



سنجش از دور  
,

GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲  
Vol.15, No. 3, Autumn 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

۱۴۲-۱۲۵

مقاله پژوهشی



## پایش خشکسالی بومشناختی زاگرس میانی برپایه داده‌های ماهواره‌ی لندست- ۷ و

### داده‌های اقلیمی (مطالعه موردی: استان لرستان)

حمیدرضا متین‌فر<sup>۱</sup>، علی‌اکبر شمسی پور<sup>۲</sup>، حدیث صادقی<sup>۳</sup>

۱. استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان

۲. دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران

۳. دانش‌آموخته دکتری جغرافیا گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۷/۱۶

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۰۹/۰۳

#### چکیده

پوشش گیاهی نقش مهمی در حفاظت از منابع آب و خاک، تثبیت کربن و بهبود کیفیت هوا دارد. در زاگرس میانی، پوشش گیاهی جنگلی و مرتعی و تأثیر آن در حفاظت از منابع خاک و آب و پایداری فعالیت‌های اقتصادی، دارای اهمیت بسیار است. در این پژوهش، با استفاده از پلتفرم گوگل ارث انجین و تصاویر ماهواره‌ی لندست-۷، خشکسالی زاگرس میانی (استان لرستان) با شاخص‌های گیاهی SAVI، NDVI و VCI و همچنین شاخص خشکسالی هواشناسی SPI، متعلق به دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰-۲۰۰۰ پیش‌شد. برای محاسبه شاخص SPI از داده‌های بارش سه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک، با پراکنش مکانی مناسب و طول دوره آماری (۲۰۲۰-۲۰۰۰) استفاده شد و پردازش‌ها در نرم‌افزار DPI انجام شد. به‌منظور محاسبه شاخص‌های گیاهی، ابتدا تمامی تصاویر ماهواره‌ای تصحیح‌هندسی شده‌ی سنجندهٔ ETM+ ماهواره لندست برای استان لرستان، متعلق به هر سال، فراخوانی شد. در این مرحله، به‌طور متوسط درمورد هر سال ۵۲ تصویر فراخوانی شد. سپس تصاویر با پوشش ابری کمتر از ۵٪ انتخاب و پردازش شدند. نتایج شاخص VCI نشان داد منطقه مورد مطالعه، در طول دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰، اغلب تحت تأثیر خشکسالی خفیف بوده و بین سال‌های مورد مطالعه، در سال ۲۰۰۸، بیشترین میزان مساحت خشکسالی مربوط به طبقه متوسط را با ۵۸۸۰/۶ هکتار، دارا بوده است. نتایج شاخص SPI نشان داد در سال ۲۰۱۰ خشکسالی متوسط، در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ خشکسالی شدید، در ۲۰۰۶ ترسالی ملایم و سال ۲۰۱۹ ترسالی شدید رخ داده است. نتایج شاخص‌های NDVI و SAVI نیز گویای افزایش طبقات پوشش گیاهی تنک و مناطق فاقد پوشش گیاهی، به‌ترتیب، ۳۳۱۶۷/۱ و ۱۱۵۱۶۴ هکتار و کاهش پوشش گیاهی نرمال و متراکم، به‌ترتیب، ۴۴۶۱۶۰/۷ و ۶۸۲/۴ هکتار در سال ۲۰۰۸، در قیاس با سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ بود. براساس نتایج، هر سه شاخص مورد بررسی شرایط مساعد پوشش گیاهی و ترسالی اکولوژیک در سال‌های ۲۰۱۶، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به‌دست آمد. بیشترین میزان این هماهنگی میان خشکسالی هواشناسی SPI و شاخص‌های گیاهی در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ و تا حدودی ترسالی سال ۲۰۱۹ مشاهده شد. به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهد که افزایش یا کاهش پوشش گیاهی می‌تواند ناشی از رخداد یا نبود خشکسالی باشد؛ ضمن آنکه دیگر عوامل، مانند تغییرات کاربری اراضی نیز، باید در نظر گرفته شود.

**کلید واژه‌ها:** خشکسالی بومشناختی، سنجش از دور، گوگل ارث انجین، زاگرس میانی.

\* نویسنده مکاتبه‌کننده: گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه لرستان. تلفن: ۰۹۱۲۳۴۵۰۹۶۹

Email: matinfar.h@lu.ac.ir  
https://orcid.org/0000-0002-2539-6975  
https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102804



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## ۱- مقدمه

داده‌های ماهواره‌ای، بر محدودیت مورد اشاره غلبه کرده و امکان پایش وسیع و گسترده خشکسالی را فراهم آورده است (Tonini et al., 2012). در سال‌های اخیر، بسیاری از شاخص‌ها مبتنی بر داده‌های سنجنش از دور، برای آشکارسازی وقوع خشکسالی تهیه شدند که از جمله آنها می‌توان به شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI)<sup>۱</sup> (Rouse et al., 1973)، شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)، شاخص شرایط دمایی (TCI)، شاخص سلامت گیاهان (VHI) (Kogan, 1995)، شاخص اختلاف آب نرمال شده (NDWI) (Gao, 1996)، شاخص استاندارد پوشش گیاهی (SVI) (Peters et al., 2002)، شاخص خشکسالی عادی (NDDI) (Gao et al., 2007) و شاخص خشکسالی چندباند عادی (NMDI) (Wang & Ko, 2007) اشاره کرد (Zhang & Jia, 2013; Liu et al., 2020). به‌تازگی، یک شاخص خشکسالی سنجنش از دور به‌نام شاخص شرایط خشکسالی مقیاس‌پذیر (SDCI)، برای نظارت بر خشکسالی کشاورزی با استفاده از داده‌های چندحسگر، مطرح شده است (Xiong et al., 2021). نتایج تحقیقات گوناگون کارآمدی تکنیک‌های سنجنش از دور در مطالعه تغییرات پوشش گیاهی و خشکسالی را نشان می‌دهد. هان<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۰) اثر احیای پوشش گیاهی را در خشکسالی هیدرولوژی بررسی کردند. نتایج این پژوهش نشان داد شاخص NDVI، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۵، در فلات میانی حوضه رود زرد چین به‌سرعت در حال رشد بوده؛ در همین حال ذخیره آب زیرزمینی کاهش درخور توجهی یافته و مساحت و شدت خشکسالی هیدرولوژی رو به افزایش است. جانگ<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۷) در پژوهش خود نشان دادند که شاخص‌های SDCI، VHI، SMCI، VCI، TCI، PCI، OVDI، MIDI، OMDI در بررسی شرایط خشکسالی، عملکردی بهتر از دیگر شاخص‌ها دارند.

خشکسالی تأثیرات مخربی در سیستم‌های طبیعی و جامعه بشری دارد (Zhong et al., 2021). بیان تعریفی دقیق از خشکسالی دشوار است؛ چراکه هم از نظر مکانی متغیر است و هم از نظر نوع، در چهار دسته هواشناسی، اکولوژیک، هیدرولوژیک و اقتصادی قرار می‌گیرد. خشکسالی هواشناسی انحراف منفی بارش طولانی مدت از نرمال است. خشکسالی هیدرولوژیک به دلیل کاهش میزان منابع آب سطحی و زیرزمینی رخ می‌دهد. خشکسالی اکولوژی پس از خشکسالی هواشناسی و قبل از خشکسالی هیدرولوژی ایجاد می‌شود و به تأثیرات خشکسالی هواشناسی یا هیدرولوژی در وضعیت پوشش گیاهی مرتبط است. مفهوم خشکسالی اقتصادی-اجتماعی زمانی مشخص می‌شود که کمبود آب در زندگی افراد تأثیر بگذارد (Zhang et al., 2017; Palchaudhuri & Biswas, 2020; Tonini et al., 2012). در سال‌های اخیر به دلیل تسریع تغییرات آب‌وهوایی، وقوع خشکسالی در مناطق گوناگون جهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک افزایش چشمگیری یافته است (Liu et al., 2020; Ozelkan et al., 2016). ایران در کمر بند خشک و نیمه‌خشک واقع شده و در ۲۲ سال گذشته، سیزده دوره خشکسالی را پشت سر گذاشته است (Niazi et al., 2017; Kiavarz et al., 2018). پیش از ظهور دانش سنجنش از دور، پایش خشکسالی بر پایه معیارهای هواشناسی بود و متغیرهایی مانند میزان رطوبت خاک، دما یا به‌ویژه میزان بارش، معیارهای اساسی شمرده می‌شدند. برخی شاخص‌های خشکسالی که براساس داده‌های هواشناسی برای تشخیص به‌موقع و دقیق خشکسالی طراحی شده‌اند، SPEI، SPI، PDSI هستند (Zhong et al., 2021; Niazi et al., 2017). اما فقدان مداوم پوشش فضایی توانایی توصیف دقیق الگوی فضایی شرایط خشکسالی را در مقیاس منطقه‌ای، محدود می‌کند. این محدودیت به‌ویژه در مناطق دارای تعداد ایستگاه‌های هواشناسی اندک، بیشتر است (Zhang & Jia, 2013). دانش سنجنش از دور مبتنی بر

1. Normalized Difference Vegetation Index
2. Han
3. Zhang

سامانه گوگل ارث انجین و بهره‌گیری از شاخص گیاهی NDVI و شاخص هواشناسی پالم، خشکسالی را در ایران مورد پایش زمانی و مکانی قرار دادند. آنها نتیجه گرفتند شدت خشکسالی‌ای که در سال‌های اخیر رخ داده، در جنوب، شرق و نیمه مرکزی ایران بیشتر از دیگر نواحی بوده است. آقابابایی<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۲۱)، با استفاده از تصاویر چندزمانه لندست، نقشه انواع پوشش گیاهی را برای مناطق ناهموار استان چهارمحال و بختیاری، واقع در جنوب غرب ایران، در سامانه ارث انجین تهیه کردند. ژائو<sup>۸</sup> و همکاران (۲۰۲۲) با محاسبه شاخص‌های گوناگون، شامل وضعیت پوشش گیاهی (VCI)، وضعیت دما (TCI)، سلامت پوشش گیاهی (VHI) و پوشش گیاهی نرمال (NDVI) در سامانه گوگل ارث انجین، وضعیت خشکسالی را در Shaanxi-Gansu-Ningxia، طی دوره ۲۰۲۰-۲۰۰۳ بررسی کردند. در مجموع، بررسی پژوهش‌های انجام شده حاکی از قابلیت‌های سامانه گوگل ارث انجین در زمینه‌های گوناگون، مانند امکان دسترسی به داده‌های خام تصحیح‌اتمسفیری شده و محصولات و پروداکت‌های گوناگون، وجود الگوریتم‌های پیش‌فرض، نیازداشتن به سخت‌افزارهای قدرتمند و کاهش حجم داده‌ها و کارآیی بالا در آشکارسازی و پایش تغییرات محیطی است. در این پژوهش، از سامانه گوگل ارث انجین و تصاویر ماهواره لندست-۷ استفاده شده است تا خشکسالی زاگرس میانی، با به‌کارگیری شاخص‌های گیاهی NDVI، SAVI<sup>۹</sup> و VCI<sup>۱۰</sup> و همچنین شاخص خشکسالی هواشناسی SPI طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰ پایش شود.

دینگ<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از شاخص پوشش گیاهی اختلاف نرمال (NDVI) و شاخص شدت خشکسالی پالم (PDSI)، رابطه بین پوشش گیاهی و خشکسالی در جنوب چین، طی دوره زمانی ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۵ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که علفزارهای شمالی، زمین‌های زراعی و اکوسیستم‌های بیابانی به شدت تحت تأثیر خشکسالی قرار گرفته‌اند. در حال حاضر ابزارهای مبتنی بر سیستم‌های عامل محاسبات ابری<sup>۲</sup> برای پردازش داده‌های جغرافیایی در مقیاس بزرگ طراحی شده‌اند که Google Earth Engine (GEE) یکی از این پلتفرم‌های مبتنی بر محاسبات ابری است که می‌تواند داده‌های موجود در پایگاه داده را پردازش کند و نتایج مناسب را در اختیار قرار دهد (Khosravi et al., 2020). این پلتفرم در سال ۲۰۱۰ راه‌اندازی شد و امکان پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌ها در مقیاس بزرگ و سرعت بالا، با بیش از چهار سال تصاویر ماهواره‌ای را به صورت آنلاین در دسترس قرار داده است تا دانشمندان و محققان بتوانند تغییرات زمان واقعی سطح زمین را تجزیه و تحلیل کنند (Meng et al., 2021; Venkatapaa et al., 2021). تا کنون پژوهشگران بسیاری، در زمینه‌های گوناگون شامل پایش تغییرات اکولوژیکی، تغییرات کاربری اراضی و تغییرات پهنه‌های آبی، از پلتفرم GEE استفاده کرده‌اند. خان و گیلانی<sup>۳</sup> (۲۰۲۱)، با استفاده از سامانه ارث انجین، شاخص شدت خشکسالی (DSI) را در مقیاس جهانی بررسی کردند و به این نتیجه دست یافتند که قاره اروپا، در مقایسه با دیگر قاره‌ها، کمتر تحت تأثیر رخداد خشکسالی قرار گرفته است. اسماعیلی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از تصاویر سنجنده مودیس ماهواره ترا<sup>۵</sup>، به منظور بررسی وضعیت خشکسالی کشاورزی در شهر داراب، شاخص‌های وضعیت دمایی (TCI) و وضعیت پوشش گیاهی (VCI) را در سامانه ارث انجین بررسی کردند و نشان دادند که VCI شاخص بهینه‌ای برای نشان دادن وضعیت خشکسالی در این شهر است. صفریان زنگیر<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۲۲)، با استفاده از

1. Ding
2. Cloud Computing Operating Systems
3. Khan & Gilani
4. Esmaeili
5. Terra
6. Safarianzengir
7. Aghababaei
8. Zhao
9. Soil Adjusted Vegetation Index
10. Vegetation Condition Index

## ۲- مواد و روش‌ها

شایان توجه سامانه گوگل ارث انجین این است که تصاویر را با تصحیحات اولیه هندسی، رادیومتریکی و دیگر موارد، از سایت USGS پردازش می‌کند و در اختیار کاربر قرار می‌دهد. در این مرحله، به‌طور متوسط در هر سال، ۵۲ تصویر فراخوانی شد. سپس تصاویر با پوشش ابری کمتر از ۵٪ انتخاب و پردازش شدند تا مناطق پوشیده از ابر یا سایه ابر را از بین ببرند. پس از آن مقادیر میانگین شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) و نیز شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (SAVI) محاسبه شد و برای هر سال، یک تصویر تهیه شد.

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$SAVI = \frac{N \rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R + L} (L + 1) \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه‌ها، به ترتیب NIR و R باند فرسرخ نزدیک و باند مرئی قرمز است. L فاکتور تعدیل‌کننده اثر خاک است و مقدار آن، برای پوشش تنک، برابر ۱ و برای پوشش متوسط، برابر ۰/۵ و برای پوشش انبوه، صفر در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، با توجه به مقدار پوشش گیاهی منطقه مورد بررسی، مقدار ۰/۵ برای حذف اثر زمینه‌های متفاوت استفاده شده است (Imani et al., 2018). پس از محاسبه شاخص‌های یادشده، تغییرات پوشش گیاهی در هر سال در چهار طبقه، شامل مناطق بدون پوشش گیاهی، مناطق با پوشش گیاهی پراکنده و تنک، پوشش گیاهی نرمال و متراکم، در محیط نرم‌افزار GIS دسته‌بندی و تحلیل شد (جدول ۱).

جدول ۱. طبقه‌بندی مقادیر شاخص‌های NDVI و SAVI

ردیف	طبقه	مقدار شاخص
۱	مناطق بدون پوشش گیاهی	< ۰/۰۵
۲	پوشش گیاهی پراکنده و تنک	۰/۰۵ - ۰/۱
۳	پوشش گیاهی نرمال و معمولی	۰/۱ - ۰/۵
۴	پوشش گیاهی متراکم	≥ ۰/۵

منبع: Karimi et al., 2020

موقعیت زاگرس میانی به‌طور غالب در استان لرستان معنی پیدا می‌کند؛ از این رو محدوده مورد مطالعه، در این پژوهش، استان لرستان است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان لرستان را نشان می‌دهد. در پژوهش حاضر از دو گروه داده، شامل داده‌های هواشناسی و ماهواره‌ای، استفاده شد. داده‌های هواشناسی مورد استفاده شامل داده متغیر بارش نه ایستگاه سینوپتیک الشتر، الیگودرز، بروجرد، دورود، خرم‌آباد، کوه‌دشت، پل‌دختر، ازنا و نورآباد طی دوره آماری ۲۱ ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۰) بود (شکل ۱).

در سامانه گوگل ارث انجین، امکان پردازش و تحلیل داده‌ها در مقیاس بزرگ و با سرعت بالا فراهم شده است. در این سامانه، امکان دسترسی آنلاین به تصاویر ماهواره‌ای بیش از چهار سال، شامل Landsat 5 TM از ۱۹۸۵، Landsat 7 ETM<sup>+</sup> از ۱۹۹۹، Landsat 8 OLI / TIRS از سال ۲۰۱۳، سنجنده مودیس از سال ۲۰۰۰ و دیگر سنجنده‌ها و ماهواره‌ها وجود دارد. در پژوهش پیش رو، از داده‌های تصاویر ماهواره لندست-۷، سنجنده ETM<sup>+</sup> با قدرت تفکیک مکانی سی متر در دوره آماری ۲۱ ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۰) استفاده شد. به منظور تحلیل خشکسالی، از سه شاخص NDVI و SAVI و VCI استفاده شد.

برای محاسبه شاخص‌های NDVI (رابطه (۱)) و SAVI (رابطه (۲))، ابتدا تمامی تصاویر ماهواره‌ای تصحیح هندسی شده سنجنده ETM<sup>+</sup> ماهواره لندست، برای استان لرستان در هر سال، فراخوانی شد. مرحله پیش پردازش داده‌ها، مانند تصحیحات هندسی، یکی از مهم‌ترین مراحل پردازش تصاویر ماهواره‌ای است. پیش پردازش داده‌ها شامل دو مرحله کلی تصحیحات رادیومتریک و هندسی می‌شود. خطاهای هندسی مربوط به موقعیت پدیده یا پیکسل‌ها در تصویر، به نسبت دیگر پدیده‌ها و موقعیت مطلق آن و خطای رادیومتریک مربوط به میزان بازتاب ثبت شده در تصویر است (Nateghi et al., 2017). از ویژگی‌های مثبت و

ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در پژوهش و در شکل ۲، روش‌شناسی مورد استفاده در پژوهش آمده است.

جدول ۲. طبقه‌بندی ضرایب شاخص وضعیت پوشش گیاهی (VCI)

مقدار شاخص	شدت خشکسالی	ردیف
<۲۰	خشکسالی بسیار شدید	۱
۲۰-۳۹/۹	خشکسالی شدید	۲
۴۰-۵۹/۹	خشکسالی متوسط	۳
۶۰-۷۹/۹	خشکسالی خفیف	۴
۱۰۰-۸۰	فاقد خشکسالی	۵

منبع: Vallejo-Villalta et al., 2019

جدول ۳. طبقه‌بندی ضرایب شاخص SPI

مقدار شاخص	شدت خشکسالی	ردیف
SPI > ۲	ترسالی خیلی شدید	۱
۱/۵۰ < SPI < ۱/۹۹	ترسالی شدید	۲
۱/۴۹ < SPI < ۱	ترسالی ملایم	۳
-۰/۹۹ < SPI < ۰/۹۹	نرمال	۴
-۱ < SPI < -۱/۴۹	خشکسالی ملایم	۵
-۱/۵۰ < SPI < -۱/۹۹	خشکسالی شدید	۶
SPI < -۲	خشکسالی خیلی شدید	۷

منبع: Xie & Fan, 2021

### ۳- نتایج

#### ۳-۱- پایش شاخص SPI

در شکل ۳، تغییرات سالیانه شاخص خشکسالی SPI در سطح منطقه مورد مطالعه، طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۱۰، نشان داده شده است. در سال ۲۰۱۰ خشکسالی متوسط، در سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۷ خشکسالی شدید، در ۲۰۰۶ ترسالی ملایم و سال ۲۰۱۹ ترسالی شدید رخ داده است. شرایط دیگر سال‌ها نرمال و نزدیک به نرمال مشاهده شد.

