ای و اندازه‌گیری‌های زمینی استفاده کردند. با استفاده از رگرسیون خطی بین این شاخص‌ها ارتباط بین آن‌ها را نشان دادند. براین‌اساس NDVI, LST رابطهٔ معکوس دارند و در زمین‌های پست به شرایط رطوبت وابسته هستند. همچنین VCIبا TCI و SPI با VHI رابطهٔ مستقیم دارند. درنهایت به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های SPI و VHI برای پایش خشکسالی کشاورزی و هواشناسی مناسب هستند *(Gidey et al, 2018:13)*.

کارولین و همکاران (۲۰۱۹) خشکسالی شدید در شاخ آفریقا، از دادهٔ بارشی ماهوارهٔ TRMM و شاخص NDVI، شاخص VCI و شاخص VHI مادیس (بین ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۷) استفاده و روند زمانی پوشش گیاهی و اثرات خشکسالی را تحلیل کردند. براساس نتایج از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷، میانگین VHI و TCI به‌طور قابل‌توجهی کاهش یافته است. علاوه‌براین، ناهنجاری‌های ماهانهٔ

1. Standardised Precipitation-Evapotranspiration Index

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

VHIبا ناهنجاری‌های ماهانهٔ بارندگی ارتباط زیادی داشتند (*Carolyn et al, 2019:12*).

با توجه به تحقیقات انجام‌شده در خصوص کاربرد تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات خشکسالی و توانمندی تکنیک‌های سنجش‌ازدور در شناسایی تغییرات پوشش گیاهی، شاخص‌های متعددی تعریف و توسعه داده شده است که از پرکاربردترین آن‌ها شاخص‌های VCI، TCI و VHI را می‌توان نام برد؛ بنابراین در این پژوهش، خشکسالی استان گلستان با استفاده از شاخص‌های خشکسالی سنجش‌ازدور TCI، VCI و VHI به کمک تصاویر ماهواره‌ای سنجندهٔ مودیس مورد بررسی قرار گرفته‌است.همچنین در این پژوهش، شاخص هواشناسی SPI برای بررسی ضریب همبستگی با شاخص‌های خشکسالی سنجش‌ازدور، به‌دلیل دردسترس‌بودن داده‌های بارندگی و بالابودن ضریب همبستگی بسیار بالا (در حدود ۹۴ درصد) بین شاخص SPI و SPEI در محدودهٔ مورد مطالعه با توجه به اقلیم مرطوب آن انتخاب شد (*Lotfirad, 2022 383-406*).

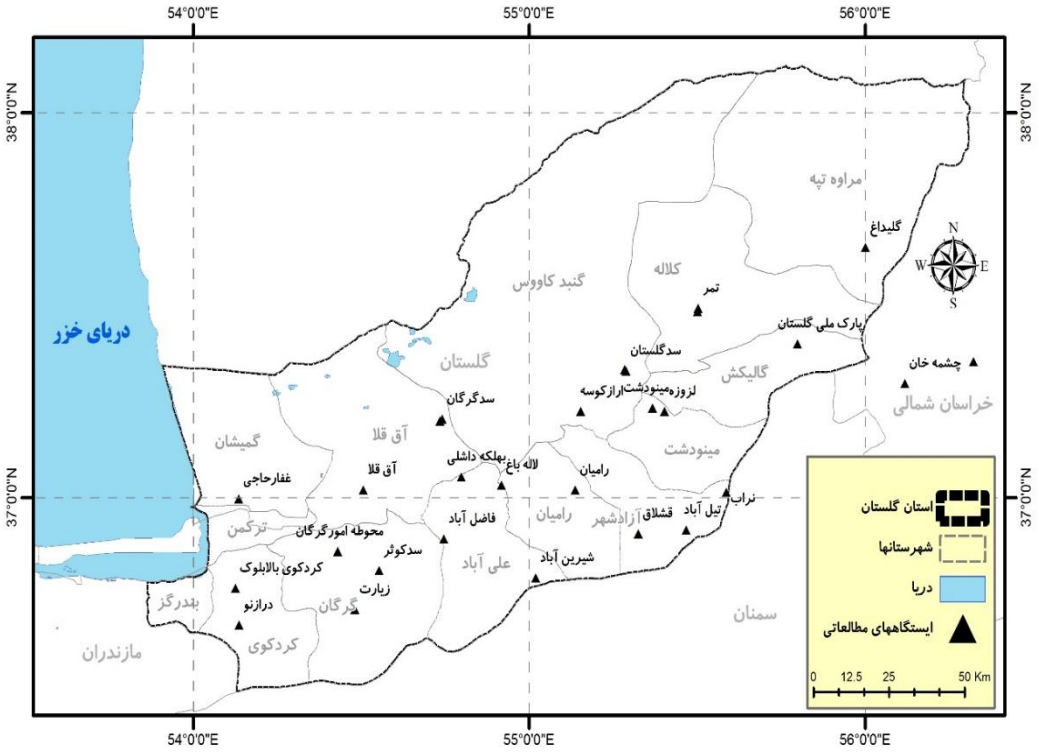
داده‌ها و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

استان گلستان در بخش جنوب‌شرقی دریای خزر قرار دارد. این استان با مساحت ۲۰۴۳۷/۷۵ کیلومترمربع، که تشکیل‌دهندهٔ ۱/۳ درصد مساحت کل کشور و ۱۱/۷ درصد از مساحت حوضهٔ آبریز دریای خزر است، در شمال ایران، بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجهٔ عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقهٔ طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ واقع شده که از تنوع اقلیمی خوبی برخوردار است و تقریباً همهٔ اقلیم‌های ایران را دربرمی‌گیرد و از آن به‌عنوان اکوتوریسم ایران یاد می‌کنند. میزان بارندگی سالانهٔ استان بین ۱۹۲ تا ۹۶۲ میلی‌متر است و میانگین آن در استان ۵۳۰ میلی‌متر است. مطالعهٔ حاضر براساس داده‌های بارش سالانهٔ ۲۲ ایستگاه استان گلستان (شکل ۱) که دارای آمار کاملی در دورهٔ مشاهداتی ۱۴۰۰-۱۳۸۰ بودند، انجام شد. در این پژوهش، همهٔ تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از کدنویسی در گوگل‌ارث انجین و برنامه‌نویسی RStudio و ArcGIS10.8 انجام شد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدودهٔ مطالعاتی استان گلستان

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲

داده‌های ماهواره‌ای درجهت پایش پوشش گیاهی

پژوهش حاضر با استفاده از محصولات NDVI[۳] سنجندهٔ مودیس ماهوارهٔ Terra با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر و قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روز و همچنین محصول LST این سنجنده با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر و قدرت تفکیک زمانی ۸ روز مربوط به سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ صورت گرفته است. در این پژوهش، همهٔ تجزیه‌وتحلیل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Arcgis10.8، RStudio ، Excel، SPSS و Google earth engine استفاده شد.

