



## مطالعه تطبیقی شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای و زمینی با استفاده از تکنیک تحلیل بردار تغییر (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

سجاد ابراهیم زاده<sup>۱</sup> - جواد بذرافشان<sup>۲\*</sup> - خلیل قربانی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۳۰

### چکیده

تأثیر خشکسالی می‌تواند به صورت کاهش منابع آب، کاهش تولیدات کشاورزی، تغییر در پوشش گیاهی منطقه و تسریع در بیابان‌زایی مناطق باشد. برای مطالعه و پایش خشکسالی نیاز به کمی‌سازی اثرات آن با استفاده از شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. این شاخص‌ها بر اساس نوع داده‌های در دسترس به دو دسته کلی زمینی و ماهواره‌ای تقسیم می‌شوند. هدف از این مطالعه، مقایسه توان تشخیص و گروه‌بندی تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی بر اثر خشکسالی، بین یک شاخص خشکسالی زمینی (شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI)) و چهار شاخص ماهواره‌ای استخراج شده از تصاویر AVHRR-NOAA (شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص شرایط دمایی (TCI)، شاخص نمایه نسبت پوشش گیاهی (RVI)، شاخص استاندارد شده گیاهی (SVI)) در استان کرمانشاه بود. به این منظور از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر (CVA) به عنوان یکی از الگوریتم‌های مهم تشخیص تغییر استفاده شد. در این روش، تغییر رخ داده در پوشش گیاهی با دو مولفه اندازه تغییر و جهت تغییر نشان داده می‌شود. نتایج حاصل از اجرای CVA بر خروجی حاصل از شاخص‌های خشکسالی در طی فصل رشد (اسفند تا مرداد) در چهار سال‌های منتخب (دو سال نرمال، یک سال تر و یک سال خشک) نشان داد بهترین پاسخ به خشکسالی در سال‌های مورد بررسی (به جز سال ۱۹۹۲) با شاخص SVI بدست می‌آید. کمترین تطابق SPI در سال‌های نرمال و تر با شاخص TCI است. در نهایت پیشنهاد شد برای ارزیابی تأثیر خشکسالی بر پوشش گیاهی به جای شاخص‌های حرارتی از شاخص‌های مبتنی پوشش گیاهی نظیر SVI استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، تحلیل بردار تغییر، SPI، شاخص‌های ماهواره‌ای، سنجنده AVHRR

### مقدمه

به رویش می‌کند (۱۷) که این امر، بسته به شدت تغییرات ناشی از خشکسالی بر پوشش گیاهی، فرآیندی زمان‌گیر است (۷). از دیدگاه سنجش از دور، خشکسالی را می‌توان با تغییرات طیفی ایجاد شده در تصاویر ماهواره‌ای، به دلیل تغییر در شرایط رطوبتی پوشش گیاهی و سطح مورد مطالعه مورد بررسی قرار داد. محققان زیادی از تصاویر ماهواره‌ای برای پایش خشکسالی استفاده کرده‌اند. رحیم‌زاده و همکاران (۱۸) امکان استفاده از شاخص‌های NDVI و VCI مستخرج از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره نوا را برای پایش خشکسالی در شمال غرب ایران بررسی کردند. ایشان بهترین همبستگی بین NDVI و VCI را با بارش سه ماهه (ماه جاری بعلاوه دو ماه قبل) بدست آوردند و در مقایسه با VCI، توافق بهتری بین NDVI و بارش بدست آوردند. طاهرزاده و همکاران (۲) در تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوزه آبریز میناب به این نتیجه رسیدند که شاخص SPI با شاخص NDVI همبستگی مثبت دارد و با افزایش مقادیر SPI مقادیر شاخص

با کمبود بارش و تأثیر دیگر پارامترهای هواشناسی مانند دمای زیاد هوا، وزش باد شدید و کاهش رطوبت نسبی، که سبب تقویت خشکسالی می‌شوند، پوشش سبز گیاهی در یک منطقه کاهش می‌یابد. نقطه پایان هر خشکسالی با هر تداوم خاص (مانند هفته، ماه و سال) و هر مقدار تأثیر بر کاهش رطوبت خاک و پوشش گیاهی، می‌تواند وقوع بارندگی‌های مکفی در منطقه باشد. با پایان یافتن خشکسالی، پوشش گیاهی زوال یافته بر اثر خشکسالی مجدداً شروع

۱- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

۲- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشگاه تهران، کرج، ایران  
(\*- نویسنده مسئول: Email: jbazr@ut.ac.ir)

۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

طیفی مرکب همراه با آنالیز بردار تغییر داده‌های لندست به عنوان یک روش سازگار و کم هزینه برای به دست آوردن اطلاعات در مورد پوشش گیاهی، نوع سطح خاک و شناسایی مناطق در معرض خطر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

در این مطالعه، هدف، مقایسه توان شاخص‌های ماهواره‌ای در تشخیص تغییر رخ داده در پوشش گیاهی بر اثر خشکسالی در استان کرمانشاه با استفاده از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر می‌باشد. به این منظور، تغییر رخ داده به برداری با عنوان بردار تغییر نسبت داده می‌شود که دارای اندازه و جهت است. اندازه بردار بیان کننده شدت تغییر و جهت آن بیان کننده نوع تغییر رخ داده است. این مطالعه، صرفاً به بررسی همبستگی جهت بردار تغییر بین شاخص‌های ماهواره‌ای و زمینی پرداخته است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی، استان کرمانشاه با مساحتی معادل ۴۳۴۲۴ کیلومتر مربع در غرب ایران واقع شده است (شکل ۱) و به سبب موقعیت خاص اقلیمی و بارندگی به موقع و کافی از مناطق شمال غربی تا جنوب شرقی یعنی ارتفاعات اورامانات تا منطقه زردلان و هلیلان، دارای دره‌های پوشیده از جنگل و مراتع می‌باشد. در استان کرمانشاه چهار اقلیم متفاوت قابل تشخیص است: الف) زمستان ملایم و تابستان گرم و خشک که شهرستان‌های قصرشیرین، سرپل ذهاب و دهستان از گله در جنوب غربی جوانرود را شامل می‌شود. ب) زمستان و تابستان خنک که شهرستان‌های پاوه و جوانمرد و بخش کرند از توابع شهرستان اسلام‌آباد غرب را در بر می‌گیرد. ج) اقلیم نیمه‌خشک و استپی خنک که شهرستان‌های سنقر و دهستان پشت دربند از توابع شهرستان کرمانشاه را در بر می‌گیرد. د) اقلیم نیمه خشک و استپی گرم که شهرستان‌های کنگاور، صحنه و هرسین را شامل می‌شود. در یک نگاه می‌توان گفت که استان کرمانشاه از نظر آب و هوایی به دو منطقه گرمسیر (مناطق غربی) و سردسیر (در سایر نواحی) تقسیم می‌شود (۳). بر این اساس، با توجه به تنوع اقلیمی و پوشش گیاهی، این استان به عنوان منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شد.

