



## ارزیابی شاخص‌های مبتنی بر سنجش از دور در پایش خشکسالی شهرستان نیریز

مقاله  
پژوهشی

محمد شعبانی

دریافت: ۱۰ اسفند ۱۴۰۰ / بازنگری: ۱ اردیبهشت ۱۴۰۱ / پذیرش: ۱۲ اردیبهشت ۱۴۰۱

دسترسی اینترنتی: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۱ / دسترسی چاپی: ۱۱ دی ۱۴۰۱

### چکیده

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه در این تحقیق شهرستان نیریز واقع در جنوب شرق استان فارس با وسعت ۱۰۷۸۷ کیلومتر مربع و جزء یکی از زیرحوزه‌های آبخیز دریاچه بختگان محسوب می‌گردد. متوسط ارتفاع منطقه ۱۷۹۸ متر، حداکثر ارتفاع منطقه ۳۲۳۵ متر و حداقل ارتفاع ۱۴۷۶ متر از سطح دریا است. متوسط بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق سالانه حوزه به ترتیب ۲۰۴/۸ میلی‌متر، ۱۹ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۵۸/۳ میلی‌متر است. در این تحقیق از داده‌های بارندگی ایستگاه سینوپتیک نیریز در طول دوره آماری ۲۲ ساله (۱۳۷۹-۱۴۰۰) برای محاسبه شاخص بارش استاندارد (Standardized Precipitation Index, SPI) در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه استفاده شد. سپس ۳ شاخص مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای شامل شاخص وضعیت پوشش گیاهی (Vegetation Condition Index, VCI)، شاخص وضعیت دمایی (Temperature Condition Index, TCI) و شاخص سلامت گیاه (Healthy Index Vegetation, VHI) از روی داده‌های سنجد مودیس برای ماه اردیبهشت‌ماه از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۱ استخراج و با مقادیر شاخص بارش استاندارد (SPI) در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه بر اساس ضریب همبستگی پیرسون مقایسه گردید.

پیشینه و هدف اطلاع از میزان و شدت خشکسالی در یک منطقه و برنامه‌ریزی جهت کاهش اثرات آن یکی از مهم‌ترین اصول مبارزه با خشکسالی است. پایش و مدیریت خشکسالی در یک منطقه با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای به عنوان یک ابزار مناسب در پایش زمانی و مکانی خشکسالی کشاورزی است. هدف از انجام این پژوهش بررسی کارایی داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در پهنه‌بندی خشکسالی کشاورزی در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ در شهرستان نیریز است. برای این منظور سه شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)، شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص سلامت پوشش گیاهی (VHI) از روی تصاویر ماهواره‌ای مودیس برای دوره زمانی مورد نظر استخراج و نتایج حاصل از این شاخص‌ها با مقادیر شاخص بارش استاندارد (SPI)، در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه مقایسه گردید.

محمد شعبانی (✉)<sup>۱</sup>

۱. استادیار گروه مهندسی آب، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [mshabani577@gmail.com](mailto:mshabani577@gmail.com)

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.690925>

<https://dori.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.4.7.1>

در نهایت مناسب‌ترین شاخص خشکسالی مبتنی بر تصاویر ماهواره-ای از بین شاخص‌ها انتخاب و درصد طبقات خشکسالی بر اساس شاخص منتخب در منطقه مورد مطالعه مشخص شد.

**نتایج و بحث** محاسبه مقادیر شاخص SPI با استفاده از نرم‌افزار شاخص‌های خشکسالی (Drought Indices Package, DIP) در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه در دوره آماری ۱۳۷۹-۱۴۰۰ نشان داد که روند منحنی‌ها در بعضی سال‌ها کاهشی و در بعضی سال‌ها افزایشی و در اغلب سال‌ها تقریباً نرمال بوده است. بطور میانگین درصد وقوع خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها بر اساس شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف در طول دوره آماری ۶۸ درصد در شرایط نرمال، ۱۸ درصد در شرایط ترسالی و ۱۶ درصد در شرایط خشکسالی قرار دارد. نتایج حاصل از محاسبه شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف بر اساس داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و داده‌های سنجش از دور مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور مقادیر حاصل از تمامی شاخص‌های مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای شامل VCI، TCI و VHI استخراج و اقدام به مقایسه و بررسی ضریب همبستگی آن‌ها با شاخص زمینی SPI در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ گردید. مقادیر شاخص VCI در سال ۱۳۸۷ دارای کمترین مقدار (۳۲/۱ درصد) و در سال ۱۳۹۹ دارای بیشترین مقدار (۴۱/۳ درصد) در طول اردیبهشت‌ماه است. بنابراین بر اساس مقدار شاخص VCI در طول دوره آماری در سال ۱۳۸۷ شرایط خشکسالی شدید در منطقه حاکم بوده و در سال ۱۳۹۹ پوشش گیاهی مطلوب‌تر و شرایط ترسالی بر منطقه حاکم بوده است. نتایج به دست آمده از شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف نیز دقیقاً موید این نکته است که شدیدترین خشکسالی و ترسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه به ترتیب در دو سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۹ در منطقه رخ داده است. علاوه بر این شاخص VCI بیشترین همبستگی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف دارد و با همه دوره‌های زمانی SPI رابطه معنی‌داری دارد. شاخص TCI همبستگی معنی‌دار با هیچ‌یک از دوره‌های زمانی ندارد و رابطه همبستگی ضعیفی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف دارد. علاوه بر این شاخص VHI تنها با دوره‌های زمانی یک، سه، شش و دوازده ماهه همبستگی معنی‌دار در سطح پنج درصد دارد و میزان همبستگی آن با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف به مراتب کمتر از شاخص VCI است. توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷ نشان داد که

قسمت‌های شرقی منطقه که در ارتفاعات پایین نیز قرار دارد بیشتر تحت تاثیر خشکسالی قرار گرفته است. بررسی مساحت تحت تاثیر طبقات خشکسالی بر اساس شاخص TCI در سال ۱۳۸۷ نشان داد که در منطقه مورد مطالعه خشکسالی بسیار شدید و شدید وجود ندارد، ۱۱ درصد منطقه دچار خشکسالی متوسط، ۲۲ درصد سطح دچار خشکسالی خفیف و ۶۷ درصد نیز فاقد خشکسالی است. بر اساس شاخص VCI در تاریخ مورد نظر سطح خشکسالی بسیار شدید ۰/۱۴ درصد، شدید ۰/۳۳ درصد، متوسط ۱۷ درصد، خفیف ۷۷ درصد و فاقد خشکسالی ۶ درصد است. همچنین بر اساس شاخص VHI خشکسالی بسیار شدید و شدید و خفیف در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد و فقط ۹ درصد سطح منطقه دچار خشکسالی متوسط و ۹۱ درصد نیز فاقد خشکسالی است. توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت-ماه ۱۳۹۹ نشان می‌دهد که در منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص TCI در تاریخ مورد نظر خشکسالی بسیار شدید و شدید وجود ندارد و ۵ درصد سطح منطقه دارای خشکسالی متوسط، ۲۲ درصد خشکسالی خفیف و ۷۳ درصد نیز فاقد خشکسالی است. بر اساس شاخص VCI در تاریخ مورد نظر درصد خشکسالی بسیار شدید ۰/۵ درصد، شدید ۰/۸ درصد، متوسط ۵ درصد، خفیف ۳۱ درصد و فاقد خشکسالی ۶۲ درصد است. همچنین بر اساس شاخص VHI در اردیبهشت‌ماه ۹۹ مقدار ۰/۲ درصد سطح منطقه دارای خشکسالی متوسط، ۳۰ درصد دارای خشکسالی خفیف و ۶۹ درصد نیز فاقد خشکسالی است، بر اساس این شاخص خشکسالی بسیار شدید و شدید در منطقه وجود ندارد.