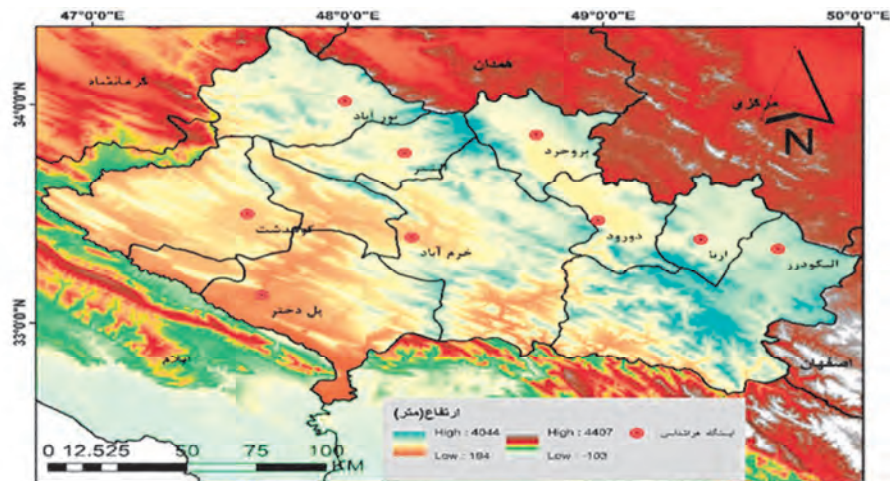
در این پژوهش، برای پایش خشکسالی استان، از شاخص VCI (رابطه (۳)) استفاده شد. شاخص VCI را کوگان (۱۹۹۵)، به دلیل وجود مشکلات شاخص NDVI در برآورد پوشش گیاهی در شرایط متفاوت آب‌وهوایی، پیشنهاد کرد. این شاخص با استفاده از مقادیر حداقل و حداکثر NDVI یک منطقه در دوره زمانی مشخص، محاسبه می‌شود. رابطه شاخص VCI به صورت زیر است:

$$VCI = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} * 100 \quad (3)$$

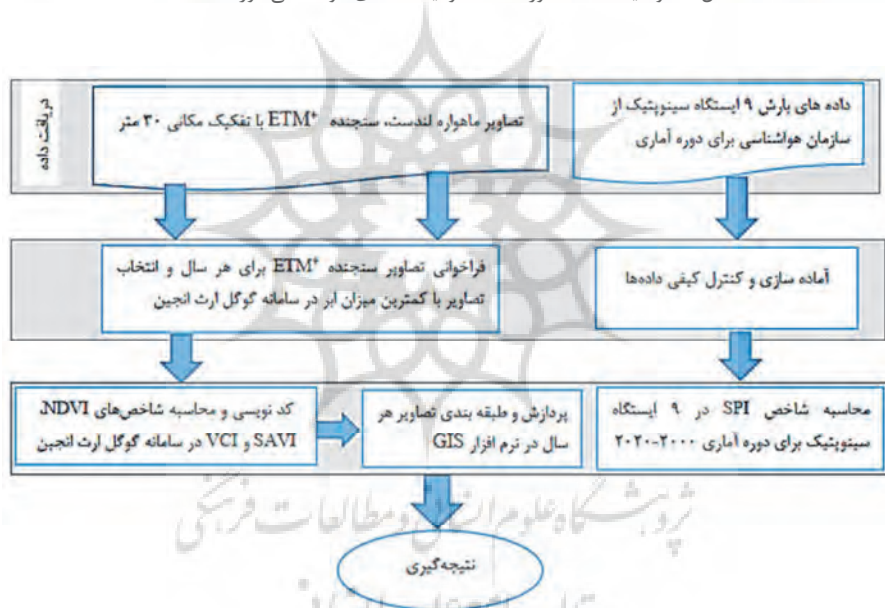
در این معادله، NDVI<sub>i</sub> مقادیر NDVI پیکسل در دوره زمانی و مکانی مشخص است. NDVI<sub>min</sub> و NDVI<sub>max</sub>، به ترتیب، حداقل و حداکثر مقدار NDVI منطقه‌ای مشخص در دوره زمانی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ است. *i* نیز نشان‌دهنده سال جاری است. هرچه مقدار شاخص به ۱ نزدیک‌تر باشد، وضعیت خوب و معتدل پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و هرچه به صفر میل کند، وضعیت خشکی گیاه و خشکسالی را گزارش می‌کند (Nikpey & Momeni, 2019). ابتدا شاخص VCI هر سال برآورد و تصویر هر سال تهیه شد. پس از آن در محیط نرم‌افزار GIS، پردازش و طبقه‌بندی تصاویر شاخص VCI هر سال انجام شد (جدول ۲). وضعیت کلی خشکسالی هواشناسی و ارزیابی نتایج آن در سطح منطقه مورد بررسی نیز، با استفاده از شاخص SPI، محاسبه و بررسی شد. برای محاسبه شاخص SPI، داده‌های بارش نه ایستگاه هواشناسی سینوپتیک که پراکنش و طول دوره آماری مناسب (۲۰۲۰-۲۰۰۰) داشتند، به کار رفت و محاسبات در نرم‌افزار DPI انجام شد. شاخص SPI با استفاده از رابطه (۴) به دست آمد.

$$SPI = \frac{Pi - \bar{p}}{s} \quad (4)$$

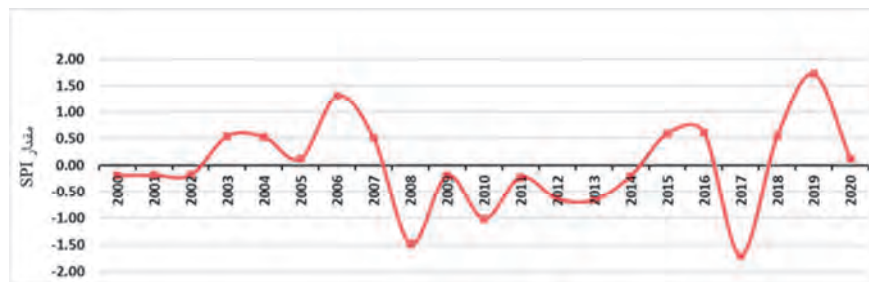
*Pi* میانگین بارش هر سال،  $\bar{p}$  میانگین بارش درازمدت طی دوره مورد نظر و *S* انحراف معیار مقدار بارش است. پس از محاسبه شاخص SPI، مقدار شاخص به طبقات گوناگونی تقسیم شد (جدول ۳). در شکل ۱،



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده



شکل ۲. روندنمای روش شناسی پژوهش



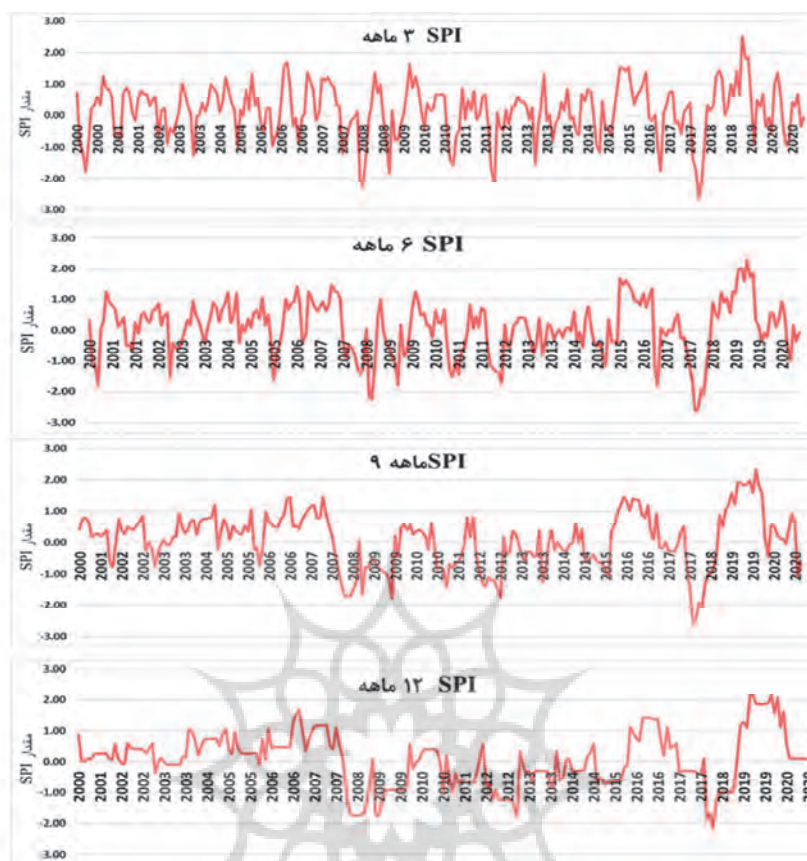
شکل ۳. تغییرات سالیانه شاخص خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI) طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰

دوازده‌ماهه واضح‌تر است؛ به‌طوری که در این مقیاس‌های زمانی، سال ۲۰۰۰ در شرایط نزدیک به نرمال قرار داشت و آغاز خشکسالی‌ها، با شدت متوسط تا شدید، از سال ۲۰۰۸ بود. در مقیاس زمانی سه‌ماهه، ۲۷ ماه خشکسالی با شدت متوسط تا شدید (به‌طور متوسط، پنج دوره خشکسالی) رخ داده که طولانی‌ترین دوره آن از مارس تا اوت ۲۰۰۸ و فوریه تا اوت ۲۰۱۲ بوده است. در این مقیاس زمانی، شدیدترین خشکسالی با شدت ۲/۴- به ژانویه سال ۲۰۱۸ بازمی‌گردد. همچنین سی ماه ترسالی، با شدت متوسط تا شدید، رخ داده که بیشترین تداوم ترسالی، به مدت یازده ماه، متعلق به سال ۲۰۱۹ و شدیدترین میزان آن، با شدت ۲/۳ مختص به سپتامبر ۲۰۱۹ بوده است. طی مقیاس زمانی دوازده‌ماهه نیز، ۲۵ ماه خشکسالی (چهار دوره) و ۳۶ ماه ترسالی (پنج دوره) با شدت متوسط تا شدید مشاهده شد. بیشترین تداوم خشکسالی طی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲، به ترتیب، به مدت هفت و هشت ماه رخ داده است و بیشترین تداوم ترسالی، به مدت دوازده ماه، به سال ۲۰۱۹ بازمی‌گردد (شکل ۴).

#### ۲-۳- پایش شاخص VCI

در شکل ۵ و نیز جدول ۴، مقادیر میانگین مساحت سالیانه VCI در هر طبقه خشکسالی، شامل طبقات خشکسالی بسیار شدید، خشکسالی شدید، خشکسالی متوسط و خفیف و همچنین بدون خشکسالی نشان داده شده است. با توجه به شکل ۵، در طول دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ بیشترین مساحت منطقه تحت تأثیر خشکسالی خفیف بوده که در این میان، بیشترین مساحت به سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۸ اختصاص داشته است. در سال‌های یادشده، بیش از ۶۰٪ مساحت منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر خشکسالی خفیف قرار داشته است. براساس نتایج به‌دست‌آمده از شاخص VCI، خشکسالی نواحی شرقی استان را بیشتر تحت تأثیر قرار داده است که البته، در همه سال‌ها، از الگوی منظم و یکسان پیروی نمی‌کند.

