

## بررسی عملکرد شاخص NDVI در پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان

حامد حیدری<sup>۱\*</sup>، محمدجواد ولدان‌زوج<sup>۲</sup>، سعید مشهدی‌زاده ملکی<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش‌ازدور، دانشکده مهندسی ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۲- دانشیار گروه فتوگرامتری و سنجش‌ازدور، دانشکده مهندسی ژئوماتیک دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

۳- کارشناس ارشد مهندسی ژئودزی، دانشگاه تبریز

### چکیده:

ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته است و همه ساله دچار خشکسالی‌های فراوانی می‌شود. پایش و پیش‌بینی خشکسالی می‌تواند آسیب‌های ناشی از آن را کاهش دهد. از بزرگترین مشکلات برای پایش و پیش‌بینی خشکسالی در ایران می‌توان به کمبود اطلاعات ایستگاهی هواشناسی طولانی مدت اشاره کرد. در این تحقیق با استفاده از روش ماشین بردار پشتیبان (SVM) عملکرد شاخص تفاضلی نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) در پیش‌بینی خشکسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های پوشش گیاهی به دست آمده از تصاویر ماهواره‌ای به دلیل رزولوشن مکانی و زمانی مناسب این تصاویر می‌توانند مشکل کمبود تعداد ایستگاه‌های هواشناسی و توزیع نامناسب آن‌ها را رفع کنند. از شاخص خشکسالی SPI (شاخص استاندارد شده بارش) برای بیان خشکسالی استفاده شد. شاخص پوشش گیاهی ذکر شده (NDVI) از تصاویر سنجنده NOAA-AVHRR محاسبه و استخراج شده است. این شاخص به عنوان ورودی وارد مدل SVM شد و مقادیر SPI متناظر را به دست داد.

واژه‌های کلیدی: سنجش‌ازدور، پیش‌بینی خشکسالی، SPI، NDVI، SVM.



## ۱- مقدمه

خشکسالی وضعیتی از کمبود بارش و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. خشکسالی یکی از پیچیده‌ترین پدیده‌های طبیعی زمین است که عوامل مختلفی اعم از بارش، درجه حرارت، باد، رطوبت سطح و جریان‌های سطحی بر آن تاثیر می‌گذارند. خشکسالی معمولاً به سه نوع کشاورزی هواشناسی و هیدرولوژیکی تقسیم می‌شود که در تحقیق انجام شده خشکسالی هواشناسی مد نظر است. خشکسالی هواشناسی به حالتی گفته می‌شود که میزان بارش از نرم بارش منطقه در یک بازه زمانی خاص کمتر باشد. روش‌ها و شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری و بیان شدت خشکسالی وجود دارد. در این میان شاخص شدت خشکسالی پالم (PDSI)<sup>1</sup> [1] و شاخص استاندارد شده بارش (SPI)<sup>2</sup> [2] بیش‌ترین کاربرد را دارند. داده‌های سنجش‌ازدوری در پایش و پیش‌بینی بسیاری از مسائل طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرند. از مزیت‌های این داده‌ها پهنه وسیع برداشت و سادگی حصول است که در بسیاری از مطالعات مربوط به خشکسالی روز به روز بیشتر مورد استفاده هستند. از آنجایی که سنجنده AVHRR مستقر روی ماهواره NOAA دارای رزولوشن رادیومتریک بالا، وسعت برداشت مناسب و همچنین رزولوشن زمانی مناسب است همواره به عنوان یکی از منابع اصلی داده برای مطالعات خشکسالی مورد استفاده است. از میان شاخص‌های پوشش گیاهی که از تصاویر ماهواره‌ای به دست می‌آیند NDVI بیشترین استفاده را در مطالعات مختلف داشته که در واقع نشان‌دهنده وابستگی شدید بین سلامت پوشش گیاهی و رطوبت خاک است [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

سانگ و همکاران [10] در سال ۲۰۰۴ روشی ارائه دادند که در آن با استفاده از NDVI حاصل از AVHRR خشکسالی را پیش‌بینی کردند. جی و پیترز [11] در سال ۲۰۱۰ طی مطالعه‌ای در ایالات متحده سعی در برقراری ارتباط بین سری زمانی NDVI و SPI (در زمان‌های مشابه) کردند و به این نتیجه رسیدند که SPI ۳ ماهه در میان فصل رشد بیشترین همبستگی را با شاخص ماهواره‌ای NDVI در بیان خشکسالی دارد. در این مقاله پس از استخراج مقادیر NDVI از تصاویر NOAA-AVHRR و محاسبه شرایط خشکسالی با استفاده از SPI در دوره زمانی ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ سعی شد تا با استفاده از مدل ماشین بردار پشتیبان توانایی این شاخص (NDVI) را در پیش‌بینی شرایط خشکسالی مورد بررسی قرار دهیم.