روش پژوهش

شاخص‌های VCI، TCI و VHI

با پیشرفت خشکسالی، سطح زمین با تنش‌های گرمایی مواجه می‌شود، به این منظور، «شاخص وضعیت دمایی (TCI)، مبتنی بر سنجش‌ازدور و به‌منظور تعیین وقوع خشکسالی مربوط به درجه حرارت معرفی شده است. این شاخص که اساس آن بر دمای درخشندگی است، برای بررسی عملکرد پوشش گیاهی نسبت‌به دما ارائه شده است؛ بدین‌معنی‌که هنگامی‌که دما به بالاترین مقدار خود می‌رسد، خشکسالی نیز به نهایت خود خواهد رسید؛ بنابراین این شاخص میزان انحراف دمای ماه مورد نظر را از مقدار بیشینه در طول زمان بیان می‌کند و برهمین اساس، سینگ و همکاران (۲۰۰۳) وجود دماهای بالای سطح زمین در فصل رشد گیاهان را نشان‌دهندهٔ وضعیت نامطلوب و خشکسالی بیان کردند، درحالی‌که دمای پایین سطح زمین عموماً بیانگر شرایط مطلوبتری است؛ به بیان دیگر شاخص TCI نیز وابسته به دما است که در بالاترین دما، پایین‌ترین مقدار آن صفر و در حداقل دما، بالاترین مقدار آن یک است(*داوودآبادی و فراهانی، ۱۴۰۰*).

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

شاخص مزبور با استفاده از رابطهٔ زیر برآورد می‌شود (*Kogan, 1995: 91*).

$$TCI = \frac{LST_{max} - LST}{LST_{max} - LST_{min}}$$

که LST، LSTmax و LSTmin به‌ترتیب بیانگر مقادیر شاخص، حداکثر و حداقل ارزش‌های هر پیکسل است. باید توجه داشت که شاخص TCI براساس ارتباط میان درجه‌حرارت واقعی سطح زمین و درجه‌حرارت شرایط پتانسیل (LSTmin) و تنش گیاهی (LSTmax) ایجاد شده است.

از آنجایی‌که شاخص NDVI به‌تنهایی قادر به آنالیز خشکسالی نیست، در دههٔ ۱۹۹۰ میلادی، استفاده از شاخص‌های ترکیبی با رویکرد به‌کارگیری سری‌های زمانی NDVI و LST مطرح شد. براین‌اساس با توجه به اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی و درجه‌حرارت سطح زمین، شاخص‌های VCI و TCI مبتنی بر سری‌های زمانی NDVI و LST ایجاد شدند که رابطهٔ آن‌ها بدین‌شرح است:

$$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100$$

که در آن: $NDVI_{min}$، $NDVI_{max}$ و $NDVI_i$ به‌ترتیب NDVI که میانگین حداقل طولانی‌مدت، میانگین حداکثر طولانی‌مدت و میانگین هر پیکسل در ماه مورد نظر است. شاخص VCI براساس ارتباط میان مقدار واقعی NDVI و مقادیر NDVI در بهترین (NDVImax) و بدترین (NDVImin) شرایط رطوبتی فصل رشد گیاه، ایجاد شده است. شرایط پوشش گیاهی سطح زمین توسط شاخص VCI برحسب درصد بیان می‌شود. اگر مقدار این شاخص بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد باشد، نشان‌دهندهٔ وضعیت مطلوب یا وضعیت بالای نرمال است؛ درحالی‌که اگر این شاخص به صفر نزدیک شود، نشان‌دهندهٔ وجود یک خشکسالی شدید در آن ماه است (*Thenkabail et al, 2003: 12*)

با استفاده از ترکیب شاخص‌های VCI و TCI، شاخص VHI به‌منظور بررسی سلامت گیاهی استفاده می‌شود. مقصود از این شاخص، سهیم‌کردن شرایط رطوبت پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح زمین در یک شاخص واحد است. براساس این شاخص، خشکسالی کشاورزی در ۵ گروه طبقه‌بندی شده است و مطابق با رابطهٔ زیر حاصل می‌شود.

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

جدول ۱: طبقات خشکسالی کشاورزی براساس شاخص‌های VHI و VCI

طبقات خشکسالی	VHI-VCI (درصد)
خشکسالی بسیار شدید	<۰,۱
خشکسالی شدید	۰,۱-۰,۲
خشکسالی متوسط	۰,۲-۰,۳
خشکسالی ملایم	۰,۳-۰,۴
شرایط نرمال	۰,۴-۰,۶
ترسالی	<۰,۶

مأخذ: *Kogan, 2001:1949*

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

شاخص SPI

شاخص SPI براساس اختلاف بین مقادیر بارش و میانگین آن در یک بازهٔ زمانی مشخص و تقسیم این مقدار بر انحراف معیار بارش توسط *(McKee et al. 1997; McKee et al, 1993; Edwards and McKee,1995* یشنهاد شد. در این‌پژوهش به‌منظور برآورد خشکسالی هواشناسی در منطقه از شاخص SPI استفاده شد. از مهم‌ترین ویژگی‌های شاخص SPI سهولت کاربرد و انعطاف‌پذیری زمانی آن است که استفاده از آن را در پایش خشکسالی‌ها با مقیاس‌های زمانی مختلف، ممکن کرده است. مقادیر مثبت آن، مقادیر بیشتر از میانهٔ بارندگی و مقادیر منفی آن، مقادیر کمتر از میانهٔ بارش را نشان می‌دهد (جدول ۲). هرگاه مقادیر SPI به‌طور منفی باشد، معرف وقوع خشکسالی است. در این تحقیق، برای برآورد SPI از زبان برنامه‌نویسی Rstudio استفاده شد.

جدول ۲: طبقه‌بندی خشکسالی براساس طبقه‌بندی SPI

وضعیت خشکسالی	SPI
خشکسالی بسیار شدید	۲- وکمتر
خشکسالی شدید	۱,۵- تا ۱/۹۹-
خشکسالی متوسط	۱-تا ۱/۴۹-
خشکسالی ملایم	۰,۹۹- تا ۰

مأخذ: *Guttman, 1999 311:*

نتایج حاصل از خشکسالی کشاورزی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای

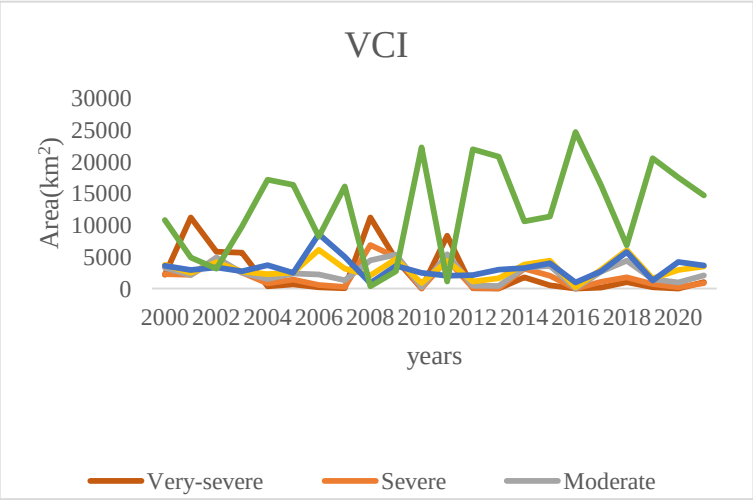
پیچیدگی پدیدهٔ خشکسالی سبب ممانعت از فهم کامل اثرات آن می‌شود. تحقیق حاضر، تغییرات مکانی پوشش گیاهی و درجه‌حرارت سطح زمین ناشی از خشکسالی در قالب شاخص‌های ترکیبی مبتنی بر سری‌های زمانی ماهانه TCI، VCI و VHI را در استان گلستان بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ نشان می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی و درجه‌حرارت سطح زمین متفاوت بوده و تابع عوامل مختلفی مانند نوع و خصوصیات پوشش گیاهی و شرایط دمایی آن‌هاست. به‌منظور بررسی خشکسالی کشاورزی، نقشه‌های VCI و TCI از تصاویر ماهواره‌ای MODIS در مقیاس زمانی ماهانه از سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ تهیه شد.