**نتیجه‌گیری** پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که هر ساله میلیون‌ها نفر از جمعیت جهان و قسمت‌های عظیمی از آن را مورد حمله خود قرار می‌دهد. این پدیده که به صورت آرام شروع و ماهیتی خزننده دارد می‌تواند باعث ایجاد خسارت‌های فراوان در بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی و محیط زیست گردد. اطلاع از نحوه وقوع و تهیه نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس روش‌های نوین و جدید تاثیر بسیار مثبت و جدی در مدیریت خشکسالی در یک منطقه دارد. یکی از روش‌های جدید و پرکاربرد در پایش زمانی و مکانی خشکسالی استفاده از شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای است که اخیراً نیز در مباحث مربوط به خشکسالی از آن استفاده می‌شود. نتایج حاصل از تحلیل شاخص SPI نشان داد که در اکثر دوره‌های زمانی شدیدترین خشکسالی و ترسالی در طول

مختلف دارد که همبستگی آن در سطح یک درصد معنی دار است و به عنوان شاخص ماهواره‌ای مناسب جهت پایش زمانی و مکانی خشکسالی در شهرستان نی‌ریز انتخاب می‌گردد. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر محققان، نشان از دقت بسیار خوب شاخص‌های سنجش از دور در پایش خشکسالی دارد. بنابراین استفاده از فن‌آوری سنجش از دور در پایش خشکسالی در مناطقی که فاقد ایستگاه‌های هواشناسی یا دارای ایستگاه‌های هواشناسی با تراکم کم یا به صورت پراکنده هستند پیشنهاد می‌گردد.

**واژه‌های کلیدی:** خشکسالی، سنجش از دور، شاخص بارش استاندارد، نی‌ریز

دوره مورد مطالعه به ترتیب در سال های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۹ رخ داده است. همچنین نتایج نشان داد که شاخص TCI همبستگی معنی دار با هیچ یک از دوره‌های زمانی ندارد و همبستگی ضعیفی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف دارد. شاخص VHI با دوره‌های زمانی یک، سه، شش و دوازده ماهه همبستگی معنی دار در سطح پنج درصد دارد و همبستگی آن با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف کمتر از شاخص VCI است. مقدار شاخص VCI در سال ۱۳۸۷ دارای کمترین مقدار (۳۲/۱ درصد) و در سال ۱۳۹۹ دارای بیشترین مقدار (۴۱/۳ درصد) در طول ماه اردیبهشت بوده است که با نتایج به دست آمده از شاخص SPI در منطقه مطابقت دارد. از طرفی این شاخص بیشترین همبستگی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی

لطفاً به این مقاله استناد کنید: شعبانی، م. ۱۴۰۱. ارزیابی شاخص‌های مبتنی بر سنجش از دور در پایش خشکسالی شهرستان نی‌ریز، نشریه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در

منابع طبیعی، ۱۳(۴): ۱۴۷-۱۳۱. <https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.690925>

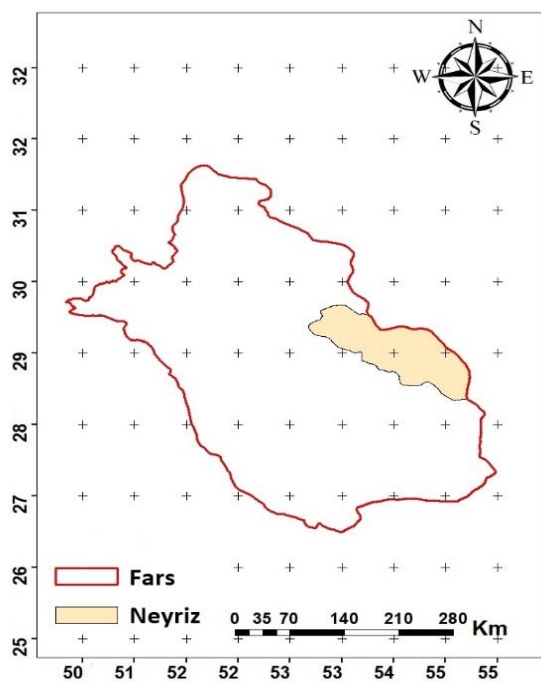
Healthy Vegetation, VHI) سلامت گیاه (Index, PCI)، و سه شاخص ترکیبی را از روی تصاویر ماهواره‌ای (Index Standardized)، مودیس استخراج و با شاخص بارش استاندارد (Precipitation Index, SPI) در دوره زمانی ۳، ۶ و ۹ ماهه مقایسه نمودند. نتایج نشان داد که شاخص وضعیت پوشش گیاهی مطلوب‌ترین شاخص جهت پایش خشکسالی کشاورزی در طول فصل رشد در منطقه مورد مطالعه است. ایلحق و ژانگ (۶) ویژگی‌های خشکسالی بر پایه دو شاخص شدت خشکسالی (Drought Severity Index, DSI) و SPI و تاثیر آن بر کشت محصول ذرت در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ را با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای تحلیل نمودند، نتایج این مطالعه نشان داد که شاخص VHI نتیجه بهتری را در مقایسه با دیگر شاخص‌ها دارد. کیم و همکاران (۱۲) شاخص نرمال شده وضعیت خشکسالی (Scaled Drought Condition Index, SDCI) را به منظور آنالیز خشکسالی کشاورزی با استفاده هم‌زمان از مولفه‌های بارش، دما و گیاه محاسبه نمودند. نتایج تحقیقات آن‌ها بیانگر همبستگی مثبت بین شاخص SDCI و برداشت محصولات کوهستانی بود. حمزه و همکاران (۹) به منظور بررسی الگوهای زمانی و مکانی خشکسالی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ در استان مرکزی اقدام به محاسبه شاخص‌های تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) و وضعیت پوشش گیاهی، وضعیت دمایی، خشکی دمایی گیاهی (Vegetation Dryness Index, TVDI) و خیزی خاک (Soil Wetting Index, SWI) و مقایسه آن با شاخص بارش استاندارد در فواصل زمانی مختلف نمودند (۱۱ و ۱۸). نتایج آن‌ها حاکی از برتری شاخص وضعیت پوشش گیاهی جهت پایش خشکسالی کشاورزی در استان مرکزی بود. نوابی و همکاران (۱۷) پایش خشکسالی کشاورزی را با استفاده از شاخص‌های مختلف بر اساس داده‌های زمینی شاخص بارش استاندارد و سنجش از دور با شاخص‌های وضعیت پوشش گیاهی، سلامت گیاه و وضعیت دمایی ارزیابی نمودند. نتایج

امروزه خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که بسیاری از شهرها و مناطق جهان را تحت تسلط خود قرار داده و تداوم آن آثار نامطلوب اقتصادی، سیاسی، اجتماعی و فرهنگی را در یک منطقه بر جای گذاشته است (۳، ۱۲ و ۱۷). اطلاع از نحوه وقوع و شدت خشکسالی در یک منطقه و تهیه نقشه‌های شدت خشکسالی به عنوان یک رکن اساسی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای جهت تصمیم‌گیران و مدیران اجرایی محسوب می‌شود. برای ارزیابی میزان خشکسالی کشاورزی و تعیین شدت و وسعت آن از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. بیشتر این روش‌ها مبتنی بر داده‌های زمینی و سنتی است و خشکسالی را به صورت نقطه‌ای برآورد می‌کنند (۱۰). پایش مکانی و زمانی خشکسالی در روش‌های سنتی، مبتنی بر ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های غالباً بارندگی مربوط به آن-هاست. این شیوه‌ها به دلیل عدم وجود شبکه پراکنش مناسب، نواقص آماری، عدم دسترسی به داده‌های بهنگام و نقطه‌ای بودن اطلاعات ایستگاه‌ها از دقت مطلوبی برخوردار نیست (۹). بنابراین استفاده از روش‌های نوین بالاخص استفاده از تکنیک جدید سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای جهت ارزیابی زمانی و مکانی خشکسالی به منظور شناسایی تغییرات زمانی و مکانی این پدیده اقلیمی و ارائه راهکارهای مدیریتی مناسب جهت مقابله و مدیریت آن بسیار ضروری می‌باشد (۹ و ۲۰). فن‌آوری سنجش از دور با قابلیت‌های بسیار مناسب مکانی، زمانی، طیفی و رادیومتری از چند دهه گذشته با برطرف کردن نواقص روش‌های سنتی توانسته در ارزیابی و پایش مکانی و زمانی شدت خشکسالی‌ها، نقش مهمی را ایفا نماید (۱۷). تحقیقات مختلفی در زمینه کاربرد فناوری سنجش از دور در پایش مکانی و زمانی خشکسالی در سراسر جهان انجام شده است. کاظم پور و همکاران (۱۰) جهت ارزیابی داده‌های ماهواره‌ای در پایش خشکسالی حوزه آبخیز دریاچه ارومیه شاخص‌های وضعیت پوشش گیاهی (Vegetation Condition Index, VCI) و وضعیت دمایی (Temperature Condition Index, TCI) و وضعیت بارش (Precipitation Condition

