



Investigation of Agricultural Drought Time Series in Darab City using Remote Sensing and Google Earth Engine System

Hossein Esmaili ^{a*}, Seyed Hossein Mirmousavi ^b, Esmail Soheili ^c

^a MA in Climatology, Department of Geography, Faculty of Humanity Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

^b Associate Professor in Climatology, Department of Geography Faculty of Humanity Sciences University of Zanjan, Zanjan, Iran

^c Assistant Professor in Watershed management, Department of Range and watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 1 March 2021

Revised: 5 June 2021

Accepted: 20 June 2021

Abstract

Drought hazard is one of the natural features of the planet that can occur in all climatic zones so that in some cases it causes irreparable damage. Due to the importance of drought, this study aimed to analyze the time series of agricultural drought in Darab city over 20 years (2000-2020) using remote sensing and satellite images in the Google Earth engine system. Satellite imagery including 460 images of land surface temperature (LST) and vegetation (NDVI) MODIS of Terra satellite was used to calculate the temperature condition index (TCI) and vegetation condition index (VCI). Moreover, using the recorded rainfall data of the Darab synoptic station, the SPI index was calculated by MATLAB software in different time intervals. The results show that according to the extreme dryness class and based on the TCI index, the 2000 with an area of 225.46 square kilometers and also according to the VCI index, the 2013 year with an area of 280.80 square kilometers, had the most dried land area in Darab city. As a result, comparing the numerical value of SPI index for each of the years of the period under study with the amount of non-drought areas obtained from TCI and VCI indices obtained from satellite images, the highest correlation coefficient of 0.76 was observed between the 12-month SPI and the VCI index, which indicates the VCI satellite index as the optimal index indicating the drought situation in Darab city. Another outstanding result of this study is that the use of remote sensing data and Google Earth Engine System to monitor and investigate drought in areas that do not have observational data from land surveys is very useful.

Keywords: Drought Time Series, SPI Index, Darab City, Google Earth Engine (GEE), TCI Index

*. Corresponding author: Hossein Esmaili. E-mail: Hossein.esmaeili@alumni.znu.ac.ir Tel: +989178390265

How to cite this Article: Esmaili, H., Mirmousavi, S, Soheili, E. (2022). Investigation of agricultural drought time series in Darab city using remote sensing and Google Earth engine system. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10(4), 185-203.

doi: 10.22067/geoeh.2021.69186.1029



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant with open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 10, Issue 4 - Number 40, Winter 2022

<https://geoeh.um.ac.ir>


 <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69186.1029> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دهم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۰ صص ۱۹۲-۱۷۵

مقاله پژوهشی

بررسی سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب با استفاده از سنجش ازدور و سامانه گوگل

ارث انجین

 حسین اسمعیلی^۱ - کارشناس ارشد آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
سیدحسین میرموسوی - دانشیار آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
اسماعیل سهیلی - استادیار آبخیزداری، بخش مرتع، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۳/۱۵ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۳/۳۰

چکیده

مخاطره خشکسالی از جمله ویژگی‌های طبیعی کره زمین محسوب می‌شود که امکان رخداد آن در تمام مناطق آب و هوایی وجود دارد؛ به طوری که در پاره‌ای موارد خسارات جبران‌ناپذیری را ایجاد می‌کند. با توجه به اهمیت خشکسالی، این پژوهش با هدف تحلیل سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۹۹ - ۱۳۷۹) با استفاده از سنجش ازدور و تصاویر ماهواره‌ای در محیط سامانه گوگل ارث انجین انجام شد. تصاویر ماهواره‌ای شامل ۴۶۰ تصویر از محصولات دمای سطح زمین (LST) و پوشش گیاهی (NDVI) سنجنده مودیس ماهواره تررا می‌باشند که از آن‌ها جهت محاسبه شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) استفاده شد. همچنین با استفاده از داده‌های بارش ثبت شده ایستگاه سینوپتیک داراب، شاخص SPI به وسیله نرم‌افزار MATLAB در بازه‌های زمانی مختلف محاسبه شد. نتایج به دست آمده حاکی از این است که مطابق با طبقه خشکی بسیار شدید و بر اساس شاخص TCI سال ۱۳۷۹ با مساحت ۲۲۵/۴۶ کیلومتر مربع وسعت و همچنین نیز بر اساس شاخص VCI سال ۱۳۹۲ با مساحت ۲۸۰/۸۰ کیلومتر مربع وسعت، بیشترین مساحت خشکی را در

Email: Hossein.esmaeili@alumni.znu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۸۳۹۰۲۶۵

نحوه ارجاع به این مقاله:

اسمعیلی، حسین؛ میرموسوی، سید حسین؛ سهیلی، اسماعیل؛ ۱۴۰۰. بررسی سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب با استفاده از سنجش از دور و سامانه گوگل ارث انجین. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۰(۴). صص

<https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69186.1029>

۱۷۵-۱۹۲

شهرستان داراب داشته‌اند. در نتیجه مقایسه بین مقدار عددی شاخص SPI برای هر یک از سال‌های دوره مورد بررسی با میزان مساحت‌های فاقد خشکسالی حاصل از دو شاخص TCI و VCI به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، بیشترین مقدار ضریب همبستگی به میزان ۰/۷۶ بین SPI دوازده‌ماهه و شاخص VCI مشاهده شد که این مطلب نمایانگر شاخص ماهواره‌ای VCI به‌عنوان شاخص بهینه نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی در شهرستان داراب است.

کلیدواژه‌ها: سری زمانی خشکسالی، شاخص SPI، شهرستان داراب، گوگل ارث انجین، شاخص TCI.

۱ - مقدمه

خشکسالی یکی از مخرب‌ترین خطرات طبیعی کره زمین است که میلیون‌ها فرد را در زمینه‌های مختلفی از قبیل امنیت غذایی، مهاجرت و ضررهای اقتصادی تحت تأثیر قرار می‌دهد (کولکارنی و همکاران^۱، ۲۰۲۰) و به‌صورت مداوم از چندین ماه تا چندین سال اتفاق می‌افتد که در طی آن میزان آب مورد نیاز مناطق کاهش می‌یابد (ویاس و همکاران^۲، ۲۰۱۵). به‌طوری‌که به‌عنوان جدی‌ترین مشکل در جهت تبعات اجتماعی محسوب می‌شود (هزایمه و حسن^۳، ۲۰۱۶) با این حال هیچ تعریف پذیرفته شده و یکسان جهانی برای خشکسالی وجود ندارد (توولدبیرهان سیگ^۴، ۲۰۱۹) و از آنجایی‌که مشاهده تأثیرات مخرب آن به زمان طولانی نیاز دارد، نحوه مقابله با آن نیز کمتر مورد توجه واقع شده است (علیقلی‌نیا، ۱۳۹۸: ۱۷۷). واضح است که خشکسالی دارای روندی آهسته و در حال تکامل است که با کمبود میزان بارش شروع شده و سپس منجر به از دست رفتن رطوبت خاک و افزایش دمای سطح زمین می‌شود (جی و همکاران^۵، ۲۰۱۸). نظارت دقیق بر وضعیت خشکسالی پیامدهای مهمی در توسعه پایدار کشاورزی مناطق دارد (شن و همکاران^۶، ۲۰۱۹). خشکسالی کشاورزی زمانی به وقوع می‌پیوندد که تأثیرات ناشی از خشکسالی بر محصولات کشاورزی قابل رویت باشد (نعمتی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۱۴) که در این زمینه داده‌های حاصل از تصاویر ماهواره‌های سنجش‌ازدور قادرند به‌طور مداوم توزیع مکانی و زمانی از رشد محصولات و وضعیت خشکسالی را ثبت نمایند (ژو و همکاران^۷، ۲۰۲۰)؛ بنابراین خشکسالی را می‌توان بر اساس تغییرات مشاهده شده در سلامت پوشش گیاهی و همچنین پوشش اراضی سطح زمین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور مورد ارزیابی قرار داد (تاکر و چودور^۸، ۱۹۸۷؛ نعمانی و همکاران^۹، ۲۰۰۹؛ سیلتوس و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۶). بدین جهت سنجش‌ازدور