بررسی شاخص VCI

نقشه‌های شاخص VCI براساس مقادیر میانگین سالانه تهیه شد. به‌منظور بررسی طبقات فراوانی مکانی هر طبقه خشکسالی تصاویر براساس جدول ۱ به طبقات خشکسالی خیلی شدید، خشکسالی شدید، خشکسالی نسبتاً شدید، خشکسالی متوسط و نرمال تقسیم شدند. شکل ۲ نقشه‌های سری زمانی میانگین VCI سالانه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ در استان گلستان را نشان می‌دهد.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



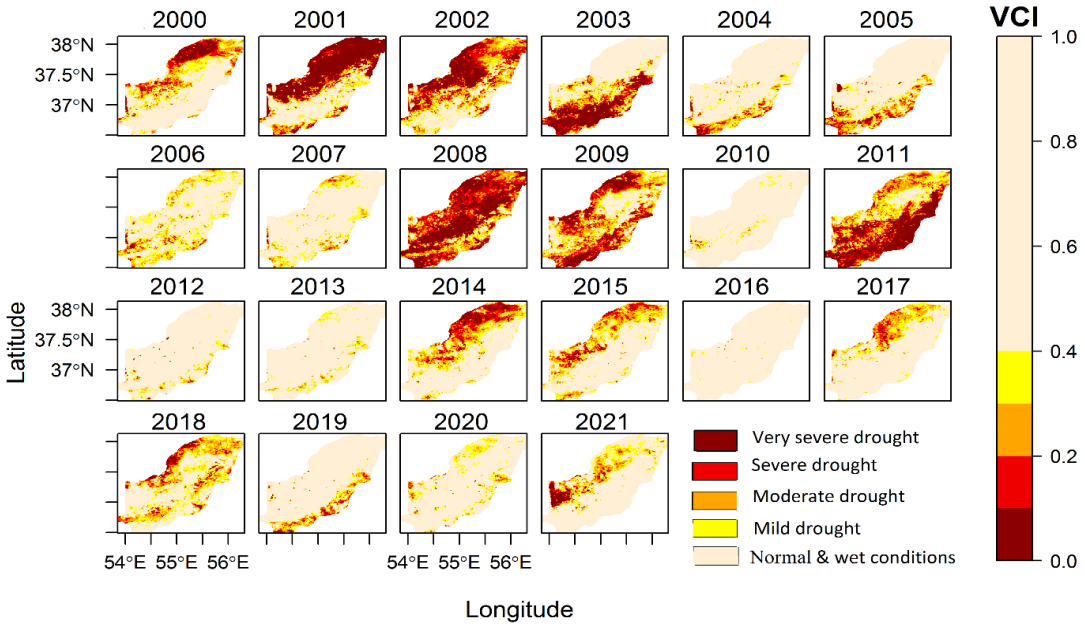
شکل ۲: روند رخداد انواع کلاس‌های خشکسالی در محدودهٔ مورد مطالعه براساس شاخص VCI

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

بررسی پراکندگی شاخص VCI بیانگر بیشترین گسترهٔ خشکسالی، به‌ویژه خشکسالی بسیار شدید، به‌ترتیب شدت و گسترش در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ است، به‌طوری‌که بخش قبل‌توجهی از استان گلستان در سال ۲۰۰۸، به‌جز ناحیهٔ بسیارکوچکی در نیمهٔ شرقی، در حدود ۹۰ درصد خشکسالی را تجربه کرده است. خشکسالی بسیار شدید در سال ۲۰۰۸ در نواحی مرکزی، شمال‌غرب و جنوب‌غرب با بیشترین مساحت در حدود ۱۱۲۲۱km^2(۴۳ درصد مساحت کل استان) و خشکسالی شدید در نیمهٔ شمالی و غربی با مساحت ۶۸۶۳km^2 (در حدود ۲۶ درصد مساحت استان) رخ داده است (شکل‌های ۲، ۳ و ۴). پراکندگی خشکسالی با شاخص VCI به‌شدت با زمان و مکان متفاوت است، به‌طوری‌که در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ ، ۲۰۱۴ ، ۲۰۱۵ ، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱ بیشتر نیمهٔ غربی و در سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۹ بیشتر نیمهٔ شرقی محدودهٔ مورد مطالعه تحت‌تأثیر خشکسالی‌های بسیار شدید و شدید قرار داشته‌اند (شکل ۳). همچنین بررسی شکل ۳، نشان می‌دهد که منطقهٔ مورد مطالعه، بهترین حالت مصون‌بودن از خشکسالی‌های شدید و خیلی شدید را فقط در سال ۲۰۱۶ تجربه کرده است و پس از آن در سال ۲۰۱۸ خشکسالی دوباره شدت گرفته است. بررسی توزیع درصد گسترهٔ خشکسالی در طبقات مختلف در شکل ۴، بیانگر بالاترین گسترهٔ خشکسالی بسیار شدید در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ (در حدود ۴۳ درصد از منطقهٔ مورد مطالعه) است، درحالی‌که در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ مساحت بسیار کمی از استان (کم‌تر از ۱۰ درصد) تنها تحت‌تأثیر خشکسالی‌های ملایم قرار دارند. همچنین بررسی بیشتر شکل ۴ نشان از کاهش مساحت نواحی درگیر خشکسالی بسیار شدید و شدید در دههٔ دوم مورد مطالعه (۲۰۲۱-۲۰۱۱) نسبت‌به دههٔ اول موردمطالعه (۲۰۱۰-۲۰۰۰) دارد، به‌طوری‌که در دههٔ دوم مورد مطالعه مساحت نواحی دارای خشکسالی‌های متوسط و ملایم نسبت‌به خشکسالی‌های بسیار شدید و شدید بیشتر است. به‌طورکلی شدت، فراوانی و گسترش رخداد خشکسالی‌ها در نیمهٔ اول مورد مطالعه (سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰) نسبت‌به نیمهٔ دوم مورد مطالعه بسیار قابل‌توجه است.