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

در این تحقیق شهرستان نیریز واقع در جنوب شرق استان فارس با مساحت ۱۰۷۸۷ کیلومتر مربع می‌باشد که بین طول‌های شرقی ۷۱۷۱۹۱ تا ۹۳۳۶۰۵ متر و عرض‌های شمالی ۳۱۸۰۶۹۲ تا ۳۳۱۵۷۹۵ متر قرار دارد و جزء یکی از زیر حوزه‌های آبخیز دریاچه بختگان محسوب می‌گردد. متوسط ارتفاع منطقه ۱۷۹۸ متر، حداکثر ارتفاع منطقه ۳۲۳۵ متر و حداقل ارتفاع ۱۴۷۶ متر از سطح دریا می‌باشد. متوسط بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق سالانه حوزه به ترتیب ۲۰۴/۸ میلی‌متر، ۱۹ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۵۸/۳ میلی‌متر می‌باشد. اقلیم منطقه خشک تا نیمه خشک می‌باشد. شکل ۱ نقشه منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان نیریز بر روی

نقشه استان فارس

Fig. 1. Geographical location of Neyriz city on the map of Fars province

نشان داد که شاخص سنجش از دور از دقت خوبی در برآورد پراکندگی مکانی و زمانی خشکسالی کشاورزی برخوردار است، به طوری که ضریب همبستگی بین شاخص سلامت گیاه و بارش استاندارد برابر ۰/۸۶ بدست آمد که نشان‌دهنده تطابق این شاخص‌ها با شاخص هواشناسی بارش استاندارد می‌باشد. ییلدیریم و سرافتین (۲۱) خشکسالی کشاورزی در دشت کواکدره ترکیه را به وسیله شاخص‌های تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی و شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک (Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI) و دمای سطح ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که هر دو شاخص مذکور با دمای سطح زمین طی فصل آبیاری همبستگی منفی دارند. آنها پیشنهاد دادند که ترکیب شاخص‌های تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی و شاخص تعدیل شده بر حسب خاک و دمای سطح زمین اطلاعات بسیار مفیدی را برای پایش خشکسالی کشاورزی مهیا می‌سازد. بنتو و همکاران (۴ و ۵) نقش تفاضل نرمال‌شده پوشش گیاهی و دمای سطح زمین را با استفاده از شاخص سلامت گیاه در مناطق خشک مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان از شناسایی بهتر دوره‌های خشکسالی شدید در اراضی خشک با استفاده از روش پیشنهادی بود. با توجه به عدم انجام تحقیق در زمینه خشکسالی با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای در شهرستان نیریز، عدم اطلاع و آگاهی از وضعیت مکانی شدت‌های مختلف خشکسالی و ترسالی‌های اتفاق افتاده و ارایه نقشه‌های شدت خشکسالی جهت مدیریت خشکسالی، این پژوهش با هدف بررسی کارایی داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در پهنه‌بندی شدت خشکسالی کشاورزی با استفاده از شاخص‌های وضعیت پوشش گیاهی (VCI)، شاخص وضعیت دمایی (TCI) و شاخص سلامت گیاه (VHI) و مقایسه آن با شاخص بارش استاندارد (SPI) در شهرستان نیریز انجام گرفت. برای این منظور از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده مودیس برای ماه می (اردیبهشت‌ماه) از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۱ استفاده شد.

## داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از داده‌های بارندگی ایستگاه سینوپتیک نی‌ریز در طول دوره آماری ۲۲ ساله (۱۳۷۹-۱۴۰۰) جهت محاسبه شاخص SPI استفاده و شاخص SPI در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه در منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. از داده‌های سنجنده مودیس از سری تصاویر ماهواره‌ای TERRA (ماموریت اندازه‌گیری باران مناطق گرمسیری) به دلیل در دسترس بودن، تطابق زمانی مناسب با داده‌های ایستگاهی، خصوصیات طیفی مناسب و اثبات کارایی مناسب آن در مطالعات خشکسالی برای سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است. بدین منظور از محصولات شانزده روزه شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده و محصولات ۸ روزه دمای سطح زمین و قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر استفاده گردید. پس از دریافت تصاویر موجود، به کمک نرم افزار ENVI زمین مرجع و در قالب فایل Tif ذخیره و مورد استفاده قرار گرفتند.

## شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و سنجش از دور شاخص بارش استاندارد (SPI)

این شاخص توسط مک‌کی و همکارانش در سال ۱۹۹۳ تدوین شد (۹ و ۱۵). شاخص SPI یکی از شاخص‌های اساسی در مطالعه شدت خشکسالی کشاورزی می‌باشد که محاسبه آن نیازمند داشتن میانگین و انحراف معیار دراز مدت مقادیر بارندگی برای دوره‌های مورد مطالعه است. این شاخص اساساً جهت تعریف و پایش خشکسالی و ترسالی ارایه شده است (۱۹). کمبود بارش در دوره‌های زمانی کوتاه مدت، عمدتاً بر روی وضعیت رطوبت خاک اثر می‌گذارد، در حالی که کمبود بارش طولانی مدت اغلب بر روی آب‌های زیرزمینی، جریان رودخانه و ذخایر منابع آب موثر است. شاخص SPI از رابطه ۱ محاسبه می‌شود (۴).

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{S} \quad [1]$$

در این رابطه؛ S انحراف معیار،  $\bar{P}$  مقدار میانگین دراز مدت بارش برای دوره مورد نظر و  $P_i$  مقدار بارش در دوره مورد نظر می‌باشد. برای محاسبه این شاخص، از توزیع گاما برای برازش داده‌های بارش استفاده می‌شود که پس از انجام محاسبات لازم و تعیین پارامترهای مربوط به شاخص SPI مقدار این شاخص را می‌توان در هر بازه زمانی محاسبه کرد (۱۵ و ۱۶). طبقه‌بندی وضعیت ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها بر اساس شاخص SPI در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. درجه بندی مقادیر شاخص SPI

Table 1. Grading of SPI index values

مقادیر SPI	وضعیت
> ۲	ترسالی بسیار
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی
۰/۹۹ تا - ۰/۹۹	تقریباً نرمال
- ۱ تا - ۱/۴۹	خشکسالی
- ۱/۵ تا - ۱/۹۹	خشکسالی
< - ۲	خشکسالی

در این تحقیق برای محاسبه شاخص SPI از اطلاعات بارندگی ماهانه ایستگاه هواشناسی نی‌ریز در طول دوره آماری ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۰ استفاده گردید سپس شاخص SPI در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه استخراج گردید. کلیه محاسبات با استفاده از نرم‌افزار شاخص‌های خشکسالی (Drought Indices Package, DIP) انجام گردید.

## شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای

## شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

این شاخص توسط کوگان در سال ۱۹۹۵ ارایه گردید (۱۵). شاخص VCI نشان‌دهنده وضعیت پوشش گیاهی در یک منطقه می‌باشد که تابعی از حداقل و حداکثر NDVI برای یک دوره چندساله می‌باشد (۵ و ۱۰). VCI نه تنها پوشش زمین و تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، بلکه اثر آب و هوا روش پوشش گیاهی را تعیین می‌کند. مقدار

زمین را در پایش خشکسالی نشان می‌دهد. این شاخص دارای رویکرد شبه واقعی از ارزیابی خشکسالی کشاورزی است. به عبارتی دیگر شاخص TCI و VCI به ترتیب شرایط دمایی و رطوبتی پوشش گیاهی را نشان می‌دهد. شاخص VHI از رابطه ۵ محاسبه می‌شود (۱۷). طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس این شاخص از جدول ۲ به دست می‌آید.

$$VHI = 0.5VCI + 0.5TCI \quad [5]$$

جدول ۲. طبقه‌بندی شدت خشکسالی با شاخص‌های

ماهواره‌ای VCI، TCI و VHI

Table 2. Drought severity classification with satellite indices VCI, TCI and VHI

VCI (درصد)	وضعیت
<۱۰	خشکسالی بسیار شدید
۱۰-۲۰	خشکسالی شدید
۲۰-۳۰	خشکسالی متوسط
۳۰-۴۰	خشکسالی خفیف
>۴۰	غیر خشکسالی

## نتایج

### شاخص زمینی SPI

نتایج مربوط به محاسبه مقادیر شاخص SPI با استفاده از نرم‌افزار DIP در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه جهت مشخص کردن دوره های ترسالی و خشکسالی با استفاده از آمار بارندگی ماهانه ایستگاه سینوپتیک نی‌ریز در دوره آماری ۱۴۰۰-۱۳۷۹ در شکل ۲ آورده شده است. با مراجعه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که روند منحنی‌ها در بعضی سال‌ها کاهشی و در بعضی سال‌ها افزایشی و در اغلب سال‌ها تقریباً نرمال بوده است. درصد وقوع خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها بر اساس شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف در جدول ۳ آورده شده است. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد بطور میانگین تعداد وقایع رخ داده در طول دوره آماری در دوره‌های زمانی مختلف ۶۸ درصد در شرایط نرمال، ۱۸ درصد در شرایط ترسالی و ۱۶ درصد در شرایط خشکسالی قرار دارد.

