

پایش اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی در مناطق کوهستانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای MODIS (مطالعه موردی: استان لرستان)

عطا عارفیان^۱، مریم کیانی صدر^{۲*}، سعید اسلامیان^۳، علی خوش فطرت^۴

۱- گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

۲- گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران

۳- گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران

گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

۴- گروه فنی و مهندسی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان

*ایمیل نویسنده مسئول : kianysadr@gmail.com

تاریخ پذیرش : ۹۹/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت : ۹۹/۰۸/۰۲

چکیده

هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی اثرات خشکسالی بر روی پوشش گیاهی است. برای شناسایی سال‌های خشک و مرطوب توسط SPI از داده‌های اقلیم ۹ ایستگاه سینوپتیک استفاده شد. همچنین یک سری داده از تصاویر ماهواره MODIS در بازه زمانی طولانی مدت استفاده شد و نقشه‌های NDVI تولید شد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین SPI و NDVI همبستگی مستقیم و معناداری ($R^2 = 0.364$) وجود دارد. در طول دوره مورد بررسی، بر اساس داده‌های SPI، سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ به‌عنوان سال‌های خشک و مرطوب مشخص شدند. مقادیر SPI در سال مرطوب (۲۰۱۶) در سطح اطمینان ۹۹٪ به‌طور قابل توجهی بالاتر از مقادیر سال خشک (۲۰۰۸) بود. نتایج نشان می‌دهد که طبقات ارتفاعی در سال‌های خشک نقش مهمی در مقادیر NDVI ندارد ولیکن در سال‌های مرطوب، با افزایش طبقات ارتفاعی مقدار NDVI نیز افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که تصاویر ماهواره MODIS می‌تواند برای پایش خشکسالی در مناطق کوهستانی مورد استفاده قرار گیرد و یافته‌های حاصل از آن برای اقدامات مدیریتی به کار گرفته شود.

کلمات کلیدی: "NDVI"، "SPI"، "سنجش از دور"، "مرتع"، "استان لرستان"

Monitoring the effects of drought on vegetation in mountainous areas using MODIS satellite images (Case study: Lorestan province) Atta Areffian¹, Maryam Kiani Sadr^{2*}, Saied Eslamian³, Ali Khoshfetrat⁴

*2-Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

Department of Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran

*Email Address: kianysadr@gmail.com

Abstract

The main aim of the present study was to investigate the effects of drought on vegetation cover. An available climatic data series (2001-2017) for 9 synoptic stations in Lorestan province was analyzed to detect wet and dry years by SPI. Also, a long data series of MODIS data was analyzed by remote sensing data, and the NDVI maps have been produced. Results of the present study show that there is a direct, significant correlation ($R^2 = 0.364$) between SPI and the NDVI. In addition, during the study period, the years 2008 and 2016 were selected as dry and wet years, respectively, based on SPI values. The values of the NDVI in the wet year (2016) were significantly higher than the values in the dry year (2008) at a 99% confidence level. The results further show that elevation classes in dry conditions do not play an important role on the value of the NDVI; however, in wet years the results were different, and by increasing the range of elevation, the value of the NDVI is also increased. Generally, the results of the present study show that MODIS data in a mountainous area can be a key tool for detecting the effects of intensive droughts on natural vegetation cover. The results showed that MODIS satellite images can be used to monitor drought in mountainous areas and the findings can be used for management measures.

Keywords

"NDVI", "SPI", "Remote Sensing", "Rangeland", "Lorestan Province".

۱- مقدمه

شناخت تأثیرات خشکسالی بر روی پوشش گیاهی باشد. بسیاری از مطالعات علمی بر کارایی NDVI در جنبه‌های مختلف علوم محیطی متمرکز شده‌اند (Gu et al., 2008; Mbatha and Xulu, 2012; Son et al., 2018). سو و همکاران (2003) رطوبت خاک را با استفاده از داده‌های ماهواره NOAA / AVHRR و NDVI بررسی کردند. آن‌ها رطوبت خاک به دست آمده توسط داده‌های ماهواره‌ای را با رطوبت خاک اندازه‌گیری شده به صورت میدانی مقایسه کرده و کارایی داده‌های ماهواره‌ای را برای اهداف مطالعاتی خود گزارش کردند. Thenkabail و Gamage (۲۰۰۴) بر اساس داده‌های سنجش از دور و NDVI، پایش خشکسالی در جنوب آسیا را بررسی کردند. Funk and Budde (۲۰۰۹) بر اساس داده‌های MODIS و NDVI خشکسالی کشاورزی در زیمبابوه را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که این شاخص ابزاری اساسی برای شناسایی خشکسالی کشاورزی است. در مغولستان، نازاد و همکاران (۲۰۱۹) تغییرات مکانی و زمانی خشکسالی را برای یک دوره ۱۷ ساله بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که خشکسالی و NDVI ارتباط معنی‌داری دارند. با توجه به مطالعات ذکر شده، داده‌های MODIS قابلیت پایش خشکسالی را دارند. در کشورهای توسعه نیافته مانند ایران، دسترسی به داده‌های دقیق، با کیفیت و کمیت ثبت شده در زمینه اقلیم‌شناسی تقریباً غیرممکن است؛ بنابراین اعلام و تشخیص روابط بین داده‌های اقلیم-شناسی و داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند برای پایش خشکسالی در مقیاس استانی یا ملی مفید باشد. اهداف مطالعه حاضر عبارت‌اند از: (۱) شناسایی دوره خشکسالی در استان لرستان، (۲) پایش اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و (۳) شناسایی روابط بین خشکسالی و پوشش گیاهی طبیعی.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