نتایج شاخص SPI براساس مقیاس‌های زمانی گوناگون سه، شش، نه و دوازده‌ماهه نیز در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش مقیاس‌های زمانی، تداوم دوره‌های خشک و مرطوب افزایش یافته است. در مقیاس زمانی سه‌ماهه، خشکسالی‌های متوسط تا شدیدی طی سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵، ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ رخ داده است. در این مقیاس زمانی، شدیدترین خشکسالی در دسامبر سال ۲۰۱۷، با شدت ۲/۶- و طولانی‌ترین دوره خشکسالی به مدت دو ماه، در سال ۲۰۰۸ وقوع یافته است. همچنین در این مقیاس زمانی، در سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ به مدت یک ماه، در ۲۰۱۶ به مدت دو ماه و در ۲۰۰۶، ۲۰۰۷، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ به مدت چهار ماه دوره‌های ترسالی متوسط تا شدید مشاهده شد. شدیدترین ترسالی در این مقیاس زمانی، با شدت ۲/۵۱ به ماه مارس سال ۲۰۱۹ بازمی‌گردد. در مقیاس زمانی شش‌ماهه، خشکسالی با شدت متوسط تا شدید از سال ۲۰۰۰ آغاز شده و این وضعیت در سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۲، ۲۰۱۶، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ به مدت دو تا هفت ماه و سال‌های ۲۰۰۲، ۲۰۰۵، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ به مدت یک ماه بر منطقه حاکم بوده است. در مقیاس زمانی شش‌ماهه، بیشترین تداوم خشکسالی به سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲، به مدت پنج ماه و شدیدترین میزان آن، با شدت ۲/۶- به دسامبر ۲۰۱۷ بازمی‌گردد. با توجه به شکل ۴، در مقیاس زمانی شش‌ماهه در مقایسه با مقیاس زمانی سه‌ماهه، بر تداوم دوره‌های ترسالی افزوده شده است. در این مقیاس زمانی، طولانی‌ترین دوره ترسالی با شدت متوسط تا شدید، طی ژانویه تا اوت سال ۲۰۱۹، به مدت هشت ماه و شدیدترین ترسالی، با شدت ۲/۳ طی ژوئن سال ۲۰۱۹ رخ داده است. با توجه به شکل ۴، در مقیاس‌های زمانی نه و دوازده‌ماهه، نوسانات و فراوانی خشکسالی و ترسالی کمتر و تداوم آن بیشتر است. همچنین دوره‌های خشکسالی و ترسالی، در مقیاس‌های زمانی نه و



شکل ۴. تغییرات شاخص خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI) در مقیاس‌های زمانی متفاوت سه، شش، نه و دوازده‌ماهه، طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰

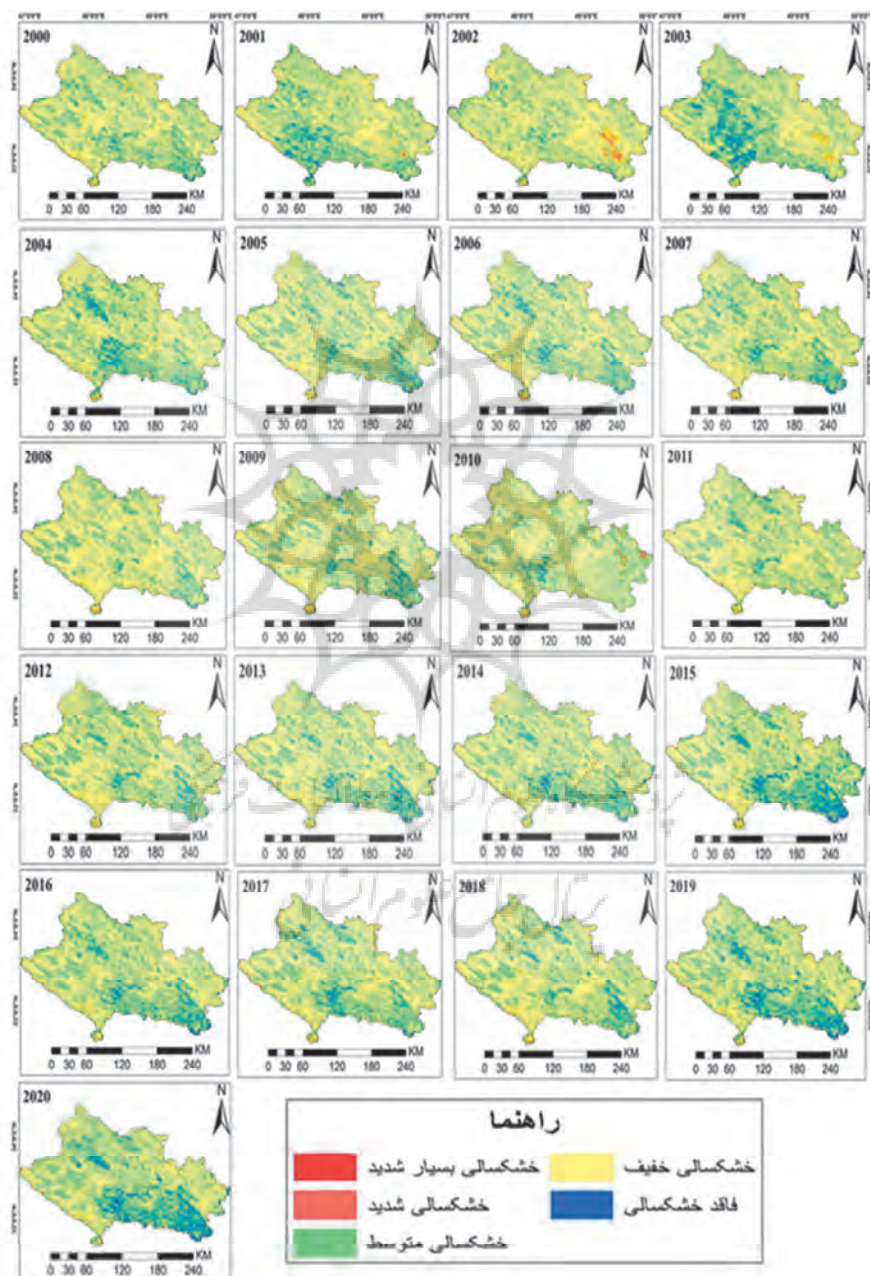
منطقه مورد نظر، منطبق بر بخش‌های جنوب‌غرب، بدون خشکسالی بوده و خشکسالی‌های بسیار شدید، شدید، متوسط و خفیف به ترتیب، به میزان ۵۹۲، ۳۸۵۴۱/۲، ۶۹۳۱۳۴/۸ و ۱۷۶۶۳۸۲/۵ هکتار از مساحت این منطقه را دربر گرفته که اغلب بر مناطق شرقی و بخش‌های پراکنده‌ای از مناطق شمالی منطبق بوده است. سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ کمترین مساحت طبقه فاقد خشکسالی را داشتند (۱۴٪). با توجه به شکل ۵، طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰ بیشترین گستره خشکسالی از نوع خفیف بود. همچنین نتایج، سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، گویای شرایط مساعد گیاهی و به عبارتی، ترسالی اکولوژیک بود. بیشترین مساحت تحت تأثیر طبقه خشکسالی بسیار خفیف، بین سال‌های مورد مطالعه، در ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ مشاهده شد. در این

این مسئله ممکن است ناشی از تراکم بارندگی در سال‌های متفاوت و یا شیوه مدیریت زراعی و باغی نیز باشد. در سال ۲۰۰۰، به‌طور متوسط ۵۰۸۰/۳۰، ۵۸۸۱/۲۶ و ۴۲۳۹۵۷/۹۱ هکتار از مساحت منطقه مورد مطالعه، به ترتیب، تحت تأثیر خشکسالی‌های بسیار شدید، شدید و متوسط قرار گرفته است. در سال ۲۰۰۱، بر شدت خشکسالی‌های بسیار شدید افزوده شده؛ به‌ویژه در بخش‌های شرقی این منطقه، به‌طوری که در مقایسه با سال ۲۰۰۰، به‌میزان ۷۴۲/۳۵ هکتار بر مساحت طبقه خشکسالی بسیار شدید افزوده شده است. با توجه به شکل ۵، در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و به‌ویژه ۲۰۰۸ بر شدت و مساحت خشکسالی‌های طبقه متوسط افزوده شده است. همچنین نتایج نشان داد، در سال ۲۰۱۰، به‌طور متوسط ۴۱۰۵۷۳ هکتار از گستره



به‌طور متوسط، به‌ترتیب ۴۳۸۴/۶، ۱۴۳۳۲/۳ و ۲۶۶۰۲۷/۲ هکتار کاهش و مساحت اراضی با خشکسالی شدید و بسیار خفیف، به‌ترتیب ۹۶۲/۷ و ۲۸۳۷۸۱/۴ هکتار افزایش داشته است.

سال‌ها، بیش از ۳۰٪ مساحت منطقه مورد مطالعه را خشکسالی بسیار خفیف دربرگرفته بود. مقایسه تغییرات پوشش گیاهی براساس شاخص VCI نشان داد، طی سال ۲۰۲۰ در قیاس با سال ۲۰۰۰، مساحت مناطق دچار خشکسالی بسیار شدید، متوسط و خفیف



شکل ۵. پایش تغییرات خشکسالی استان لرستان براساس شاخص VCI در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰

جدول ۴. مساحت طبقات خشکسالی با استفاده از شاخص VCI، در دوره آماری 2000-2020

(مساحت به هکتار)