شاخص VCI بین صفر تا یک در تغییر است. هنگامی که مقدار شاخص VCI به سمت عدد صفر میل کند نشانگر یک ماه بسیار خشک و هنگامی که به سمت عدد یک میل نماید وضعیت خشکسالی بهبود می‌یابد (۹ و ۱۵). مقدار شاخص VCI از رابطه ۲ به دست می‌آید.

$$VCI = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100 \quad [2]$$

در این رابطه؛  $NDVI_{min}$  و  $NDVI_{max}$  به ترتیب میانگین حداقل و حداکثر طولانی مدت NDVI برای هر پیکسل می‌باشد که از تصاویر ماهواره‌ای مودیس به دست می‌آید. مقدار شاخص NDVI با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید (۲۰).

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad [3]$$

در این رابطه؛ RED باند قرمز و NIR باند مادون قرمز نزدیک می‌باشد (۱۴). طبقه‌بندی شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های ماهواره‌ای VCI، TCI و VHI در جدول ۲ نشان داده شده است (۷).

### شاخص وضعیت دمایی (TCI)

این شاخص نیز همانند شاخص VCI توسط کوکان ارایه گردید و نحوه محاسبه آن همانند شاخص VCI است (۹). مقدار شاخص VCI از رابطه ۴ به دست می‌آید (۲).

$$TCI = \frac{T_{max} - T_i}{T_{max} - T_{min}} \times 100 \quad [4]$$

در این رابطه؛  $T_{min}$  و  $T_{max}$  مقادیر کمینه و بیشینه دمای کل دوره زمانی مورد مطالعه است. طبقات شدت خشکسالی در روش TCI در جدول ۲ آورده شده است.

### شاخص سلامت گیاه (VHI)

شاخص VHI در حقیقت شاخص ترکیبی VCI و TCI بوده که اثرات ترکیبی پوشش گیاهی و درجه حرارت سطح



شکل ۲. تغییرات شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف در ایستگاه هواشناسی نیریز (۱۳۷۹-۱۴۰۰)

Fig. 2. Changes in SPI index in different time series in Neyriz meteorological station (2000-2021)



جدول ۳. درصد خشکسالی و ترسالی رخ داده در دوره‌های زمانی مختلف با شاخص SPI در ایستگاه هواشناسی نی‌ریز (۱۴۰۰-۱۳۷۹)

Table 3. Percentage of drought and wet season occurring in different time series with SPI index in Neyriz meteorological station (2000-2021)

SPI	یک ماهه	سه ماهه	شش ماهه	نه ماهه	دوازده ماهه	هجده ماهه	بیست و چهار ماهه	چهل و هشت ماهه
ترسالی بسیار شدید	۴	۴	۲	۱	۰	۳	۵	۰
خیلی مرطوب	۲	۴	۷	۸	۹	۴	۵	۶
ترسالی متوسط	۸	۶	۸	۱۲	۱۴	۱۱	۳	۱۵
تقریباً نرمال	۷۷	۷۴	۶۹	۶۴	۶۲	۶۷	۶۸	۶۱
خشکسالی متوسط	۸	۶	۷	۹	۸	۹	۱۵	۱۲
خشکسالی شدید	۰	۳	۳	۳	۴	۳	۲	۴
خشکسالی بسیار شدید	۰	۲	۴	۳	۳	۲	۲	۲

### ضرایب همبستگی و نتایج شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای

نتایج حاصل از محاسبه شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف بر اساس داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و داده‌های سنجش از دور مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور مقادیر حاصل از تمامی شاخص‌های مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای شامل VCI، TCI و VHI استخراج و اقدام به مقایسه و بررسی ضرایب همبستگی آن‌ها با شاخص زمینی SPI در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، ۴۸ گردید (جدول ۴). به عبارت دیگر، پاسخ شرایط پوشش گیاهی منطقه به بازندگی با زمان‌های تاخیر یک، سه، شش، نه، دوازده، هجده، بیست و چهار و چهل و هشت ماهه مورد بررسی قرار گرفت. همان‌گونه که جدول ۳ نشان می‌دهد شاخص VCI بیشترین همبستگی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف دارد و با همه دوره‌های زمانی SPI رابطه معنی‌داری دارد. شاخص TCI همبستگی معنی‌دار با هیچ‌یک از دوره‌های زمانی ندارد و رابطه همبستگی ضعیفی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف دارد. علاوه بر این شاخص

VHI تنها با دوره‌های زمانی یک، سه، شش و دوازده ماهه همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد دارد و میزان همبستگی آن با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف به مراتب کمتر از شاخص VCI است. مقادیر شاخص‌های VCI، TCI و VHI در دوره زمانی مورد مطالعه در شهرستان نی‌ریز در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که شکل ۳ نشان می‌دهد در طول دوره آماری مورد مطالعه مقادیر شاخص VCI که به عنوان شاخص مطلوب در منطقه انتخاب گردید در سال ۱۳۸۷ دارای کمترین مقدار (۳۲/۱ درصد) و در سال ۱۳۹۹ دارای بیشترین مقدار (۴۱/۳ درصد) در طول اردیبهشت‌ماه می‌باشد. بنابراین بر اساس مقدار شاخص VCI در طول دوره آماری در سال ۱۳۸۷ شرایط خشکسالی شدید در منطقه حاکم بوده و در سال ۱۳۹۹ پوشش گیاهی مطلوب‌تر و شرایط ترسالی بر منطقه حاکم بوده است. نتایج به دست آمده از شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف نیز دقیقاً موید این نکته است که شدیدترین خشکسالی و ترسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه به ترتیب در دو سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۹ در منطقه رخ داده است.

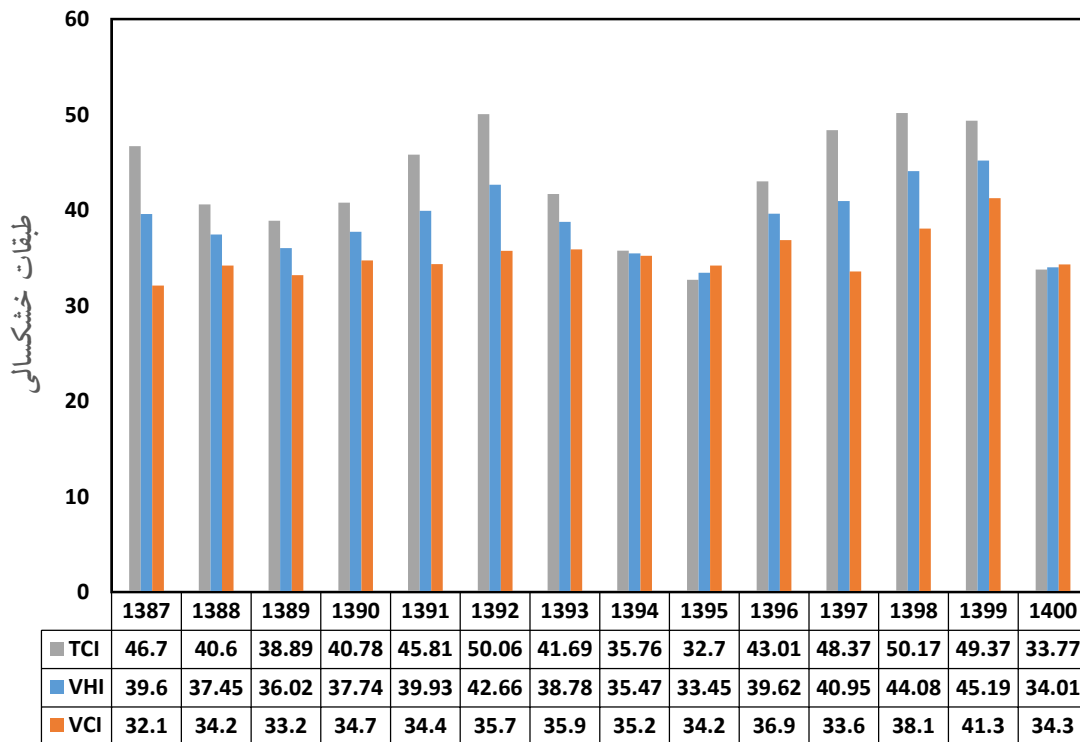
جدول ۴. ضریب همبستگی شاخص‌های ماهواره‌ای و شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷-۱۴۰۰