1 Kulkarni et al

2 Vyas et al

3 Hazaymeh & Hassan

4 Teweldebirhan Tsige et al

5 Ji et al

6 Shen et al

7 Zhou et al

8 Tucker & Choudhury

9 Nemani et al

10 Silleos et al

به‌ویژه با گسترش شاخص‌های هدفمند آن، سابقه‌ای طولانی جهت سنجش و نظارت بر ویژگی‌های خشکسالی و تأثیرات آن‌ها بر روی زمین دارد (آفاکوچک و همکاران^۱، ۲۰۱۵). وانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از معادلات چند جمله‌ای، شاخص نرمال شده تفاضل پوشش گیاهی (NDVI)^۳ و دمای سطح زمین، شاخص ETVDI^۴ را جهت بررسی خشکسالی مناطق ابداع و معرفی نمودند. جی^۵ و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و چندین شاخص خشکسالی، وضعیت خشکسالی سیچوان چین را موردبررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از رخ داد خشکسالی شدید بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۱ در این ناحیه می‌باشد. کیو^۶ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از داده‌های ماهواره‌های سنجش‌ازدور و شاخص‌های مختلف خشکسالی به تهیه نقشه نوع کشت مطابق با وضعیت خشکسالی برای کشورهای واقع در شاخ افریقا اقدام نمودند. فنگ^۷ و همکاران (۲۰۱۹) به‌وسیله داده‌های سنجش‌ازدور مودیس و TRMM و همچنین نیز استفاده از چندین شاخص محاسبه خشکسالی، نقشه‌های خشکسالی ناحیه جنوب شرقی استرالیا را در طی فصول مختلف تهیه نمودند. فیصل^۸ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی خشکسالی منطقه پاپوا^۹ غربی در اندوزی با استفاده از تصاویر سنجش‌ازدور پرداختند که نتیجه مطالعه آن‌ها حاکی از قابلیت بالای سنجش‌ازدور در بررسی وضعیت خشکسالی می‌باشد. بیگ^{۱۰} و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی در حوضه رودخانه چیترا^{۱۱} کابل با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و چندین شاخص خشکسالی اقدام نمودند. نتیجه کلی مطالعه آن‌ها بیانگر این است که خشکسالی را می‌توان با ادغام منابع مختلف داده به‌درستی ارزیابی نمود. توولدبیرهان سیگ^{۱۲} و همکاران (۲۰۲۰) به مقایسه شاخص‌های مختلف خشکسالی هواشناسی و خشکسالی کشاورزی در اتیوپی پرداختند. آن‌ها بیان نمودند که جهت برنامه‌ریزی بهتر در مقابله با خشکسالی، باید تفاوت‌های بین خشکسالی کشاورزی و هواشناسی هر منطقه مشخص شود. ژو^{۱۳} و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Sentinel-2 و مودیس و همچنین نیز استفاده از شاخص‌های NDVI و VTCI نقشه وضعیت خشکسالی دشت گوانژونگ در چین را تهیه نمودند. سلطانی فر و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای شهرستان کرمانشاه را با استفاده از تصاویر لندست به لحاظ خشکسالی مورد پایش قرار دادند. نتایج

1 AghaKouchak et al

2 Wang

3 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

4 Enhanced Temperature Vegetation Dryness Index (ETVDI)

5 Ji

6 Qu

7 Feng

8 Faisal

9 Papua

10 Baig

11 Chitral

12 Teweldebirhan Tsige

13 Zhou

مطالعه آن‌ها نشان داد که تصاویر لندست دارای قابلیت مورد نیاز جهت پایش خشکسالی می‌باشند. زرگران و همکاران (۱۳۹۸) به پایش خشکسالی روزانه استان کرمانشاه با استفاده از داده‌های پوشش گیاهی حاصل از شاخص NDVI سنجنده مودیس و داده‌های بارش شبکه INTERIM پرداختند. وجود همبستگی قوی و معنی‌دار بین تغییرات بارندگی داده‌های INTERIM و شاخص NDVI از نتایج مطالعه آن‌ها می‌باشد. سلیمانی ساردو و زارعی (۱۳۹۸) با استفاده از تولیدات سنجنده مودیس و شاخص بارش استاندارد شده SPI^۱ حوضه آبخیز جازموریان را به لحاظ خشکسالی مورد پایش قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر این است که بخش اعظمی از محدوده مورد مطالعه در گستره کلاس‌های خشکسالی خیلی شدید و شدید قرار دارد. با توجه به موارد ذکر شده و از آنجایی که شهرستان داراب همچون بسیاری از مناطق کشور طی سال‌های اخیر با مشکل مخاطره خشکسالی مواجه بوده و از این حیث خسارات بسیار زیادی در شهرستان به‌ویژه در بخش کشاورزی به وجود آمده و معضلاتی را ایجاد نموده است، لذا هدف از انجام این مطالعه پایش و بررسی سری زمانی بروز خشکسالی شهرستان داراب با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و محصولات سنجنده مودیس ماهواره ترا^۲ در محیط برنامه‌نویسی سامانه تحت وب گوگل ارث انجین^۳ می‌باشد تا بدین طریق ضمن شناسایی نواحی تحت تأثیر خشکسالی در شهرستان، به‌عنوان راهنمایی جهت برنامه‌ریزی دست‌اندرکاران امر در زمینه مقابله با مخاطره خشکسالی و پیامدهای آن مورد استفاده قرار گیرد. سامانه گوگل ارث انجین در طی سال‌های اخیر فرایندهای پردازش تصاویر ماهواره‌ای را سهل نموده و بدین لحاظ مورد استقبال بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. از قابلیت‌های گوگل ارث انجین می‌توان به کاهش بسیار زیاد زمان فرایندهای پردازش تصاویر، پوشش وسیع و امکان دسترسی به تصاویر و داده‌های رایگان کل کره زمین، امکان ایجاد سری زمانی بررسی تغییرات پدیده‌های متفاوت، وجود الگوریتم‌های پیش فرض، دسترسی به دو نوع داده‌های خام همراه با تصحیح اتمسفری و همچنین داده‌های مربوط به محصولات و پروداکت‌های مختلف، عدم نیاز به سخت‌افزارهای قدرتمند و کاهش حجم داده‌ها اشاره نمود. مطالعات بسیاری در زمینه تحلیل و بررسی خشکسالی با استفاده از داده‌های سنجنده دور صورت گرفته است که به‌عنوان نمونه در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌گردد.

۲ - مواد و روش‌ها

۲ - ۱ - محدوده مورد مطالعه

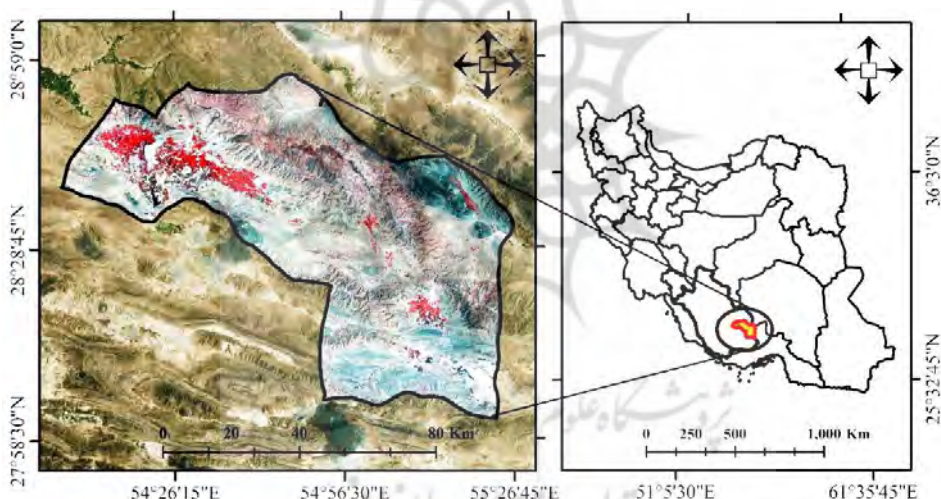
محدوده مورد مطالعه در این پژوهش شهرستان داراب یکی از شهرستان‌های استان فارس می‌باشد که در جنوب شرق این استان قرار دارد و بین ۵۴ درجه و ۰۶ دقیقه و ۰۵ ثانیه تا ۵۵ درجه و ۲۷ دقیقه و ۰۷ ثانیه طول شرقی تا ۲۸ درجه و ۰۱ دقیقه و ۳۷ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۳۳ ثانیه عرض شمالی و به فاصله ۲۵۰ کیلومتری از شهر