لرستان استانی است که در غرب ایران در رشته کوه زاگرس واقع شده است (شکل ۱). جمعیت استان لرستان در سال ۱۳۹۶، ۲،۱۵۳،۴۵۵ نفر بوده است. مساحت لرستان حدود ۲۸۲۹۸ کیلومتر مربع است و دامنه ارتفاع آن بین ۱۸۹ m.a.s.l در جنوب و ۴،۰۵۴ m.a.s.l در شرق و مناطق کوهستانی است. رژیم آب و هوایی با بارندگی زمستان و بهار نیمه مرطوب قاره‌ای است که به‌طور کلی در مناطق کوهستانی به‌صورت بارش برف ظاهر می‌شود. در خرم‌آباد (مرکز استان) میانگین بارندگی سالانه ۵۳۰ میلی‌متر است و دما به ترتیب در فصول تابستان و زمستان بین ۱۲ درجه سانتی‌گراد و ۳۲ درجه سانتی‌گراد و ۲- درجه سانتی‌گراد و ۸ درجه سانتی‌گراد است.

خشکسالی پدیده‌ای است که در تمام مناطق روی زمین رخ می‌دهد (Amiri and Eslamian, 2010; Dutta et al., 2015). این پدیده به آرامی شروع می‌شود و روند آن کاملاً محسوس و قابل مشاهده در کوتاه مدت نیست (Li et al., 2019). خشکسالی تأثیرات منفی زیاد بر معیشت و اقتصاد جوامع دارد (Dubovyk, 2019). در مدت زمان طولانی، آسیب‌های آن که به ابعاد مختلف زندگی اعم از کشاورزی، اقتصاد، اجتماع، محیط زیست و غیره وارد می‌کند، به آرامی ظاهر می‌شود (Ali et al., 2019; Srinivasa, 2003). خسارات این خطر بیشتر از بلایایی مانند سیل، بهمن برف، ریزش سنگ و ... است (Amiri and Eslamian, 2010; Damavandi et al., 2016; Hadian et al., 2019; Kong et al., 2010; Tabari et al., 2012). برای تصمیم‌گیری در مورد خشکسالی، کسب اطلاعات از قبل، حین و بعد از این نوع فاجعه بسیار مهم است (R. Dutta, 2018). در دهه‌های اخیر، محققان تمرکز بیشتری بر نظارت بر خشکسالی داشته و از روش‌های آماری برای به دست آوردن اطلاعات استفاده کرده‌اند (Ali et al., 2019; Amiri and Eslamian, 2010; D., 2018). Dutta et al., 2015; Xulu et al., 2018). یک شاخص خوب برای نظارت بر خشکسالی می‌تواند برای محققان بسیار مفید باشد. شاخص‌های پوشش گیاهی توسط گروه بزرگی از محققان به‌عنوان یک پارامتر در برنامه‌ریزی کشاورزی، وضعیت بارش (خشکسالی یا سال مرطوب)، برآورد اثرات آب و هوا، پیش‌بینی حجم زیست توده، برآورد محصول، تولید مراتع و اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی توصیه شده است (Brown et al., 2006; Demissie et al., 2015; R., 2019). Dutta, 2018; Fensholt et al., 2009; Lunetta et al., 2006; Nusrath, 2010). یکی از مؤثرترین شاخص‌ها، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) است (Nanzad et al., 2019) که توسط (Tucker, 1979) به‌عنوان یک شاخص سلامت گیاهی معرفی شده است. NDVI های تولید شده بر اساس داده‌های MODIS به‌طور گسترده‌ای در برآورد محصولات کشاورزی و نظارت و تجزیه و تحلیل خشکسالی استفاده شده است (Lunetta et al., 2011; Mkhabela et al., 2006). اثرات خشکسالی بر روی پوشش گیاهی طبیعی به آرامی ظاهر می‌شود. استفاده از سنجش از دور به‌عنوان روشی برای نظارت بر خشکسالی و گرم شدن زودهنگام در حال پیشرفت است، زیرا امکان ارزیابی خشکسالی از دیدگاه‌های مختلف را فراهم می‌کند (Ahmadalipour, 2017). ناهنجاری‌های ناشی از خشکسالی در پوشش گیاهی در مناطق وسیع را می‌توان با استفاده از داده‌های ماهواره سنجش از دور مشاهده کرد (Song et al., 2013). بنابراین، تجزیه و تحلیل اثرات خشکسالی به‌عنوان داده‌های مکانی برای یک منطقه وسیع توسط ماهواره، می‌تواند ابزاری اساسی برای