Table 3. Correlation coefficient of satellite indices and SPI in different time series in May 2008-2021

شاخص	دوره زمانی	آماره							
		۱ماهه	۳ماهه	۶ماهه	۹ماهه	۱۲ماهه	۱۸ماهه	۲۴ماهه	۴۸ماهه
VCI	همبستگی پیرسون	۰/۷۵۰**	۰/۶۷۱**	۰/۸۶۱**	۰/۸۵۵**	۰/۹۰۰**	۰/۶۴۰*	۰/۷۱۱**	۰/۶۱۳*
	تعداد	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
TCI	همبستگی پیرسون	۰/۴۴۸	۰/۳۳۵	۰/۳۲۴	۰/۱۷۷	۰/۳۵۹	۰/۲۶۱	۰/۲۱۶	۰/۲۰۱
	تعداد	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴
VHI	همبستگی پیرسون	۰/۶۰۸*	۰/۴۹۶	۰/۵۳۵*	۰/۴۱۴	۰/۵۷۰*	۰/۴۰۸	۰/۳۹۳	۰/۳۵۱
	تعداد	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴	۱۴

\* همبستگی معنادار در سطح ۰/۰۵

\*\* همبستگی معنادار در سطح ۰/۰۱



شکل ۳. مقادیر شاخص‌های VCI، TCI و VHI در دوره زمانی ۱۳۸۷-۱۴۰۰ در منطقه مورد مطالعه

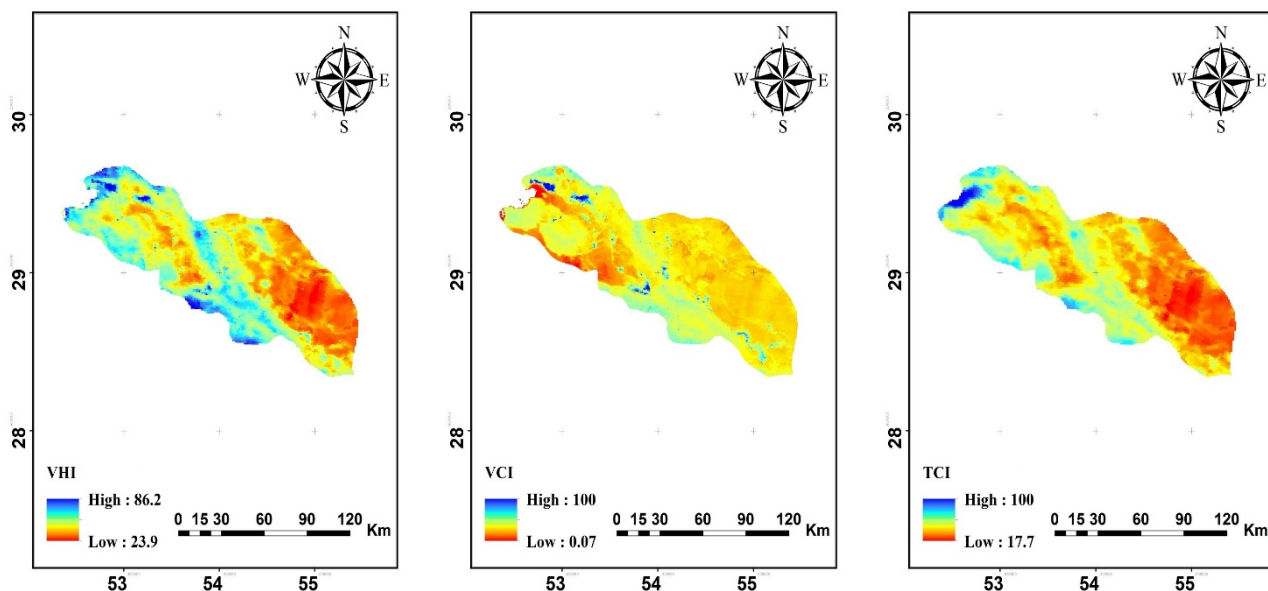
Fig. 3. Values of VCI, TCI and VHI indices in the period 2008-2021 in Neyriz city

شاخص VCI، TCI و VHI در سال ۱۳۸۷ نیز در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۵ در منطقه مورد مطالعه با توجه به شاخص TCI در تاریخ مورد نظر خشکسالی بسیار شدید و شدید وجود ندارد به طوری که ۱۱ درصد منطقه دچار خشکسالی متوسط، ۲۲ درصد سطح دچار خشکسالی خفیف و ۶۷ درصد نیز فاقد خشکسالی می‌باشند. بر اساس

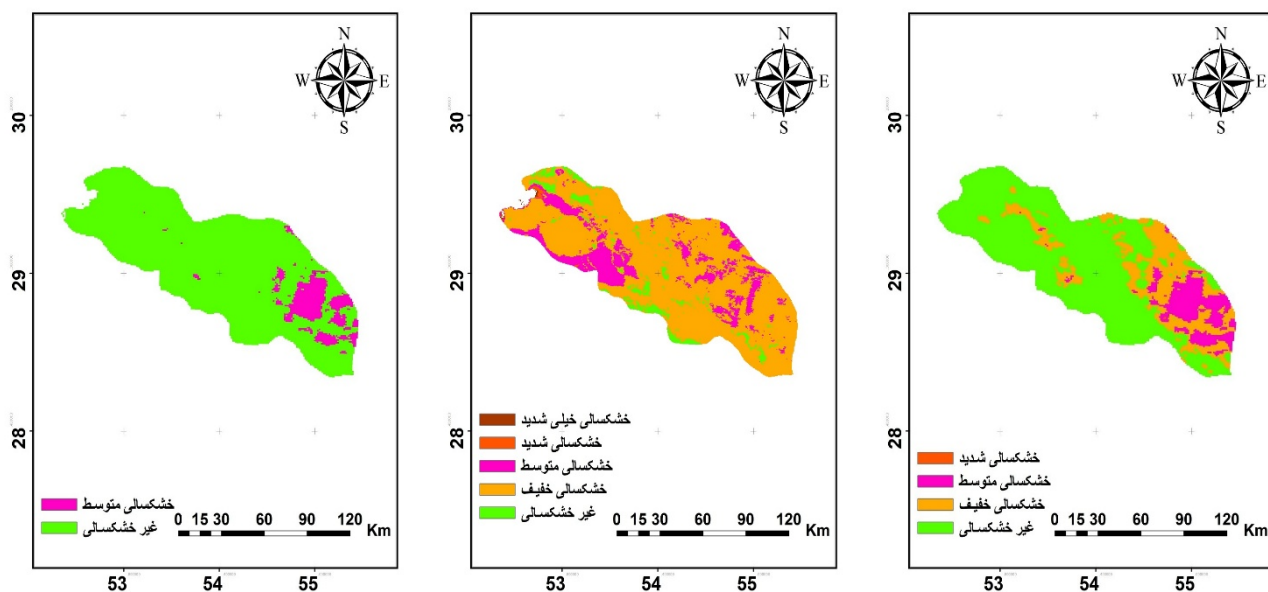
شکل ۴ تغییرات شاخص VCI، TCI، VHI و شکل ۵ توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷ را نشان می‌دهند. همان‌گونه که مشاهده می‌شود قسمت‌های شرقی منطقه که در ارتفاعات پایین نیز قرار دارد بیشتر تحت تاثیر خشکسالی قرار گرفته است. درصد مساحت تحت تاثیر طبقات خشکسالی بر اساس سه

در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد و فقط ۹ درصد سطح منطقه دچار خشکسالی متوسط و ۹۱ درصد نیز فاقد خشکسالی می‌باشد.