سال	فاقد خشکسالی	خشکسالی خفیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
۲۰۰۰	۶۴۴۳۳۴۳	۱۸۳۰۹۶۲/۲	۴۲۳۹۵۷/۹	۵۸۸۱/۲	۵۰۸۰/۳
۲۰۰۱	۸۴۶۱۸۹/۵	۱۷۷۳۳۹۲/۸	۲۸۰۷۶۳	۳۰۵۶/۷	۵۸۲۲/۶
۲۰۰۲	۵۵۸۰۴۰/۱	۱۹۳۶۳۲۹/۲	۳۸۴۱۳۶/۱	۲۲۹۹۸/۶	۷۷۲۰/۶
۲۰۰۳	۸۳۰۰۹۲/۴	۱۶۴۵۶۶۴/۲	۴۰۸۸۲۹/۳	۱۲۳۶۰/۱	۴۹۹۹/۱
۲۰۰۴	۸۴۱۶۴۷/۸	۱۷۶۷۴۸۵/۴	۲۹۴۳۷۷/۱	۴۹۵۵/۷	۷۸۵/۷
۲۰۰۵	۵۹۳۷۴۱/۲	۱۷۵۶۵۱۵/۷	۵۵۱۴۳۶	۵۷۵۱/۳	۱۷۸۰/۴
۲۰۰۶	۶۶۱۴۸۳/۳	۱۷۳۷۸۴۵/۴	۵۰۳۰۵۳/۶	۵۵۸۸/۹	۱۲۵۳/۴
۲۰۰۷	۶۲۵۱۵۷/۵	۱۷۵۸۳۳۳/۶	۵۱۸۲۳۱/۳	۵۹۱۵/۶	۱۵۸۶/۶
۲۰۰۸	۱۹۱۳۵۵۸/۶	۵۸۴۷۳۹	۵۸۸۰/۶	۵۸۸۰/۶	۲۴۸۳/۶
۲۰۰۹	۵۷۰۳۳۳/۶	۱۸۲۹۲۰/۲	۵۱۰۴۳۸/۵	۵۳۵۵/۲	۲۱۸۷/۱
۲۰۱۰	۴۱۰۵۷۳/۸	۱۷۶۶۳۸۲/۵	۶۹۳۱۳۴/۸	۳۸۵۴۱/۲	۵۹۲/۳
۲۰۱۱	۵۲۳۵۷۵/۶	۱۸۶۸۰۱۵/۶	۵۰۷۷۲۸/۲	۶۹۲۰/۹	۲۹۸۴/۲
۲۰۱۲	۵۴۳۳۶۸/۸	۱۷۳۴۷۳۶/۳	۶۲۳۳۵۹/۷	۶۲۳۲/۶	۲۵۲۷/۲
۲۰۱۳	۶۴۴۶۳۴/۲	۱۷۲۵۰۶۹/۳	۵۳۱۹۰۱/۷	۶۰۳۹/۱	۱۵۸۰/۳
۲۰۱۴	۷۱۰۳۲۷/۱	۱۶۸۸۲۶۸/۲	۵۰۱۵۸۹	۸۰۸۸/۶	۵۹۱/۷
۲۰۱۵	۸۴۹۹۳۱/۴	۱۶۰۰۹۰۵/۱	۴۴۹۲۰/۴	۷۱۴۱/۸	۲۰۴۵/۹
۲۰۱۶	۱۷۰۰۷۷۷	۴۵۱۴۵۶/۴	۴۵۱۴۵۶/۴	۶۰۱۷/۱	۱۰۴۳/۹
۲۰۱۷	۷۱۰۸۵۵/۳	۱۷۳۹۹۰۹	۴۶۰۸۲۹/۵	۶۵۸۱/۵	۱۰۴۹/۳
۲۰۱۸	۵۷۴۷۱۸/۶	۱۸۰۲۷۴۰/۳	۵۲۳۴۲۳/۱	۶۷۳۱/۵	۱۶۱۱/۱
۲۰۱۹	۸۹۹۹۳۲/۸	۱۶۰۹۱۴۱/۴	۳۹۱۵۹۴/۸	۷۳۶۳/۸	۱۱۹۱/۸
۲۰۲۰	۸۹۹۹۳۲/۸	۱۶۰۹۱۴۱/۴	۳۹۱۵۹۴/۸	۷۳۶۳/۸	۱۱۹۱/۸

### ۳-۳- تغییرات تراکم پوشش گیاهی با شاخص

میانگین اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) نتایج شاخص NDVI در سطح منطقه مورد مطالعه، طی دوره آماری ۲۰۲۰-۲۰۰۰، در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج بیان می‌کند که در طول سال‌های متفاوت، تغییرات بسیاری در پوشش گیاهی منطقه رخ داده است. طبق نتایج، در سال ۲۰۰۰ پوشش گیاهی تنک، نرمال و متراکم، به ترتیب ۱۳، ۴۱ و ۱۷٪ و مناطق فاقد پوشش گیاهی ۴۶٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است. با توجه به شکل ۶، در سال ۲۰۰۱ به نسبت سال ۲۰۰۰، از مساحت مناطق فاقد پوشش گیاهی ۲۳٪ کاسته شده و بر میزان طبقات پوشش گیاهی تنک، نرمال و متراکم،

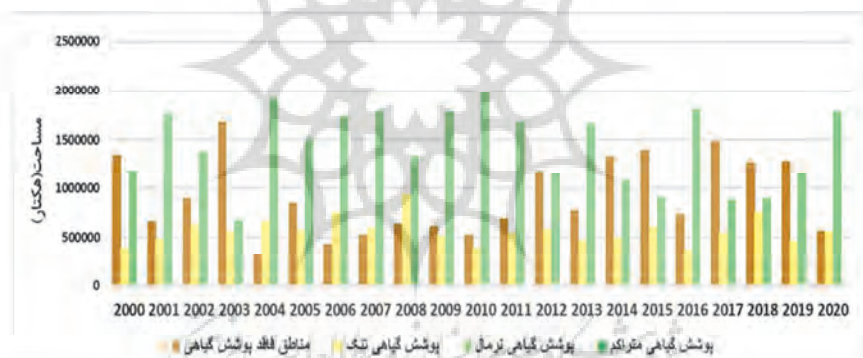
به ترتیب، ۳، ۲۰ و ۰/۰۵٪ افزوده شده است. در مورد سال ۲۰۰۲، تغییرات اندکی در پوشش گیاهی مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد، در سال ۲۰۰۳، مساحت مناطق فاقد پوشش گیاهی دچار افزایش شده (۵۷٪) و پوشش گیاهی تنک و نرمال، به ترتیب، ۱۹ و ۲۳٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه را پوشش داده است. بررسی تغییرات پوشش گیاهی نشان داد طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۷، مقدار پوشش گیاهی نرمال بار دیگر افزایش یافته و بین ۵۹ تا ۶۵٪ مساحت استان را پوشش داده است. با توجه به شکل ۶، در بین سال‌های مورد مطالعه، بیشترین مساحت به پهنه پوشش گیاهی تنک در سال ۲۰۰۸ اختصاص داشته است (۹۳۴۱۸۴/۸ هکتار).

در دیگر سال‌های مورد مطالعه، پوشش گیاهی منطقه با تغییرات بسیاری همراه بوده است؛ در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۳، ۲۰۱۶ و ۲۰۲۰ پهنه پوشش گیاهی نرمال شایان توجه بوده و ۵۷ تا ۶۲٪ مساحت منطقه را پوشش می‌داده است. با توجه به شکل ۶، در سال ۲۰۱۶ مساحت مناطق فاقد پوشش گیاهی کاهش یافته (۲۵٪) و در ۲۰۱۷، ۲۰۱۸ و ۲۰۱۹ بار دیگر با افزایش مواجهه بوده است. شایان توجه است که در سال ۲۰۱۹، در مقایسه با سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸، بر مساحت مناطق تحت پوشش گیاهی نرمال (۲۶۹۰۸۴ هکتار) و متراکم (۱۰۷۷/۶ هکتار) افزوده شده است. همچنین نتایج مقایسه تغییرات پوشش گیاهی براساس متوسط شاخص NDVI نشان داد، طی سال ۲۰۲۰ در مقایسه با سال ۲۰۰۰، اراضی فاقد پوشش گیاهی به‌طور متوسط

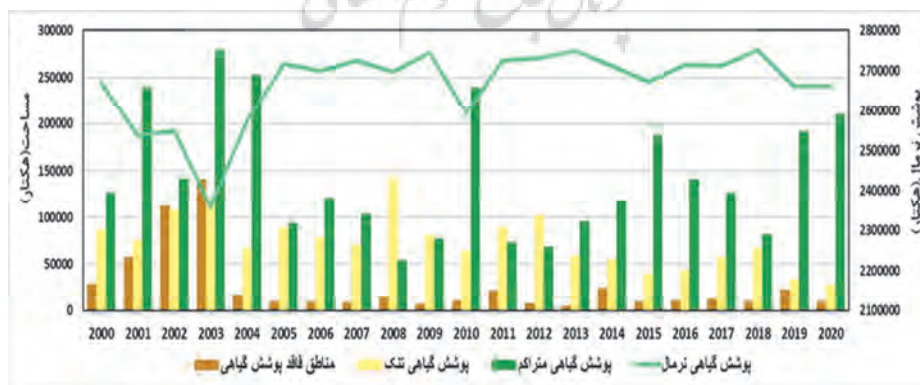
۷۶۹۸۴۱/۸ هکتار (۲۶٪) کاهش و اراضی دارای پوشش گیاهی تنک، نرمال و متراکم، به‌ترتیب ۱۷۳۷۹۸ (۶٪)، ۵۹۵۵۱۶/۲ (۲۰٪) و ۵۲۷/۷ (۰/۰۱٪) هکتار افزایش داشته است.

#### ۳-۴- تغییرات تراکم پوشش گیاهی با شاخص گیاهی تعدیل‌کننده اثر خاک (SAVI)

با هدف ارزیابی تراکم پوشش گیاهی و میزان رشد گیاهان سبز، شاخص تعدیل‌شده یا اصلاح‌شده پوشش گیاهی (SAVI) در پایش مناطق خشک، به‌دلیل کاهش تأثیر کانی‌های گوناگون، مناسب است. در نواحی دارای پوشش گیاهی پراکنده، شاخص SAVI به‌جای NDVI پیشنهاد شده است. شاخص SAVI، به‌علت آنکه تأثیر خاک را در محاسبه خود کاهش می‌دهد، صحت بهتری دربردارد. شکل ۷ روند تغییرات وضعیت



شکل ۶. تغییرات پوشش گیاهی استان لرستان براساس شاخص میانگین اختلاف نرمال‌شده پوشش گیاهی (NDVI) در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰



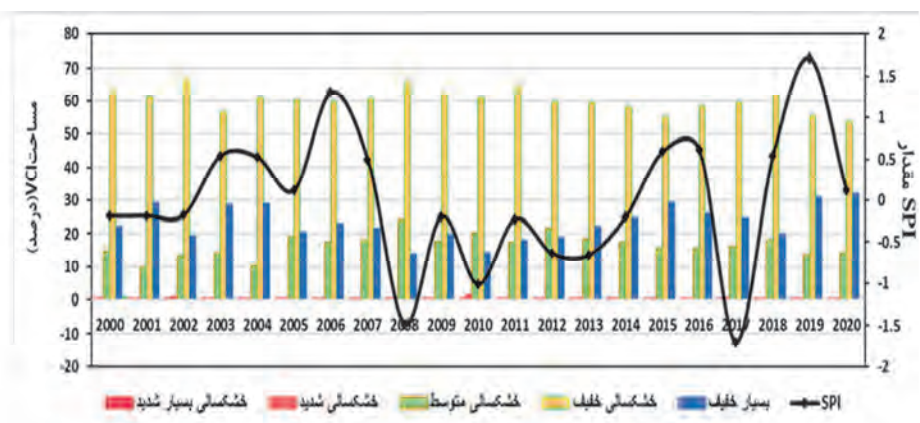
شکل ۷. تغییرات پوشش گیاهی استان لرستان براساس شاخص SAVI در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰

خشکسالی هواشناسی سال ۲۰۰۸ و در مقایسه با سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، طبقات پوشش گیاهی تنک و مناطق فاقد پوشش گیاهی، به ترتیب ۳۳۱۶۷۹/۱ و ۱۱۵۱۶۴ هکتار افزایش و پوشش گیاهی نرمال و متراکم، به ترتیب ۴۴۶۱۶۰/۷ و ۶۸۲/۴ هکتار کاهش داشته و خشکسالی شدید سال ۲۰۱۷ نیز تأثیر منفی در پوشش گیاهی این سال داشته است. در سال ۲۰۱۷، به‌طور متوسط ۵۱٪ مساحت منطقه مورد مطالعه در طبقه فاقد پوشش قرار گرفته و پوشش گیاهی متراکم به کمترین میزان خود در طول دوره آماری مورد مطالعه رسیده است (۲۰ هکتار). شرایط مساعد گیاهی در سال ۲۰۱۹ نشان‌دهنده شرایط بارشی مناسب آن است که با شاخص SPI تطابق و هماهنگی دارد. در سال ۲۰۱۹ در مقایسه با سال ۲۰۱۸، مساحت مناطق دارای پوشش گیاهی نرمال و متراکم، به ترتیب ۲۶۹۰۸۳ و ۱۰۷۷/۶ هکتار افزایش و پوشش گیاهی تنک ۲۸۶۹۳۴ هکتار کاهش داشته است. در مقابل، مناطق فاقد پوشش گیاهی به‌میزان ۱۶۷۷۲/۷ هکتار (۰/۱۶٪) دچار افزایش بوده که علت آن ممکن است ناشی از تأخیر پاسخ پوشش گیاهی به اثر بارش و تأثیر وقوع خشکسالی‌هایی با شدت متفاوت، در ماه‌های پیش‌تر، طی سال‌های ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ باشد. دسترسی پوشش گیاهی به میزان آب مورد نیاز و تأثیرپذیری آن از بارش با توجه به نوع بافت خاک، شیب، ارتفاع و دیگر عوامل، می‌تواند در زمان‌های متفاوت و با تأخیر زمانی صورت گیرد. در همین راستا ترسالی سال ۲۰۱۹ در پوشش گیاهی سال ۲۰۲۰ تأثیر مثبت داشته است. در مقابل، در برخی سال‌ها، خشکسالی هواشناسی و کشاورزی با هم ناهماهنگ بودند. برای نمونه، در سال ۲۰۱۰، منحنی تغییرات شاخص‌های گیاهی VCI و NDVI با خشکسالی متوسط به‌دست‌آمده براساس شاخص SPI هماهنگی مطلوبی ندارد که علت آن چه‌بسا تأخیر زمانی پاسخ پوشش گیاهی به اثر بارش و اثر ترسالی متوسط ماه دسامبر و شرایط نرمال سال ۲۰۰۹ باشد.

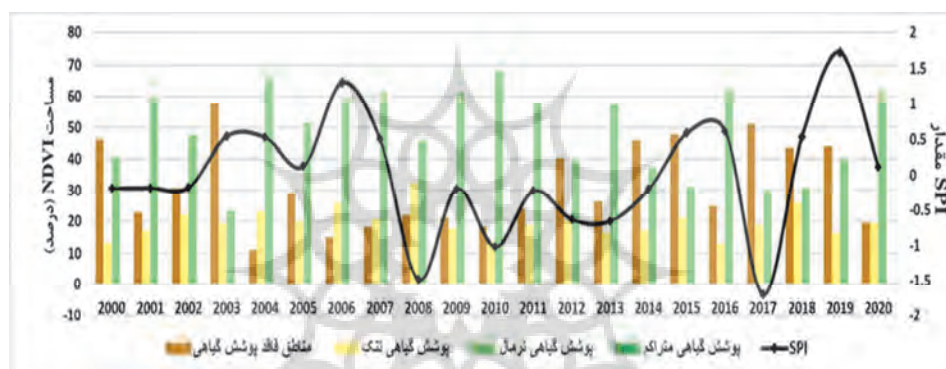
پوشش گیاهی منطقه را براساس شاخص SAVI، در طبقات گوناگون نشان داده است. با توجه به این شکل، همانند شاخص گیاهی NDVI، پوشش گیاهی متوسط و نرمال در طول سال‌های متفاوت، درصد بیشتری از مساحت منطقه مورد مطالعه را پوشش داده است. پویایی پوشش گیاهی طبقه متراکم و غنی، در طول سال‌های مورد مطالعه، به‌وضوح مشاهده می‌شود. سال‌های ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، به ترتیب با ۹/۶، ۸/۶، ۸/۲ و ۷/۲٪ بیشترین مساحت و سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲، به ترتیب با ۱/۳ و ۲/۳٪، کمترین مساحت پوشش گیاهی متراکم و غنی را بین سال‌های مورد مطالعه دارا بودند. همچنین نتایج مقایسه تغییرات پوشش گیاهی براساس شاخص SAVI نشان داد، طی سال ۲۰۲۰ در مقایسه با ۲۰۰۰، اراضی فاقد پوشش گیاهی، دارای پوشش تنک و پوشش نرمال، به ترتیب به‌طور متوسط ۲/۰۷ و ۰/۲٪ کاهش و اراضی دارای پوشش متراکم، به‌طور متوسط ۲/۸٪ افزایش یافته است.

### ۵-۳- مقایسه شاخص‌های گیاهی با شاخص SPI

در شکل ۸، تغییرات سری سالیانه شاخص SPI و طبقات متفاوت خشکسالی شاخص VCI نشان داده شده است. نتایج بازگو می‌کند تغییرات شاخص SPI تقریباً هماهنگ و هم‌زمان با شاخص خشکسالی کشاورزی VCI است. بیشترین میزان این هماهنگی میان خشکسالی هواشناسی و کشاورزی سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ و تاحدودی ترسالی سال ۲۰۱۹ مشاهده شد. در شکل ۹ نیز، تغییرات سری سالیانه شاخص SPI و طبقات گوناگون پوشش گیاهی شاخص NDVI نشان داده شده است. با توجه به این شکل، هم‌زمانی و هماهنگی بین خشکسالی هواشناسی و تغییرات پوشش گیاهی شاخص NDVI تقریباً در بیشتر سال‌های دوره آماری مورد مطالعه وجود دارد. بیشترین میزان هماهنگی میان شاخص SPI و NDVI در سال ۲۰۰۸ مشاهده شد. مطابق شکل ۹، هم‌زمان با



شکل ۸. تغییرات سری سالیانه شاخص SPI و طبقات گوناگون خشکسالی شاخص VCI در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰



شکل ۹. تغییرات سری سالیانه شاخص SPI و طبقات گوناگون پوشش گیاهی شاخص NDVI در دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰

#### ۴- بحث و نتیجه‌گیری

اما این شاخص، برای مناطق آب‌وهوایی نیمه‌خشک، مورد اطمینان‌تر از سایر روش‌ها و برای مطالعات خشکسالی، دارای کارایی بسیار است. نتایج شاخص VCI نشان داد منطقه مورد مطالعه، در طول دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ اغلب تحت تأثیر خشکسالی خفیف بوده است. در همین زمینه، نتایج پژوهش نویسندگان<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۲۰) درباره ارزیابی خشکسالی‌های استان لرستان طی بازه زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۷، نشان داد خشکسالی درخور توجهی در این دوره رخ نداده و خشکسالی‌ها اغلب از نوع خفیف بوده است. طبق نتایج شاخص VCI، مشخص شد در سال

خشکسالی از پیچیده‌ترین پدیده‌های طبیعی است که امکان وقوع آن در مناطق گوناگون جغرافیایی و در هر اقلیمی، حتی در مناطق مرطوب، وجود دارد. این پدیده تأثیرات مخربی در سیستم‌های طبیعی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد؛ بنابراین پایش و مطالعه آن، برای به‌کارگیری و اجرای روش‌های صحیح مدیریتی، ضروری است. در این پژوهش سعی شده است، با استفاده از پلتفرم گوگل ارث انجین و تصاویر ماهواره‌ای لندست، خشکسالی استان لرستان طی دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۲۰ پایش شود. براساس یافته‌های ژانگ و همکاران (۲۰۱۷)، شاخص VCI برای پایش خشکسالی مناطق مرطوب مناسب نیست زیرا احتمال دارد به‌شدت تحت تأثیر تغییرات جوی قرار گیرد؛

1. Navidtalab

به ترتیب ۴۴۶۱۶۰/۷ و ۶۸۲/۴ هکتار کاهش داشته است. این نتیجه با یافته‌های برخی پژوهشگران مطابقت دارد (Areffian et al., 2018; Falahi et al., 2019). (Mirmohammadhosseini et al., 2021; al., 2020). افزون‌براینها، در سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۱ از شدت خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید کاسته شده و بیش از ۶۰٪ مساحت منطقه مورد نظر دارای پوشش گیاهی نرمال بوده است. درهمین باره، نتایج پژوهش علیرضایی<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۱۹) بیان می‌کند میزان پوشش گیاهی در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته و در قیاس با سال ۲۰۰۵، به‌طور متوسط ۰/۰۸٪ به مساحت پوشش‌های جنگلی استان لرستان افزوده شده است. نتایج شاخص VCI اشاره دارد که در سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰، بیشترین گستره خشکسالی از نوع خفیف بوده و سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰، با ۳۲٪، بیشترین گستره مکانی مناطق فاقد خشکسالی را بین سال‌های مورد مطالعه داشتند. همچنین نتایج شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی سه، شش، نه و دوازده‌ماهه نشان‌دهنده وقوع ترسالی ملایم در سال ۲۰۱۶، با تداوم دو تا شش ماه بود. میرمحمدحسینی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهش خود به این نتیجه دست یافتند که در سال ۲۰۱۶، بخش‌های شمالی، جنوب‌غرب و جنوب‌شرق استان لرستان در وضعیت ترسالی قرار داشت؛ این نتایج با یافته‌های پژوهش حاضر مطابقت دارد. همچنین نتایج گویای شرایط مساعد گیاهی و به‌عبارتی، ترسالی طی سال ۲۰۱۹ بود که با نتایج شاخص SPI هماهنگی داشته است. نتایج مقایس تغییرات پوشش گیاهی سال ۲۰۲۰ با سال ۲۰۰۰ نیز نشان داد، براساس شاخص NDVI اراضی بدون پوشش گیاهی دچار کاهش و اراضی دارای پوشش تنک، پوشش نرمال و متراکم دچار افزایش شدند؛ همچنین مطابق شاخص SAVI، اراضی بدون پوشش گیاهی و