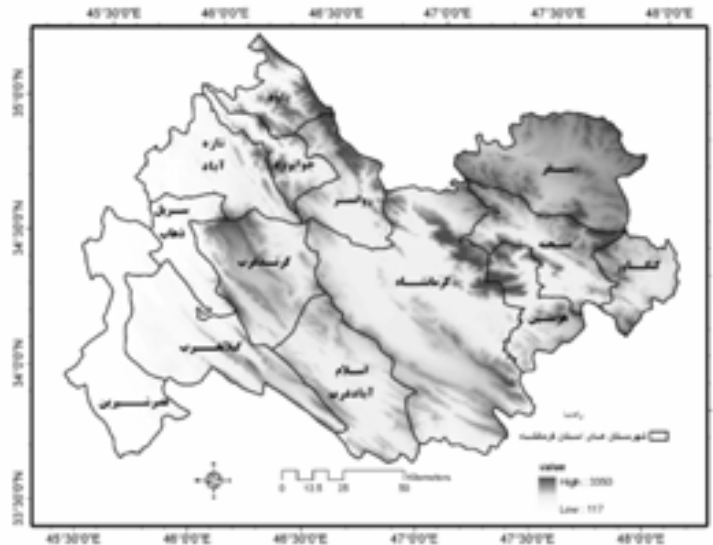
### داده‌های مورد نیاز

در این تحقیق از ایستگاه‌های زمینی شامل ایستگاه‌های سینوپتیک (۵ ایستگاه)، اقلیم شناسی (۶ ایستگاه)، باران سنجی و تخیخ سنجی (۱۵ ایستگاه) متعلق به سازمان هواشناسی کشور و شرکت مدیریت منابع آب وابسته به وزارت نیرو که تا سال ۱۳۸۹ بیش از ۲۰ سال آمار بارش ماهانه داشتند برای محاسبه شاخص بارش استاندارد (SPI) استفاده شد.

NDVI نیز افزایش نشان می‌دهد. میزان همبستگی بین دو شاخص مذکور در فصول کم باران کمتر و پس از شروع بارش‌ها و دوره شروع رویش گیاهی مقادیر همبستگی فضایی افزایش می‌یابد. همبستگی قابل قبولی بین شاخص LST و شاخص SPI مشخص نشد و در تمامی مواردی که همبستگی محاسبه شد مشخص شد که همبستگی منفی است و حداکثر مقدار همبستگی برابر با -0.39 بود.

در زمینه استفاده از روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر (که یکی از روش‌های تشخیص تغییر می‌باشد) برای پایش خشکسالی و یا تغییرات پوشش گیاهی مطالعات زیادی انجام شده است. هدف از فرآیند تشخیص تغییر با استفاده از سنجش از دور، اندازه گیری تاثیر جمعیتی تغییر حاصل از خشکسالی بر پوشش گیاهی در طی زمان می‌باشد. تونگ‌سی و همکاران (۱۸)، تغییرات پوشش زمین را با استفاده از روش آنالیز بردار تغییر (CVA) در ویتنام مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه از تصاویر ET+ لندست استفاده کردند. شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه عبارت بودند از: شاخص نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) که ارتباط بین مقادیر کلروفیل در برگ‌ها را با طول موج قرمز نزدیک و مادون قرمز نشان می‌دهد و شاخص خاک لخت (BI) که برای تشخیص زمین‌های کشاورزی و غیر کشاورزی محاسبه می‌شود. نتایج این مطالعه نشان داد که روش CVA با استفاده از شاخص‌های NDVI و BI بر مبنای تصاویر ET+ لندست در مطالعه زمین‌های کشاورزی مناسب است. کوزرا و روگان (۹) از روش آنالیز بردار تغییر برای نظارت بر بازسازی پوشش گیاهی و جنگل‌زدایی در واشنگتن استفاده کردند. در این مطالعه، از شاخص‌های روشی و سرسبزی استفاده شد که نتایج حاصله نشان دهنده بازسازی پوشش گیاهی در سال‌های ۱۹۸۶ تا ۱۹۹۶ بوده است. بیکر و لاورنس (۴) از روش آنالیز بردار تغییر به منظور تشخیص تغییر اکوسیستم تالاب در دره گاتالین در جنوب غربی مونتانا در دوره ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱ استفاده کردند. در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست استفاده شد. بر طبق نتایج حاصله دقت تشخیص تغییر نزدیک به ۷۶ درصد بود که نشان داد CVA روش مناسبی برای مطالعه تغییر اکوسیستم بوده است.

لامبین و استرالر (۱۱) با استفاده از روش آنالیز بردار تغییر (CVA) در فضای چند بعدی، به شناسایی و دسته‌بندی فرآیند تغییر پوشش زمین با استفاده از تصاویر سنجنده AVHRR ماهواره NOAA9 و NOAA11 در منطقه غرب آفریقا پرداختند. نتایج آنالیز بردار ۴ دسته عمده اندازه تغییر را نشان داد. همچنین تغییرات سطح آب ذخیره ای نیز در این مطالعه تشخیص داده شد. داوولیت و موراری (۶) از روش آنالیز طیفی ترکیبی و آنالیز برداری تغییر برای پایش تخریب پوشش زمین در منطقه ماوانا در سودان استفاده کردند. در این مطالعه از تصاویر لندست که در سال‌های ۱۹۸۷، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۸ تهیه شده بود استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد استفاده از آنالیز



شکل ۱- مدل رقومی ارتفاعی استان کرمانشاه و موقعیت جغرافیایی شهرستان‌های آن

شاخص NDVI محاسبه می‌شوند. نمایه شرایط دمایی (TCI) فقط از یک سری LST روزانه بدست آمده از سنجنده محاسبه می‌شود که در آن از میانگین دمای درخشندگی در مقیاس زمانی مورد مطالعه (بطور مثال ماهانه) و دمای درخشندگی حداکثر و حداقل در یک دوره چند ساله برای هر پیکسل در مقیاس زمانی مورد نظر استفاده شده است. مقدار عددی این نمایه بین صفر و یک متغیر است. مقادیر نزدیک به صفر این نمایه نشان دهنده وجود دمای بالا طی دوره مورد نظر می‌باشد. دماهای بالا در اواسط فصل رویش معرف شرایط نامطلوب خشکسالی و دماهای پایین معرف شرایط مطلوب می‌باشند (۱۹).

شاخص زمینی مرجع برای تصاویر ماهواره‌ای، شاخص بارندگی استاندارد (SPI) بود که بر مبنای آمار ایستگاههای زمینی محاسبه گردید. نمایه SPI توسط مک کی و همکاران (۱۴) بر اساس اختلاف بین مقادیر بارش و میانگین بارش برای یک بازه زمانی مشخص و تقسیم این مقدار بر انحراف معیار بارش پیشنهاد شد. اساس نمایه بارش استاندارد بر محاسبات احتمالات وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است. این نمایه صرفاً از داده‌های بارندگی ماهانه استفاده می‌کند و برای تشخیص کمبود میزان بارندگی در مقیاس‌های زمانی چندگانه (۳، ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماه) طراحی شده است. محاسبه SPI شامل برآزش تابع چگالی احتمال مناسب (در اینجا، توزیع گاما) بر توزیع فراوانی بارندگی کل برای یک ایستگاه معین می‌باشد. سپس، پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  مربوط به تابع چگالی احتمال گاما برای هر ایستگاه، هر مقیاس زمانی (۳، ۱۲، ۲۴، ۴۸، و غیره) و برای هر ماه سال برآورد می‌شوند. در مرحله بعد، از پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  برای بدست آوردن تابع احتمال تجمعی بارندگی برای ماه مورد نظر و مقیاس

برای پایش ماهواره‌ای خشکسالی، تصاویر موجود در آرشیو ماهواره‌های نوآ ۱۱ تا نوآ ۱۸ طی سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۷ بررسی و سعی شد تا به تعداد سه تا چهار تصویر از بهترین تصاویر موجود در هر ماه، که از کمترین پوشش ابری برخوردار بودند و منطقه مورد مطالعه در اطراف خط نادیر تصویر (مرکز تصویر) قرار داشت، انتخاب شوند. براین اساس تعداد ۷۳۸ تصویر انتخاب گردید. از بین تصاویر انتخاب شده حدود ۴۰ درصد آنها قبل از ظهر و ۶۰ درصد آنها بعدازظهر برداشت شده بود. کالیبراسیون تصاویر، تصحیح هندسی، تصحیح اتمسفری و تشخیص پیکسل‌های ابر و برف پیش پردازش‌هایی بود که بر روی تمام تصاویر انجام شد. تمام این فرآیندها با استفاده از نرم افزارهای ENVI 4/4 و IDRISI به انجام رسید.