شاخص VCI در تاریخ مورد نظر سطح خشکسالی بسیار شدید ۰/۱۴ درصد، شدید ۰/۳۳ درصد، متوسط ۱۷ درصد، خفیف ۷۷ درصد و فاقد خشکسالی ۶ درصد می‌باشد. همچنین بر اساس شاخص VHI خشکسالی بسیار شدید و شدید و خفیف



شکل ۴. تغییرات مقادیر شاخص‌های VCI، TCI و VHI در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷  
 Fig. 4. Changes in the values of VCI, TCI and VHI indices in May 2008



شکل ۵. توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های VCI، TCI و VHI در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷  
 Fig. 5. Spatial distribution of drought severity based on VCI, TCI and VHI indices in May 2008

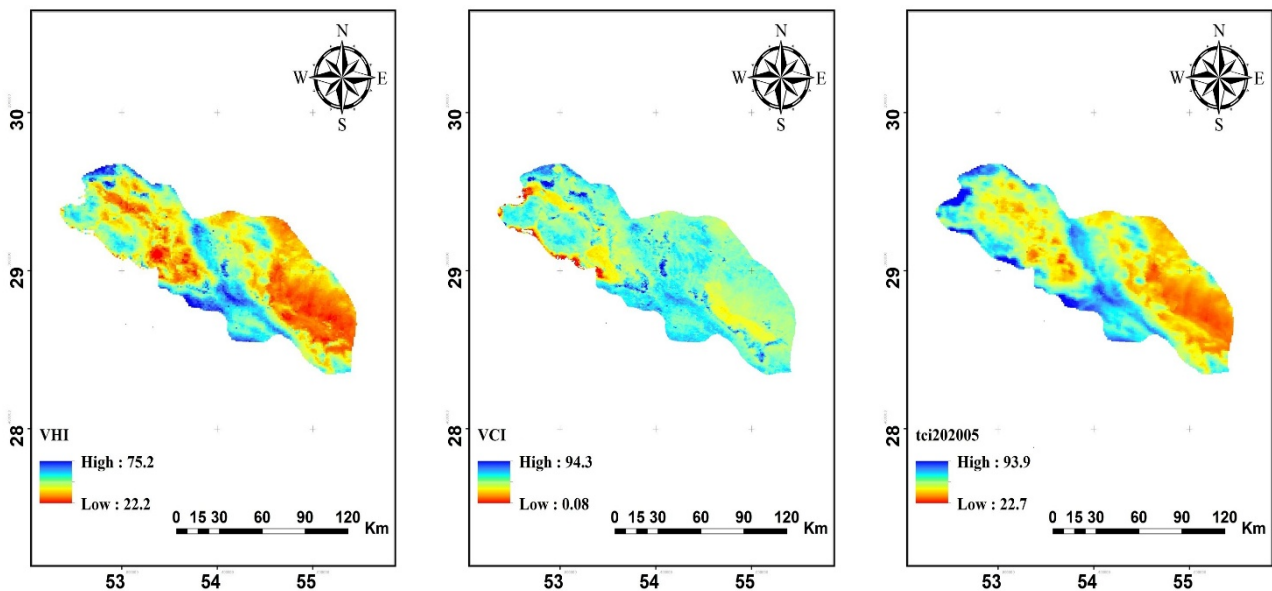
جدول ۵. درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت‌ماه ۱۳۸۷

Table 4. Percentage of area affected by drought based on the studied indices in May 2008

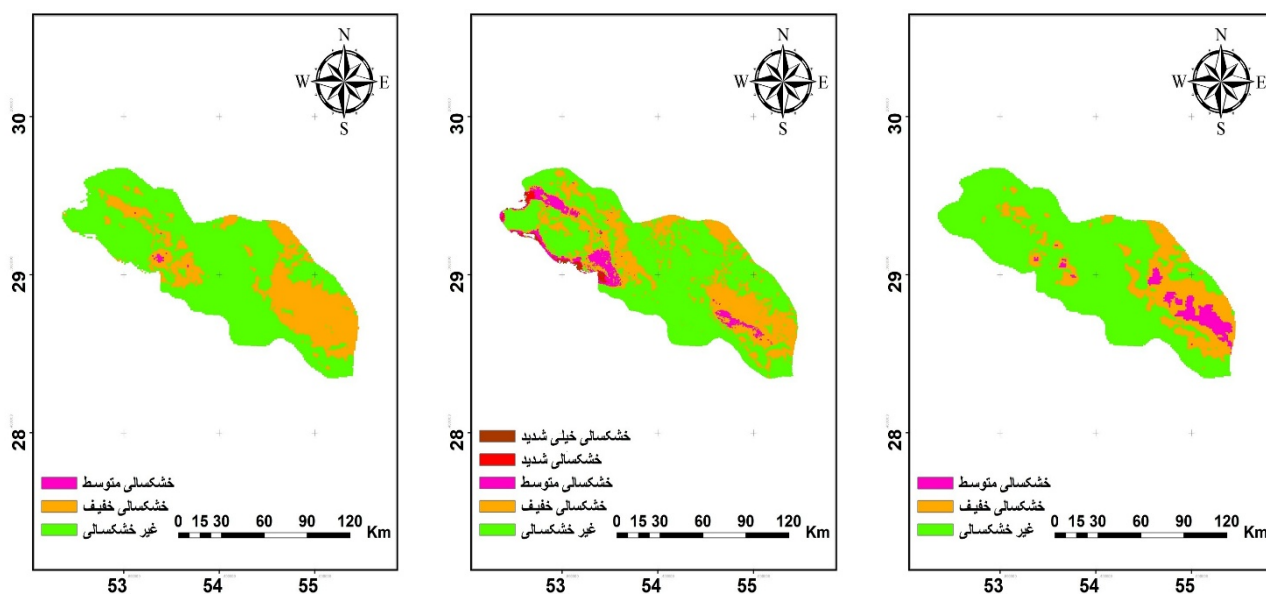
شاخص	وضعیت	بسیار شدید	شدید	متوسط	ضعیف	غیرخشکسالی
VCI		۰/۱۴	۰/۳۳	۱۷	۶۶	۶
TCI		۰	۰	۱۱	۲۲	۶۷
VHI		۰	۰	۹	۰	۹۱

علاوه بر این شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب تغییرات شاخص VCI، TCI و VHI و توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ را نشان می‌دهند. نتایج مربوط به درصد مساحت تحت تاثیر هر طبقه در جدول ۶ نیز آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از جدول ۶ در منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص TCI در تاریخ مورد نظر خشکسالی بسیار شدید و شدید وجود ندارد و ۵ درصد سطح منطقه دارای خشکسالی متوسط، ۲۲ درصد خشکسالی خفیف و ۷۳ درصد نیز فاقد خشکسالی می‌باشد. بر اساس این شاخص خشکسالی بسیار شدید و شدید در منطقه وجود ندارد.

علاوه بر این شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب تغییرات شاخص VCI، TCI و VHI و توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ را نشان می‌دهند. نتایج مربوط به درصد مساحت تحت تاثیر هر طبقه در جدول ۶ نیز آورده شده است. با توجه به نتایج حاصل از جدول ۶ در منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص TCI در تاریخ مورد نظر خشکسالی بسیار شدید و شدید وجود ندارد و ۵ درصد سطح منطقه دارای خشکسالی متوسط، ۲۲ درصد خشکسالی خفیف و ۷۳ درصد نیز فاقد خشکسالی می‌باشد. بر



شکل ۶. تغییرات مقادیر شاخص‌های VCI، TCI و VHI در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹  
Fig. 6. Changes in the values of VCI, TCI and VHI indices in May 2020



شکل ۷. توزیع مکانی شدت خشکسالی بر اساس شاخص‌های VCI، TCI و VHI در اردیبهشت ماه ۱۳۹۹  
 Fig. 7. Spatial distribution of drought severity based on VCI, TCI and VHI indices in May 2020

جدول ۶. درصد مساحت تحت تاثیر خشکسالی بر اساس شاخص‌های مورد مطالعه در اردیبهشت ماه ۱۳۹۹

Table 6. Percentage of area affected by drought based on the indices studied in May 2020

شاخص	وضعیت	بسیار شدید	شدید	متوسط	ضعیف	غیر خشکسالی
VCI		۰/۵	۰/۸	۵	۳۱	۶۲
TCI		۰	۰	۵	۲۲	۷۳
VHI		۰	۰	۰/۲	۳۰	۶۹/۸

## بحث و نتیجه‌گیری

پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلاهای طبیعی است که هر ساله میلیون‌ها نفر از جمعیت جهان و قسمت‌های عظیمی از آن را مورد حمله خود قرار می‌دهد (۸). این پدیده که به صورت آرام شروع و ماهیتی خزنده دارد می‌تواند باعث ایجاد خسارت‌های فراوان در بخش‌های کشاورزی و منابع طبیعی و محیط زیست گردد (۱۷ و ۲۰). اطلاع از نحوه وقوع و تهیه نقشه‌های شدت خشکسالی بر اساس روش‌های نوین و جدید تاثیر بسیار مثبت و جدی در مدیریت خشکسالی در یک منطقه دارد. یکی از روش‌های جدید و پرکاربرد در پایش زمانی و مکانی خشکسالی استفاده از شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای می‌باشد که اخیراً نیز در مباحث مربوط به

خشکسالی از آن استفاده می‌شود (۳). به منظور مطالعه و پهنه‌بندی خشکسالی و بررسی کارایی داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در پهنه‌بندی خشکسالی کشاورزی شهرستان نیریز، از تصاویر ماهواره‌ای مودیس در اردیبهشت ماه سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۴۰۰ استفاده شد. شاخص‌های VCI، TCI و VHI از روی این تصاویر استخراج و هم‌زمان شاخص SPI در دوره‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه برای منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. نتایج حاصل از تحلیل شاخص SPI نشان داد که در اکثر دوره‌های زمانی شدیدترین خشکسالی و ترسالی در طول دوره مورد مطالعه به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۹ رخ داده است. همچنین نتایج نشان داد که شاخص TCI همبستگی

است. نتایج دیگر این تحقیق نشان داد که بر پایه شاخص VCI در منطقه مورد مطالعه در اردیبهشت ماه ۱۳۸۷ مقدار ۰/۱۴ درصد منطقه داری خشکسالی بسیار شدید، ۰/۳۳ درصد دارای خشکسالی شدید، ۱۷ درصد دارای خشکسالی متوسط، ۷۷ درصد دارای خشکسالی خفیف و ۶ درصد نیز فاقد خشکسالی می‌باشد. در اردیبهشت‌ماه ۱۳۹۹ با توجه به شاخص VCI در تاریخ مورد نظر درصد خشکسالی بسیار شدید ۰/۵ درصد، شدید ۰/۸ درصد، متوسط ۵ درصد، خفیف ۳۱ درصد و ۶۲ درصد نیز فاقد خشکسالی می‌باشد. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج تحقیقات دیگر محققان (۱، ۹، ۱۳، ۱۴ و ۱۷) نشان از دقت بسیار خوب شاخص‌های سنجش از دور در پایش خشکسالی دارد. بنابراین استفاده از فن‌آوری سنجش از دور در پایش خشکسالی در مناطقی که فاقد ایستگاه‌های هواشناسی یا دارای ایستگاه‌های هواشناسی با تراکم کم یا به صورت پراکنده هستند پیشنهاد می‌گردد.

معنی‌دار با هیچ‌یک از دوره‌های زمانی ندارد و همبستگی ضعیفی با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف دارد. شاخص VHI با دوره‌های زمانی یک، سه، شش و دوازده ماهه همبستگی معنی‌دار در سطح پنج درصد دارد و همبستگی آن با شاخص SPI در دوره‌های زمانی مختلف کمتر از شاخص VCI است. علاوه بر این نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که بهترین شاخص مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای جهت پایش زمانی و مکانی خشکسالی در شهرستان نیریز شاخص VCI می‌باشد که بیشترین همبستگی با مقادیر SPI در دوره‌های زمانی مختلف را داراست و همبستگی آن در سطح یک درصد معنی‌دار است. بنابراین شاخص VCI به عنوان شاخص مناسب جهت پایش زمانی و مکانی خشکسالی کشاورزی در منطقه مورد مطالعه انتخاب گردید. مقدار شاخص VCI در سال ۱۳۸۷ دارای کمترین مقدار (۳۲/۱ درصد) و در سال ۱۳۹۹ دارای بیشترین مقدار (۴۱/۳ درصد) در طول ماه اردیبهشت بوده

## References

1. Arabi Z, Mohammadi S. 2022. Monitoring spatio-temporal pattern of drought using multi-satellite data during the period 2000-2018 (Case study: Iran). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 10(30): 82-104. (In Persian).
2. Asadi Meyabadi A, Akhzari D, Nouri H. 2021. Zoning of drought by Integrating Satellite Imagery and Ground-Based Climate Data (Case study: Malayer Plain). *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(4): 83-96. <https://doi.org/10.30495/JEST.2021.48591.4872>. (In Persian).
3. Askarizadeh D, Arzani H, Jafary M, Bazrafshan J, Prentice IC. 2018. Surveying of the past, present, and future of vegetation changes in the central Alborz ranges in relation to climate change. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 9(3): 1-18. [https://girs.bushehr.iau.ir/article\\_544812\\_en.html](https://girs.bushehr.iau.ir/article_544812_en.html). (In Persian).
4. Bento VA, Gouveia CM, DaCamara CC, Libonati R, Trigo IF. 2020. The roles of NDVI and Land Surface Temperature when using the Vegetation Health Index over dry regions. *Global and Planetary Change*, 190: 103198. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103198>.
5. Bento VA, Gouveia CM, DaCamara CC, Trigo IF. 2018. A climatological assessment of drought impact on vegetation health index. *Agricultural and Forest Meteorology*, 259: 286-295. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.05.014>.
6. Elhag KM, Zhang W. 2018. Monitoring and assessment of drought focused on its impact on sorghum yield over Sudan by using meteorological drought indices for the period 2001–2011. *Remote Sensing*, 10(8): 1231. <https://doi.org/10.3390/rs10081231>.
7. Gidey E, Dikinya O, Sebege R, Segosebe E, Zenebe A. 2018. Using drought indices to model the statistical relationships between meteorological and agricultural drought in Raya and its environs, Northern Ethiopia. *Earth Systems and Environment*, 2(2): 265-279. <https://doi.org/10.1007/s41748-018-0055-9>.
8. Guo X, Kapucu N. 2018. Examining the impacts of disaster resettlement from a livelihood perspective: A case study of Qinling Mountains, China. *Disasters*, 42(2): 251-274. <https://doi.org/10.1111/disa.12242>.
9. Hamzeh S, Farahani Z, Mahdavi S, Chatrabgoun O, Gholamnia M. 2017. Spatio-temporal monitoring of agricultural drought using remotely sensed data (Case study of Markazi province of Iran). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 4(3): 53-70. (In Persian).
10. Kazempour Choursi S, Erfanian M, Ebadi Nehari Z. 2019. Evaluation of MODIS and TRMM Satellite Data for Drought Monitoring in the Urmia Lake