• متدولوژی

• آنالیز SPI

تجزیه و تحلیل SPI یکی از روش‌های پرکاربرد برای شناسایی خشکسالی در سراسر جهان است (D. Dutta et al. 2015; T) با در نظر گرفتن اختلاف بارندگی از میانگین در یک دوره زمانی خاص و سپس تقسیم آن بر انحراف استاندارد به دست می‌آید.

$$SPI = \frac{Xi - \bar{x}_i}{\sigma}$$

(معادله شماره ۱)

SPI یک شاخص نسبتاً جدید است که برای مناطق کوهستانی به طور گسترده استفاده نشده است و مورد آزمایش قرار نگرفته است. از این روش برای شناسایی سال‌های خشک و مرطوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان لرستان استفاده شده است. (جدول شماره ۲)

جدول ۲- طبقات SPI در دوره خشکسالی و ترسالی

سال خشک	طبقه	SPI
		مرطوب
مرطوب	بسیار زیاد	2 <
مرطوب	زیاد	۱/۵ تا ۲
مرطوب	متوسط	۱ تا ۱/۵
مرطوب	ضعیف	۰ تا ۱
خشک	ضعیف	۰ تا -۱
خشک	متوسط	-۱ تا -۱/۵
خشک	زیاد	-۱/۵ تا -۲
خشک	بسیار زیاد	< -۲

• آنالیز NDVI

به‌طور متوسط، وضوح مکانی ۲۵۰ متر برای تصاویر MODIS برای مناطقی با وسعت زیاد مانند استان لرستان مناسب است (Beck et al., 2006; Hoagland et al., 2018). NDVI بر اساس معادله زیر در ENVI 4.7 تولید شده است:

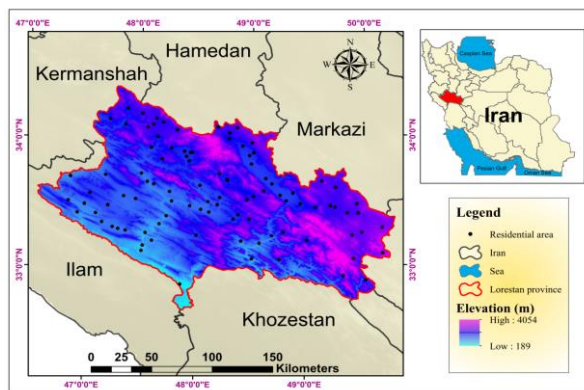
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

(معادله شماره ۲)

که در آن RED و NIR به ترتیب بازتاب سطح در طول موج ۰.۶ میکرومتر و ۰.۸ میکرومتر برای باند قرمز و نزدیک مادون قرمز هستند.

• تحلیل آماری

در مطالعه حاضر، تجزیه و تحلیل‌های آماری مختلفی بر روی داده‌های به دست آمده انجام شد تا روابط و تفاوت‌ها روشن شود. آزمون Kolmogorov-Smirnov برای همه سری داده‌ها اجرا شد (Saleh Yousefi et al., 2015). بر اساس منابع داده‌ها و آزمون نرمال بودن، آزمون همبستگی پیرسون برای SPI و NDVI، برای میانگین داده‌های دوره مورد مطالعه استفاده شد (Bihanta and ZareChahouki, 2010; S. Yousefi et al., 2018). سپس، از آزمون t زوجی استفاده شد تا تفاوت معنی‌داری در NDVI بین سال‌های خشک و مرطوب شناسایی شود. در مطالعه حاضر، ۵۰۰