#### انتخاب دوره رشد و پایش خشکسالی

بررسی تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که دوره غالب رشد پوشش سبز گیاهی در استان کرمانشاه از ابتدای اسفند تا پایان مرداد می‌باشد. برای تعیین تغییر در پوشش گیاهی و مقایسه تصاویر همگام با رشد پوشش، طول دوره رشد (اسفند تا مرداد) به سه زیر بخش دو ماهه تقسیم شد: دوره آغازی (اسفند و فروردین)، دوره میانی (اردیبهشت و خرداد) و دوره پایانی (تیر و مرداد).

در این تحقیق، چهار شاخص ماهواره‌ای طبق جدول ۱ و یک شاخص زمینی برای تمام طول دوره رشد محاسبه و با یکدیگر مقایسه شدند. با توجه به جدول ۱، شاخص‌های NDVI و RVI بر مبنای بازتاب فروسرخ نزدیک و بازتاب قرمز و شاخص SVI از روی

وجود دارد که می‌توان آن‌ها را در شش گروه کلی تقسیم کرد (۱۲):  
 ۱- تغییرات جبری (تفاضل تصویر، رگرسیون تصویر، نسبت‌گیری تصویر، تفاوت شاخص‌های گیاهی، تجزیه و تحلیل بردار تغییر)، ۲- تبدیل (تجزیه و تحلیل مولفه اصلی (PCA)، روش تغییر شکل کاس-توماس (KT)، روش تغییر شکل گرام-اشمیت (GS))، ۳- طبقه‌بندی (تجزیه و تحلیل ترکیب طیفی و زمانی، الگوریتم تشخیص EM، تشخیص تغییر نظارت نشده، تشخیص تغییر هیبرید، شبکه عصبی مصنوعی)، ۴- مدل‌های پیشرفته (مدل ترکیب طیفی)، ۵- روش‌های GIS (رهیافت GIS)، ۶- تجزیه و تحلیل بصری (تفسیر بصری). کلیه این روش‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. به عنوان مثال، از مزایای روش تفاضل تصویر سادگی استفاده و تجزیه و تحلیل نتایج و از معایب آن عدم امکان تحلیل جزئیات تغییر و نیاز به مشخص کردن آستانه را نام برد. ویا روش رگرسیون تصویر این قابلیت را دارد که اثر اتمسفر، سنجنده و محیط را کاهش می‌دهد اما برای اجرای آن نیاز به بدست آوردن معادله رگرسیون مناسب می‌باشد. روش نسبت‌گیری تصویر اثر زاویه خورشید و توپوگرافی را تعدیل می‌کند اما توزیع غیرنرمالی را از نتایج بدست می‌دهد (۱۲).

تجزیه و تحلیل بردار تغییر، یک الگوریتم قدرتمند تشخیص تغییر است (۵) و می‌توان از آن برای تشخیص تغییر رخ داده در نتیجه خشکسالی در پوشش گیاهی در تجزیه و تحلیل سری زمانی بلند مدت داده‌ها استفاده کرد. اگرچه این تکنیک برای داده‌های دو باند طیفی لندست توسعه داده شده است (۸) اما برای هر تعداد باند طیفی ویا هر تعداد داده زمانی قابل اجراست. درجه و مدت خشکسالی با نسبت دادن آن‌ها به تغییرات اندازه و جهت بردار پوشش گیاهی در طول دوره قابل تشخیص است (۱۰). روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر، با توجه به داشتن دو مولفه جهت و اندازه، و خلاصه سازی داده‌های سری‌های زمانی، نسبت به سایر روش‌های تشخیص تغییر مناسب‌تر است. در این روش، که در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت، مراحل زیر دنبال می‌شود:

الف: با توجه به ارزش عددی پیکسل‌های هر شاخص، یعنی  $I$ ، در یک سال معین، یعنی  $y$ ، یک بردار زمانی  $(V_{I,y})$ ، برای هر پیکسل خواهیم داشت:

$$V_{I,y} = [I_{t1} \quad I_{t2} \quad \dots \quad I_{tn}]^T \quad (1)$$

که در آن،  $t$  زمان و بین  $t_1$  تا  $t_n$  تغییر می‌کند.  $n$  تعداد ماه‌های مورد مطالعه که در این تحقیق برابر با تعداد ماه‌های دوره رشد گیاهی (اسفند تا مرداد) می‌باشد.

ب: تعیین اختلاف بین بردار زمانی  $(VI,y)$  و بردار سال مرجع (که با اندیس REF مشخص می‌شود) و اصطلاحاً بردار تغییر زمانی نامیده می‌شود و به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$C_{I,y} = V_{I,REF} - V_{I,y} \quad (2)$$

زمانی معین در ایستگاه تحت بررسی استفاده می‌شود. پس از محاسبه تابع تجمعی کل، تغییر شکل هم احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد  $Z$  (یا SPI) با میانگین صفر و واریانس یک صورت می‌گیرد (۱). از آنجا که شاخص SPI تنها به داده‌های بارندگی نیاز دارد و این داده‌ها به سهولت در دسترس بودند از این شاخص به عنوان تنها شاخص زمینی استفاده شد. در این مطالعه برای ایجاد نقشه‌های مربوط به شاخص SPI، این شاخص در مقیاس ماهانه محاسبه و سپس در محیط نرم افزار ARCGIS، در بین روش‌های مربوط به درون‌یابی از روش IDW برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شده شاخص SPI استفاده شد.

### جدول ۱- شاخص‌های ماهواره‌ای خشکسالی و فرمول محاسبه آن‌ها

شاخص ماهواره‌ای	فرمول محاسبه شاخص
NDVI	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R}$
TCI	$TCI = \frac{BT_{max} - BT_i}{BT_{max} - BT_{min}}$
SVI	$SVI_{ijk} = \frac{(NDVI_{ijk} - \overline{NDVI_{ij}})}{\sigma NDVI_{ij}}$
RVI	$RVI = \frac{\rho_{NIR}}{\rho_R}$

$\rho_{NIR}$ : بازتاب فروسرخ نزدیک و  $\rho_R$ : بازتاب قرمز؛  $\sigma NDVI_{ij}$ ، مقدار انحراف‌معیار NDVI در یک دوره چندساله در ماه  $j$  و برای هر پیکسل؛  $\overline{NDVI_{ij}}$  میانگین چندساله شاخص NDVI در ماه  $j$  برای پیکسل  $i$  می‌باشد و  $NDVI_{ijk}$  مقدار شاخص NDVI در سال  $k$  و ماه  $j$  برای پیکسل  $i$ ، میانگین دمای درخشندگی در مقیاس زمانی مورد مطالعه (بطور مثال ماهانه) و  $BT_{max}$  و  $BT_{min}$  به ترتیب دمای درخشندگی حداکثر و حداقل در یک دوره چند ساله برای هر پیکسل در مقیاس زمانی مورد نظر می‌باشد.