## ۲- شاخص تفاضلی نرمال شده‌ی پوشش گیاهی

NDVI پرکاربردترین شاخص پوشش گیاهی است. این شاخص اولین بار توسط [12] مطرح شد. NDVI یک شاخص بدون بعد است. مقادیر NDVI از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

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

که  $\rho_{NIR}$  و  $\rho_{Red}$  به ترتیب بازتابندگی در باندهای مادون قرمز و قرمز هستند.

## ۳- مدل ماشین بردار پشتیبان

مدل‌های ماشین بردار پشتیبان توانایی بالایی در مسائل طبقه‌بندی دارند. SVM بر اساس بیشترین فاصله اعضای هر کلاس از مرز تصمیم‌گیری طراحی شده است. هدف SVM تعیین بهترین مرز تصمیم‌گیری است به گونه‌ای که کلاس‌های مختلف بهترین تفکیک‌پذیری را از یکدیگر داشته باشند. در مسائل پیچیده معمولاً تعیین مرز تصمیم‌گیری (که بنا به ابعاد فضای ویژگی می‌تواند خط، صفحه و یا ابر صفحه باشد) در فضای ویژگی غیر ممکن است. لذا از برخی توابع

<sup>1</sup> Palmer Drought Severity Index

<sup>2</sup> Standardized Precipitation Index

<sup>3</sup> Normalized Difference Vegetation Index



با عنوان کرنل (هسته) استفاده می‌کنند که با تبدیل فضای ویژگی به فضای جدید تفکیک‌پذیری میان کلاس‌ها را افزایش دهند. در این مطالعه از SVM با تابع کرنل با پایه‌ی شعاعی (RBF) برای طبقه‌بندی استفاده شده است.

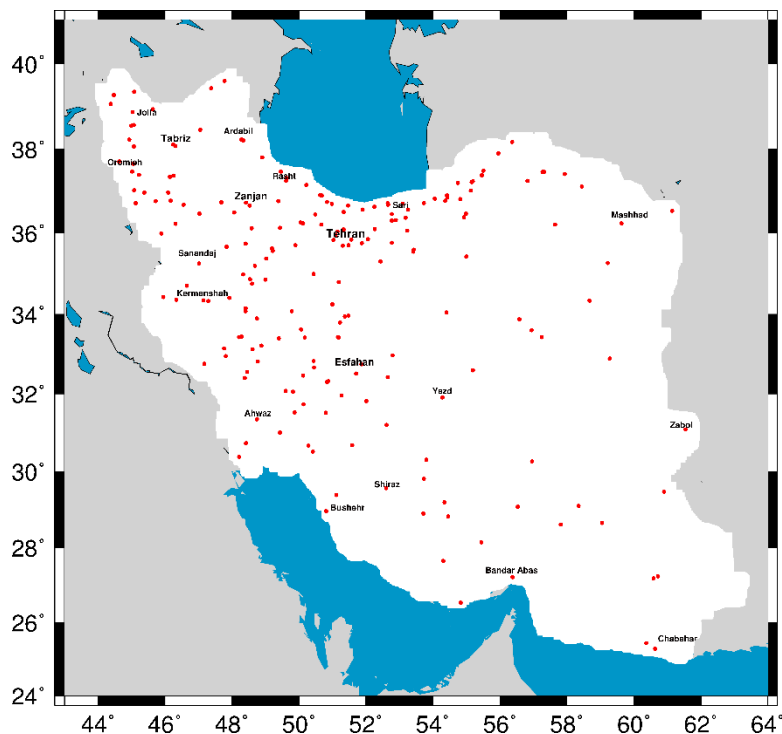
#### ۴- داده‌های مورد استفاده

##### ۴-۱- داده‌های سنجش از دوری

داده‌های سنجش از دوری در بسیاری از مطالعات گذشته، در پایش و پیش‌بینی خشکسالی توانایی خود را نشان داده‌اند. زمانی که خشکسالی به واسطه‌ی کاهش بارش اتفاق می‌افتد این کمبود روی ذخیره کلروفیل گیاه تاثیر می‌گذارد. این تغییرات پاسخ‌دهی گیاه به طیف الکترومغناطیس را متاثر می‌کند که با تصاویر سنجش از دوری قابل تشخیص و مدل سازی است. گیاه سالم دارای جذب بالا در محدوده قرمز و بازتاب بالا در محدوده مادون قرمز نزدیک است [13]. در مطالعه حاضر از شاخص NDVI به دست آمده از تصاویر NOAA-AVHRR در بازه زمانی (۱۹۷۸-۲۰۰۸) استفاده شده است. تصاویر این سنجنده دارای رزولوشن مکانی ۱/۱ کیلومتر در نادر هستند.