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

• داده‌ها

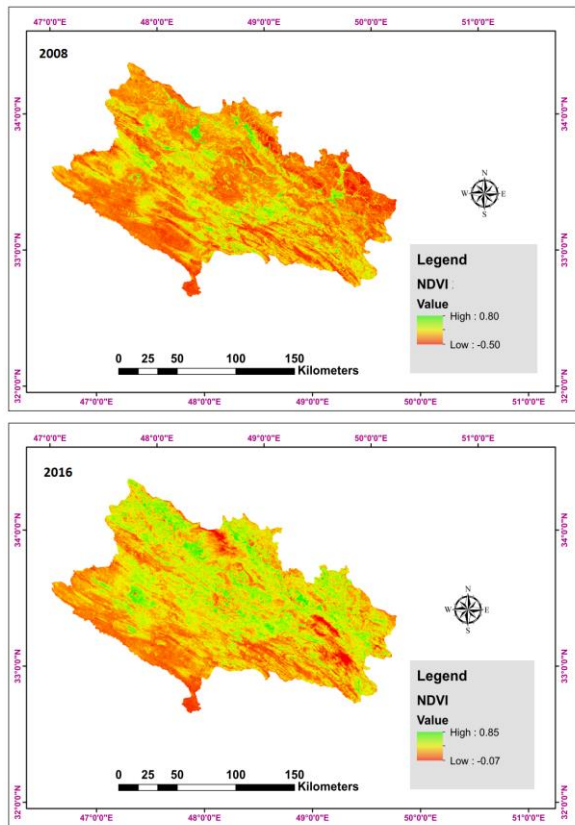
در مطالعه حاضر، از دو نوع داده اصلی استفاده شد:

- داده‌های مکانی، از جمله:
 - مدل ارتفاع دیجیتال (DEM) بر اساس نقشه‌های توپوگرافی (۲۵۰۰: ۱) و در Arc GIS تولید می‌شود.
 - داده‌های MODIS سنسور TERRA با وضوح ۲۵۰ متر به مدت ۱۶ سال (2001-2017)
 - مجموعه داده‌های آب و هوا:
 - بارش روزانه برای ۱۱ ایستگاه سینوپتیک (جدول ۱) در طول دوره مطالعه (2011-2017)
 - مقدار دمای روزانه برای ۹ ایستگاه سینوپتیک در طول دوره مطالعه.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی محدوده مورد مطالعه

طول دوره مورد مطالعه	X	ارتفاع	ایستگاه هواشناسی
	Y		
1989-2017	48 17	1147.8	خرم‌آباد
	۳۳۲۶		
1989-2017	48 45	1629.0	بروجرد
	۳۳۵۵		
1989-2017	49 42	2022	الیگودرز
	۳۳۲۴		
1998-2017	47 39	1197	کوه‌دشت
	۳۳۳۱		
1998-2017	48 15	1567.2	الشت
	۳۳۴۹		
1999-2017	47 43	713.5	پلدختر
	۳۳ ۹		
2001-2017	48 0	1859	نورآباد
	۳۴۳		
2001-2017	49 25	1871.9	ازنا
	۳۳ ۲۷		
2000-2017	49 0	1522.2	دورود
	۳۳ ۳۱		
	۳۳ ۱۷		

داده‌های انتخاب شده مربوط به سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ بودند.



شکل ۴- نقشه‌های NDVI برای سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ در استان لرستان

نتایج ANOVA یک طرفه اختلاف معنی‌داری را در مقادیر NDVI در طبقات ارتفاعی برای شرایط خشکسالی در استان لرستان در سطح اطمینان ۹۹٪ نشان داد (جدول ۳).

جدول ۳- نتایج آزمون ANOVA در طبقات مختلف ارتفاع

سال	Sum of Squares	df	Mean Square	F
۲۰۰۸	بین گروه‌ها	4	.062	21.931
	داخل گروه	495	.003	-
	کل	499	1.659	-
۲۰۱۶	بین گروه‌ها	4	1.509	190.743
	داخل گروه	495	.008	-
	کل	499	9.952	-

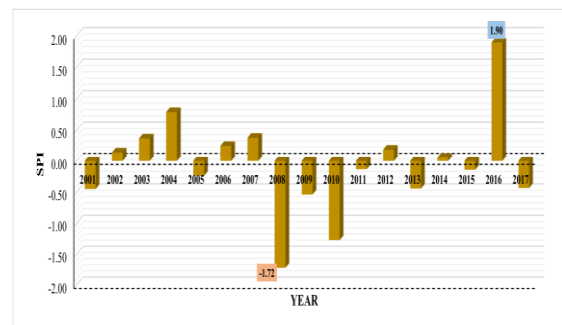
مقدار Sig برابر با ۰ است.

بعلاوه، آزمون گروه‌بندی دانکن نشان داد که در مورد مقادیر NDVI، کلاسهای ارتفاعی به ترتیب در سه و پنج گروه برای سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ بودند (شکل ۵).

نقطه نمونه به طور تصادفی در Arc GIS 10.4 برای پنج کلاس ارتفاع در منطقه مورد مطالعه طراحی شد. برای تعیین نقش ارتفاع در NDVI در شرایط مختلف آب و هوایی از ANOVA یک طرفه استفاده شد (Bihanta and ZareChahouki, 2010). تمام آزمون‌ها و تجزیه و تحلیل‌های آماری در نرم‌افزار SPSS 22 انجام شد.

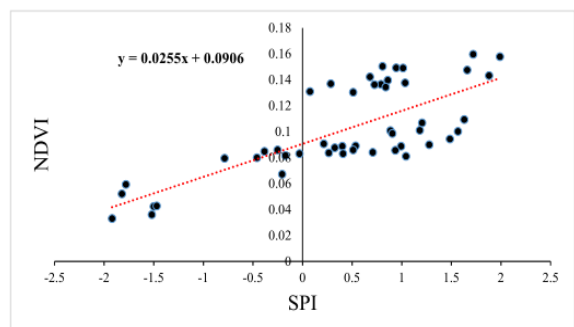
۳- نتایج

بر اساس مدت زمان معمول از سری داده‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه، لیستی از داده‌های سری زمانی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۷ برای هر ۹ ایستگاه انتخاب شد (جدول شماره ۲). نتایج متوسط ۶ ماه SPI در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که هفت سال به‌عنوان سال مرطوب بوده که در آن مقدار SPI زیر صفر بوده و هشت سال به‌عنوان سال خشک (خشکسالی) مشخص شده است (شکل ۲). به‌علاوه در مجموعه داده‌های سال ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ مقادیر $-1/2$ (خشکسالی شدید) و $1/9$ (بسیار مرطوب) به ترتیب برای نشان دادن سال‌های خشک و مرطوب برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی انتخاب شدند.



شکل ۲- میانگین SPI برای ۹ ایستگاه مورد مطالعه در استان لرستان

برای کل دوره مورد مطالعه (۲۰۰۱-۲۰۱۷)، مقادیر NDVI و SPI استخراج شد. آزمون همبستگی پیرسون همبستگی معنی‌داری ($\text{sig} = 0.025$) ($SC=0.364$) بین مقادیر NDVI و SPI در سطح اطمینان ۹۵٪ را نشان داد (شکل ۳).



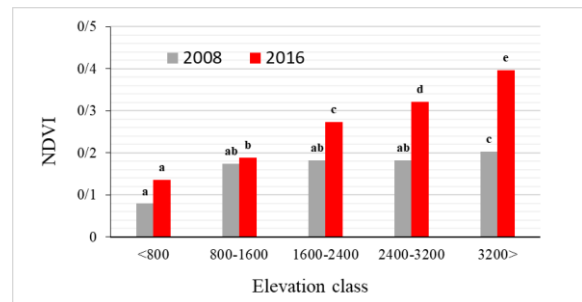
شکل ۳- همبستگی بین مقادیر NDVI و SPI در منطقه مورد مطالعه

بر اساس سال‌های خشک و مرطوب اعلام شده، نقشه‌های NDVI برای استان لرستان تولید شده است و مقادیر میانگین برای ۲۰۰۸ و ۲۰۱۶ به ترتیب $0/051$ و $0/16$ بود (شکل ۴).

گیاهی مشابه است یعنی انواع پوشش گیاهی آسیب‌های مشابهی را تجربه می‌کنند. تأثیر طبقات ارتفاعی بر نوع بارش، ذوب برف و دما به حدی است که پوشش گیاهی مختلفی در سال‌های مرطوب رشد می‌کند (Bochet et al., 2009; S. Yousefi et al., 2016). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که در سال مرطوب (۲۰۱۶)، مقادیر NDVI در طبقات مختلف ارتفاعی به طور قابل توجهی متفاوت است (شکل ۵) و با افزایش مقدار ارتفاع، مقدار NDVI نیز افزایش می‌یابد. بعلاوه، هر طبقه ارتفاعی دارای دسته‌های خاصی از NDVI است. نتایج مطالعه حاضر با نتایج Gu و همکاران (2008) مطابقت دارد که ارزیابی MODIS و NDVI و NDWI را برای نظارت بر خشکسالی پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های رطوبت خاک اوکلاهما Mesonet بررسی کرد. آن‌ها دریافتند که NDVI ابزاری اساسی برای کنترل خشکسالی است. همبستگی بین NDVI و SPI توسط خان و همکاران (2018) تأیید و گزارش شده است که در یک مطالعه در پاکستان، تصاویر MODIS LST NDVI را برای نظارت بر خشکسالی بررسی کرد و همان نتایج را در پنجاب یافت. در استان مرکزی، ایران که در شمال استان لرستان واقع شده است، دماوندی و دیگران (2016) از شاخص‌ها و روش‌های دیگری برای ارزیابی شدت خشکسالی با استفاده از شاخص شرایط دمای پوشش گیاهی (VTCI) و داده‌های ماهواره Terra / MODIS در منطقه مراتع استفاده کرد. آن‌ها همچنین دریافتند که خشکسالی در مناطق مختلف ارتفاعی تأثیرات متفاوتی دارد.

۴- نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی کارایی داده‌های MODIS در مورد پوشش گیاهی (NDVI) در مناطق مختلف و ارتفاعات در شرایط خشکسالی بود. به دلیل تغییر در ارتفاع و توپوگرافی، استان لرستان انواع مختلفی از پوشش گیاهی از جمله جنگل، مرتع، کشاورزی و انواع مختلف پوشش گیاهی را دارد که در دامنه‌های مختلف ارتفاعی قرار دارند. طی چند دهه گذشته، این منطقه در ایران شرایط خشکسالی را تحمل کرده است که دوره شدید آن در سال ۲۰۰۸ اتفاق افتاده است. در سال ۲۰۱۶، میزان بارندگی بسیار خوب بود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که خشکسالی با کاهش قابل توجه مقادیر NDVI در تمام دامنه‌های ارتفاعی استان لرستان تأثیر می‌گذارد. همچنین مشخص شد که در شرایط خوب بارندگی، ارتفاع تأثیر مهمی بر روی مقادیر NDVI دارد. با افزایش ارتفاع، مقدار NDVI نیز افزایش می‌یابد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد که داده‌های MODIS رایگان و در دسترس می‌تواند در تشخیص اثرات خشکسالی بر پوشش گیاهی در یک منطقه وسیع بسیار مفید باشد. استفاده از داده‌های MODIS و تکنیک‌های سنجنش از دور می‌تواند به تصمیم‌گیرندگان کمک کند تا تأثیرات خشکسالی را بر منابع طبیعی و پوشش گیاهی را بررسی و مطالعه کنند.



شکل ۵- گروه‌بندی NDVI در کلاسهای مختلف ارتفاعی توسط آزمون دانکن

برای درک بهتر اثرات SPI (خشکسالی) بر NDVI (پوشش گیاهی)، آزمون t زوجی نمونه بر روی سری داده‌ها انجام شد. نتایج تفاوت معنی داری بین مقادیر NDVI برای سال‌های خشک و مرطوب در تمام طبقات ارتفاعی نشان داده شد (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج آزمون t زوجی نمونه برای NDVI در شرایط خشک و مرطوب

t	فاصله اطمینان ۹۵٪		میانگین انحراف استاندارد	انحراف استاندارد	میانگین	طبقات ارتفاعی (۲۰۰۸ و ۲۰۱۶)
	بالایی	پایینی				
-13.81	-0.044	-0.059	.003	.037	-.051	<۸۰۰
-16.47	-0.083	-0.106	.005	.057	-.094	۸۰۰-۱۶۰۰
-14.36	-.120	-.158	.009	.097	-.139	۱۶۰۰-۲۴۰۰
-20.69	-.175	-.213	.009	.094	-.194	۲۴۰۰-۳۲۰۰
-8.340	-.069	-.113	.010	.110	-.091	>3200

مقدار $\text{Sig. (2-tailed)} = 0$ و مقدار df برابر با 100 می باشد.

خشکسالی ممکن است در هر نوع آب و هوایی اتفاق بیفتد (Amiri and Eslamian, 2010) and کاهش میزان بارش تأثیرات متفاوتی بر شرایط اکولوژیکی هر منطقه دارد (Damavandi et al., 2016). به‌طور کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بین سال‌های خشک و مرطوب در مورد پوشش گیاهی (NDVI) در استان کوهستانی لرستان در ایران تفاوت آماری وجود دارد. آسیب‌پذیری پوشش گیاهی در شرایط خشکسالی را می‌توان با ارتفاع از سطح دریا به دو دسته تقسیم کرد: الف) کمتر از ۸۰۰ متر و ب) بالاتر از ۸۰۰ متر. قسمت جنوبی استان لرستان در گروه اول قرار دارد. نوع بارندگی به طور کلی باران است و تابستان یک فصل بسیار گرم است. پوشش گیاهی در این منطقه عمدتاً علف‌های یک ساله است که بسیار شکننده و حساس به میزان بارندگی و دما هستند (Breshears et al., 2003; Wang et al., 2019). دسته دوم (بالاتر از ۸۰۰ متر) دارای انواع مختلف پوشش گیاهی، از جمله گیاهان علفی چند ساله، درختچه‌ها و درختان است. این نوع پوشش گیاهی به دلیل ریشه‌های عمیق و مقاومتی که دارند، در شرایط اکولوژیکی شدید (مانند خشکسالی) انعطاف پذیرتر هستند (Li et al., 2019; Xulu et al., 2018). در ارتفاعات بالاتر از ۸۰۰ متر، اثرات خشکسالی بر NDVI به عنوان یک پوشش

منابع

- Ahmadalipour, A., Moradkhani, H., Yan H., Zarekarizi M. (2017) Remote Sensing of Drought: Vegetation, Soil Moisture, and Data Assimilation. In: Lakshmi V. (eds) Remote Sensing of Hydrological Extremes. Springer Remote Sensing/Photogrammetry. Springer, Cham.

- Ali, S., Henchiri, M., Yao, F., Zhang, J. (2019) Analysis of vegetation dynamics, drought in relation with climate over South Asia from 1990 to 2011. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 1–12; Springer.
- Amiri, M. J., Eslamian, S. S. (2010) Investigation of climate change in Iran. *J. Environ. Sci. Technol.*, **3** (4), 208–216.
- Beck, P. S. A., Atzberger, C., Høgda, K. A., Johansen, B., Skidmore, A. K. (2006) Improved monitoring of vegetation dynamics at very high latitudes: A new method using MODIS NDVI. *Remote Sens. Environ.*, **100** (3), 321–334; Elsevier.
- Bihamta, M. R., ZareChahouki, M. (2010) *Principle Statistics in Natural Resources*; Tehran: Tehran University Press.
- Bochet, E., García-Fayos, P., Poesen, J. (2009) Topographic thresholds for plant colonization on semi-arid eroded slopes. *Earth Surf. Process. Landforms*, **34** (13), 1758–1771; Wiley Online Library.
- Breshears, D. D., Whicker, J. J., Johansen, M. P., Pinder, J. E. (2003) Wind and water erosion and transport in semi-arid shrubland, grassland and forest ecosystems: Quantifying dominance of horizontal wind-driven transport. *Earth Surf. Process. Landforms*, **28** (11), 1189–1209; Wiley Online Library.
- Brown, M. E., Pinzón, J. E., Didan, K., Morisette, J. T., Tucker, C. J. (2006) Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ sensors. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **44** (7), 1787–1793; IEEE.
- Damavandi, A. A., Rahimi, M., Yazdani, M. R., Noroozi, A. A. (2016) Assessment of drought severity using vegetation temperature condition index (VTCI) and Terra/MODIS satellite data in rangelands of Markazi Province, Iran. *J. Rangel. Sci.*, **6** (1), 33–42; Islamic Azad University, Borujerd Branch.
- Demissie, B., Frankl, A., Haile, M., Nyssen, J. (2015) Biophysical Controlling Factors in Upper Catchments and Braided Rivers in Drylands: The Case of a Marginal Graben of the Ethiopian Rift Valley. *L. Degrad. Dev.*, **26** (7), 748–758; Wiley Online Library.
- Dubovyk, O., Ghazaryan, G., González, J. et al. (2019) Drought hazard in Kazakhstan in 2000–2016: a remote sensing perspective. *Environ Monit Assess.* 191: 510. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7620-z>.
- Dutta, D., Kundu, A., Patel, N. R., Saha, S. K., Siddiqui, A. R. (2015) Assessment of agricultural drought in Rajasthan (India) using remote sensing derived Vegetation Condition Index (VCI) and Standardized Precipitation Index (SPI). *Egypt. J. Remote Sens. Sp. Sci.*, **18** (1), 53–63; Elsevier.
- Dutta, R. (2018) Drought monitoring in the Dry Zone of Myanmar using MODIS derived NDVI and satellite derived CHIRPS precipitation data. *Sustain. Agric. Res.*, **7** (2), 46–55; Canadian Center of Science and Education.
- Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T. T., Mbow, C. (2009) Evaluation of earth observation based long term vegetation trends—Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. *Remote Sens. Environ.*, **113** (9), 1886–1898; Elsevier.
- Funk, C., Budde, M. E. (2009) Phenologically-tuned MODIS NDVI-based production anomaly estimates for Zimbabwe. *Remote Sens. Environ.*, **113** (1), 115–125.
- Gu, Y., Hunt, E., Wardlow, B., Basara, J. B., Brown, J. F., Verdin, J. P. (2008) Evaluation of MODIS NDVI and NDWI for vegetation drought monitoring using Oklahoma Mesonet soil moisture data. *Geophys. Res. Lett.*, **35** (22); Wiley Online Library.
- Hadian, F., Jafari, R., Bashari, H., Tarkesh, M., Clarke, K. D. (2019) Effects of drought on plant parameters of different rangeland types in Khansar region, Iran. *Arab. J. Geosci.*, **12** (3), 93; Springer.
- Hoagland, S. J., Beier, P., Lee, D. (2018) Using MODIS NDVI phenoclasses and phenoclusters to characterize wildlife habitat: Mexican spotted owl as a case study. *For. Ecol. Manage.*, **412**, 80–93; Elsevier.
- Khan, J., Wang, P., Xie, Y., Wang, L., Li, L. (2018) Mapping MODIS LST NDVI imagery for drought monitoring in Punjab Pakistan. *IEEE Access*, **6**, 19898–19911; IEEE.
- Kong, W., Sun, O. J., Chen, Y., Yu, Y., Tian, Z. (2010) Patch-level based vegetation change and environmental drivers in Tarim River drainage area of West China. *Landsc. Ecol.*, **25** (9), 1447–

- 1455.
- Li, X., Li, Y., Chen, A., Gao, M., Slette, I. J., Piao, S. (2019) The impact of the 2009/2010 drought on vegetation growth and terrestrial carbon balance in Southwest China. *Agric. For. Meteorol.*, **269**, 239–248; Elsevier.
 - Lunetta, R. S., Knight, J. F., Ediriwickrema, J., Lyon, J. G., Worthy, L. D. (2006) Land-cover change detection using multi-temporal MODIS NDVI data. *Remote Sens. Environ.*, **105** (2), 142–154; Elsevier.
 - Mbatha, N., Xulu, S. (2018) Time Series Analysis of MODIS-Derived NDVI for the Hluhluwe-Imfolozi Park, South Africa: Impact of Recent Intense Drought. *Climate*, **6** (4), 95; Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
 - Mkhabela, M. S., Bullock, P., Raj, S., Wang, S., Yang, Y. (2011) Crop yield forecasting on the Canadian Prairies using MODIS NDVI data. *Agric. For. Meteorol.*, **151** (3), 385–393; Elsevier.
 - Nanzad, L., Zhang, J., Tuvdendorj, B., Nabil, M., Zhang, S., Bai, Y. (2019) NDVI anomaly for drought monitoring and its correlation with climate factors over Mongolia from 2000 to 2016. *J. Arid Environ.*; Elsevier.
 - Nusrath, A. (2010) Vegetation Change Detection of Neka River in Iran by Using. *J. Geog.*, **2** (1), 58–67.
 - Son, N. T., Chen, C. F., Chen, C. R.; Chang, L. Y., Minh, V. Q. (2012) Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, **18**, 417–427; Elsevier.
 - Song, Y., Njoroge, J.B., Morimoto, Y. (2013) *Environ Monit Assess* 185: 4117. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2854-z>.
 - Srinivasa Rao, Y., Jugran, D. K. (2003) Delineation of groundwater potential zones and zones of groundwater quality suitable for domestic purposes using remote sensing and GIS. *Hydrol. Sci. J.*, **48** (October 2003), 821–833.
 - Su, Z., Yacob, A., Jun, W., Gerbert, R., He, Y., Gao, B., Boogaard, H., et al. (2003) Su, Zhongbo, et al. "Assessing relative soil moisture with remote sensing data: theory, experimental validation, and application to drought monitoring over the North China Plain. *Phys. Chem. Earth*, **28** (1–3), 89–101.
 - Tabari, H., Abghari, H., Hosseinzadeh Talaei, P. (2012) Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran. *Hydrol. Process.*, **26** (22), 3351–3361; Wiley Online Library.
 - Thenkabail, P. S., Gamage, M. S. D. (2004) The use of remote sensing data for drought assessment and monitoring in Southwest Asia.
 - Tucker, C. J. (1979) Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sens. Environ.*, **8** (2), 127–150.
 - Wang, G., Wang, J., Zou, X., Chai, G., Wu, M., Wang, Z. (2019) Estimating the fractional cover of photosynthetic vegetation, non-photosynthetic vegetation and bare soil from MODIS data: Assessing the applicability of the NDVI-DFI model in the typical Xilingol grasslands. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, **76**, 154–166; Elsevier.
 - Xulu, S., Peerbhay, K., Gebreslasie, M., Ismail, R. (2018) Drought influence on forest plantations in Zululand, South Africa, using MODIS time series and climate data. *Forests*, **9** (9), 528; Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
 - Yousefi, S., Moradi, H., Boll, J., Schönbrodt-Stitt, S. (2016) Effects of road construction on soil degradation and nutrient transport in Caspian Hyrcanian mixed forests. *Geoderma*, **284**.
 - Yousefi, S., Sadeghi, S. H., Mirzaee, S., Ploeg, M. V. D., Keesstra, S., Cerdà, A. (2018) Spatio-temporal variation of throughfall in a hyrcanian plain forest stand in Northern Iran. *J. Hydrol. Hydromechanics*, **66** (1).
 - Yousefi, Saleh, Mirzaee, S., Tazeh, M., Pourghasemi, H., Karimi, H. (2015) Comparison of different algorithms for land use mapping in dry climate using satellite images : a case study of the Central regions of Iran. *Desert*, **20** (1), 1–10.