### تشخیص تغییر در پوشش گیاهی با استفاده از آنالیز بردار تغییر

اگرچه تکنیک‌های مختلفی برای تشخیص تغییر با استفاده از داده‌های سنجش از دور معرفی و در مطالعات متعددی به کار برده شده است (۱۳ و ۱۹)، اما انتخاب مناسب‌ترین روش برای مطالعه تغییر حاصل شده از خشکسالی در پوشش گیاهی، کار دشواری است زیرا ممکن است انواع مختلفی از تغییر به دلیل خشکسالی بطور همزمان رخ دهند و به روش‌های مختلفی تفسیر شوند. به طور کلی حدود ۲۲ روش برای تشخیص تغییر در استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

اختلاف باشد به عنوان پیکسلی که در آن تغییر رخ نداده است، و هر پیکسلی که این شرط را نداشته باشد به عنوان پیکسلی که در آن تغییر رخ داده است در نظر گرفته می‌شود. در این مطالعه نیز چنین معیاری به عنوان آستانه برای تمام پیکسل‌های تصویر در نظر گرفته شد. در اینجا فرض شده است که مقادیر بالاتر از این آستانه  $(\mu + \sigma)$  به علت شرایط خشکسالی شدید هستند.

### پایش خشکسالی و آنالیز بردار تغییر

ابتدا چهار سال به عنوان نماینده به منظور ارزیابی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل بردار تغییر انتخاب شدند که عبارت بودند از سال ۱۹۹۲ به عنوان سال تر، ۱۹۹۳ به عنوان سال نرمال، ۱۹۹۹ به عنوان سال خشک و ۲۰۰۱ به عنوان سال نرمال. علت انتخاب دو سال نرمال آن بود که سال نرمال اول پس از یک دوره ترسالی و سال نرمال دوم پس از یک دوره خشکسالی اتفاق افتاده است. این مساله ممکن است روی نتایج بدست آمده بسته به نوع نرمال شدن یک سال تاثیر بگذارد. انتخاب این سال‌های خشک و تر با توجه به اختلاف مجموع بارندگی طول فصل رشد از میانگین چندساله آن می‌باشد (شکل ۲). میانگین منطقه‌ای شاخص بارندگی استاندارد شده برای طول دوره رشد محاسبه و تغییرات آن در چهار سال مورد مطالعه بررسی شد (شکل ۳). سپس، برای هر یک از سال‌های منتخب و برای هر یک از زیربخش‌ها، شاخص‌های مورد مطالعه محاسبه شد. در مرحله بعد، اندازه بردار تغییر با توجه به فرمول ۳ محاسبه شد. پس از ایجاد نقشه‌های اندازه تغییر و مشخص کردن پیکسل‌های واجد تغییر، نقشه‌های مربوط به جهت تغییرات برای هر ماه دوره فصل رشد و هر چهار سال مورد مطالعه، ایجاد شدند. در نهایت با کسر نقشه هر ماه از نقشه مرجع ماه مورد نظر و مقایسه مقدار این اختلاف با مقدار اختلاف ماه قبل، با توجه به فرمول شماره ۴ پیکسل‌ها کدگذاری شدند. با توجه به جهت بردار تغییر در هر یک از زیربخش‌های دوره رشد گیاهی، گروه‌هایی از ۱ تا ۸ (که از این به بعد به عنوان گروه‌های خشکسالی شناخته می‌شوند) کدبندی شدند که در جدول ۲ مشاهده می‌شود. این گروه‌ها شامل ۱- عدم خشکسالی یا شرایط مطلوب ۲- خشکسالی در دوره پایانی (تیر و مرداد) ۳- خشکسالی در دوره میانی (اردیبهشت و خرداد) ۴- خشکسالی در دوره میانی و پایانی (اردیبهشت تا مرداد) ۵- خشکسالی در دوره آغازین (اسفند و فروردین) ۶- خشکسالی در دوره آغازین و پایانی (اسفند و فروردین و تیر و مرداد) ۷- خشکسالی در دوره آغازین و میانی (اسفند تا خرداد) و ۸- خشکسالی در تمام طول دوره رشد (اسفند تا مرداد) می‌باشند.

ج: تعیین مولفه‌های بردار تغییر زمانی پوشش گیاهی: بردار تغییر زمانی دارای دو مولفه اندازه و جهت است. قدر مطلق اندازه این بردار برای شاخص  $I$ ، یعنی  $|C_{I,y}|$ ، شدت تغییر در پوشش گیاهی را که می‌تواند ناشی از خشکسالی باشد، نشان می‌دهد. اندازه بردار تغییر زمانی به صورت فاصله اقلیدسی بین مقدار شاخص برای سال مورد نظر و سال مرجع بیان می‌شود:

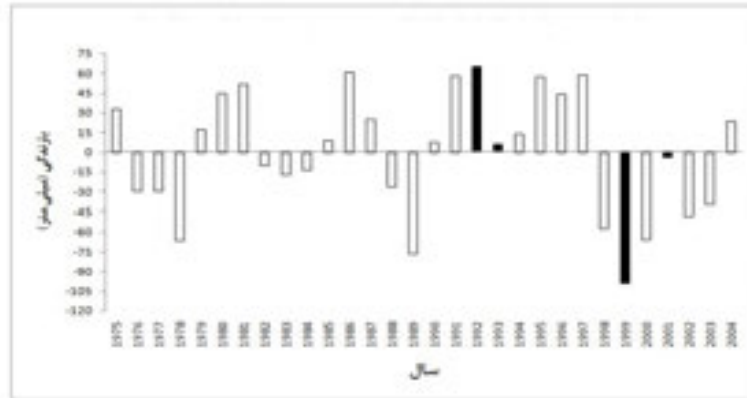
$$|C_{I,y}| = \sqrt{\sum_{t=1}^n (I_{REF} - I_y)_t^2} \quad (3)$$

مولفه جهت بردار تغییر زمانی،  $S_{I,y}$ ، برای هر مقدار شاخص  $I$ ، با مقایسه تفاوت شاخص (برای ماه و سال مورد نظر از مقدار شاخص در تصویر مرجع) بین زمان  $t_n$  و  $t_{n+1}$  به صورت زیر علامت‌گذاری می‌شود:

$$S_{I,y} = \pm[(I_{REF} - I_y)_{t_{n+1}} \text{ between } (I_{REF} - I_y)_{t_n}] \quad (4)$$

که در آن،  $S_{I,y}$  نوع تغییر در پوشش گیاهی را نشان می‌دهد و می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