##### ۴-۲- داده‌های هواشناسی

سری‌های ماهیانه بارش ۲۰۶ ایستگاه کشور در سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۸ اندازه‌گیری شده‌است و پراکندگی آن‌ها در شکل (۱) نشان داده شده است مورد استفاده قرار گرفت. این ایستگاه‌ها شامل ایستگاه‌های سینوپتیک سازمان هواشناسی و وزارت نیرو که دارای سابقه مناسب هستند و داده‌های قابل اعتماد تولید می‌کنند، می‌باشند. مقادیر SPI در این سری زمانی در بازه ۳ ماهه محاسبه شد. SPI ارائه دهنده‌ی میزان تغییرات بارش در دوره مورد نظر نسبت به بارش در همان دوره در بلند مدت است. برای محاسبه SPI باستی یک تابع توزیع به داده‌های بارش برآزش داد که تابع توزیع گاما بالاترین همبستگی را با این داده‌ها داراست [14].



شکل ۱- جانمایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

**۵- پیاده سازی روش پیشنهادی**

شاخص پوشش گیاهی سنجش‌ازدوری NDVI به صورت میانگین‌های ماهانه برای سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۵ به عنوان ورودی و کلاس SPI متناظر به عنوان خروجی مطلوب به منظور آموزش وارد مدل SVM شدند. برای تست مدل آموزش داده شده، از داده‌های سه سال آخر استفاده شد. بدین ترتیب در هر ماه از این ۳ سال مقادیر ماهانه NDVI برای هر ایستگاه وارد مدل شدند و کلاس خشکسالی متناظر را به دست دادند. با مقایسه این برچسب‌ها (خروجی مدل) و برچسب‌های واقعی ایستگاه‌ها در هر ماه به عددی تحت عنوان صحت عملکرد مدل در هر ماه رسیدیم.

جدول ۱: مقادیر مختلف SPI و کلاس شدت خشکسالی نظیر

مقدار SPI	شاخص خشکسالی
$\leq -2$	خشکسالی شدید
-۲/۰ تا -۱/۵	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۱/۰	خشک
-۱/۰ تا ۱/۰	معمولی
۱/۰ تا ۱/۵	تر
۱/۵ تا ۲/۰	ترسالی متوسط
$\geq 2/0$	ترسالی شدید

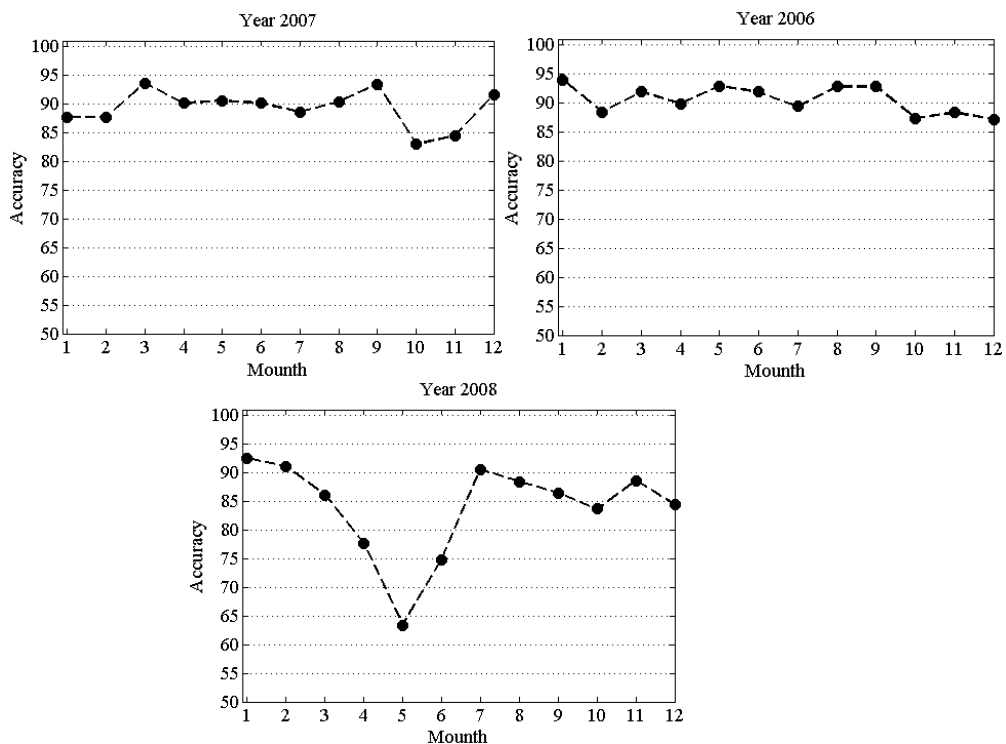
مسئله حاضر در واقع پیش‌بینی کلاس خشکسالی که در جدول (۱) تعریف شده‌اند است. لذا مدل حاضر بایستی یک مدل طبقه‌بندی کننده باشد. صحت نتایج یک مسئله طبقه‌بندی به این صورت تعریف می‌شود:

$$\text{Accuracy} = \frac{A_c}{A} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه فوق  $A_c$  تعداد ایستگاه‌هایی است که در ماه مورد نظر به درستی پیش‌بینی شده‌اند و  $A$  تعداد کل ایستگاه هاست. متریک فوق در واقع بیان کننده میزان توانایی مدل در پیش‌بینی شرایط مختلف در هر ماه است.

**۶- آنالیز نتایج**

شکل (۲) نتایج به دست آمده از مدل SVM با استفاده از شاخص NDVI برای پیش‌بینی شرایط خشکسالی حاصل از SPI سه ماهه را نشان می‌دهد. شرایط خشکسالی در سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۸ با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای پیش‌بینی شدند و با مقادیر واقعی مورد مقایسه قرار گرفتند. در واقع از ۸۸ درصد داده‌ها برای آموزش مدل و از ۱۲ درصد باقیمانده برای تست تعمیم‌پذیری و عملکرد آن روی یک مجموعه داده مستقل استفاده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود مدل بالاترین دقت را در ماه اول دوره تست یعنی ژانویه سال ۲۰۰۶ برابر با ۹۳/۹۷ و پایین‌ترین دقت را در ماه می سال ۲۰۰۸ برابر با ۶۳/۳۷ ارائه می‌دهد.



شکل (۲) - صحت عملکرد NDVI در پیش‌بینی شرایط خشکسالی

طبق گزارشات منتشر شده و تحقیقات قبلی در سال ۲۰۰۸ خشکسالی نسبتاً شدیدی بیشتر مناطق کشور را دربرگرفت. از آنجایی که نظیر این خشکسالی در طول دوره آموزش مدل (یعنی حد فاصل سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۵) بی‌سابقه بود مدل قادر به یادگیری این شرایط نبوده است. همانطور که در نمودار مربوط به سال ۲۰۰۸ نیز ملاحظه می‌شود این خشکسالی بی‌سابقه و عدم یادگیری شرایط آن توسط مدل به واسطه عدم وجود شرایط مشابه در سال‌های گذشته موجب شده تا مدل در تابستان سال ۲۰۰۸ با کاهش دقت مواجه شود. این مسئله علاوه بر تایید وقوع خشکسالی مذکور به این مهم صحنه می‌گذارد که افزایش دوره زمانی مطالعه به واسطه افزایش احتمال تجربه کردن و آموختن شرایط مختلف از نظر خشکسالی موجب بهبود عملکرد مدل و پاسخگویی مناسب آن در شرایط مشابه خواهد شد.

## ۷- بخشها

در این تحقیق داده‌های ماهواره NOAA-AVHRR به منظور پیش‌بینی شرایط خشکسالی با استفاده از شاخص NDVI در ایران به کار گرفته شده است. برای این منظور از داده‌های ۲۰۶ ایستگاه باران‌سنجی به منظور محاسبه شاخص SPI و رسیدن به شرایط خشکسالی متناظر استفاده شد. برای برقراری ارتباط بین داده‌های ماهواره‌ای و شرایط خشکسالی حاصل از SPI از مدل طبقه‌بندی کننده SVM استفاده کردیم. NDVI به دست آمده از NOAA-AVHRR در سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۰۵ به عنوان ورودی و کلاس SPI (شرایط خشکسالی) به عنوان خروجی به منظور آموزش مدل وارد آن شدند. در این تحقیق از SPI با دوره برداشت سه ماهه استفاده شده است. داده‌های ورودی در سه سال آخر (۲۰۰۶-۲۰۰۸) به منظور ارزیابی عملکرد مدل در پیش‌بینی خشکسالی در مقابل داده‌های واقعی مورد استفاده قرار گرفت که در ماه ژانویه سال ۲۰۰۶ بیشترین و در ماه می سال ۲۰۰۸ کمترین دقت (به ترتیب ۹۳/۹۷ و ۶۳/۳۷) را ارائه داد.



## مراجع

- [1] W.C. Palmer, "Meteorological Drought," US Dept. of Commerce, Weather Bureau, Research Paper No. 45, Washington DC, 1965.
- [2] T.B. McKee, N.J. Doesken, and J. Kleist, "The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales," Proc. Eighth Conf. Applied Climatology, 1993.
- [3] C.M. Rulinda, A. Dilo, W. Bijker, and A. Steina, "Characterising and Quantifying Vegetative Drought in East Africa Using Fuzzy Modelling and NDVI Data," J. Arid Environments, vol. 78, pp. 169- 178, 2012.
- [4] C. Bhuiyan, R.P. Singh, and F.N. Kogan, "Monitoring Drought Dynamics in the Aravalli Region (India) Using Different Indices Based on Ground and Remote Sensing Data," Int'l J. Applied Earth Observation and Geoinformation, vol. 8, pp. 289-302, 2006.
- [5] S.K. Jain, R. Keshri, A. Goswami, and A. Sarkar, "Application of Meteorological and Vegetation Indices for Evaluation of Drought Impact: A Case Study for Rajasthan, India," Natural Hazards, vol. 54, pp. 643-656, 2010
- [6] C. Hopfner and D. Scherer, "Analysis of Vegetation and Land Cover Dynamics in North-Western Morocco during the Last Decade Using Modis NDVI Time Series Data," Biogeosciences, vol. 8, pp. 3359-3373, 2011.
- [7] B. Li and S. Tao, "Relations between AVHRR NDVI and Ecoclimatic Parameters in China," Int'l J. Remote Sensing, vol. 23, pp. 989-999, 2002.
- [8] A. Lotsch, M.A. Friedl, and B.T. Anderson, "Coupled Vegetation- Precipitation Variability Observed from Satellite and Climate Records," Geophysical Research Letters, vol. 30, pp. 1774-1777, 2003.
- [9] M.J. Kinyanjui, "NDVI-Based Vegetation Monitoring in Mau Forest Complex, Kenya," African J. Ecology, vol. 49, pp. 165-174, 2011.
- [10] X. Song, G. Saito, M. Kodama, and H. Sawada, "Early Detection System of Drought in East Asia Using NDVI from NOAA AVHRR Data," Int'l J. Remote Sensing, vol. 25, pp. 3105-3111, 2004.
- [11] L. Ji and A.J. Peters, "Assessing Vegetation Response to Drought in the Northern Great Plains Using Vegetation and Drought Indices," Remote Sensing of Environment, vol. 87, pp. 85-98, 2003.
- [12] C.J. Tucker, "Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation," Remote Sensing of Environment, vol. 8, pp. 127-150, 1979.
- [13] F.G. Alonso et al., "Drought Monitoring in Spain Using Satellite Remote Sensing," Sensors and Environmental Applications of Remote Sensing, 1995.
- [14] D.C. Edwards, "Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales," Master thesis, Colorado State Univ., 1997.



## Evaluating the ability of NDVI in drought prediction by using support vector machines

Iran is located in arid and semi-arid regions and affects by many droughts every year. Monitoring and forecasting drought may reduce the harm caused by it. The biggest problem for monitoring and forecasting drought in Iran is the lack of long-term meteorological data. In this study, support vector machines (SVM) used to evaluate the ability of the normalized difference vegetation index (NDVI) in drought anticipating by using satellite imagery. Vegetation indices derived from satellite images because of their appropriate spatial and temporal resolution can solve shortage and poor distribution of meteorological stations. SPI (Standardized Precipitation Index) used to indicate the drought. NDVI extracted from NOAA-AVHRR images. This index inputted to SVM model and outputted the corresponding SPI values.

**Key words:** Remote sensing, Drought prediction, SPI, NDVI, SVM.