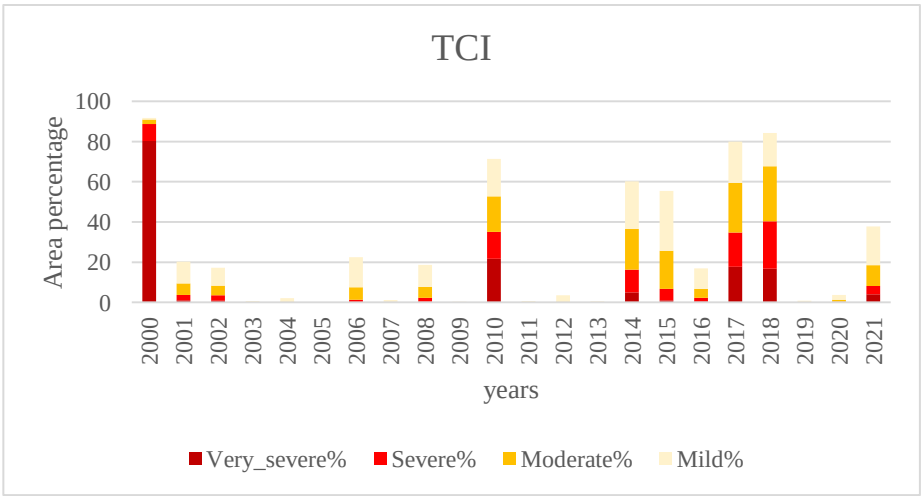
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۳: وضعیت خشکسالی براساس شاخص VCI در استان گلستان در سال‌های مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲



شکل ۴: توزیع درصد مساحت طبقات مختلف خشکسالی براساس شاخص VCI

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

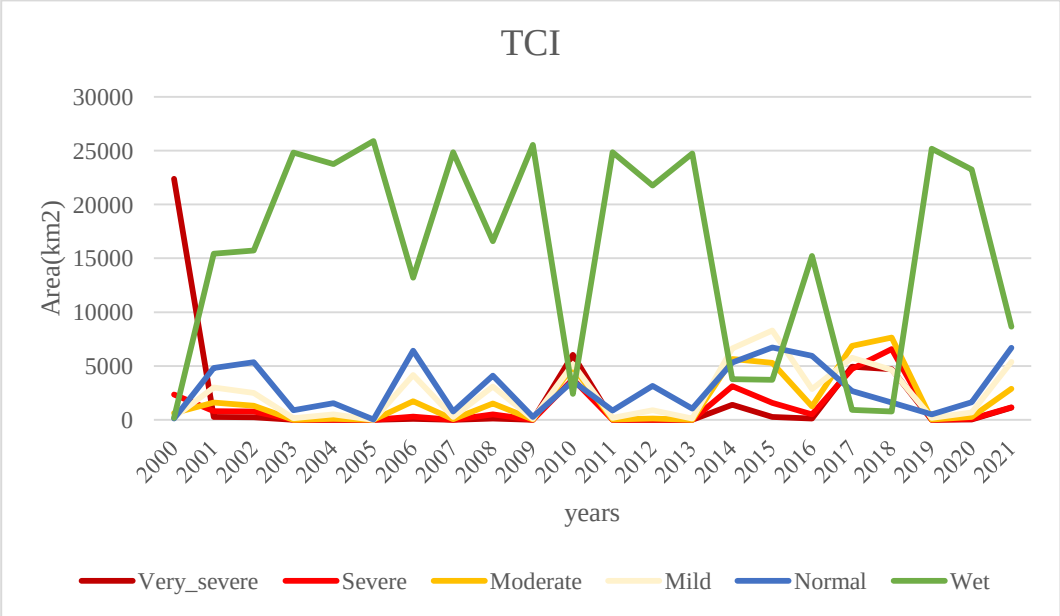
بررسی پراکندگی مکانی خشکسالی براساس نقشه‌ها (شکل ۳ و ۴) نشان می‌دهد که بیشتر مناطق استان در دورهٔ مطالعه با خشکسالی بحرانی و خشکسالی شدید مواجه بوده است؛ به‌طوری‌که در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۰۸ بالای ۴۰ درصد از منطقهٔ مورد مطاله درگیر خشکسالی بسیار شدید بوده است. همچنین شکل ۳ نشان می‌دهد که منطقهٔ مورد مطالعه در قسمت شمال و شمال شرقی استان در بیشتر سال‌های مورد مطالعه با خشکسالی درگیر بوده است.

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بررسی شاخص TCI:

شاخص TCI برای بررسی وضعیت دمایی منطقهٔ مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. زمانی که دما به بالاترین مقدار خود می‌رسد، در این شاخص، شدت خشکسالی نیز افزایش می‌یابد. پراکندگی مکانی شاخص TCI در محدودهٔ مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱ نشان از شدت و گسترش قابل‌توجه خشکسالی به‌ترتیب با بیشترین شدت خشکسالی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰، به‌ویژه سال ۲۰۰۰ تقریباً در کل منطقهٔ مورد مطالعه (در حدود ۹۰ درصد مساحت منطقه) با بیشترین مساحت خشکسالی‌های بسیار شدید و شدید در حدود ۲۴۷۳۶ km^2 (۸۰ درصد مساحت کل منطقه) و با شدت کمتری به‌ترتیب در سال‌های ۲۰۱۸ و ۲۰۱۷ در بیش از ۷۰ درصد مساحت منطقهٔ مورد مطالعه، به‌ویژه در سال ۲۰۱۸ با مساحت بالاتری از خشکسالی بسیار شدید و شدید نسبت‌به سال ۲۰۱۷ (با مساحت ۱۱۲۶۳ km^2 در حدود ۲۲ درصد محدودهٔ مورد مطالعه) دارد (شکل‌های ۵، ۶ و ۷). همچنین بررسی فراوانی وقوع خشکسالی‌ها در نیمهٔ دوم مورد مطالعه (۲۰۱۱ تا ۲۰۲۱) نسبت‌به نیمهٔ اول افزایش داشته است؛ به‌طوری‌که هم شدت و هم گسترهٔ وقوع خشکسالی در نیمهٔ دوم افزایش دارد (شکل‌های ۵ و ۷).

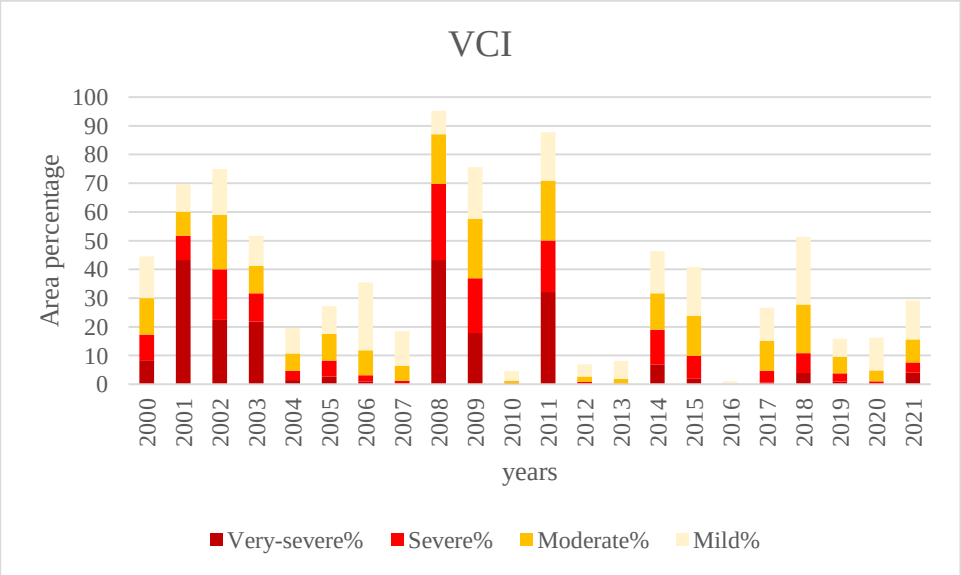


شکل ۵: روند رخداد انواع کلاس‌های خشکسالی در محدودهٔ مورد مطالعه براساس شاخص TCI

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

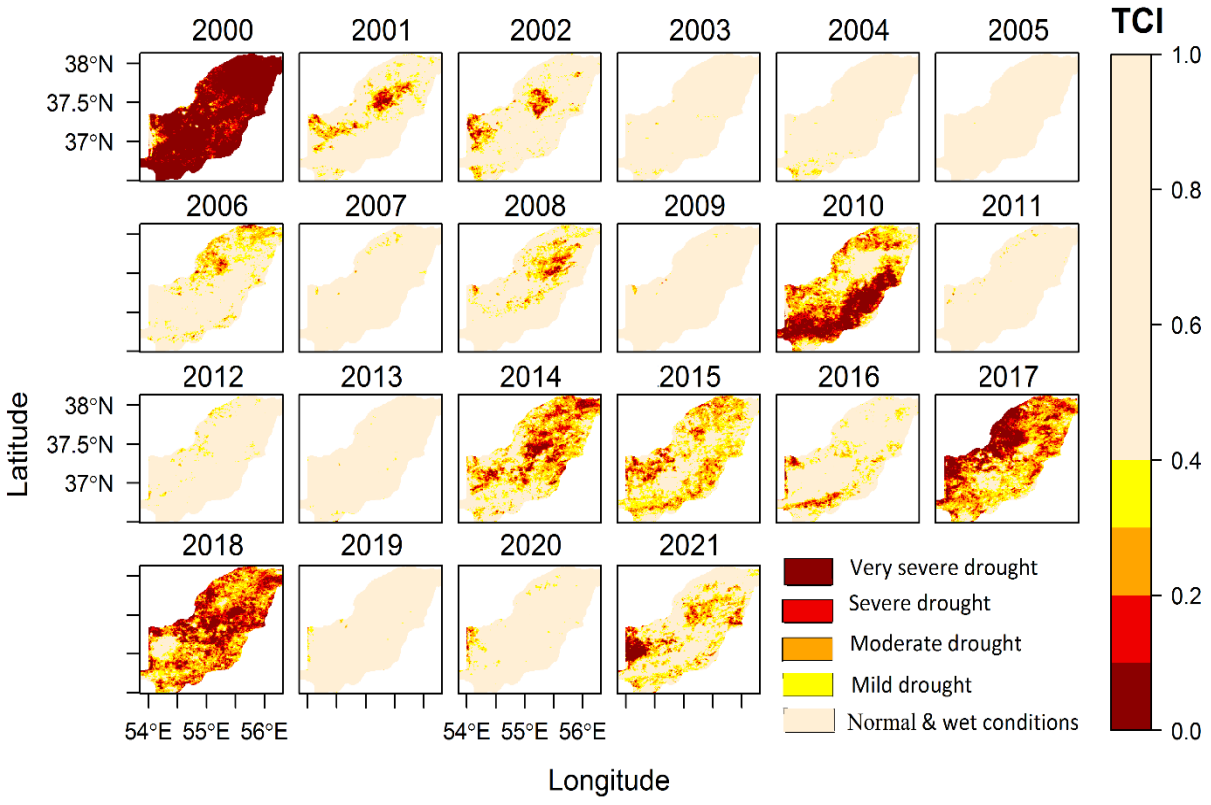
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۶: توزیع درصد مساحت طبقات مختلف خشکسالی براساس شاخص TCI

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲



شکل ۷: نقشهٔ پهنه‌بندی شاخص TCI در استان گلستان در سال‌های مورد مطالعه

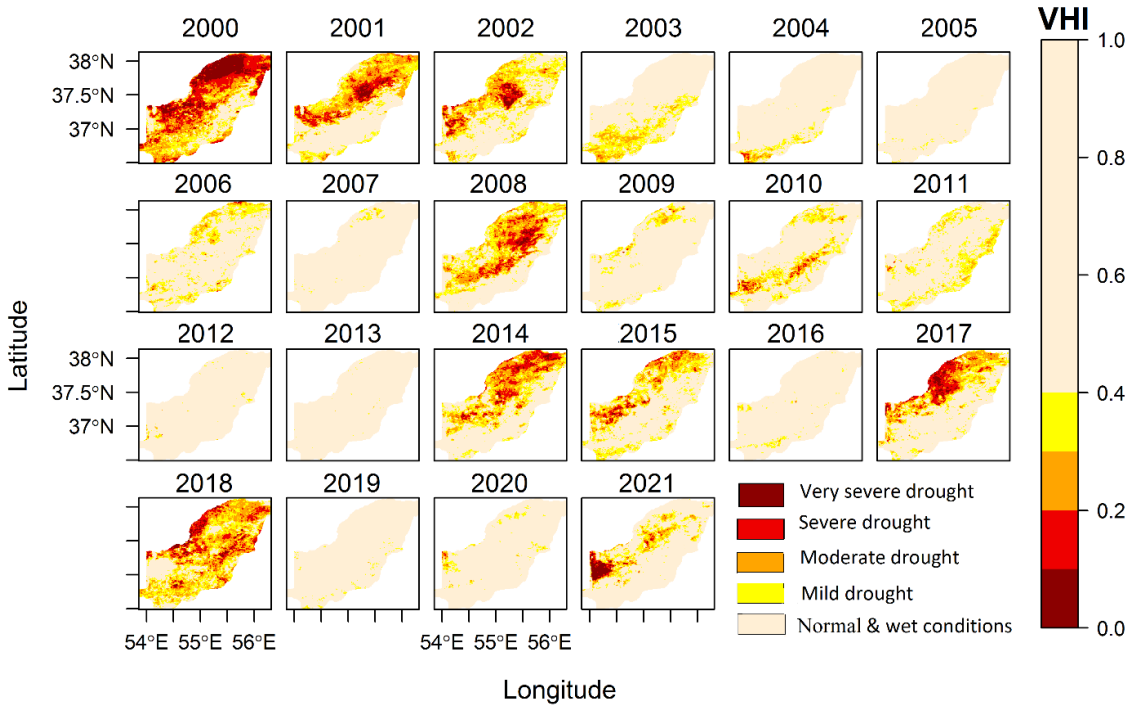
تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۲

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بررسی شاخص VHI:

شاخص VHI یکی از شاخص‌های خشکسالی است که به‌صورت وسیعی در پایش و ارزیابی خشکسالی کاربرد دارد و توانایی نمایش اثرات خشکسالی، هم بر پوشش گیاهی و هم بر درجه‌حرارت سطح زمین را داراست. بررسی پراکندگی مکانی شاخص VHI در استان گلستان در دورهٔ آماری ۲۰۲۱-۲۰۰۰ بیانگر وقوع شدیدترین خشکسالی‌ها به‌ترتیب در سال ۲۰۰۰ با بیشترین گسترهٔ خشکسالی بسیار شدید و شدید (مساحت ۱۰۶۶۲km2 درحدود ۴۰ درصد کل منطقه) با بیشترین شدت در شمال و نیمهٔ غربی استان و سپس سال ۲۰۱۸ با گسترهٔ خشکسالی بسیار شدید و شدید در مساحتی در حدود ۱۸ درصد از مساحت کل منطقهٔ مورد مطالعه است (شکل‌های ۸، ۹ و ۱۰). همچنین اکثر نواحی منطقهٔ مورد مطالعه، بیش از ۷۵ درصد، در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۸ و در حدود ۴۰ درصد تا ۵۰ درصد از منطقه در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۸ خشکسالی بحرانی را تجربه کرده‌اند (شکل‌های ۸ و ۱۰).