الگوریتم تجزیه و تحلیل بردار تغییر (CVA) برای ۵ شاخص مورد مطالعه به صورت گام به گام در نرم افزار Idrisi اجرا شد. نتیجه اعمال این الگوریتم بر روی هر تصویر شاخص خشکسالی، دو تصویر است: یکی، تصویر اندازه تغییر (یعنی، شدت خشکسالی) و دیگری، تصویر جهت تغییر (یعنی، وضعیت خشکسالی). منظور از وضعیت خشکسالی در اینجا این است که اگر فرضاً اختلاف نقشه شاخص در ماه  $i$  از نقشه مرجع همان ماه کمتر از این اختلاف در ماه  $i+1$  باشد، علامت مثبت خواهد بود و این یعنی تغییرات به سمت سخت تر شدن خشکسالی پیش می‌رود. در روش تجزیه و تحلیل بردار تغییر، دو نکته مهم می‌بایست در نظر گرفته شود: (۱) تهیه تصویر مرجع که به عنوان مرجعی برای مقایسه داده‌های خروجی مربوط به بردار تغییر می‌باشد (۴). تصویر مرجع (که می‌تواند برای مثال، میانگین بلند مدت یا میانه باشد) مشخص کننده شرایط عادی است و امکان مقایسه سال‌های مختلف را با یکدیگر فراهم می‌کند (۱۱). در مطالعه حاضر، میانگین چندین ساله هر یک از ماه‌های دوره رشد برای هر شاخص، به عنوان تصویر مرجع در نظر گرفته شده است ( $V_{I,REF}$ ). (۲) تصمیم‌گیری در مورد آستانه‌های مشخص کننده وجود تغییر و عدم وجود تغییر در تصویر اختلاف: یعنی اینکه در تصویر حاصل از اختلاف تصویر شاخص مورد نظر در سال مورد نظر از تصویر مرجع مربوط به آن شاخص، کدام پیکسل به عنوان وجود تغییر و کدام پیکسل به عنوان عدم وجود تغییر در نظر گرفته شود. این آستانه‌ها معمولاً به اندازه یک انحراف معیار بالاتر از میانگین هیستوگرام تصویر اختلاف در نظر گرفته می‌شود (۱۳ و ۲۰) یعنی هر پیکسلی که در آن میزان اختلاف کمتر از یک انحراف معیار از میانگین هیستوگرام تصویر



شکل ۲- اختلاف مجموع بارندگی فصل رشد از نرمال چندساله آن در کل منطقه تحت بررسی (میله‌های مشکی سالهای منتخب را نشان می‌دهند).



شکل ۳- تغییرات شاخص SPI در طول دوره رشد برای چهار سال مورد مطالعه

جدول ۲- کدبندی و تعریف گروه‌های مختلف خشکسالی

راستای بردار تغییر شاخص‌ها در زیر بخش‌های دوره رشد گیاهی

توضیح کدها	دوره پایانی (تیر و مرداد)	دوره میانی (اردیبهشت و خرداد)	دوره آغازین (اسفند و فروردین)	گروه‌های خشکسالی (کد روی نقشه)
شرایط مطلوب	-	-	-	۱
خشکسالی در دوره پایانی	+	-	-	۲
خشکسالی در دوره میانی	-	+	-	۳
خشکسالی در دوره میانی و پایانی	+	+	-	۴
خشکسالی در دوره آغازین	-	-	+	۵
خشکسالی در دوره آغازین و پایانی	+	-	+	۶
خشکسالی در دوره آغازین و میانی	-	+	+	۷
خشکسالی در تمام دوره رشد گیاهی	+	+	+	۸

توضیح: علامت + به معنی رخداد تغییر و علامت - تغییر نشانگر عدم وقوع تغییر است.

نتایج و بحث

است و تنها در دو ماه تیر و مرداد تا شرایط خشکسالی متوسط و شدید پیش رفته است. در دو سال نرمال نیز (سال‌های ۱۹۹۳ و ۲۰۰۱) مقدار شاخص در بیشتر طول دوره رشد در شرایط عدم خشکسالی یا

همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در سال تر (سال ۱۹۹۲)، مقدار شاخص در چهار ماه اول دوره رشد در شرایط عدم خشکسالی