1 The Standardized Precipitation Index (SPI)

2 Terra

3 Google Earth Engine (GEE)

شیراز به عنوان مرکز استان فارس قرار دارد (شکل ۱). به لحاظ اقلیمی اکثر بارش‌های شهرستان داراب در طی دوره سرد سال روی می‌دهد و در تابستان‌ها به دلیل دوری از منابع رطوبتی و نبودن عامل صعود هوای مرطوب، حالت هوای گرم و خشک کویری پیدا می‌کند. بر اساس داده‌های ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد موجود در شهرستان میانگین بارش سالانه آن طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۷۹ - ۱۳۹۹)، ۲۳۶/۳ میلی‌متر و میانگین دمای هوای ثبت شده آن ۲۲/۲ درجه سلسیوس می‌باشد. شهرستان داراب از نظر ژئومورفولوژی جزء زاگرس جنوب شرقی محسوب می‌شود که در این منطقه، زاگرس به حداکثر پهنای خود رسیده و چهره ظاهری ناهمواری‌ها با سایر بخش‌های زاگرس متفاوت است (علائی طالقانی، ۱۳۸۲). میانگین ارتفاع شهرستان داراب حدود ۱۴۹۱ متر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. قسمت‌های زیادی از شهرستان به علت وجود سنگ چینه‌های شور کننده مانند سنگ‌های سازند هرمز، سازند آغاچاری و سازند ساچون از لحاظ بهره‌برداری با محدودیت مواجه می‌باشند. شهرستان مذکور از لحاظ پوشش گیاهی بسیار غنی و دارای انواع مختلف گیاهان خودرو می‌باشد و تنها در برخی از قسمت‌ها که از خاک‌های شور تشکیل شده گیاهان شوری پسند مانند گز دیده می‌شود (سلیمانی شیری، ۱۳۹۱).

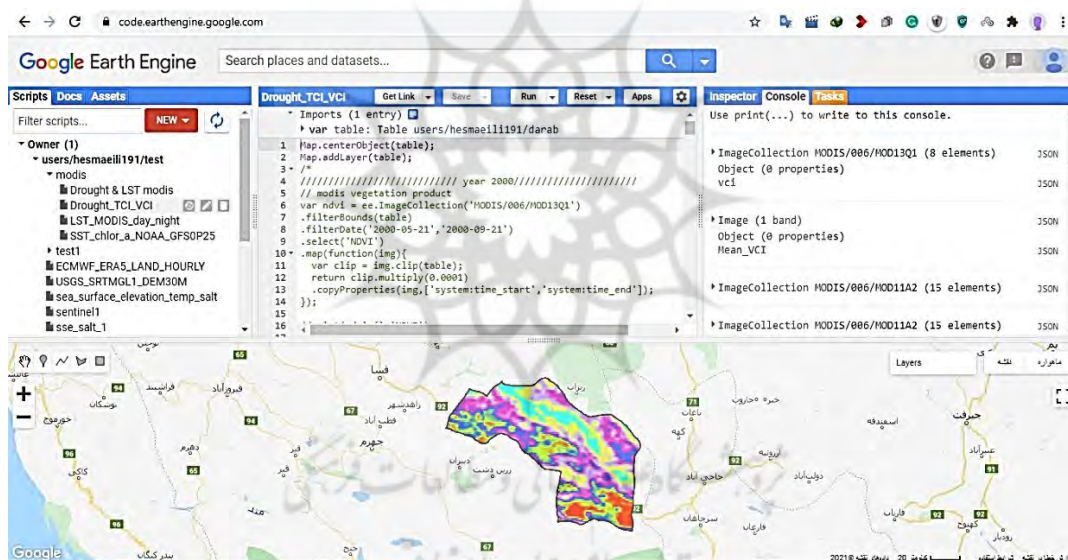


شکل ۱- تصویر ماهواره‌ای موقعیت جغرافیایی شهرستان داراب

۲-۲- داده‌های اقلیمی و ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

جهت انجام پژوهش حاضر از دو نوع داده استفاده شده است. یکی داده‌های میزان بارش روزانه ثبت شده توسط ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد داراب، به عنوان تنها ایستگاه سینوپتیک موجود در شهرستان که دارای آمار طولانی بارش ثبت شده می‌باشد و داده‌های آن از سال ۱۳۷۸ تا سال ۱۳۹۹، جهت محاسبه شاخص SPI در بازه‌های زمانی مختلف مورد استفاده قرار گرفت. آمار مربوطه از سازمان هواشناسی کشور دریافت شد و ضمن انجام آزمون‌های آماری مانند

آزمون همگنی و آزمون داده‌های پرت، فرایند بازسازی مقادیر ناقص و مفقودی از روش نسبت‌ها بر روی آن‌ها انجام شد. داده دیگر مورد استفاده در این مطالعه شامل تولیدات ماهواره‌ای پوشش گیاهی (NDVI) و دمای سطح زمین (LST)^۱ مربوط به سنجنده مودیس ماهواره تررا می‌باشد که فرایندهای ارزیابی و استفاده از آن‌ها توسط سامانه تحت وب گوگل ارث انجین صورت گرفت. شکل (۲) تصویری از محیط کدنویسی سامانه گوگل ارث انجین را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه پدیده خشکسالی به صورت آنی رخ نمی‌دهد و تأثیرات آن بعد از گذشت چندین ماه و یا چندین سال نمایان می‌شود بنابراین در این پژوهش به منظور ایجاد سری زمانی تغییرات، از تصاویر مربوط به ماه‌های خرداد تا شهریور هر سال، به دلیل اینکه در این زمان پوشش گیاهی در وضعیت مناسبی قرار دارد، در طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۹ - ۱۳۷۹) و در مجموع ۶۰ تصویر با توجه به همخوانی زمانی و همچنین تبدیل تصاویر ۸ روزه به ۱۶ روزه، مورد تجزیه و تحلیل جهت انجام پایش و ارزیابی خشکسالی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه جدول (۱) ویژگی‌های تصاویر مورد استفاده شده را نشان می‌دهد.



شکل ۲ - محیط کدنویسی سامانه گوگل ارث انجین (GEE)

جدول ۱ - مشخصات تصاویر استفاده شده در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۹

نام ماهواره	نام سنجنده	نام محصول	کد محصول	قدرت تفکیک مکانی	قدرت تفکیک زمانی
تررا <td>مودیس</td> <td>دمای سطح زمین (LST)</td> <td>MOD11A2</td> <td>۱۰۰۰ متر</td> <td>۸ روزه</td>	مودیس	دمای سطح زمین (LST)	MOD11A2	۱۰۰۰ متر	۸ روزه
تررا <td>مودیس</td> <td>پوشش گیاهی (NDVI)</td> <td>MOD13Q1</td> <td>۲۵۰ متر</td> <td>۱۶ روزه</td>	مودیس	پوشش گیاهی (NDVI)	MOD13Q1	۲۵۰ متر	۱۶ روزه

1 Land Surface Temperature (LST)

۲-۳- شاخص‌های استفاده شده جهت بررسی خشکسالی

۲-۳-۱- شاخص وضعیت دمایی (TCI)^۱

این شاخص جهت تعیین دمای مرتبط با تنش پوشش گیاهی که ممکن است ناشی از رطوبت بیش از حد نیز باشد به صورت رابطه (۱) تعریف می‌شود (کوگان^۲، ۱۹۹۵؛ وست و همکاران^۳، ۲۰۱۹):

$$TCI = \left(\frac{T_{Max} - T}{T_{Max} - T_{Min}} \right) \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در رابطه فوق T دمای سطح زمین (LST)، T_{Max} و T_{Min} به ترتیب کمینه و بیشینه دمای سطح زمین در محدوده مورد مطالعه می‌باشد.

۲-۳-۲- شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

شاخص وضعیت پوشش گیاهی از طریق رابطه (۲) زیر محاسبه می‌شود (کوگان^۴، ۱۹۹۵؛ وست و همکاران^۵، ۲۰۱۹):

$$VCI = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن NDVI شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، $NDVI_{max}$ و $NDVI_{min}$ به ترتیب میانگین بیشینه و کمینه شاخص NDVI می‌باشد. این شاخص شرایط غالب پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، به طوری که اگر مقدار آن به صفر نزدیک شود خشکسالی شدید رخ می‌دهد (فرامرزی و نوری، ۱۳۹۴: ۱۴۵). مطابق با مطالعات و بررسی‌های انجام شده مقادیر شاخص‌های VCI، TCI در پنج کلاس به شرح جدول (۲) قابل دسته‌بندی می‌باشند (رستمی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۱۹؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۱؛ اسدی می‌آبادی، ۱۳۹۴: ۳۰؛ رضایی بنفشه، ۱۳۹۴: ۱۱۸؛ سلطانی فر و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴۱؛ تنکییل و گامگی^۶، ۲۰۰۴؛ فرهمند^۷، ۲۰۱۶):

جدول ۲- کلاس‌های مختلف شاخص‌های VCI، TCI

وضعیت خشکی	ارزش پیکسل	وضعیت خشکی	ارزش پیکسل
خشکی بسیار شدید	< ۱۰	خشکی ملایم	۳۰ - ۴۰
خشکی شدید	۱۰ - ۲۰	بدون خشکی	> ۴۰

1 Temperature Condition Index (TCI)

2 Kogan

3 West et al

4 Kogan

5 West et al

6 Thenkabail & Gamage

7 Farahmand

وضعیت خشکی	ارزش پیکسل	وضعیت خشکی	ارزش پیکسل
خشکی متوسط	۲۰-۳۰	-	-

۲-۳-۳- شاخص بارش استاندارد شده SPI

جهت برآورد خشکسالی هواشناسی، شاخص SPI که توسط مک کی و همکاران (۱۹۹۳) ارائه شده و دارای قابلیت و اعتبار بالایی می باشد، مورداستفاده بسیاری از محققین و پژوهشگران قرار می گیرد. شاخص SPI در بازه زمانی بلندمدت با وقوع سیلابها، تغییرات سطح آب موجود در مخازن سدها و همچنین نوسانات منابع آب زیرزمینی در ارتباط می باشد (مک کی و همکاران، ۱۹۹۳). جهت محاسبه شاخص SPI از رابطه (۳) استفاده می شود:

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در رابطه (۳) SPI شاخص بارش استاندارد، P_i معادل بارش سال مفروض برحسب میلی متر، P برابر با میانگین بارش درازمدت ایستگاه موردنظر و SD انحراف معیار بارش می باشد. طبقات این شاخص به صورت جدول (۳) می باشد. مقادیر درجه بندی این شاخص بدین صورت است که مقادیر مثبت بیانگر مقادیر بیشتر از میانه بارندگی و مقادیر منفی، مقادیر کمتر از کمینه بارندگی می باشد. طبقات مختلف شاخص SPI در جدول ارائه شده است.

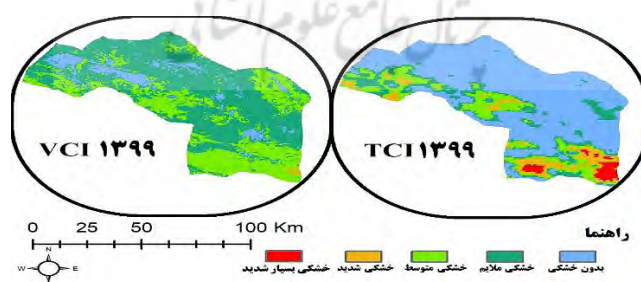
جدول ۳- طبقه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI

مقدار SPI	طبقه خشکی
$SPI \leq -2$	ترسالی بسیار شدید
$1/5 \leq SPI \leq 1/99$	ترسالی شدید
$1/49 \leq SPI \leq 1$	ترسالی متوسط
$0/99 \leq SPI \leq 0/00$	ترسالی خفیف (نرمال)
$0/00 \leq SPI \leq -0/99$	خشکی خفیف (نرمال)
$-1/00 \leq SPI \leq -1/49$	خشکی متوسط
$-1/5 \leq SPI \leq -1/99$	خشکسالی شدید
$SPI \leq -2/00$	خشکسالی بسیار شدید