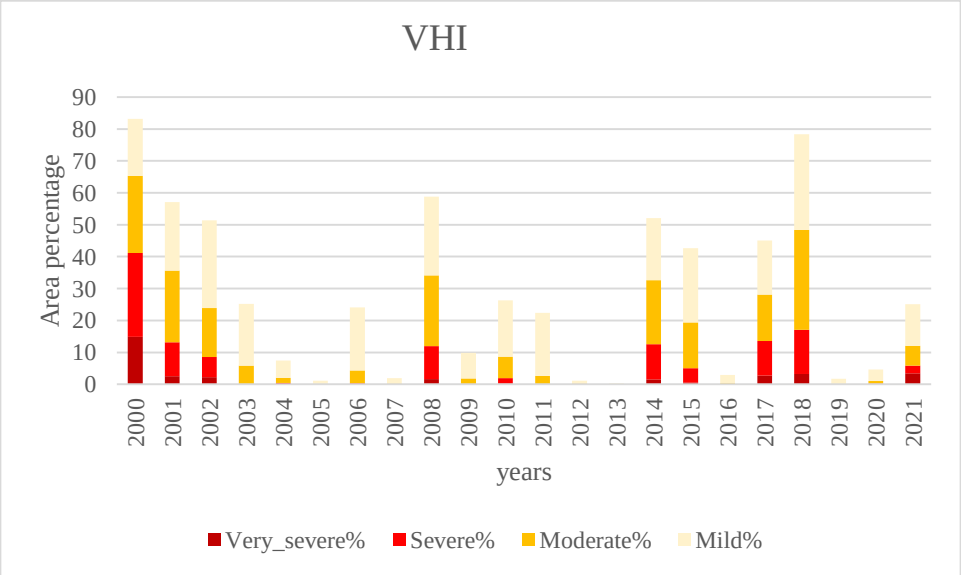
شکل ۸: وضعیت خشکسالی براساس شاخص VCI در استان گلستان در سال‌های مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

باتوجه به نتایج حاصل از طبقه‌بندی شاخص VHI در شکل ۹، بخش‌های شمالی و شمال‌غربی استان گلستان بیشتر در کلاس خشکسالی خیلی شدید نمایان شده‌اند که می‌تواند تحت‌تأثیر ویژگی‌های توپوگرافی منطقه و عوامل خُرد اقلیمی محلی باشد. به‌طورکلی بررسی سری زمانی توزیع مساحت‌های درگیر طبقه‌بندی‌های خشکسالی نشان‌دهندهٔ کاهش شدت خشکسالی‌ها در نیمهٔ دوم مورد مطالعه (۲۰۲۱-۲۰۱۱) نسبت‌به نیمهٔ اول مورد مطالعه (۲۰۱۰-۲۰۰۰) است (شکل ۱۰). مقایسهٔ پراکنش مکانی شدت خشکسالی شاخص VHI (شکل۹) با شاخص‌های VCI و TCI (شکل‌های ۳ و ۶) بیانگر شباهت بیشتر مکان‌های دارای شدت خشکسالی بالاتر بین شاخص VHI با شاخص TCI است.

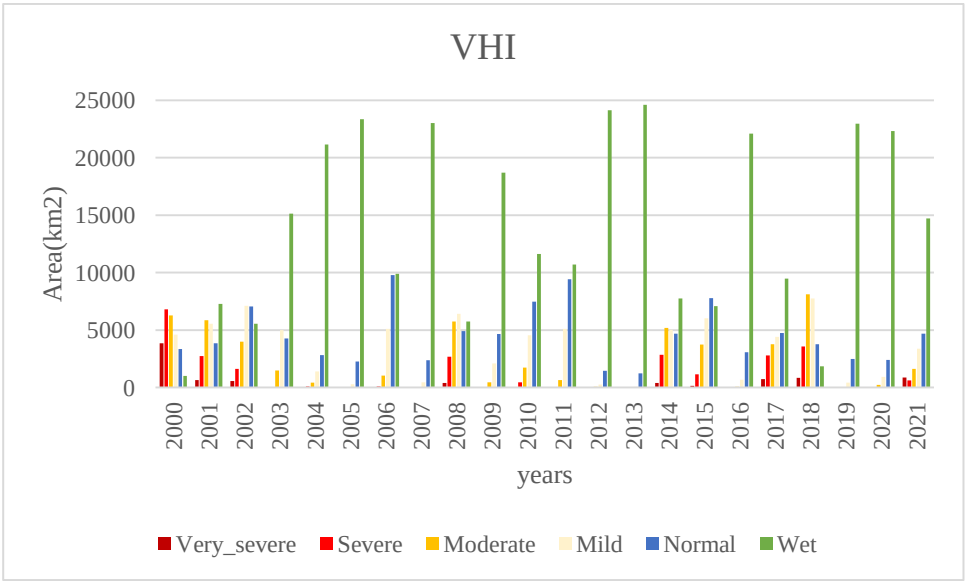
Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۹: توزیع درصد مساحت طبقات مختلف خشکسالی براساس شاخص VHI

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

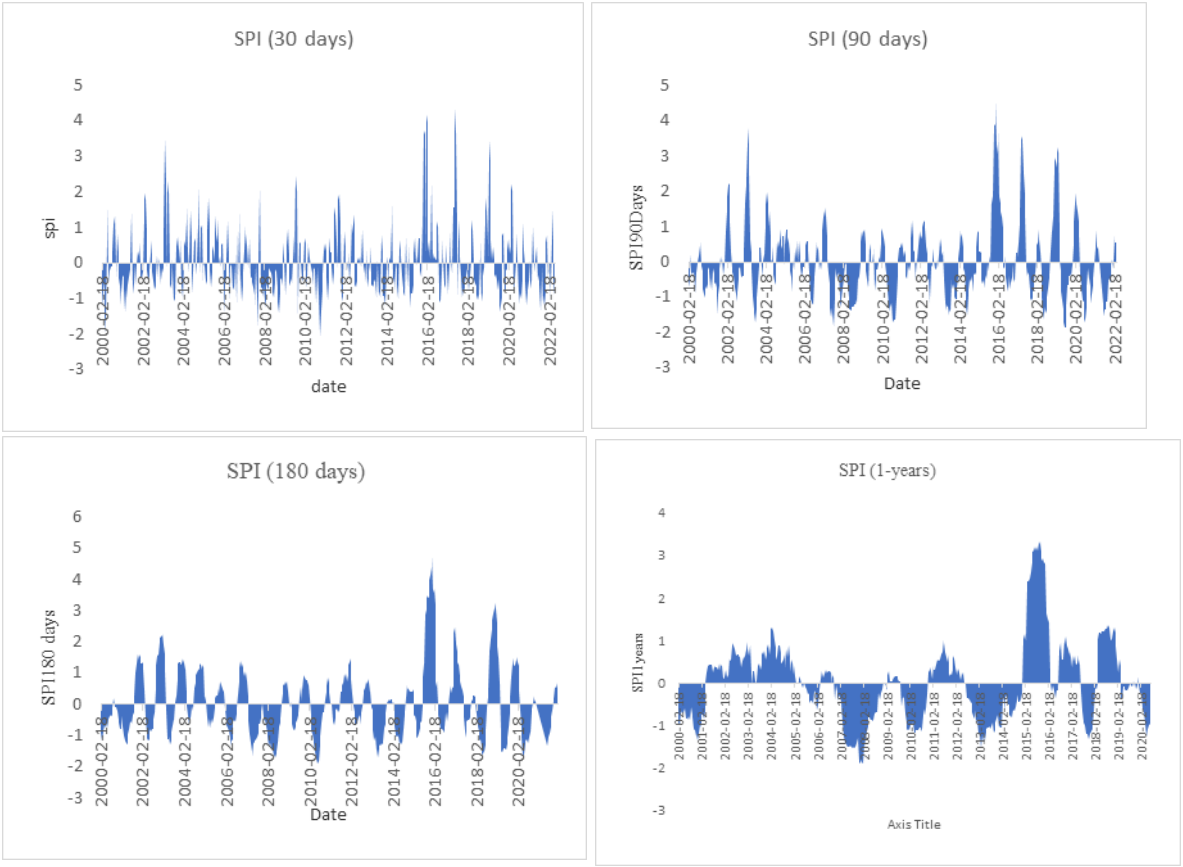


شکل ۱۰: سری زمانی رخداد انواع کلاس‌های خشکسالی در محدودهٔ مورد مطالعه براساس شاخص VHI

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir



شکل ۱۱: نمودار نوسانات سری زمانی شاخص SPI استان گلستان در دورهٔ مطالعاتی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱

تهیه و ترسیم: نگارندگان،۱۴۰۲

بررسی شاخص SPI

در شکل ۱۱ تغییرات مقادیر SPI استان گلستان برای دوره‌های ۱ ماهه، ۳ ماهه، ۶ ماهه و ۱ ساله نشان داده شده است. همان‌طور که از شکل ۱۱ مشخص است، در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۷،۲۰۱۰، ۲۰۱۳، ۲۰۱۸ و ۲۰۲۰ در استان گلستان خشکسالی شدید دیده شده است.

رابطهٔ شاخص‌ها و پارامترها براساس تغییرات در طول دورهٔ مطالعه

بررسی رابطهٔ همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی کشاورزی سنجش‌ازدور با شاخص SPI در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳: مقادیر ضریب همبستگی نمایه‌ها در استان گلستان در دورهٔ مطالعاتی

ضریب همبستگی	VCI	TCI	VHI
SPI (30 day)	0.234	0.038	0.073
SPI (90 day)	0.250	0.439	-0.238
SPI (180 day)	-0.350	0.526	-0.607
SPI (1year)	0.002	0.014	-0.028

مأخذ:نگارندگان،۱۴۰۲

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

بررسی همبستگی شاخص SPI با شاخص‌های خشکسالی سنجش‌ازدور در طول دورهٔ مورد مطالعه (۲۲ سال) در استان گلستان بیانگر بالاترین ضریب همبستگی (۰/۵۳) بین شاخص TCI با SPI(180) (شش ماهه) است. همچنین شاخص VCI نیز با SPI(90) (۳ ماهه) دارای بیشترین ضریب همبستگی (۰/۲۵) و شاخص VHI نیز با SPI(30) (یک ماهه) دارای ضریب همبستگی بالاتری (۰,۰۷۳) نسبت‌به سایر مقادیر SPI است. کمترین همبستگی بین شاخص‌های سنجش‌ازدور با شاخص SPI سالانه (محدودهٔ ۰/۰۲۸- تا ۰/۰۱۴) مشاهده می‌شود.

نتیجه

داده‌های ماهوارهای MODIS با قدرت تفکیک زمانی بالا برای کشف و تغییرات سیمای سرزمین در طول زمان مانند پایش سلامت پوشش گیاهی با تحلیل سری‌های زمانی شاخص پوشش گیاهی مفید تشخیص داده شد. در این پژوهش تغییرات زمانی و مکانی شاخص‌های گیاهی خشکسالی سنجش‌ازدور شامل: VCI، TCI و VHI برآورد شده از سنجندهٔ MODIS و ارتباط آن‌ها با شاخص خشکسالی هواشناسی SPI در استان گلستان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش بیانگر وابستگی شدید به زمان و مکان در شدت، فراوانی و گسترش وقوع خشکسالی در شاخص‌های مختلف است، به‌طوری‌که خشکسالی‌های بسیار شدید و شدید با بیشترین گسترش در منطقه با شاخص TCI در سال ۲۰۰۸ (۹۰٪ مساحت کل) در اکثر نواحی به جز بخش‌هایی از جنوب شرق و جنوب غرب و کم‌ترین گسترش با شاخص VHI در سال ۲۰۰۰ (۴۰درصد مساحت کل) تنها در نواحی شمالی و شمال غربی رخ داده است. همچنین شدت خشکسالی شاخص VCI در نیمهٔ دوم (۲۰۲۱-۲۰۱۱) نسبت‌به نیمهٔ اول موردمطالعه (۲۰۱۰-۲۰۰۰) کاهش قابل‌توجهی را نشان می‌دهد، درحالی‌که شدت و فراوانی خشکسالی شاخص TCI نسبت‌به نیمهٔ اول افزایش یافته است. این کاهش شدت (افزایش) شدت خشکسالی شاخص VCI (TCI) در نیمهٔ دوم دورهٔ مورد مطالعه می‌تواند ناشی از افزایش بارندگی و رطوبت (افزایش دمای سطح زمین) در اقلیم‌های مرطوب با شتاب‌گرفتن تغییرات اقلیمی در دههٔ اخیر در اثر افزایش دمای جهانی درنتیجهٔ افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد. این نتایج با نتایج پژوهش پویان و همکاران[1] (۲۰۲۳) در ایران در خصوص نبود خشکسالی در شمال ایران در دورهٔ ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۰ مطابقت دارد. بررسی ضریب همبستگی بین شاخص‌های سنجش‌ازدور و شاخص SPI نشان‌دهندهٔ بالاترین رابطهٔ خطی بین شاخص SPI و TCI در مقیاس شش‌ماهه (ضریب همبستگی ۰/۵۳) است که بیانگر دقیق‌تر بودن شاخص TCI در تخمین خشکسالی در استان گلستان است. همچنین عدم‌همبستگی معنادار بین شاخص VHI با شاخص SPI نشان از تأثیر عوامل دیگری بر سلامت گیاه، علاوه‌بر خشکسالی دارد و کاهش سلامت گیاه با تأخیر زمانی بعد از خشکسالی رخ می‌دهد. این دلیل می‌تواند توجیهی بر ضریب همبستگی ضعیف بین شاخص‌های گیاهی و الگوهای دما و بارش باشد که با نتایج هن و همکاران (۲۰۲۰) توافق دارد.