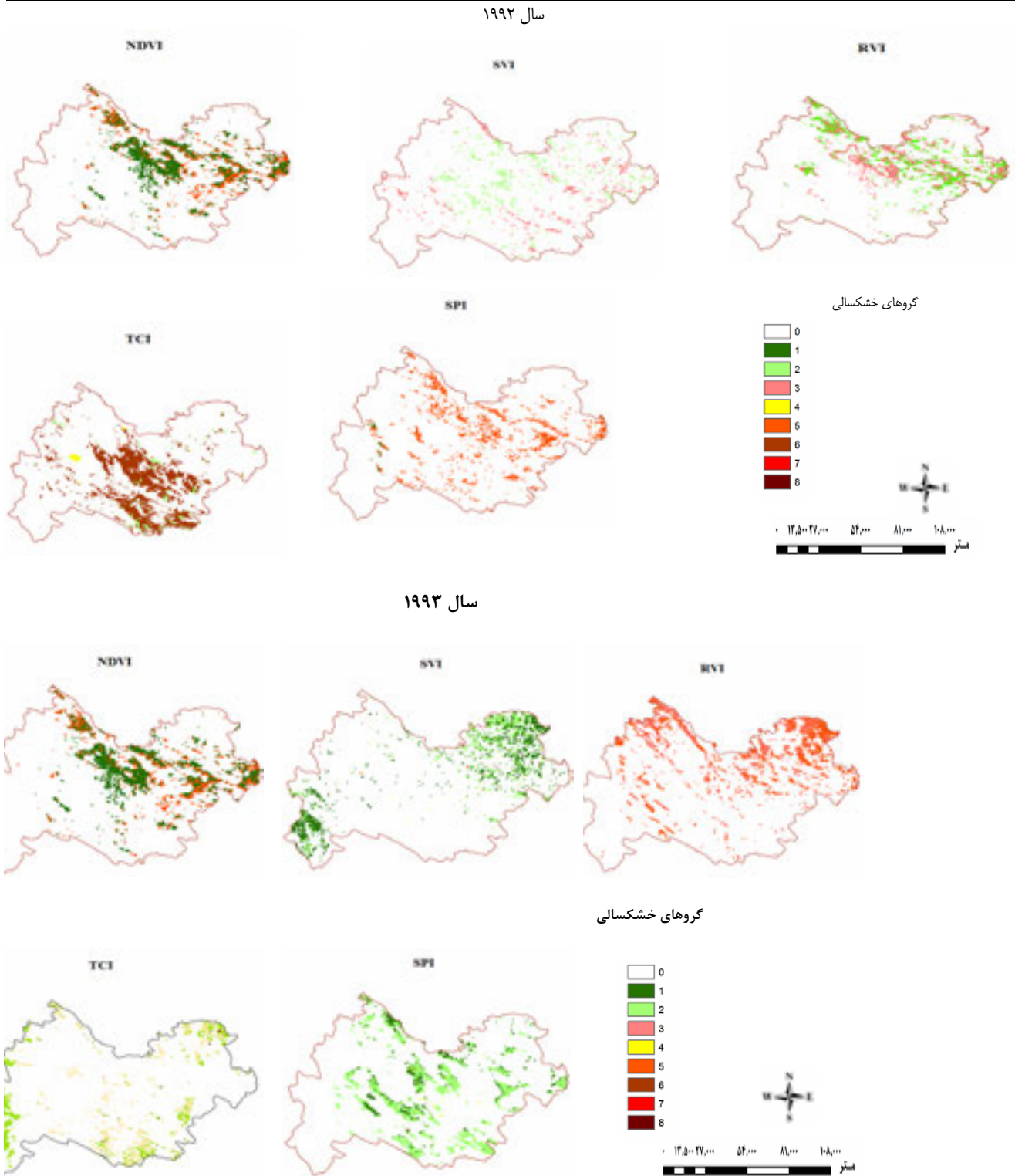
## مقایسه شاخص‌های ماهواره‌ای و زمینی

به منظور ارزیابی تطابق شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص زمینی مبتنی بر داده‌های بارندگی در سال‌های مورد مطالعه، شباهت نقشه SPI با نقشه‌های شاخص‌ها ماهواره‌ای از دو جنبه، یکی وقوع/عدم وقوع تنش خشکسالی و دیگری کدهای ۸ گانه تغییر مورد بررسی قرار گرفت که نتایج محاسبات به ترتیب در جدول ۳ و جدول ۴ آورده شده است. بر طبق جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که درصد فراوانی پیکسل‌هایی که SPI با شاخص‌های ماهواره‌ای در سال‌های مختلف بر عدم وقوع تغییر در پوشش گیاهی اتفاق نظر دارند بسیار زیاد و بیش از ۸۰ درصد است. از نظر تطابق در گزارش وقوع تغییر در پوشش گیاهی نتایج متفاوتی بدست آمد. در سال تر ۱۹۹۲ بیشترین درصد انطباق مربوط به شاخص SPI با TCI (با مقداری معادل در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. در سال بسیار خشک ۱۹۹۹ بیشترین درصد انطباق بین SPI و NDVI (با مقداری معادل ۳۷/۹۲ درصد) بدست آمد و شاخص‌های SVI، TCI و SVI در مراتب بعدی قرار می‌گیرند. نتایج در مورد سال‌های نرمال ۱۹۹۳ و ۲۰۰۱ متفاوت است. گرچه در هر دو سال نرمال بیشترین درصد انطباق بین SPI و NDVI بدست آمد اما بزرگی انطباق در سال ۲۰۰۱ (۶۰ درصد) بیشتر از سال ۱۹۹۳ (۲۴/۹۵ درصد) بود. ذکر این نکته لازم است که درصد طبقه‌بندی نادرست در شرایطی که SPI وقوع تغییر و نقشه‌های ماهواره‌ای عدم وقوع تغییر را پیش‌بینی کرده‌اند، بسیار بزرگتر از حالت معکوس آن (SPI دال بر عدم وقوع و سایر شاخص‌ها دال بر وقوع تغییر) است، به طوری که درصد فراوانی طبقه‌بندی نادرست در مورد شاخص SVI (طی سال نرمال ۱۹۹۳) به ۹۵ درصد می‌رسد.

جدول ۴ درصد شباهت کدبندی‌های نقشه SPI با نقشه‌های شاخص‌های ماهواره‌ای در پیکسل‌های دارای تغییر را در سال‌های منتخب نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور ملاحظه می‌شود که در سال تر ۱۹۹۲، SPI صرفاً در ۳۹/۵۵ درصد پیکسل‌های تغییر با NDVI کد یکسانی را گزارش کرده است و درصد شباهت کدهای هشت‌گانه آن با سایر شاخص‌های ماهواره‌ای صفر است. در سال بسیار خشک ۱۹۹۹، SPI انطباق بسیار بالایی را با شاخص SVI (با مقدار ۶۸/۳۹ درصد) نشان می‌دهد و کمترین شباهت کدبندی را با RVI و NDVI داشته است. در سال نرمال ۱۹۹۳ و ۲۰۰۱ بالاترین درصد شباهت کدبندی بین SPI و SVI به ترتیب معادل ۳۱/۲۹ و ۷۲/۴۰ درصد وجود داشته است.

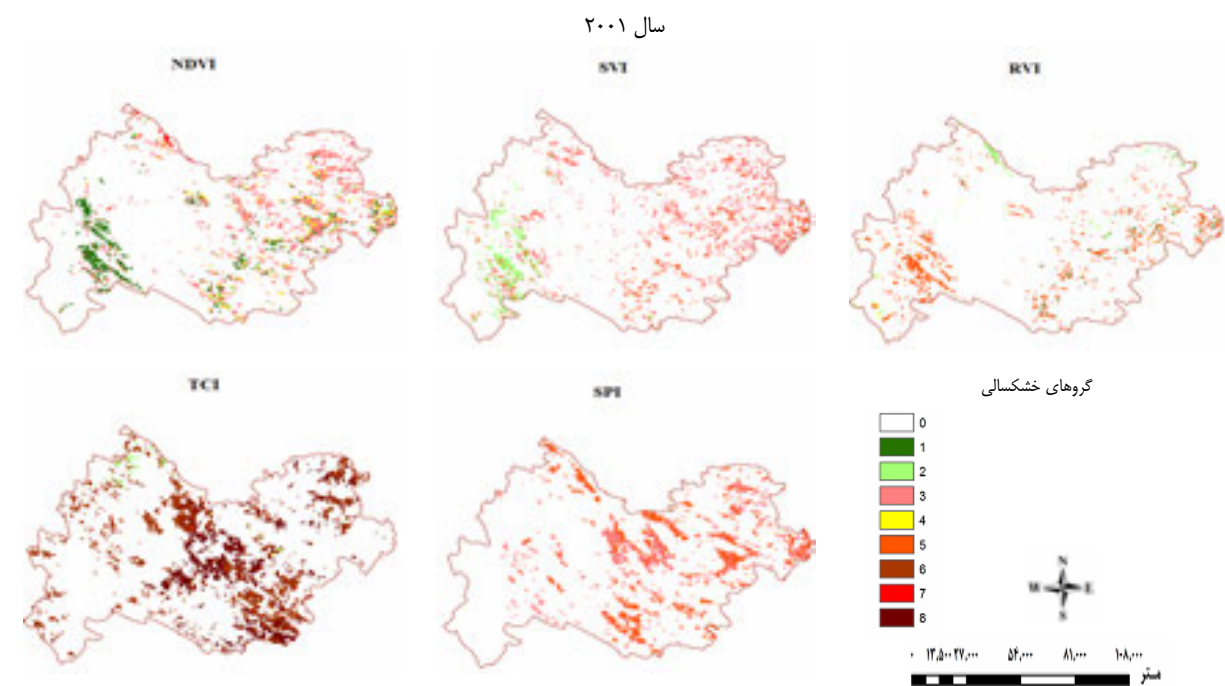
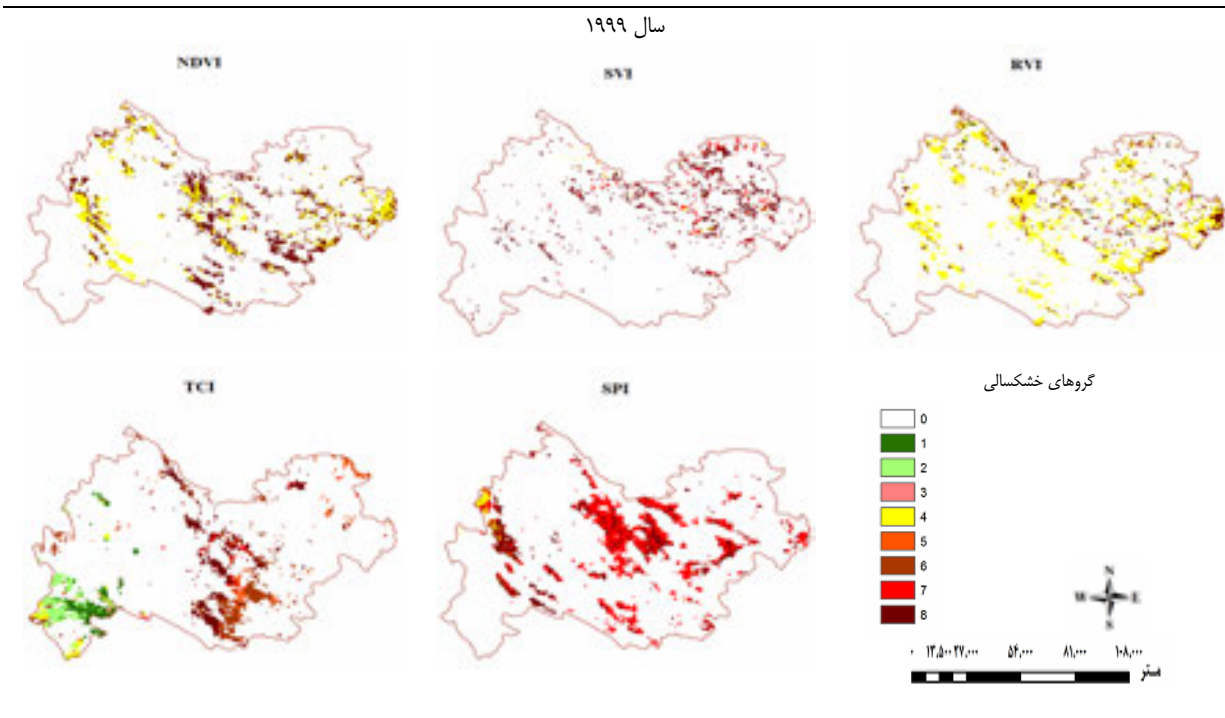
خشکسالی خفیف قرار دارد و تنها در اواخر دوره شرایط خشکسالی شدید مشاهده می‌شود. اما در سال ۱۹۹۹، به عنوان سال خشک، در بیشتر ماه‌های دوره رشد مقادیر شاخص در شرایط خشکسالی متوسط و شدید قرار دارد و در اواخر دوره این مقدار به حداکثر خود می‌رسد. پس از اجرای الگوریتم بردار تغییر، به منظور مقایسه شباهت مکانی شاخص‌های خشکسالی در طول فصل رشد، نقشه گروه‌های رخداد خشکسالی، برای هر شاخص در هر ۴ سال مورد مطالعه محاسبه و تولید شد. این نقشه‌ها برای هر شاخص، گستردگی خشکسالی و گروه خشکسالی را در طول دوره رشد گیاهی در یک سال معین نشان می‌دهند. نقشه‌های مذکور برای تمام شاخص‌ها بر اساس ترکیب تصاویر اندازه تغییر و جهت تغییر، ایجاد شدند. به این صورت که پیکسل‌هایی که مقادیر آن‌ها در تصویر اندازه تغییر بالاتر از آستانه مورد نظر بودند جدا شده و با توجه به گروه‌های خشکسالی کد گذاری شدند. این نقشه‌ها در شکل‌های ۳ و ۴ آورده شده‌اند. در هر نقشه، پیکسل‌های سفید رنگ که دارای کد صفر می‌باشند، نقاطی هستند که شاخص مورد نظر، آن‌ها را به عنوان عدم تغییر تشخیص داده است. سایر پیکسل‌ها نیز با توجه به گروه‌بندی‌های معرفی شده در جدول ۲ کدبندی و رنگ شده‌اند.