مبدأ دوره آماری (۲۰۰۰)، به‌طور متوسط ۵۰۸۰/۳۰ و ۵۸۸۱/۲۶ هکتار از مساحت منطقه مورد مطالعه، به‌ویژه در بخش‌های شمالی و شرقی، به ترتیب تحت تأثیر خشکسالی‌های بسیار شدید، شدید و متوسط قرار گرفته است. به‌علاوه، بررسی نقشه طبقات پوشش گیاهی براساس شاخص‌های NDVI و SAVI نشان داد در سال ۲۰۰۰، فقط به ترتیب ۰/۰۲ و ۴/۳٪ از مساحت منطقه مورد مطالعه دارای پوشش گیاهی متراکم بود و این نواحی بر مناطق فاقد خشکسالی یا تحت تأثیر خشکسالی خفیف منطبق بودند. درهمین‌زمینه، نتایج مقیاس زمانی سه و شش‌ماهه شاخص SPI نشان‌دهنده وقوع خشکسالی متوسط تا شدید، با تداوم سه ماه، طی سال ۲۰۰۰ بود. بررسی طبقات پوشش گیاهی سال ۲۰۰۱ براساس شاخص‌های NDVI و SAVI افزایش مساحت پوشش گیاهی متراکم و غنی را در مقایسه با سال ۲۰۰۰ بازگو می‌کرد. نتایج شاخص SPI درمورد سال ۲۰۰۱ حاکی از شرایط نزدیک به نرمال در سطح منطقه مورد مطالعه بود. همچنین بر مبنای نتایج در سال ۲۰۰۱، در مقایسه با سال ۲۰۰۰، بر شدت خشکسالی‌های بسیار شدید، به‌ویژه در بخش‌های شرقی منطقه مورد مطالعه، به‌میزان ۷۴۲/۳۵ هکتار افزوده شده است. درهمین‌زمینه، نتایج پژوهش خسروی<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۳) نیز مشخص کرده خشکسالی فراگیری در ایران، در سال ۲۰۰۱، رخ داده که از غرب به شرق بر شدت آن افزوده شده است.

براساس نتایج شاخص VCI، در سال‌های ۲۰۰۵، ۲۰۰۷ و به‌ویژه سال ۲۰۰۸ بر شدت و مساحت خشکسالی‌های طبقه متوسط افزوده شده است. همچنین در سال ۲۰۰۸، وقوع خشکسالی هواشناسی در پوشش گیاهی تأثیر منفی داشته است. هم‌زمان با خشکسالی هواشناسی سال ۲۰۰۸، طبقات پوشش گیاهی تنک و مناطق فاقد پوشش گیاهی، در قیاس با سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷، به ترتیب ۳۳۱۶۷۹/۱ و ۱۱۵۱۶۴ هکتار افزایش و پوشش گیاهی نرمال و متراکم،

1. Mansouri Daneshvar
2. Alirezaee
3. Mirmohammadhosseini

۵- منابع

- Abdollahi, L., Faraji, M., Haghizadh, A. & Dehdari, S., 2019, **Investigation of Hydrological Drought Process Using Time Series Analysis and SDI Index (Case Study of Marian River Basin of Lorestan Province)**, Journal of Range and Watershed Management, 72(2), PP. 477-487. In Persian. doi: 10.22059/jrwm.2019.261687.1279.
- Abdollahi, A.A., Khabazi, M. & Dorani, Z., 2020, **Modeling and Predicting Land Use Changes in Lahijan City With a Sustainable Development Approach**, Journal of Sustainable City, 2(4), PP. 17-30. In Persian.
- Aghababaei, M., Ebrahimi, A., Naghipour, A., Asadi, E. & Verrelst, J., 2021, **Vegetation Types Mapping Using Multi-Temporal Landsat Images in the Google Earth Engine Platform**, Remote Sens, 13(22), PP. 1-15.
- Alimohammadi, A., Mousivand, A.J. & Shayan, S., 2010, **Prediction of Land Use and Land Cover Changes by Using Multi-Temporal Satellite Imagery and MARKOV Chain Model**, Spatial Planning, 14(367), PP. 117-130. In Persian.
- Alirezaee, Z., Gandomkar, A., Khodaghali, M. & Abasi, A., 2019, **Spatiotemporal Dynamics of Oak Forest of Zagros in Responce to Drought Case Study: Oak Forest of Lorestan**, Iranian Journal of Forest and Range Protection Research, 17(1), PP. 107-123. In Persian. doi: 10.22092/ijfpr.2019.119997.
- Amanpour, S., Kamelifar, M. & Bahmaei, H., 2017, **Analysis of Landuse Change Metropolises Using Satellite imagery Analysis in ENVI Case Study: AHVAZ METROPOLIS**, Scientific – Research Quarterly Geographical Data (SEPEHR), 102, PP. 139-150. In Persian.
- Areffian, A., Kayani Sadr, M., Eslamian, S. & Khosh Fetrat, A., 2020, **Monitoring the Effects of Drought on Vegetation in Mountainous Areas Using MODIS Satellite Images (Case Study: Lorestan Province)**, Journal of Environmental Science Studies, 5(4), PP. 3183-3189. In Persian.
- اراضی با پوشش تنک و نرمال با کاهش و اراضی دارای پوشش متراکم با افزایش مواجه بودند. مطابق نتایج مقایسه تغییرات پوشش گیاهی براساس شاخص VCI، طی سال ۲۰۲۰ در مقایسه با ۲۰۰۰، مساحت مناطق با خشکسالی بسیار شدید، متوسط و خفیف به‌طور متوسط، به‌ترتیب ۴۳۸۴/۶، ۱۴۳۳۲/۳ و ۲۶۶۰۲۷/۲ هکتار کاهش و مساحت اراضی با خشکسالی شدید و بسیار خفیف، به‌ترتیب ۹۶۲/۷ و ۲۸۳۷۸۱/۴ هکتار افزایش داشته است.
- در مجموع، نتایج نشان داد افزایش یا کاهش پوشش گیاهی صرفاً ناشی از رخدادان یا رخ‌ندادن خشکسالی نیست و علاوه‌بر آن تأثیر دیگر عوامل، مانند تغییرات کاربری اراضی، نیز باید در نظر گرفته شود. در همین باره، یافته‌های پژوهش‌هایی با محوریت کاربری اراضی، حاکی از افزایش مساحت زمین‌های مسکونی و سایر و کاهش پوشش گیاهی و زمین‌های کشاورزی در بخش‌های گوناگون شمال، غرب و جنوب‌غرب ایران، طی طول سال‌های اخیر بوده است (Shanani Hoveyze et al., 2017; Sabzghabaei et al., 2018; Hashemnia et al., 2018; Rezaei et al., 2020; Abdollahi et al., 2020; Darvishi et al., 2019; Alimohammadi et al., 2010; Kiavarz et al., 2018; Amanpour et al., 2017; Rajabzadeh, 2017; Abdollahi et al., 2019; Salajegheh et al., 2011).
- نویدطلب و همکاران (۲۰۲۰) نیز ضمن پژوهشی درمورد خشکسالی‌های استان لرستان طی دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۷، به این نتیجه دست یافتند که دلیل اصلی خشک‌شدن و کاهش منابع آبی خشکسالی و کاهش بارش نبوده بلکه علت اصلی آن در فعالیت‌های انسانی ریشه دارد؛ بنابراین با توجه به اینکه افزایش یا کاهش پوشش گیاهی در سطح منطقه مورد مطالعه ممکن است ناشی از رخداد یا نبود خشکسالی باشد و اثر تغییرات اقلیمی در تغییرات پوشش گیاهی قطعی نیست، باید اثر دیگر عوامل مانند تغییرات کاربری اراضی، آفات و بیماری‌ها و تغییرات در ساختمان و بافت خاک نیز در نظر گرفته شود.

- Darvishi, Sh., Soleimani, K., Rashidpour, M. & 2019, **Analysis of Land Use Role in the Formation of Thermal Islets of Marivan County Using Landsat Satellite Images**, Geography and Development, 17(54), PP. 143-162. In Persian. doi: 10.22111/gdij.2019.4361.
- Dehdari, S., Armand, N., Faraji, M., Arman, N. & Hadian, F., 2018, **Land Use Change Detection of 3 and 4 Karun Dams Using Satellite Images**, Journal of Range and Watershed Management, 71(1), PP. 85-96. In Persian. doi: 10.22059/jrwm.2017.240266.1161.
- Ding, Y., Xu, J., Wang, X. & Peng, X. & Cai, H., 2020, **Spatial and Temporal Effects of Drought on Chinese Vegetation under Different Coverage Levels**, Science of the Total Environment, 716, PP. 137-166.
- Esmaeili, H., Mirmousavi, S.H. & 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), PP. 175-192. In Persian. doi: 10.22067/geoeh.2021.69186.1029.
- Falahi, M., Mansouri, M.R., AliGhaderi, R. & Salehi, H., 2019, **Drainage Zoning and Analysis in Lorestan Province Using Drought Indices**, Geography and Human Relationships, 2(2), PP. 200-219. In Persian.
- Han, Zh., Huang, Sh., Huang, Q., Bia, Q., Leng, G., Wang, H., Zhao, J., Wei, X. & Zheng, X., 2020, **Effects of Vegetation Restoration on Groundwater Drought in the Loess Plateau, China**, Journal of Hydrology, 591, PP. 125-566.
- Hashemnia, G., Amar, T., Moulai, N. & Basit Gharashi Minabad, M., 2018, **Explaining the Physical Consequences of Agricultural Land Use Changes in the Villages of Khammam District of Rasht City in the Last Two Decades**, Quarterly of Geography (Regional Planing), 8(33), PP. 333-346. In Persian.
- Imani, J., Ebrahimi, A., Gholonejad, B. & Tahmasebi, P., 2018, **Comparison of NDVI and SAVI in Three Plant Communities with Different Sampling Intensity (Case Study: Choghakhour Lake Rangelands in Charmahal & Bakhtiri)**, Iranian journal of Rangeland and Desert Research, 25(1), PP. 152-169. In Persian. doi: 10.22092/ijrdr.2018.116233.
- Karimi, M., Shahedi, K., Razinei, T. & Miryaghoobzadeh, M., 2020, **Analysis of Performance of Vegetation Indices on Agricultural Drought Using Remote Sensing Technique in Karkheh Basin**, Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, 11(4), PP. 29-46. In Persian. doi: 10.52547/gisj.11.4.29.
- Khan, R. & Gilani, H., 2021, **Global Drought Monitoring with Drought Severity Index (DSI) Using Google Earth Engine**, Theoretical and Applied Climatology, 146, PP. 411-427.
- Khosravi, M., Movaqqari, A. & Mansouri Daneshvar, M.R., 2013, **Evaluating the PNI, RAI, SIP and SPI Indices in Mapping Drought Intensity of Iran: Comparing the Interpolation Method and Digital Elevation Model (DEM)**, Geography and Environmental Sustainability, 2(4), PP. 53-70. In Persian.
- Khosravi, R., Hassanzadeh, R., Hossinjanizadeh, M. & Mohammadi, S., 2020, **Investigating Water Body Changes Using Remote Sensing Water Indices and Google Earth Engine: Case Study of Poldokhtar Wetlands, Lorestan Province**, Iranian journal of Ecohydrology, 7(1), PP. 131-146. In Persian. doi: 10.22059/ije.2020.295498.1265.
- Kiavarz, M., Karimi Firozjaei, M. & Kalantari, M., 2018, **Monitoring and Prediction of Land Use Changes and Physical Expansion of Babol City during 1985-2040 Using Multi-Temporal Landsat Imagery**, Physical Social Planning, 5(3), PP. 32-52. In Persian. doi: 10.30473/psp.2018.5257.
- Liu, Q., Zhang, S., Zhang, H., Bai, Y. & Zhang, J., 2020, **Monitoring Drought Using Composite Drought Indices Based on Remote Sensing**, Science of the Total Environment, 711, P. 134585.
- Meng, X., Gao, X., Li, S., Li, S. & Lei, J., 2021, **Monitoring Desertification in Mongolia Based on Landsat Images and Google Earth Engine from 1990 to 2020**, Ecological Indicators, 129, PP. 107-908.



- Mirmohammadhosseini, T.S., Ghermezcheshmeh, B., Hosseini, S. & Sharafati, A., 2021, **An Assessment of the Relationships between Meteorological Drought Index and Vegetation Condition in Dry Farming in the Province of Lorestan**, Watershed Management Research Journal, 34(2), PP. 77-90. In Persian. doi: 10.22092/wmej.2020.342647.1332.
- Nateghi, S., Nohegar, A., Ehsani, A. & Bazrafshan, O., 2017, **Evaluating the Vegetation Changes upon Vegetation Index by Using Remote Sensing**, Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, 24(4), PP. 778-790. In Persian. doi: 10.22092/ijrdr.2017.114889.
- Navidtalab, A., Askari, G., Ahmadpour, F. & Tahmasebi, M., 2020, **Drought Evaluation of a Thirty-Year Period (1988–2017) in Lorestan Province Using the Percent of Normal Precipitation Index (PNI)**, Hydrogeomorphology, 7(24), PP. 107-125. In Persian. doi: 10.22034/hyd.2020.40496.1537.
- Niazi, Y., Talebi, A., Mokhtari, M.H. & Vazifedoust, M., 2017, **Assessing the Efficiency of Vegetation Drought Index (VDI) and Temperature Drought Index (TDI) Based on Satellite Images in Central IRAN**, Arid Biom Scientific and Research Journal, 7(1), PP. 79-94. In Persian.
- Nikpey, H. & Momeni, M., 2019, **Effect of Climatic Zoning and Altitude Zoning on the Correlation of Remote Sensing Drought Indices with Precipitation Data and Introducing Local Indicators**, Iranian Journal of Remote Sensing & GIS, 11(2), PP. 47-62. In Persian. Doi: 10.52547/gisj.11.2.47.
- Ozelkan, E., Chen, G. & Ustundag, B., 2016, **Multiscale Object-Based Drought Monitoring and Comparison in Rainfed and Irrigated Agriculture from Landsat 8 OLI Imagery**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 44, PP. 159-170.
- Palchadhuri, M. & Biswas, S., 2020, **Application of LISS III and MODIS-Derived Vegetation Indices for Assessment of Micro-Level Agricultural Drought**, The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, 23(2), PP. 221-229.
- Rajabzadeh, F., 2017, **Land Use Changes by Using RS and Markov Chain Technique in the South-West of Tehran**, Journal of Water and Soil Resources Conservation, 6(2), PP. 59-72. In Persian.
- Rezaei, R., Ghodosi, J., Hasani, A., Arjmandi, R. & VafaeiNejad, A., 2020, **Classification and Evaluation of Land Use Changes Using Landsat Satellite Images (Case Study: Qazvin Plain Aquifer)**, Geographic Space, 72(20), PP. 185-204. In Persian.
- Sabzghabaei, G., Salehipour, F., Dashti, S. & Safavian, A., 2018, **Land Use/Land Cover Change Modeling Using Markov Chain and Cellular Automata (Case Study: Dezful, Iran)**, Journal of Geography and Environmental Hazards, 7(2), PP. 169-180. In Persian. Doi: 10.22067/geo.v7i2.64775.
- Safarianzengir, V., Fatahi, A., Sobhani, B. & Amiri Doumari, S., 2022, **Temporal and Spatial Analysis and Monitoring of Drought (Meteorology) and Its Impacts on Environment Changes in Iran**, Atmospheric Science Letters, 23(5), PP. 1-15.
- Salajegheh, A., Razavizadeh, S., Khorasani, N., Hamidifar, M. & Salajegheh, S., 2011, **Land Use Changes and Its Effects on Water Quality (Case Study: Karkheh Watershed)**, Journal of Environmental Studies, 37(58), PP. 81-86. In Persian.
- Shabani, M., Darvishan, S. & Solaimani, K., 2019, **Investigating the Effects of Land Use Change on Spatiotemporal Patterns of Land Surface Temperature and Thermal Islands (Case Study: Saqqez County)**, Geography and Environmental Planning, 30(1), PP. 37-54. In Persian. doi: 10.22108/gep.2019.115781.1127.
- Shanani Hoveyze, S.M. & Zarei, H., 2017, **Investigation of Land Use Changes during the Past Two Last Decades (Case Study: Abolabas Basin)**, Jwmr, 7(14), PP. 244-237. In Persian.

- Tonini, F., Lasinio, G. & Hochmair, H., 2012, **Mapping Return Levels of Absolute NDVI Variations for the Assessment of Drought Risk in Ethiopia**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18, PP. 564-572.
- Vallejo-Villalta, I., Rodríguez-Navas, E. & Márquez-Pérez, J., 2019, **Mapping Forest Fire Risk at a Local Scale—A Case Study in Andalusia (Spain)**, Environments, 6, PP. 1-22.
- Venkatapaa, M., Saski, Han, P. & Abe, I., 2021, **Impacts of Droughts and Floods on Croplands and Crop Production in Southeast Asia-An Application of Google Earth Engine**, Science of the Total Environment, 795, PP. 148-829.
- Xie, F. & Fan, H., 2021, **Deriving Drought Indices from MODIS Vegetation Indices (NDVI/EVI) and Land Surface Temperature (LST): Is Data Reconstruction Necessary?**, International Journal of Applied Earth Observations and Geoinf, 101, PP. 1-16.
- Xiong, Y., Xu, W., Lu, N., Huang, Sh., Wu, C., Wang, L., Dai, F. & Kou, W., 2021, **Assessment of Spatial–Temporal Changes of Ecological Environment Quality Based on RSEI and GEE: A Case Study in Erhai Lake Basin, Yunnan province, China**, Ecological Indicators, 125, P. 107518.
- Zhang, A. & Jia, G., 2013, **Monitoring Meteorological Drought in Semiarid Regions Using Multi-Sensor Microwave Remote Sensing Data**, Remote Sensing of Environment, 134, PP. 12-23.
- Zhang, L., Jiao, W., Zhang, H., Huang, CH. & Tong, Q., 2017, **Studying Drought Phenomena in the Continental United States in 2011 and 2012 Using Various Drought Indices**, Remote Sensing of Environment, 190, PP. 96-106.
- Zhao, X., Xia, H. Liu, B. & Jiao, W., 2022, **Spatiotemporal Comparison of Drought in Shaanxi–Gansu–Ningxia from 2003 to 2020 Using Various Drought Indices in Google Earth Engine**, Remote Sens, 14(7), PP.1-20.
- Zhong, Sh., Ziheng, S. & Di, L., 2021, **Characteristics of Vegetation Response to Drought in the CONUS Based on Long-Term Remote Sensing and Meteorological Data**, Ecological Indicators, 127, PP.107-767.



# نخجش از دور , GIS ایران



سنجش از دور و GIS ایران سال پانزدهم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۲  
Vol.15, No. 3, Autumn 2023 Iranian Remote Sensing & GIS

125-142

## Ecological Drought Monitoring of Middle Zagros Based on Landsat 7 Satellite Data and Climate Data (Case Study: Lorestan Province)

Matinfar H.R.<sup>1\*</sup>, Shamsipor A.A.<sup>2</sup>, Sadeghi H.<sup>3</sup>

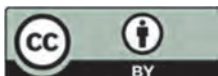
1. Associate Prof., Lorestan University
2. Associate Prof., Geography Dep., Faculty of Geography, Tehran University, Tehran
3. Ph.D. of Geography, Geography Dep., Faculty of Geography, Tehran University, Tehran

### Abstract

Vegetation plays an important role in protecting water and soil resources, stabilizing carbon and improving air quality. In Middle Zagros, forest and pasture vegetation is very important in terms of protecting soil and water resources and sustaining economic activities. In this research, using the Google Earth Engine platform and Landsat 7 satellite images, the drought of Middle Zagros (Lorestan province) was monitored with vegetation indices NDVI, SAVI and VCI, as well as meteorological drought index SPI for the statistical period of 2020-2000. To calculate the SPI index, the precipitation data of 9 synoptic meteorological stations with appropriate spatial distribution and the length of the statistical period (2020-2000) were used, and the processing was done in DPI software. In order to calculate the plant indices, first, all the geometrically corrected satellite images of the ETM+ sensor of the Landsat satellite were called for Lorestan province for each year. At this stage, an average of 52 images were called for each year. Then the images with less than 5% cloud cover were selected and processed. The results of the VCI index showed that mainly the studied area was affected by mild drought during the statistical period of 2020-2000. The year 2008 had the highest amount of drought related to the middle class with 5880.6 hectares among the studied years. The results of the SPI index showed that there was a moderate drought in 2010, a severe drought in 2008 and 2017, a mild drought in 2006, and a severe drought in 2019. The results of NDVI and SAVI indices also show the increase of thin vegetation classes and areas without vegetation by 1.331679 and 115164 hectares, respectively, and the decrease of normal and dense vegetation by 446160.7 and 682.4 hectares respectively per year. 2008 was compared to 2006 and 2007. Based on the results of all three investigated indicators, the favorable conditions of vegetation cover and ecological threat were obtained in 2016, 2019 and 2020. The highest level of this coordination between SPI meteorological drought and vegetation indices was observed in 2008 and 2010 and to some extent in 2019. In general, the results show that the increase or decrease of vegetation can be caused by the occurrence or absence of drought, while other factors such as land use changes should also be considered.

**Keywords:** Ecological drought, Remote sensing, Google Earth Engine, Middle Zagros.

\* Correspondence Address: Lorestan University, Tel: 09123450969  
Email: matinfar.h@lu.ac.ir  
<https://orcid.org/0000-0002-2539-6975>  
<https://dx.doi.org/10.48308/gisj.2023.102804>



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).