1. Pouyan et al

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

منابع

داودآبادی‌فراهانی محمدحسین؛ علیرضا شریفی؛ مهدی عربی (۱۴۰۰). پایش خشکسالی کشاورزی استان مرکزی با استفاده از شاخص‌های VHI و PDSI ، علوم و فنون نقشه برداری. دوره ۱۱. شماره ۳.

http://jgst.issgeac.ir/article-۱۰۲۸-۱-fa.html

جهانگیر، محمدحسین؛ ضحی مشیدی (۱۳۹۹). ارزیابی پایش خشکسالی کشاورزی مبتنی بر سنجش از دور با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش در ماه‌های رشد (مطالعه موردی: حوضه آبریز کارون بزرگ). مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۴) ، صفحات ۱۲۶۴-۱۲۵۲.

https://sid.ir/paper/1057034/fa

References

Andujar, E., Krakauer, N. Y., Yi, C., & Kogan, F (2017). "Ecosystem Drought Response Timescales from Thermal Emission versus Shortwave Remote Sensing, Advances in Meteorology" 8434020, 1-10.
https://doi.org/10.1155/2017/8434020

Bento, V. A., Gouveia, C. M., DaCamara, C. C., & Trigo, I. F (2018). "A climatological assessment of drought impact on vegetation health index" Agricultural and Forest Meteorology.Vol.259, 286-295.
https:// DOI: 10.1016/j.agrformet.2018.05.014

Bhuiyan, C. (2008). Desert vegetation during droughts: response and sensitivity. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci, 37, 907-912.
https://www.researchgate.net/publication/228452114

Carolyn, Qu, Hao, X, J. Qu, J (2019). "Monitoring Extreme Agricultural Drought over the Horn of Africa (HOA) Using Remote Sensing Measurements" Remote Sens. Vol.11, No.8,902.
https:// https://doi.org/10.3390/rs11080902

Dalezios, N , Blanta, A. , Spyropoulos, N.V Tarqui, A. (2014). "Risk identification of agricultural drought for sustainable Agroeco systems" Nat. Hazards Earth Syst. Sci, Vol2, No.4, 3097-3135.
https:// doi:10.5194/nhess-14-2435-2014

Möllmann, J., Buchholz, M., Musshoff, O (2019). Comparing the Hedging Effectiveness of Weather Derivatives Based on Remotely Sensed Vegetation Health Indices and Meteorological Indices. Weather, Climate, and Society, Vol.1, No.11, 33-48.
https://doi.org/10.1175/WCAS-D-17-0127.1.

Essa, Y. H. , Khalil, A. A. , M. , Abdel-Wahab (2016). "Assessment of Agricultural Drought under Climate Change" Research Journal of Fisheries and Hydrobiology. Vol.11, 1-11.
https://scholar.google.com/scholar?cluster=٥٠٩٩٣٢٤١٦٣٥٧١٢٠٢٥٠٣&hl=fa&as_sdt=٢٠٠٥&sciodt=٠،٥

Gidey, E, Dikinya, O, Sebego, R, Segosebe, E, Zenebe, A (2018). "Earth Systems and Environment Using Drought Indices to Model the Statistical Relationships Between Meteorological and Agricultural Drought in Raya and Its Environs" Earth Systems and Environment Northern Ethiopia.Vol.2, No.6.
https://doi.org/١٠,١٠٠٧/s٩-٠٠٥٥-٠١٨-٤١٧٤٨

Guttman, N.B (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calcula-tion algorithm. Journal of the American water resources Association, Vol.35, No.2, 311-322.
DOI:10.1111/j.1752-1688.1999.tb03592.x

Han, P., Wang, P. X., Zhang, S. Y., & Zhu, D. Hb (2010). Drought forecasting based on the remote sensing data using ARIMA models. Mathematical and Computer Modelling, 51.11–12: 1398–1403.
https:// DOI:10.1016/j.mcm.2009.10.031

Jang, J.-D (2004). Evaluation of Thermal Water Stress of Forest in Southern Quebec from Satellite Images.These Doctor (Ph.D). University Laval Quebec.
http://hdl.handle.net/20.500.11794/17895

Archive of SID.ir

Archive of SID.ir

Jeyaseelan, A (2003). Droughts & floods assessment and monitoring using remote sensing and GIS. In Satellite remote sensing and GIS applications in agricultural meteorology. 291-313. World Meteorol. Org. Dehra Dun, India. Geneva, Switz.
https://www.researchgate.net/publication/٢٣٤٨٣٨٥٩٧_Droughts_Floods_Assessment_and_Monitoring_using_Remote_sensing_and_GIS

Kogan, F. N (2001). Operational space technology for global vegetation assessment. Bulletin of the American Meteorological Society, 82.9: 1949-1964.
http://dx.doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082<1949:OSTFGV>2.3.CO;2

Kogan, F.N.F.N (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15.11: 91-100.
https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T

Möllmann, J., Buchholz, M., & Musshoff, O (2018)."Comparing the Hedging Effectiveness of Weather Derivatives Based on Remotely Sensed Vegetation Health Indices and Meteorological Indices" Weather, Climate, and Society, Vol.1, No.11, 33-48.
https://doi.org/10.1175/WCAS-D-17-0127.1

Lotfirad, M., Esmaeili-Gisavandani, H., & Adib, A (2022). Drought monitoring and prediction using SPI, SPEI, and random forest model in various climates of Iran. Journal of Water and Climate Change, 13(2), 383-406.
https://doi.org/10.2166/wcc.2021.287

Pouyan, S., Bordbar, M., Ravichandran, V., Tiefenbacher, J.P., Kherad, M. and Pourghasemi, H.R. (2023). "Spatiotemporal monitoring of droughts in Iran using remote-sensing indices". Natural Hazards, Vol 117, No 1, 1-24.
https://doi.org/10.1007/s11069-023-05847-9

Quiring, S. M. and S. Ganesh (2010). "Evaluating the utility of the Vegetation Condition Index (VCI) for monitoring meteorological drought in Texas." Agricultural and Forest Meteorology 150 (3): 330-339.
https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2009.11.015

Rezaei moghadam, M, Valizadeh Kamran, K, Rostamzadeh, H, Rezaei, A (2014). "Assessing the Efficiency of Vegetation Indicators for Estimating Agricultural Drought Using MODIS Sensor Images (Case Study: Sharghi AzerbaijanProvince)" International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. Vol. 2,No.2 399-407.
https://www.ijabbr.com/article_٧٠٩٤.html

Singh, R. P., Roy, S., & Kogan, F (2003). Vegetation and temperature condition indices from NOAA AVHRR data for drought monitoring over India. International journal of remote sensing, 24(22), 4393-4402.
http://dx.doi.org/٠١٤٣١١٦٠٣١٠٠٠٠٨٤٣٢٣/١٠,١٠٨٠

Su ,ZB, Yacob A, Wen J, Roerink G, He YB, Gao BH, Boogaard H, van Diepen C (2003). Assessing relative soil moisture with remote sensing data: theory, experimental validation, and application to drought monitoring over the North China Plain, Physics and Chemistry of the Earth, 28 (1-3).
https://doi.org/١٠,١٠١٦/S٧٠٦٥-١٤٧٤(٠٣)٠٠٠١٠-X

Thenkabail, P.S., Gamage, M.S.D.N., Smakhtin, V.U (2003). The Use of Remote Sensing Data for Drought Assessment and Monitoring in Southwest Asia. Research report 85. 1-34.
https:// www.unisdr.org/ files/ 1871_VL102138.pdf

Archive of SID.ir