با توجه به شکل‌های ۴ و ۵ چنین استنباط می‌شود که: الف) در سال تر ۱۹۹۲ مشخص شد که شاخص‌های SVI و RVI بر وقوع تنش خشکسالی در دوره میانی یا پایانی رشد تاکید دارند. شاخص NDVI علاوه بر نمایش وقوع تنش خشکسالی در هر یک از دوره‌ها به طور مجزا، در برخی پیکسل‌ها وقوع تنش را در هر دو دوره میانی و پایانی گزارش کرده است. بر مبنای شاخص TCI اکثر پیکسل‌ها ظهور تنش را در هر سه دوره آغازین، میانی و انتهایی نشان داده‌اند. شاخص SPI به طور کلی بر ظهور خشکسالی در دوره‌های ابتدایی و میانی رشد تاکید دارد. ب) در سال نرمال ۱۹۹۳ (پس از یک سال تر) شاخص SPI و SVI وقوع تنش خشکسالی در دوره میانی یا پایانی را نشان می‌دهند. پیکسل‌های شاخص TCI به جز در مراحل ابتدایی، در سایر مراحل رشد (حتی در هر دو دوره رشد میانی و پایانی به طور همزمان) وقوع تنش را نشان می‌دهند. بر مبنای شاخص RVI تنش صرفاً در دوره آغازین رشد اتفاق افتاده است. مقایسه نقشه‌های بدست آمده در سال نرمال ۱۹۹۳ با نقشه‌های متناظر در سال نرمال ۲۰۰۱ (سال پس از یک دوره خشکسالی) نشان می‌دهد شرایط در سال اخیر بدتر از سال ۱۹۹۳ است و این به دلیل آن است که پوشش گیاهی پس از خشکسالی سه ساله ۱۹۹۸-۲۰۰۰ هنوز به طور کامل احیاء نشده است. ج) در سال خشک ۱۹۹۹ (بدترین سال خشک در سده بیستم) همه شاخص‌ها در برخی از پیکسل‌ها به وقوع تنش در هر سه دوره رشد آغازین، میانی و پایانی اذعان داشته‌اند.



شکل ۴- نقشه گروه‌های رخداد خشکسالی در سال ۱۹۹۲ (سال تر) و سال ۱۹۹۳ (سال نرمال)





شکل ۵- نقشه گروه‌های رخداد خشکسالی در سال ۱۹۹۹ (سال خشک) و سال ۲۰۰۱ (سال نرمال)

جدول ۳- درصد توافق شاخص SPI با شاخص‌های ماهواره‌ای از نظر تغییر یا عدم تغییر در پوشش گیاهی در سال‌های منتخب

سال	TCI		SVI		RVI		NDVI		وضعیت
	تغییر	عدم تغییر	تغییر	عدم تغییر	تغییر	عدم تغییر	تغییر	عدم تغییر	
۱۹۹۲	۱۷,۵۶	۸۲,۴۳	۶,۸۷	۹۳,۱۲	۱۲,۵۲	۸۷,۴۷	۱۲,۴۶	۸۷,۵۳	عدم تغییر
	۵۴,۱۵	۴۵,۸۴	۴,۱۶	۹۵,۸۳	۳۲,۷۹	۶۷,۲۰	۳۷,۳۲	۶۲,۶۷	تغییر
۱۹۹۳	۱۴,۶۸	۸۵,۳۱	۱۲,۵۳	۸۷,۴۶	۱۳,۰۳	۸۶,۹۶	۱۲,۷۲	۸۷,۲۷	عدم تغییر
	۱۳,۹۹	۸۶,۰۷	۴,۴۰	۹۵,۵۹	۲۱,۲۵	۷۸,۷۴	۲۴,۹۵	۷۵,۰۴	تغییر
۱۹۹۹	۱۲,۹۸	۸۷,۰۱	۶,۱۶	۹۳,۸۳	۱۱,۸۱	۸۸,۱۸	۹,۹۱	۹۰,۰۸	عدم تغییر
	۱۷,۵۴	۸۲,۴۵	۵,۷۴	۹۴,۲۵	۳۱,۵۴	۶۸,۴۵	۳۷,۹۲	۶۲,۰۷	تغییر
۲۰۰۱	۱۸,۴۸	۸۱,۵۱	۸,۶۹	۹۱,۳۰	۴,۰۳	۹۵,۹۶	۶,۷۹	۹۳,۲۰	عدم تغییر
	۱۶,۲۷	۸۳,۷۲	۲۶,۷۲	۷۳,۲۷	۱۸,۰۷	۸۱,۹۲	۶۰,۰۲	۳۹,۹۷	تغییر