- Basin. *Geography and Environmental Planning*, 30(2): 17-34.  
<https://doi.org/10.22108/GEP.2019.115381.1115>. (In Persian).
11. Kchouk S, Melsen LA, Walker DW, Van Oel PR. 2022. A geography of drought indices: mismatch between indicators of drought and its impacts on water and food securities. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 22(2): 323-344.  
<https://doi.org/10.5194/nhess-22-323-2022>.
  12. Kim Y, Lee SB, Yun H, Kim J, Park Y. 2017. A drought analysis method based on modis satellite imagery and AWS data. In: 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). IEEE, pp 4862-4865.  
<https://doi.org/4810.1109/IGARSS.2017.8128092>.
  13. Kukunuri AN, Murugan D, Singh D. 2022. Variance based fusion of VCI and TCI for efficient classification of agriculture drought using MODIS data. *Geocarto International*, 37(10): 2871-2892.  
<https://doi.org/10.1080/10106049.2020.1837256>.
  14. Liang L, Qiu S, Yan J, Shi Y, Geng D. 2021. VCI-Based Analysis on Spatiotemporal Variations of Spring Drought in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15): 7967. <https://doi.org/10.3390/ijerph18157967>.
  15. Mirahsani M, Salman Mahini A, Soffianian A, Moddares R, Jafari R, Mohammadi J. 2018. Regional drought monitoring in Zayandeh-rud Basin based on time series variations of the SPI and satellite-based vci indices. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6(4): 1-22.  
<https://doi.org/10.22067/GEO.V6I4.62601>. (In Persian).
  16. Mojaradi B, Mirmiri J, Hosein A. 2020. Assessment of Vegetation Condition Index Using Modified Standard Precipitation Index to Monitor and zoning Drought. *Watershed Engineering and Management*, 12(3): 725-736.  
<https://doi.org/10.22092/ijwmse.2019.116643.1402>. (In Persian).
  17. Navabi N, Moghaddasi M, Gangi N. 2021. Assessment of Agricultural Drought Monitoring Using Various Indices based on Ground-based and Remote Sensing Data (Case Study: Lake Urima Basin). *Watershed Engineering and Management*, 13(1): 1-12.  
<https://doi.org/10.22092/ijwmse.2020.126860.1684>. (In Persian).
  18. Pei F, Wu C, Liu X, Li X, Yang K, Zhou Y, Wang K, Xu L, Xia G. 2018. Monitoring the vegetation activity in China using vegetation health indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 248: 215-227.  
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.10.001>.
  19. Rolbiecki R, Yücel A, Kocięcka J, Atilgan A, Marković M, Liberacki D. 2022. Analysis of SPI as a drought indicator during the maize growing period in the cukurova region (Turkey). *Sustainability*, 14(6): 3697. <https://doi.org/10.3390/su14063697>.
  20. Solaimani K, Darvishi S, Shokrian F. 2019. Analysis of agricultural drought using remote sensing indices (Case study: Marivan city). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(2): 15-33. (In Persian).
  21. Yildirim T, Serafettin A. 2018. Index-based assessment of agricultural drought using remote sensing in the semi-arid region of Western Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(4): 510-516.  
<https://doi.org/10.15832/ankutbd.337136>.



Original  
paper

## Evaluation of indices based on remote sensing in drought monitoring of Neyriz city

Mohammad Shabani

Received: 22 January 2022 / Received in revised form 21 April 2022 / Accepted: 2 May 2022  
Available online 7 May 2022 / Available print 1 January 2023

### Abstract

**Background and Objective** Knowing the extent and severity of drought in a region and planning to reduce its effects is one of the most important principles of management in regional planning to combat drought. Drought monitoring and management in an area using remote sensing data and satellite imagery as a suitable tool in temporal and spatial monitoring of agricultural drought has always been the focus of regional managers. The purpose of this study is to investigate the efficiency of remote sensing data and satellite images in the zoning of agricultural drought in the years 2000 to 2021 in Neyriz city. For this purpose, three vegetation condition index (VCI), temperature condition index (TCI), and vegetation health index (VHI) were extracted from MODIS satellite images for the desired time period. The results of these indices were compared with the values of the standard precipitation index (SPI) in time series of 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24, and 48 months.

M. Shabani<sup>1</sup>

1. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran

e-mail: [mshabani577@gmail.com](mailto:mshabani577@gmail.com)

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2022.690925>

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1401.13.4.7.1>

**Materials and Methods** The study area in this study is Neyriz city located in the southeast of Fars province with an area of 10787 Km<sup>2</sup> and is part of one of the watersheds of Bakhtegan Lake. The average altitude of the region is 1798 meters, the maximum altitude of the region is 3235 meters and the minimum altitude is 1476 meters above sea level. The average annual rainfall, temperature, and evapotranspiration of the basin are 204.8 mm, 19 °C, and 1058.3 mm, respectively. In this study, the rainfall data of Neyriz synoptic station during the statistical period of 22 years (2000-2021) were used to calculate the SPI index in time series of 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24, and 48 months. Then, 3 indices based on satellite imagery including vegetation condition (VCI), temperature condition index (TCI), and plant health index (VHI) were extracted from Modis measured data for May month from 2008 to 2021 and with standard precipitation index (SPI) were compared in time series of 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24 and 48 months based on the correlation coefficient. Finally, the most appropriate drought index based on satellite images was selected from the indices and the percentage of drought classes was determined based on the selected index in the study area.

**Results and Discussion** The results of calculating the values of the SPI index using DIP software in time series of 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24, and 48 months in the statistical period of 2000-2021 showed that the trend of curves in some years is decreasing, in some years it has been increasing and in most years it has been almost normal. On average, the incidence of droughts



and wetlands according to the SPI index in different time series during the statistical period is 68% in normal conditions, 18% in wet conditions, and 16% in drought conditions. The results of calculating the SPI index in different ground series were analyzed based on data from synoptic stations and remote sensing data. For this purpose, the values obtained from all indices based on satellite images including VCI, TCI, and VHI are extracted and compared and their correlation coefficient with the ground SPI index in time series 1, 3, 6, 9, 12, 18, 24, and 48 became. VCI index values in 2000 have the lowest value (32.1%) and in 2020 have the highest value (41.3%) during May. Therefore, based on the value of the VCI index during the statistical period in 2008, severe drought conditions prevailed in the region, and in 2020, more favorable vegetation and wetting conditions prevailed in the region. The results obtained from the SPI index in different time series also confirm the fact that the most severe drought and wet season during the statistical period studied in the two years 2000 and 2020, respectively, in the region. In addition, the VCI index is most correlated with the SPI index in different series and the SPI relationship is significant with the all-time series. TCI index has no significant correlation with any of the time series and has a weak correlation with the SPI index in different time series. In addition, the VHI index has a significant correlation with time series of one, three, six, and twelve months only at the level of 5% and its correlation with the SPI index in different time series is much less than the VCI index. Spatial distribution of drought intensity based on the values of the studied indices in May 2008 showed that the eastern parts of the region, which is also located at low altitudes, have been more affected by drought. The study of the area affected by drought classes based on the TCI index in 2008 showed that there is no very severe drought in the study area, 11% of the area suffers from moderate drought, 22% of the area suffers from mild drought and 67% has no drought. According to the VCI index, the level of severe drought on the date is 0.14%, severe at 0.33%, moderate at 17%, mild at 77%, and no drought at 6%. Also, according to the VHI index, there is no severe or severe drought in the study area only 9% of the area suffers from moderate drought and 91% does not have a drought. Spatial distribution of drought severity based on the values of the studied indices in May 2020 shows that in the study area according to the TCI

index there is no very severe drought on the target date and 5% of the area has moderate drought, 22% drought Mild and 73% lack drought. According to the VCI index on the target date, the percentage of drought is very severe 0.5%, severe 0.8%, moderate 5%, mild 31%, and no drought 62%. Also, according to the VHI index in May 1999, 0.2% of the area has a moderate drought, 30% has a mild drought and 69% has no drought. According to this index, there is no very severe drought in the region.

**Conclusion** Drought is one of the most important natural disasters that affect millions of people and large parts of the world every year. This phenomenon, which starts slowly and has a creeping nature, can cause a lot of damage to agriculture, natural resources, and the environment. Knowing how to occur and preparing drought severity maps based on new methods has a very positive and serious impact on drought management in an area. One of the new and widely used methods in temporal and spatial monitoring of drought is the use of drought indices based on satellite images, which has recently been used in drought-related topics. The results of the SPI index analysis showed that in most time series, the most severe drought and wet season during the study period occurred in 2000 and 2020, respectively. The results also showed that the temperature condition index (TCI) has no significant correlation with any of the time series and has a weak correlation with the SPI index in different time series. The plant health index (VHI) with time series of one, three, six, and twelve months has a significant correlation at the level of 5% and its correlation with the SPI index in different time series is less than the vegetation condition index (VCI). The value of the VCI index in 2008 had the lowest value (32.1%) and in 2020 had the highest value (41.3%) during May, which is consistent with the results obtained from the SPI index in the region. A comparison of the results of this study with the results of other researchers shows the excellent accuracy of remote sensing indices in drought monitoring. Therefore, the use of remote sensing technology in drought monitoring in areas that do not have meteorological stations or have meteorological stations with low density or scattered is recommended.

**Keywords:** Drought, Remote sensing, Standard precipitation index, Neyriz