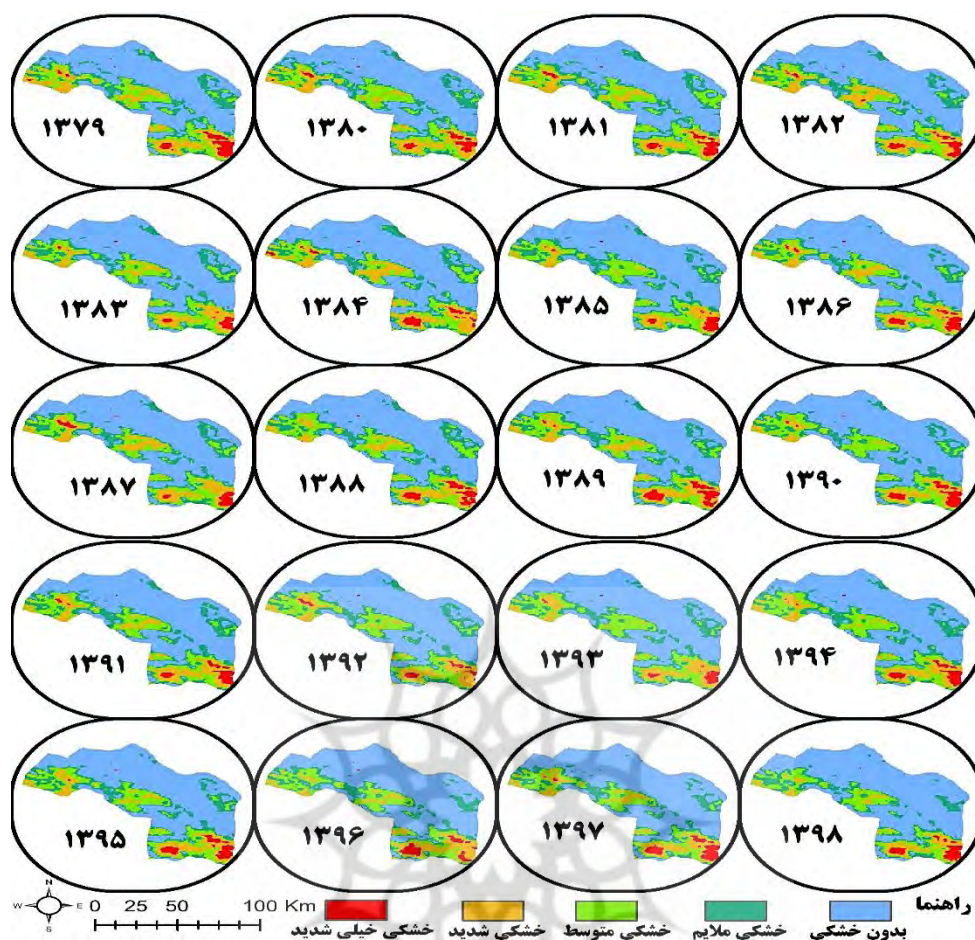
۳- نتایج و بحث

۳-۱- بررسی وضعیت خشکسالی شهرستان داراب بر اساس شاخص‌های خشکسالی VCI و TCI

از جمله شاخص‌های ماهواره‌ای به کار رفته در این پژوهش جهت پایش و ارزیابی خشکسالی شاخص وضعیت دمایی (TCI) می‌باشد که جهت محاسبه آن از پروداکت دمای سطح زمین (LST) استفاده شد. اصولاً از شاخص TCI جهت تعیین دمای مرتبط با تنش پوشش گیاهی و همچنین تنش ناشی از رطوبت بیش از حد استفاده می‌شود. اگر مقدار عددی ناشی از این شاخص به ۱۰۰ برسد نشان‌دهنده عدم خشکسالی می‌باشد. از طرف دیگر هرچه مقدار این شاخص به صفر نزدیک شود نشان‌دهنده شرایط خشکی و وقوع خشکسالی می‌باشد؛ بنابراین با توجه به میزان مساحت طبقات مختلف این شاخص در این پژوهش مشخص شد که بالاترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید در سال ۱۳۷۹ به میزان ۲۲۵/۴۶ کیلومترمربع و پس از آن به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ بیشترین مساحت خشکی خیلی شدید در شهرستان داراب اتفاق افتاده است. از سویی دیگر کمترین میزان مساحت خشکی خیلی شدید نیز مربوط به سال ۱۳۸۳ به مساحت ۹۲/۳۴ کیلومترمربع می‌باشد. از لحاظ طبقه مناطق بدون خشکی نیز سال‌هایی که بیشترین مساحت بدون خشکی را داشته‌اند مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ است که هر دو سال مذکور به صورت مشابه و یکسان دارای مساحتی برابر با ۴۲۶۴/۴۱ کیلومترمربع می‌باشند و در مرتبه بعد سال ۱۳۸۶ با مساحت ۳۹۷۹/۸۲ کیلومترمربع بیشترین مساحت بدون خشکی را داشته است. مساحت سایر طبقات شاخص TCI در جدول (۴) به تفکیک سال ارائه شده است. در ادامه نقشه‌های حاصل از شاخص TCI برای دوره مورد بررسی به تفکیک هر سال در اشکال (۳ و ۴) ارائه شده است. از یافته‌های قابل توجه پژوهش این است که نقشه‌های شاخص خشکسالی TCI برای دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ شرایط کاملاً یکسان و مشابهی را نشان می‌دهند به طوری که قبلاً نیز بیان شد مساحت طبقات مختلف خشکی در آن‌ها کاملاً یکسان می‌باشد که این امر حاکی از این است که شرایط تنش دمایی و همچنین تنش ناشی از رطوبت در طی این دو سال در محدوده مورد مطالعه یکسان بوده است.



شکل ۳- نقشه‌های شاخص وضعیت دمایی (TCI) و وضعیت پوشش گیاهی (VCI) شهرستان داراب در سال



شکل ۴- نقشه‌های شاخص وضعیت دمایی (TCI) شهرستان داراب برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

جدول ۴- مساحت طبقات خشکسالی شهرستان داراب در شاخص وضعیت دمایی (TCI) به کیلومتر مربع

سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۷۹	۲۲۵/۴۴	۸۰۱/۵۹	۱۰۲۹/۲۱	۱۰۵۳/۹۶	۳۵۶۸/۷۷
۱۳۸۰	۱۵۹/۰۲	۷۳۸/۶۹	۱۰۳۵/۷۷	۱۰۷۸/۸۲	۳۶۶۶/۶۸
۱۳۸۱	۱۸۶/۴۶	۷۴۲/۲۶	۱۱۲۲/۹۸	۱۰۴۹/۶۰	۳۵۷۷/۶۹
۱۳۸۲	۱۶۴/۱۵	۸۲۰/۱۰	۸۹۹/۷۲	۱۰۴۰/۶۸	۳۷۵۴/۳۴
۱۳۸۳	۹۲/۳۴	۶۳۴/۳۱	۹۹۱/۳۹	۱۰۳۷/۳۳	۳۹۲۳/۶۲
۱۳۸۴	۱۴۴/۹۷	۸۲۴/۱۱	۹۲۳/۳۶	۱۰۰۱/۸۷	۳۷۸۴/۶۷
۱۳۸۵	۱۲۶/۲۴	۵۲۶/۵۸	۱۰۲۴/۸۴	۱۰۸۳/۲۸	۳۹۱۸/۰۴
۱۳۸۶	۱۷۱/۹۶	۶۶۳/۹۷	۹۵۴/۳۶	۹۰۸/۸۶	۳۹۷۹/۸۲
۱۳۸۷	۱۳۹/۱۷	۷۰۰/۳۳	۹۶۹/۰۸	۱۰۲۲/۶۱	۳۸۴۷/۷۹
۱۳۸۸	۱۸۱/۵۵	۶۷۶/۲۴	۱۰۸۱/۴۹	۱۰۱۹/۴۹	۳۷۲۰/۲۱

سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۸۹	۲۲۰/۵۸	۷۴۱/۱۴	۹۸۵/۵۹	۹۶۰/۳۹	۳۷۱/۲۹
۱۳۹۰	۲۰۱/۶۲	۵۴۳/۰۹	۱۰۴۴/۴۷	۹۹۵/۶۲	۳۸۹۴/۱۸
۱۳۹۱	۱۵۷/۰۲	۷۱۱/۲۶	۹۹۸/۹۷	۱۰۵۴/۷۳	۳۷۵۷/۰۱
۱۳۹۲	۹۸/۵۸	۶۶۳/۵۳	۱۰۶۴/۱۰	۱۰۳۵/۹۹	۳۸۱۶/۷۸
۱۳۹۳	۹۹/۰۳	۵۹۵/۰۶	۱۰۵۰/۷۱	۱۰۵۲/۵۰	۳۸۱/۶۹
۱۳۹۴	۱۶۸/۸۴	۶۴۵/۲۴	۱۰۴۷/۳۷	۱۰۲۹/۰۸	۳۷۸۸/۴۶
۱۳۹۵	۱۸۸/۴۶	۶۱۱/۵۶	۱۰۰۵/۲۲	۱۰۰۸/۷۸	۳۸۶۴/۹۶
۱۳۹۶	۱۴۶/۷۶	۶۴۳/۴۵	۹۶۵/۷۴	۹۷۴/۲۱	۳۹۴۸/۸۲
۱۳۹۷	۲۱۵/۰۱	۶۲۱/۸۲	۹۲۸/۲۷	۹۵۶/۱۵	۳۹۵۷/۷۴
۱۳۹۸	۱۷۱/۴۷	۴۶۲/۱۳	۸۹۳/۹۲	۸۸۶/۷۸	۴۲۶۴/۴۱
۱۳۹۹	۱۷۱/۴۷	۴۶۲/۱۳	۸۹۳/۹۲	۸۸۶/۷۸	۴۲۶۴/۴۱

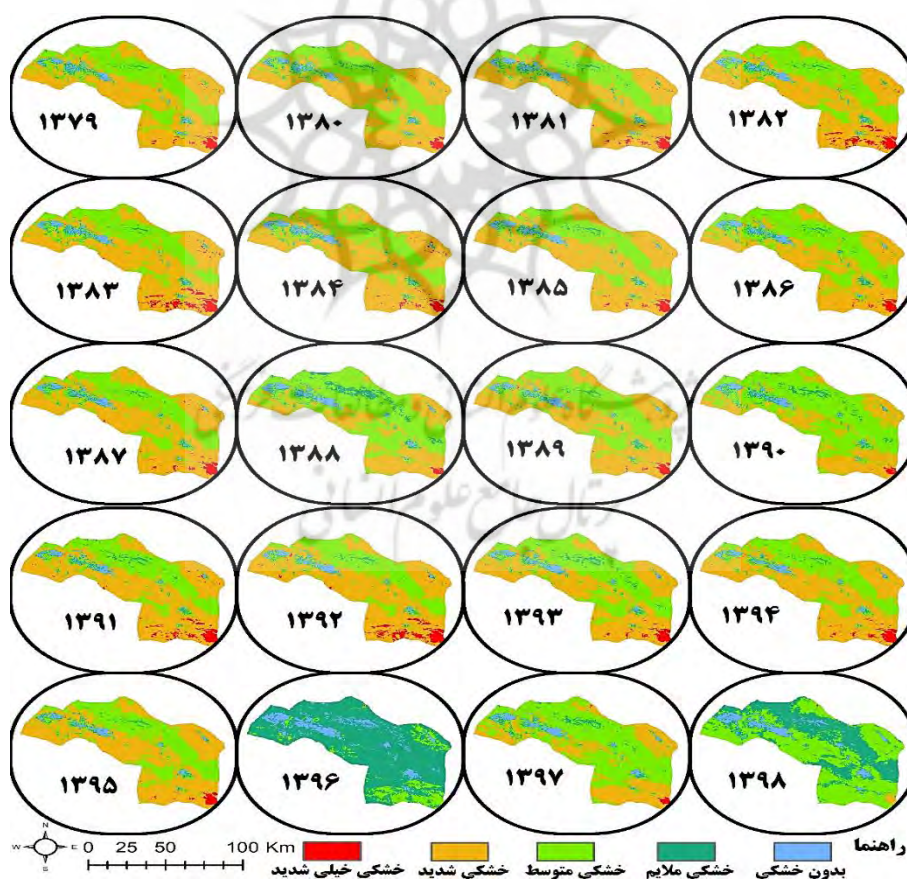
با توجه به شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) و بررسی‌های صورت گرفته بیشترین مساحت خشکی با طبقه خشکی خیلی شدید مربوط به سال ۱۳۹۲ با مساحت ۲۸۰/۸۰ کیلومتر مربع و در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ بیشترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید را تجربه کرده‌اند. کمترین میزان مساحت طبقه خشکی خیلی شدید نیز مربوط به سال ۱۳۹۹ به مساحت ۱۱/۹۹ کیلومتر مربع می‌باشد. از سویی دیگر سال ۱۳۹۶ با مساحت ۶۱۳/۶۸ کیلومتر مربع بیشترین مساحت طبقه بدون خشکی را دارا بوده است. در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ بیشترین مساحت طبقه بدون خشکی را بر اساس شاخص VCI تجربه کرده‌اند که این امر بیانگر وقوع ترسالی در سال‌های مذکور می‌باشد اشکال (۵ و ۳). مساحت طبقات مختلف شاخص VCI در جدول (۵) به تفکیک سال ارائه شده است.

جدول ۵- مساحت طبقات خشکسالی شهرستان داراب در شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) به

کیلومتر مربع

سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۷۹	۱۱۴/۵۹	۳۶۹۱/۰۴	۲۴۹۶/۵۸	۲۰۲/۴۱	۱۷۴/۳۶
۱۳۸۰	۸۵/۰۹	۳۵۵۴/۵۴	۲۶۳۱/۲۴	۲۳۹/۸۸	۱۶۸/۲۳
۱۳۸۱	۱۳۴/۱۶	۳۷۲۰/۷۶	۲۴۲۴/۲۱	۲۲۳/۶۰	۱۷۴/۲۶
۱۳۸۲	۲۱۳/۵۰	۲۶۸۴/۴۶	۲۳۸۷/۵۸	۲۱۳/۸۴	۱۷۹/۶۰
۱۳۸۳	۲۴۹/۰۸	۳۸۹۹/۱۹	۲۱۱۹/۱۰	۲۰۴/۹۲	۲۰۶/۷۰
۱۳۸۴	۱۳۳/۵۵	۴۱۱۶/۴۲	۲۰۱۴/۳۳	۲۰۶/۲۰	۲۰۸/۴۹
۱۳۸۵	۱۱۱/۳۵	۴۰۳۴/۸۵	۲۱۲۰/۶۶	۲۲۰/۱۴	۱۹۱/۹۸
۱۳۸۶	۹۹/۵۹	۳۲۲۶/۷۴	۲۹۰۰/۷۲	۲۵۲/۲۰	۱۹۹/۷۳

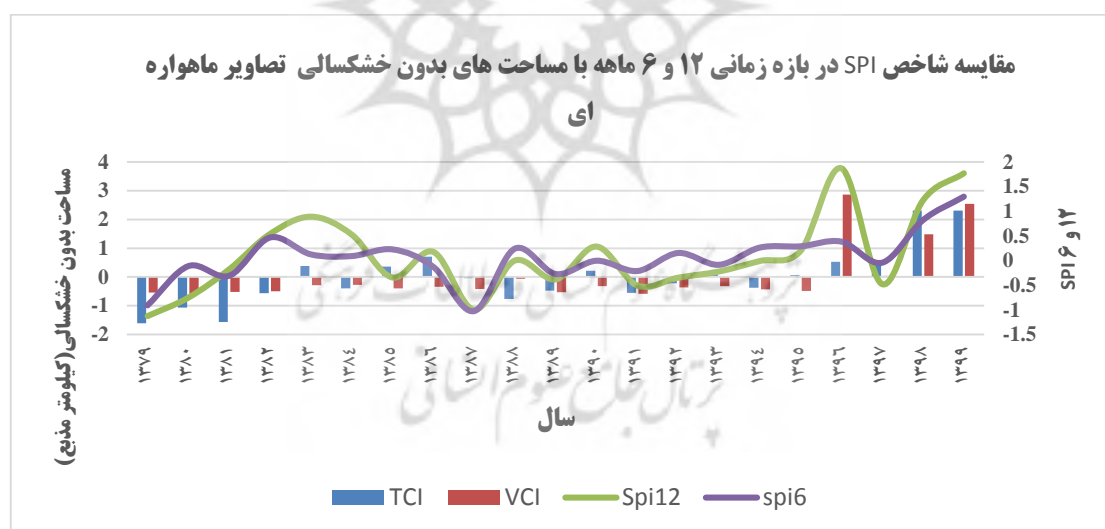
سال	خشکی بسیار شدید	خشکی شدید	خشکی متوسط	خشکی ملایم	فاقد خشکی
۱۳۸۷	۱۲۹/۷۰	۳۹۵۷/۵۶	۲۲۰۲/۰۱	۱۹۹/۶۸	۱۹۰/۰۳
۱۳۸۸	۴۸/۳۵	۲۲۶۶/۶۴	۳۶۴۴/۹۸	۴۸۲/۷۱	۲۳۶/۳۱
۱۳۸۹	۸۷/۵۵	۳۴۷۰/۷۹	۲۷۲۸/۶۵	۲۱۶/۸۵	۱۷۵/۱۴
۱۳۹۰	۴۸/۷۹	۲۲۰۷/۵۹	۳۸۸۰/۹۰	۳۳۸/۹۰	۲۰۲/۸۰
۱۳۹۱	۲۰۵/۴۲	۳۹۱۹/۵۹	۲۱۵۱/۹۴	۲۳۳/۸۰	۱۶۸/۲۳
۱۳۹۲	۲۸۰/۸۰	۳۹۹۶/۷۱	۲۰۱۷/۵۱	۱۸۷/۴۱	۱۹۶/۵۵
۱۳۹۳	۱۳۱/۶۵	۳۳۱۲/۶۶	۲۷۵۹/۷۶	۲۷۲/۱۱	۲۰۲/۸۰
۱۳۹۴	۱۵۵/۱۳	۳۹۴۳/۲۹	۲۲۰۸/۹۸	۱۸۲/۷۸	۱۸۸/۸۰
۱۳۹۵	۱۰۱/۶۵	۳۸۲۳/۵۲	۲۳۷۹/۸۸	۱۹۲/۷۶	۱۸۱/۱۶
۱۳۹۶	۱۳/۵۰	۱۴/۱۷	۷۷۹/۴۵	۵۲۵۸/۱۸	۶۱۳/۶۸
۱۳۹۷	۴۸/۴۰	۲۳۲۵/۶۳	۳۷۴۶/۳۵	۳۱۰/۳۶	۲۴۸/۲۴
۱۳۹۸	۱۳/۱۶	۸۰/۲۴	۳۶۲۸/۸۷	۵۲۲۲/۰۱	۴۳۴/۸۰
۱۳۹۹	۱۱/۹۹	۳۴/۴۶	۲۱۹۲/۵۹	۳۸۶۷/۵۱	۵۷۲/۴۲



شکل ۵- نقشه‌های شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) شهرستان داراب برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

۳-۲- بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در ایستگاه سینوپتیک محدوده مورد مطالعه

همانگونه که در قسمت‌های قبل عنوان شد در این پژوهش از داده‌های ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد داراب که دارای آمار طولانی مدت بارش ثبت شده می‌باشد، از سال ۱۳۷۹ تا سال ۱۳۹۹ جهت محاسبه شاخص خشکسالی SPI در بازه‌های زمانی یک ماهه، سه ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه استفاده شد. جهت محاسبه شاخص SPI از نرم‌افزار MATLAB استفاده شد. بر اساس یافته‌های تحقیق بیشترین میزان خشکسالی بر اساس شاخص مذکور، در سال ۱۳۷۹ همراه با طبقه خشکسالی خفیف و سال ۱۳۸۷ همراه با طبقه خشکسالی متوسط روی داده است. در ادامه جهت تعیین مطلوب‌ترین شاخص ماهواره‌ای نشان دهنده خشکسالی در منطقه مورد مطالعه به مقایسه بین مقدار عددی شاخص SPI برای هر یک از سال‌های مورد بررسی با میزان مساحت‌های فاقد خشکسالی سال متناظر حاصله از دو شاخص TCI و VCI به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای اقدام شد (شکل ۶). (شایان ذکر است جهت یکسان سازی واحد مساحت مناطق فاقد خشکسالی حاصل از شاخص TCI و VCI با شاخص SPI، از روش استاندارد سازی Z-Score استفاده شده است). همچنین مطابق با بررسی صورت گرفته بیشترین مقدار ضریب همبستگی پیرسون به میزان ۰/۷۶ بین SPI دوازده ماهه و شاخص VCI مشاهده گردید که این مطلب نمایانگر شاخص ماهواره‌ای بهینه و مطلوب نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.



شکل ۶- نمودار مقایسه شاخص SPI با مساحت‌های بدون خشکی حاصل از شاخص‌های ماهواره‌ای TCI و

VCI

۴ - جمع بندی

در طی سال‌های اخیر پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه سنجش‌ازدور و تصاویر ماهواره‌ای موجب شده تا داده‌های بسیار زیادی با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب و همچنین قابلیت پوشش مناطق وسیع در دسترس پژوهشگران، محققین و همچنین دست‌اندرکاران علوم محیطی و علوم زمین قرار گیرد. از جمله زمینه‌های کاربردی استفاده از این داده‌های ارزشمند، ارزیابی و پایش خشکسالی مناطق مختلف به‌ویژه مناطقی می‌باشد که در آن‌ها به دلیل شرایط خاص خود امکان برداشت و ثبت داده‌های حاصل از مشاهده و اندازه‌گیری زمینی آن‌ها وجود نداشته و یا اینکه بسیار سخت، صعب‌العبور و پرهزینه است که شهرستان داراب از این امر مستثنی نیست؛ لذا در این پژوهش جهت ارزیابی و پایش سری زمانی خشکسالی کشاورزی شهرستان داراب طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۷۹ - ۱۳۹۹) از داده‌های ماهواره‌ای و همچنین شاخص‌های پرکاربرد سنجش‌ازدوری از قبیل شاخص‌های وضعیت دمایی (TCI) و شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) استفاده شد. نتایج ارزیابی شاخص TCI حاکی از این است که در طی دوره موردبررسی بیشترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید در سال ۱۳۷۹ به میزان $225/46$ کیلومتر مربع و پس از آن به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۹، ۱۳۹۷، ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ بیشترین مساحت خشکی طبقه خیلی شدید در شهرستان داراب اتفاق افتاده است. همچنین نیز سال‌هایی که بیشترین مساحت بدون خشکی را داشته‌اند مربوط به سال‌های ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ که هر دو سال مذکور بصورت مشابه و یکسان دارای مساحتی برابر با $4264/41$ کیلومتر مربع می‌باشند و همچنین نیز در مرتبه بعد سال ۱۳۸۶ با مساحت $3979/82$ کیلومتر مربع وسعت بیشترین میزان طبقه بدون خشکی را داشته است. یکی از یافته‌های قابل توجه پژوهش حاضر این است که نقشه‌های شاخص خشکسالی TCI برای دو سال ۱۳۹۸ و ۱۳۹۹ شرایط کاملاً یکسان و مشابهی را نشان می‌دهند که این امر حاکی از این است که شرایط تنش دمایی و همچنین تنش ناشی از رطوبت در طی این دو سال در محدوده مورد مطالعه یکسان بوده است.

با توجه به شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI) بیشترین مساحت خشکی با طبقه خشکی خیلی شدید مربوط به سال ۱۳۹۲ با مساحت $280/80$ کیلومتر مربع و در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۲ و ۱۳۹۱ بیشترین مساحت خشکی با طبقه خیلی شدید را تجربه کرده‌اند. کمترین میزان مساحت طبقه خشکی خیلی شدید بر اساس شاخص VCI نیز مربوط به سال ۱۳۹۹ به مساحت $11/99$ کیلومتر مربع می‌باشد. از سویی دیگر سال ۱۳۹۶ با مساحت $613/38$ کیلومتر مربع بیشترین مساحت طبقه بدون خشکی را دارا بوده است. در مراتب بعدی سال‌های ۱۳۹۹، ۱۳۹۸ و ۱۳۹۷ بیشترین مساحت طبقه بدون خشکی را بر اساس شاخص VCI تجربه کرده‌اند. جهت تعیین مطلوب‌ترین شاخص ماهواره‌ای نشان دهنده خشکسالی در شهرستان داراب به مقایسه بین مقدار عددی شاخص SPI برای هر یک از سال‌های دوره موردبررسی با میزان مساحت‌های فاقد خشکسالی سال متناظر حاصله از دو شاخص TCI و VCI به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای اقدام شد. مطابق با بررسی صورت گرفته بیشترین مقدار ضریب همبستگی پیرسون به میزان $0/76$ بین SPI دوازده ماهه و شاخص VCI مشاهده گردید که این مطلب

نمایانگر شاخص ماهواره‌ای بهینه نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد و این امر دارای همسویی و مشابهت با پژوهش‌های انجام شده توسط سالازار^۱ و همکاران (۲۰۰۸)، رضایی‌بنفشه و همکاران (۱۳۹۴) و اسدی می‌آبادی و همکاران (۱۳۹۴) در محدوده‌های مورد بررسی خود می‌باشد که در مطالعه خود جهت بررسی وضعیت خشکسالی از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص VCI استفاده نموده‌اند و به این نتیجه رسیدند که شاخص VCI دارای قابلیت زیادی جهت پایش خشکسالی کشاورزی مناطق و همچنین در رابطه با عملکرد محصولات زراعی می‌باشد. یکی از مزیت‌ها و تفاوت‌های مهم این مطالعه نسبت به تحقیقات مشابه نامبرده و سایر تحقیقاتی از این قبیل که با کمک تصاویر ماهواره‌ای به بررسی مخاطره خشکسالی مناطق مختلف اقدام نموده‌اند، این است که در این مطالعه از تعداد زیادی تصاویر ماهواره‌ای در قالب سری زمانی (۶۶۰ تصویر به فاصله هر ۱۶ روز) جهت بررسی وضعیت خشکسالی استفاده شده است که استفاده از فرایند سری زمانی تصاویر و افزایش تعداد تصاویر، باعث می‌شود که پایش و بررسی تغییرات خشکسالی در سال‌های مختلف بهتر نمود پیدا کند، بنابراین این امر موجب شد که تحقیق حاضر از این حیث نسبت به مطالعات نامبرده و سایر مطالعاتی که تنها یک تصویر منتخب از یک سال را به‌عنوان نماینده و الگوی سال مورد نظر لحاظ می‌کنند، دارای برتری باشد. مزایای دیگر تحقیق صورت گرفته نسبت به سایر مطالعات مشابه این است که تحقیق حاضر در محیط سامانه تحت وب گوگل ارث انجین و به‌وسیله فرایند کدنویسی به‌عنوان فرایندی پویا و با قابلیت‌های بالا انجام شده است که کاهش بسیار زیاد زمان فرایندهای پردازش تصاویر، امکان ایجاد سری زمانی بررسی تغییرات پدیده‌های متفاوت، دسترسی به دو نوع داده‌های خام و همراه با تصحیح اتمسفری و همچنین داده‌های مربوط به محصولات و پروداکت‌های ماهواره‌ها و سنجنده‌های مختلف، عدم نیاز به سیستم سخت افزاری و نرم‌افزاری قدرتمند و همچنین نیز کاهش حجم داده‌ها از قابلیت‌های مهم و اساسی سامانه گوگل ارث انجین و فرایند کدنویسی آن محسوب می‌شود که استفاده از این مهم برتری تحقیق حاضر نسبت به سایر تحقیقات مشابه را نشان می‌دهد. از دیگر نتایج برجسته تحقیق حاضر این است که استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور و سامانه گوگل ارث انجین جهت پایش و بررسی خشکسالی در مناطقی که فاقد داده‌های مشاهداتی حاصل از برداشت‌های زمینی می‌باشد بسیار سودمند می‌باشد لذا به مدیران و برنامه‌ریزان حیطه علوم محیطی شهرستان داراب توصیه می‌شود که در اهداف و اقدامات آتی خود جهت برنامه‌ریزی مواردی مانند مقابله با مخاطره خشکسالی به این مهم توجه نمایند.

کتابنامه

- اسدی می‌آبادی، احمد؛ اخضری، داود؛ نوری، حمید؛ بشیرگنبد، محمد؛ ۱۳۹۴. مطالعه اثر خشکسالی بر تغییرات پوشش گیاهی در اراضی مرتعی و کشاورزی بر مبنای داده‌های میدانی و ماهواره‌ای (مطالعه موردی: جنوب استان همدان). *نشریه مرتعداری*. سال دوم. شماره ۱.
- رستمی، امین؛ بزانه، محمد؛ رائینی، محمود؛ ۱۳۹۶. پایش مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس و فن آوری سنجنش‌ازدور (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی). *نشریه دانش آب و خاک*. جلد ۲۷. شماره ۱. صص ۲۲۶ - ۲۱۳.
- رضایی‌بنفشه، مجید؛ رضایی، علی؛ فریدپور، مجتبی؛ ۱۳۹۴. تحلیل خشکسالی کشاورزی استان آذربایجان شرقی با تاکید بر سنجنش‌ازدور و شاخص وضعیت پوشش گیاهی. *نشریه دانش آب و خاک*. جلد ۲۵. شماره ۱. صص ۱۲۳ - ۱۱۳.
- زرگران، پریم؛ بذرافشان، جواد؛ آقاشریعتمداری، زهرا؛ حجابی، سمیه؛ کمالی، سعیده؛ ۱۳۹۸. پایش روزانه خشکسالی بر پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های بارش شبکه INTERIM و تصاویر سنجنده مودیس MODIS (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). *نشریه هواشناسی کشاورزی*. جلد ۷. پاییز و زمستان. صص ۱۴ - ۳.
- سلطانی فر، میلاد؛ سلطانی، هادی؛ کله‌هوئی، مهین؛ سلیمانی، کریم؛ ۱۳۹۸. پایش خشکسالی منطقه‌ای با استفاده از تصاویر لندست، منطقه مورد مطالعه: شهرستان کرمانشاه. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. دوره ۲۸. شماره ۱۰۹. صص ۱۴۶ - ۱۳۷.
- سلیمانی، کریم؛ درویشی، شادمان؛ شکران، فاطمه؛ ۱۳۹۸. تحلیل خشکسالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های سنجنش‌ازدور (مطالعه موردی: شهرستان مریوان). *نشریه سنجنش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. دوره ۱۰. شماره ۳۵. صص ۳۳ - ۱۵.
- سلیمانی ساردو، مجتبی؛ زراعی، مهدی؛ ۱۳۹۸. پایش خشکسالی با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS و مقایسه با شاخص هواشناسی SPI در دوره‌های کوتاه مدت (مطالعه موردی: حوضه آبخیز جازموریان). *پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز*. سال دهم. شماره ۲۰. پاییز و زمستان. صص ۲۶۱ - ۲۵۰.
- سلیمانی شیری، محمدرضا؛ ۱۳۹۱. مکان‌یابی اراضی مستعد جهت اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار و سطحی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: دشت داراب). پایان‌نامه کارشناسی ارشد. اساتید راهنما: ناصری، عبدالعلی؛ ایزدپناه، زهرا. رشته مهندسی آب. دانشگاه شهید چمران اهواز.
- علائی طالقانی، محمود؛ ۱۳۸۲. *ژئومورفولوژی ایران*. انتشارات قومس.
- علیقلی‌نیا، توحید؛ رسولی‌مجد، نگار؛ هزارجریبی، ابوطالب؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسه شاخص‌های خشکسالی استان آذربایجان غربی با استفاده از شاخص SPI، CZI، PNI و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). *مجله علوم و مهندسی آبیاری*. جلد ۴۲. شماره ۱. صص ۱۸۸ - ۱۷۵.

فرامرزی، محمد؛ نوری، حمید؛ ۱۳۹۴. بررسی و امکان‌سنجی کارایی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره لندست در تحلیل خشکسالی کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان ملایر). *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. سال ۳۰. شماره ۳. صص ۱۵۲ - ۱۳۹.

نعمتی، احمد؛ قریشی نجف آبادی، سیدحسین؛ جودکی، غلامرضا؛ موسوی ندوشنی، سیدسعید؛ ۱۳۹۸. ارزیابی شاخص‌های خشکسالی کشاورزی حوضه آبریز فلات مرکزی ایران با استفاده از ماهواره گرانش‌سنجی. *تحقیقات آب و خاک ایران*. دوره ۵۰. شماره ۲. خرداد و تیر.

- AghaKouchak, A. et al., 2015. Remote sensing of drought: Progress, challenges and opportunities. *Reviews of Geophysics*, 53(2): 452-480.
- Baig, M.H.A. et al., 2020. Assessing Meteorological and Agricultural Drought in Chitral Kabul River Basin Using Multiple Drought Indices. *Remote Sensing*, 12(9): 1417.
- Faisal, A., Indarto, I., Novita, E. and Budiyo, B., 2020. An Application of MODIS Surface Reflectance Product for Drought Assessment on Agriculture Area in Manukwari–West Papua–Indonesia, *E3S Web of Conferences*. EDP Sciences, pp. 01001.
- Farahmand, A., 2016. Frameworks for Improving Multi-Index Drought Monitoring Using Remote Sensing Observations, UC Irvine.
- Feng, P., Wang, B., Li Liu, D. and Yu, Q., 2019. Machine learning-based integration of remotely-sensed drought factors can improve the estimation of agricultural drought in South-Eastern Australia. *Agricultural Systems*, 173: 303-316.
- Hazaymeh, K. and Hassan, Q.K., 2016. Remote sensing of agricultural drought monitoring: A state of art review. *Aims Environmental Science*, 3(4): 604.
- Ji, T., Li, G., Yang, H., Liu, R. and He, T., 2018. Comprehensive drought index as an indicator for use in drought monitoring integrating multi-source remote sensing data: a case study covering the Sichuan-Chongqing region. *International Journal of Remote Sensing*, 39(3): 786-809.
- Kogan, F.N., 1995. Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in space research*, 15(11): 91-100.
- Kulkarni, S.S. et al., 2020. Developing a Remote Sensing-Based Combined Drought Indicator Approach for Agricultural Drought Monitoring over Marathwada, India. *Remote Sensing*, 12(13): 2091.
- McKee, T.B., Doesken, N.J. and Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. Boston, pp. 179-183.
- Nemani, R. et al., 2009. Monitoring and forecasting ecosystem dynamics using the Terrestrial Observation and Prediction System (TOPS). *Remote Sensing of Environment*, 113(7): 1497-1509.
- Qu, C., Hao, X. and Qu, J.J., 2019. Monitoring extreme agricultural drought over the Horn of Africa (HOA) using remote sensing measurements. *Remote Sensing*, 11(8): 902.
- Salazar, L., Kogan, F. and Roytman, L., 2008. Using vegetation health indices and partial least squares method for estimation of corn yield. *International Journal of Remote Sensing*, 29(1): 175-189.
- Shen, R., Huang, A., Li, B. and Guo, J., 2019. Construction of a drought monitoring model using deep learning based on multi-source remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 79: 48-57.

- Silleos, N.G., Alexandridis, T.K., Gitas, I.Z. and Perakis, K., 2006. Vegetation indices: advances made in biomass estimation and vegetation monitoring in the last 30 years. *Geocarto International*, 21(4): 21-28.
- Teweldebirhan Tsige, D., Uddameri, V., Forghanparast, F., Hernandez, E.A. and Ekwaro-Osire, S., 2019. Comparison of Meteorological-and Agriculture-Related Drought Indicators across Ethiopia. *Water*, 11(11): 2218.
- Thenkabail, P.S. and Gamage, M., 2004. The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia, 85. Iwmi.
- Tucker, C.J. and Choudhury, B.J., 1987. Satellite remote sensing of drought conditions. *Remote sensing of Environment*, 23(2): 243-251.
- Vyas, S.S. et al., 2015. A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 39: 28-39.
- Wang, X. et al., 2018. A predictive model of equivalent temperature index for dairy cattle (ETIC). *Journal of thermal biology*, 76: 165-170.
- West, H., Quinn, N. and Horswell, M., 2019. Remote sensing for drought monitoring & impact assessment: Progress, past challenges and future opportunities. *Remote Sensing of Environment*, 232: 111291.
- Zhou, X. et al., 2020. Developing a fused vegetation temperature condition index for drought monitoring at field scales using Sentinel-2 and MODIS imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 168: 105144.