جدول ۴- درصد شباهت کدهای نقشه شاخص SPI با کدهای هر یک از نقشه‌های شاخص‌های ماهواره‌ای در پیکسل‌های وقوع تغییر در سال‌های منتخب

سال	TCI	SVI	RVI	NDVI
۱۹۹۲	۰	۰	۰	۳۹,۵۵
۱۹۹۳	۲,۶۴	۳۱,۲۹	۰,۱۵	۱۴,۴۲
۱۹۹۹	۲۷,۶۸	۶۸,۳۹	۵,۹۶	۶,۷۹
۲۰۰۱	۰,۲۲	۷۲,۴	۴۴,۰۹	۴۱,۵۲

## نتیجه‌گیری

خشکسالی در سال‌های مورد بررسی (به جز سال ۱۹۹۲) با شاخص SVI بدست می‌آید. در سال ۱۹۹۲ شاخص مناسب برای ارزیابی وضعیت پوشش گیاهی، NDVI بود. به هر حال، با توجه به درصد کم انطباق بین SPI و TCI استفاده از آن برای بررسی تنش در پوشش گیاهی در سال‌های نرمال و تر توصیه نشد. با این حال، TCI در سال بسیار خشک ۱۹۹۹ در مقایسه با RVI و NDVI توانست انطباق بهتری با SPI داشته باشد.

در این مقاله، رفتار چهار شاخص مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای و یک شاخص مبتنی بر داده‌های زمینی از نظر تشخیص و گروه‌بندی تغییرات در وضعیت پوشش گیاهی با استفاده از تحلیل بردار تغییر (CVA) در استان کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. برای مطالعه رفتار از مقایسه پیکسل به پیکسل تصاویر شاخص‌های ماهواره‌ای با شاخص زمینی استفاده شد و مشخص شد که بهترین پاسخ به

## منابع

- ۱- بذرافشان ج. ۱۳۸۱. مطالعه تطبیقی برخی نمایه‌های خشکسالی هواشناسی در چند نمونه‌ی اقلیمی ایران، پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج.
- ۲- طاهرزاده ع. ۱۳۸۵. تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS در حوزه آبریز میناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۳- قربانی خ. ۱۳۸۹. مطالعه تطبیقی نمایه‌های هواشناسی با نمایه‌های حاصل از سنجنده‌های ماهواره‌ای برای پایش خشکسالی به روش داده-کاوی، رساله دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده کشاورزی کرج.
- 4- Baker C., Lawrence R.L., Montagne C. and Patten D. 2007. change detection of wetland ecosystems using landsat imagery and change vector analysis.
- 5- Cohen W., and Fiorella M. 1998. Comparison of methods for detecting conifer forest change with thematic mapper imagery. In R. S. Lunetta & C. D. Elvidge (Eds.), Remote sensing change detection: Environmental monitoring methods and applications (pp. 89-102). Michigan, USA: Ann Arbor Press.
- 6- Diouf A., and Lambin E.F. 2001. Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: Remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. Journal of Arid Environments, 48, 129-148.
- 7- Kauth R.J., and Thomas G.S. 1976. The tesselated cap—a graphic description of the spectral-temporal development

- of agricultural crops as seen by Landsat. Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data (pp. 4B41-4B51). West Lafayette, Indiana, USA: Purdue University.
- 8- Kuzera K. and Rogan J. 2005. monitoring vegetation regeneration and deforestation using change vector analysis: MT. ST. HELENS STUDY AREA.
  - 9- Lambin E.F., and Ehrlich D. 1997. Land-cover changes in Sub-Saharan Africa (1982-1991): Application of a change index based on remotely sensed surface temperature and vegetation indices at a continental scale. *Remote Sensing of Environment*, 61, 181-200.
  - 10- Lambin E.F., and Strahler A.H. 1994. Change-vector analysis in multitemporal space: A tool to detect and categorize land-cover change processes using high temporal-resolution satellite data. *Remote Sensing of Environment*, 48, 231-244.
  - 11- Lu D., Mausel P., Brondizio E., and Moran E. 2003. Change detection techniques. *INT. J. REMOTE SENSING*, 20 JUNE, 2004, VOL. 25, NO. 12, 2365-2407, 53PP.
  - 12- Lunetta R.S., and Elvidge C.D. 1998. Remote sensing change detection: Environmental monitoring methods and applications (pp. 318). Michigan, USA: Ann Arbor Press.
  - 13- Mc Kee T.B., Doesken N.J. and Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scale. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc. 179-184.
  - 14- Palmer W.C. 1965. Meteorological drought. U.S. Weather Bureau Teach Paper 45, 1-58.
  - 15- Palmer W.C. 1968: Keeping track of crop moisture conditions, nationwind: The new crop moisture index. *Weatherwise*, 21, 156-161.
  - 16- Prince S.D., De Colstoun E.B., and Kravitz L.L. 1998. Evidence from rainuse efficiencies does not indicate extensive Sahelian desertification. *Global Change Biology*, 4, 359-374.
  - 17- Rahimzadeh P., Darvishsefat A., Khalili A. and Makhdom A. 2008. Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the northwest of Iran. *Journal of Arid Environments*, 72: 1086-1096.
  - 18- Singh A. 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 989-1000.
  - 19- Tong Si.S., LAN Pham Thi, L.P. 2009. Land Cover Change Analysis Using Change Vector Analysis Method in Duy Tien District, Ha Nam Province in Vietnam.



## Comparative Study Between Satellite and Ground-based Drought Indices Using Change Vector Analysis Technique (Case Study of Kermanshah Province)

S. Ebrahimzadeh<sup>1</sup>- J. Bazrafshan<sup>2\*</sup> - Kh. Ghorbani<sup>3</sup>

Received:22-04-2013

Accepted:22-10-2013

### Abstract

Drought can be affected by reduced water resources, agricultural productivity, change in vegetation cover, and accelerate the desertification of areas. In order to drought monitoring, we need to quantify drought effects by using drought indices. These indices based on type of available data are divided into two general categories of ground- and satellite- based indices. The aim of this study was to compare the capability of detection and classification of vegetation changes occurred due to the drought, between one ground-based drought index (Standardized Precipitation Index (SPI)) and four satellite drought indices derived from AVHRR-NOAA (normalized difference vegetation index (NDVI), temperature condition index (TCI), ratio vegetation index (RVI), standardized vegetation index (SVI) in the Kermanshah province. To do this, the change vector (CV) analysis was used as one of the important change detection algorithms. In this method, the change occurred in vegetation has been shown by two components, change magnitude and change direction. The results of implementation of the CVA on the maps of drought indices during the growing season (March to August) in selected years (two normal years, one wet year, and one drought year) showed the best response to the drought in the study years (except the wet year 1992), obtained by SVI. The lowest similarity was obtained between the SPI and TCI, for wet and normal years. Finally, the study suggests mostly the satellite indices based on the vegetation conditions, rather than the temperature indices, for assessing the effect of drought on vegetation cover.

**Keywords:** Drought, Change Vector Analysis, SPI, Satellite Indices, AVHRR

---

1- Ph.D. Student of Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Bualisina, Hamedan, Iran

2- Assistant Professor of Irrigation and Reclamation Engineering Department, University of Tehran, Karaj, Iran

(\*-Corresponding Author Email: jbazr@ut.ac.ir)

3- Assistant Professor of Water Engineering Department, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran