

پایش خشکسالی هواشناسی- پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای

جواد بذرافشان^۱، سعیده کامالی^۲، زهرا آقاشریعتمداری^۳
^۱دانشیار، دانشگاه تهران، zagha@ut.ac.ir
^۲دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، saide.kamali@ut.ac.ir
^۳استادیار، دانشگاه تهران، zagha@ut.ac.ir

چکیده

هدف از این مطالعه، ارزیابی قابلیت استفاده از داده‌های دورسنجی ماهواره‌ای در پایش خشکسالی‌های هواشناسی-پوشش گیاهی است و استان کرمانشاه به‌عنوان منطقه مطالعاتی انتخاب شده است. برای این منظور از داده‌های بارندگی ماهواره TRMM، پوشش گیاهی و دمای سطح زمین سنجنده MODIS ماهواره Aqua در طی فصل رشد و دوره آماری ۸ ساله ۲۰۱۲-۲۰۰۵ استفاده شد. پس از تصحیح تصاویر دو ماهواره مذکور، شاخص‌های وضعیت بارندگی (PCI)، شاخص وضعیت دما (TCI) و شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) محاسبه شد. سه شاخص مذکور با روش وزن‌دهی آنتروپی ترکیب شد و شاخص ترکیبی در اصطلاح، شاخص خشکسالی هواشناسی-پوشش گیاهی (CDI) نامیده شد. به‌علاوه، دو شاخص خشکسالی مشهور مبتنی بر داده‌های زمینی (SPEI و SPI) در پنجره‌های زمانی مختلف محاسبه شد. نتایج نشان داد شاخص‌های دورسنجی و زمینی، خشکسالی شدیدی در سال ۲۰۰۸ گزارش کرده‌اند. شاخص ترکیبی در مقایسه با شاخص‌های منفرد ماهواره، همبستگی بالاتری با شاخص‌های زمینی دارند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، بارش، دما، ماهواره، پوشش گیاهی، کرمانشاه.

Monitoring of meteorological-vegetation droughts using satellite remote sensing data

Saeideh Kamali¹, Zahra Agashariatmadari²

¹PhD student, University of Tehran, saide.kamali@ut.ac.ir
²Assistant Professor, University of Tehran, zagha@ut.ac.ir

Abstract

The goal of this research is to assess the capability of satellite remote sensing data for monitoring of meteorological-vegetation droughts in the Kermanshah province. TRMM satellite rainfall data, the vegetation and the land-surface temperature data from the MODIS Aqua satellite for the period from 2005 to 2002 were employed for this purpose. After correction of images, precipitation condition index (PCI), temperature condition index (TCI), and normalized vegetation difference index (NDVI) were derived. The three mentioned indices were integrated using the entropy weighting approach, and the resulting index was called as the meteorological-vegetation drought index (CDI). Furthermore, two well-known ground-based drought indicators (SPI and SPEI) were calculated. According to the findings, both satellite- and ground-based drought indices revealed severe drought in 2008. Combined indices have a higher correlation with ground-based drought indices than single satellite indices.

Keywords: Drought, Precipitation, Temperature, Satellite, Vegetation, Kermanshah.

۱ مقدمه

تصاویر ماهواره‌ای به دلیل پوشش فضایی و اندازه تفکیک مناسب و قابلیت استفاده زمان واقعی مورد توجه بسیاری از محققان خارجی و داخلی در امر پایش خشکسالی قرار گرفته‌اند (Kogan, 2000; Karnieli et al., 2010; Jiao et al., 2019).

1995; Ma'rifah et al., 2017; Pettorelli et al., 2005; Rahimzadeh Bajgiran et al., 2008; Shamsipour et al., 2013; Vicente-Serrano et al., 2008). در صورتی که بتوان رابطه مناسبی بین شاخص‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های زمینی خشکسالی برقرار نمود، هزینه تحلیل‌های خشکسالی بر مبنای ایستگاه‌های زمینی (که تراکم کم و هزینه زیادی دارند) کاهش خواهد یافت. با توجه به مطالعات متعدد در زمینه پایش خشکسالی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از این داده‌ها در ساخت شاخص‌های ترکیبی خشکسالی ماهواره‌ای در امر پایش خشکسالی و عملکرد بسیار خوب آنها در این زمینه، هدف از این مطالعه، ارزیابی قابلیت شاخص‌های سنجش از دور مایکروویو در پایش خشکسالی و توسعه چند شاخص سنجش از دور مایکروویو با استفاده از ترکیب متغیرهایی همچون، بارش، دمای سطح زمین و پوشش گیاهی حاصل از سنسورهای سنجش از دور مانند TRMM و MODIS به منظور بهبود پایش به موقع خشکسالی کوتاه‌مدت به‌ویژه خشکسالی هواشناسی در منطقه‌ی نیمه‌خشک استان کرمانشاه و همچنین بررسی ارتباط بین شاخص‌های سنجش از دور با شاخص‌های زمینی SPI (McKee et al., 1993) و SPEI (Vicente-Serrano et al., 2010) می‌باشد. بنابراین، هدف اصلی تحقیق حاضر استفاده از تصاویر مایکروویو ماهواره‌هایی نظیر TRMM و MODIS Aqua جهت ارائه شاخص خشکسالی ترکیبی به منظور بهبود برآورد خشکسالی هواشناسی - پوشش گیاهی است.

۲ روش تحقیق

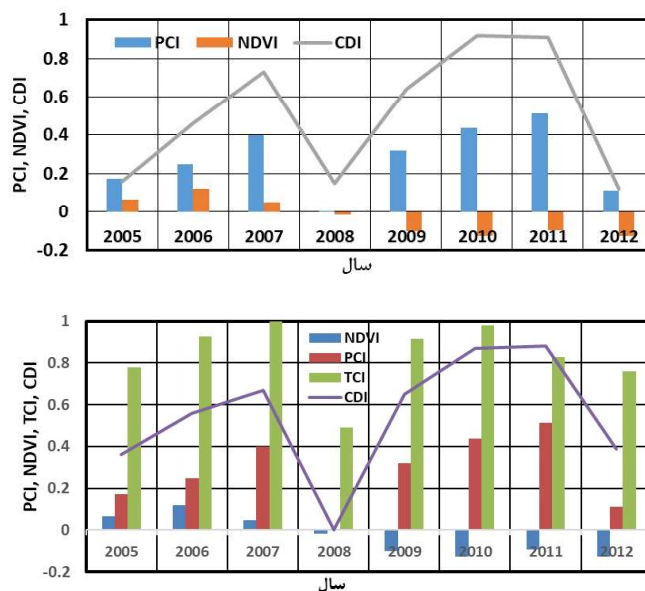
در این مطالعه، سه مجموعه داده در مقیاس ماهانه (ماه‌های دوره رشد: آوریل-اکتبر) در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفت: الف) داده‌های ماهانه بارش و دما مشاهده‌شده مربوط به ۱۳ ایستگاه هواشناسی سینوپتیک در استان کرمانشاه که از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. طولانی‌ترین دور آماری مربوط به ایستگاه کرمانشاه است که دوره زمانی ۲۰۱۶-۱۹۵۱ را پوشش می‌دهد. داده‌های بارش و دما ماهانه ۸۲ ایستگاه باران‌سنجی در استان کرمانشاه که از سازمان مدیریت منابع آب ایران تهیه شد، که طولانی‌ترین آنها دوره زمانی ۲۰۱۲-۱۹۵۱ را پوشش می‌دهند. ب) داده‌های ماهانه بارش نسخه ۷ ماهواره TRMM که از پایگاه سازمان فضایی و هوانوردی آمریکا استخراج گردید. این داده‌ها دارای قابلیت تفکیک 0.25×0.25 درجه طول و عرض جغرافیایی هستند و فاصله زمانی ۲۰۱۲-۱۹۹۸ را پوشش می‌دهند. ج) تصاویر ماهواره‌ای دمای سطح زمین و پوشش گیاهی سنجنده MODIS ماهواره AQUA که از سایت تحت وب ناسا به آدرس www.reverb.echo.nasa.gov دانلود شدند. لازم به ذکر است که تصاویر دریافتی دارای قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر در یک کیلومتر بودند که برای هماهنگی این تصاویر با داده‌های ماهواره‌ای بارش TRMM به شبکه‌ای با ابعاد 0.25×0.25 تبدیل شدند. بعد از جمع‌آوری آمار و اطلاعات، کنترل کیفی لازم بر داده‌ها و تصاویر مورد نظر اعمال شد. بررسی‌ها نشان داد که دوره مشترک ۸ ساله ۲۰۱۲-۲۰۰۵ می‌تواند به عنوان دوره مناسب برای ارزیابی داده‌ها انتخاب شود. در مجموع، در این مطالعه، مشخص شد که از بین ۹۵ ایستگاه زمینی، ۶۷ ایستگاه واجد آمار با کیفیت مناسب هستند که از این تعداد ۱۰ ایستگاه مربوط به ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک می‌باشند. در مرحله بعد، با استفاده از هر دو گروه داده‌های زمینی و داده‌های ماهواره‌ای، شاخص‌های خشکسالی زمینی (SPI و SPEI) و ماهواره‌ای (NDVI، TCI و PCI) محاسبه شدند. با استفاده از شاخص‌های ماهواره‌ای، شاخص‌های ترکیبی مختلفی به کمک روش وزنی آنتروپی ساخته شد. شاخص‌های منفرد و ترکیبی مورد استفاده در این مطالعه با شاخص‌های پایه زمینی از نظر پایش خشکسالی و همبستگی مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند.

۳ نتیجه‌گیری

۳-۱ تحلیل رفتار زمانی شاخص‌های خشکسالی

شاخص‌های منفرد خشکسالی ماهواره‌ای و زمینی برای تمامی ماه‌های دوره رشد (آوریل-اکتبر) محاسبه شدند. به‌علاوه، شاخص‌های ترکیبی (CDI) در سه حالت مختلف محاسبه شد که بصورت، CDII (حاصل از ترکیب دو شاخص شرایط بارندگی و شرایط دما)، CDI2 (حاصل از ترکیب دو شاخص پوشش گیاهی و شرایط بارندگی) و CDI3 (نمایه خشکسالی از ترکیب سه شاخص پوشش گیاهی، شرایط بارندگی و شرایط دما) تعریف شدند. به‌عنوان نمونه، در شکل ۱، تغییرات

NDVI، PCI و CDI (CDI2 و CDI3) در ماه آوریل دوره آماری ۲۰۰۵-۲۰۱۲ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود (شکل ۱، بالا) در ماه آوریل (ابتدای دوره رشد)، مقدار شاخص NDVI نوسان چندانی ندارد. در عوض شاخص PCI تغییرات و نوسانات بیشتری نشان می‌دهد. رفتار شاخص ترکیبی CDI نیز بیشتر متأثر از PCI است تا NDVI. در سال ۲۰۰۸ مقدار شاخص‌های PCI و CDI به کمترین مقدار خود رسیده است و پس از آن مقدار هر دو شاخص مذکور تا سال ۲۰۱۰ روند افزایشی داشته و پس از آن کاهش می‌یابند. در شکل ۱ (پایین) شاخص TCI نیز اضافه شده است و شاخص CDI حاصل ترکیب سه شاخص PCI، TCI و NDVI است. در همه سال‌ها به جز سال ۲۰۰۸ مقدار TCI بالا است. شاخص ترکیبی نیز به خوبی توانسته است رفتار شاخص‌های منفرد را شبیه‌سازی کند، به طوری که در سال ۲۰۰۸ شدیدترین خشکسالی در مقایسه با دیگر سال‌ها در ماه آوریل اتفاق افتاده است. وضعیت مشابهی نیز در ماه می مشاهده گردید. با این حال، به سمت انتهای دوره رشد (ماه سپتامبر) شدیدترین خشکسالی‌ها به سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۲ منتقل می‌شوند.



شکل ۱. تغییرات شاخص‌های ماهواره‌ای منفرد و ترکیبی (CDI2، بالا؛ و CDI3 پایین) در ماه آوریل در سال‌های مختلف در استان کرمانشاه.

۲-۳ تحلیل همبستگی شاخص‌های خشکسالی

جدول ۱ نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های خشکسالی منفرد در ماه می (به‌عنوان نمونه) در دوره آماری ۲۰۰۵-۲۰۱۲ نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که همه شاخص‌ها همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد با شاخص پوشش گیاهی دارند. همبستگی بین شاخص‌های ترکیبی و TCI معنی‌دار نیست. بر مبنای جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که رابطه همبستگی معنی‌دار در سطح ۵٪ بین شاخص‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های زمینی در پنجره یک ماهه وجود دارد. این همبستگی بین شاخص ماهواره‌ای ترکیبی (حاصل از هر سه شاخص منفرد ماهواره) با SPI-1 بیشترین است و بنابراین، شاخص ترکیبی برای پایش خشکسالی‌های هواشناسی پوشش گیاهی در مقیاس ماهانه توصیه می‌شود.

جدول ۱. همبستگی بین شاخص‌های منفرد و ترکیبی ماهواره‌ای در ماه می (اعداد ضخیم: معنی‌دار در سطح ۰/۵)

CDI1	CDI2	CDI3	TCI	PCI	NDVI	
					۱	NDVI
				۱	۰/۹۱	PCI
			۱	۰/۶۲	۰/۶۹	TCI
		۱	۰/۵۸	۰/۹۵	۰/۸۱	CDI3
	۱	۰/۹۰	۰/۶۲	۰/۹۸	۰/۹۴	CDI2
۱	۰/۹۹	۰/۹۰	۰/۶۱	۰/۹۸	۰/۹۴	CDI1

جدول ۲. همبستگی بین شاخص‌های ماهواره‌ای و زمینی در ماه می.

SPI-1	SPI-3	SPI-6	SPI-9	SPI-12	SPEI1	SPEI-3	SPEI6	SPEI9	SPEI12	
۰/۶۹	۰/۵۷	۰/۳۳	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۶۴	۰/۶۴	۰/۳۶	۰/۶۳	۰/۶۳	NDVI
۰/۸۳	۰/۶۴	۰/۵۵	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۷۶	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۶۷	۰/۶۷	PCI
۰/۷۲	۰/۵۳	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۷۰	۰/۵۹	۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۴۱	TCI
۰/۹۳	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۶۹	۰/۶۹	۰/۷۷	۰/۷۱	۰/۶۲	۰/۶۸	۰/۶۶	CDI3
۰/۷۷	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۶۴	CDI2
۰/۷۷	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۶۲	۰/۶۲	۰/۷۴	۰/۶۴	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۶۴	CDI1

منابع

- Jiao, W., Tian, C., Chang, Q., Novick, K. A., and Wang, L. (2019). A new multi-sensor integrated index for drought monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology* **268**, 74-85.
- Karnieli, A., Agam, N., Pinker, R. T., Anderson, M., Imhoff, M. L., Gutman, G. G., Panov, N., and Goldberg, A. (2010). Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations. *Journal of Climate* **23**, 618-633.
- Kogan, F. N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research* **15**, 91-100.
- Ma'rufah, U., Hidayat, R., and Prasasti, I. (2017). Analysis of relationship between meteorological and agricultural drought using standardized precipitation index and vegetation health index. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **54**, 012008.
- McKee, T. B., Doeskin, N. J., and Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In "Proceedings of the eighth conference on applied climatology", pp. 179-184. American Meteorological Society, Anaheim, CA.
- Pettorelli, N., Vik, J. O., Mysterud, A., Gaillard, J.-M., Tucker, C. J., and Stenseth, N. C. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution* **20**, 503-510.
- Rahimzadeh Bajgiran, P., Darvishsefat, A. A., Khalili, A., and Makhdom, M. F. (2008). Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the Northwest of Iran. *Journal of Arid Environments* **72**, 1086-1096.
- Shamsipour, A. A., AlaviPanah, S. K., Mohammadi, H., Azizi, A., and Khoshakhlagh, F. (2008). An analysis of drought events for central plains of Iran through an employment of NOAA-AVHRR data. *Desert* **13**, 105-115.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., and López-Moreno, J. I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* **23**, 1696-1718.
- Vicente-Serrano, S. M., Gouveia, C., Camarero, J. J., Beguería, S., Trigo, R., López-Moreno, J. I., Azorín-Molina, C., Pasho, E., Lorenzo-Lacruz, J., Revuelto, J., Morán-Tejeda, E., and Sanchez-Lorenzo, A. (2013). Response of vegetation to drought time-scales across global land biomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **110**, 52-57.