



## پایش خشکسالی با استفاده از فن آوری سنجش از دور در ایران

کوروش احترامیان

کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد

علیرضا شهاب‌فر

کارشناسی ارشد عمران آب، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، سازمان هواشناسی کشور، مشهد

سید محمد جعفر ناظم‌السادات

دکترای آبیاری، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

### چکیده

خشکسالی پدیده‌ای است که اثرات مخرب محیطی، اجتماعی و اقتصادی چشمگیری در سطح جهان دارد. خشکسالی با دیگر بلایای طبیعی از این جهت متفاوت است که تعیین دقیق شروع و پایان آن تا حدودی مشکل است و از سوی دیگر، دخالت‌های بشر در طبیعت هم باعث تشدید اثرات مخرب خشکسالی شده است. خشکسالی به صورت کاهش میزان بارندگی از میانگین دراز مدت سالانه منطقه، در یک زمان معین تعریف می‌شود. پایش خشکسالی با استفاده از فناوری سنجش از دور به عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر در سیستم پایش آگاهی<sup>۱</sup>، این امکان را فراهم ساخته تا بتوان مناطق صدمه‌دیده به وسیله خشکسالی را در تمامی مناطق جهان شناسایی نمود. از سوی دیگر پوشش گیاهی به عنوان یک عامل مهم در ارزیابی و پایش شرایط خشکسالی (به‌ویژه در بخش کشاورزی) در یک منطقه محسوب شده و با اندازه‌گیری میزان تغییرات و وضعیت آن می‌توان برآورد صحیحی از پدیده خشکسالی داشت. امروزه به‌وسیله علم سنجش از دور و با استفاده از بخش انعکاسی طیف الکترومغناطیسی و ارائه شاخص‌های ویژه‌ای می‌توان اطلاع دقیقی در ارتباط با شرایط و پوشش گیاهی در یک منطقه به‌دست آورد. ساده‌ترین شاخصی که در این رابطه تعریف شده است، شاخص اختلاف نرمال شده پوشش گیاهی<sup>۲</sup> (NDVI) است. به‌وسیله این شاخص که از کاربرد باندهای ۱ و ۲ سنجنده AVHRR<sup>۳</sup>، وضعیت طول موج‌های قرمز و مادون قرمز نزدیک منعکس شده از سطح زمین پایش گردیده و سپس با استفاده از سایر شاخص‌های پوشش گیاهی نظیر VCI<sup>۴</sup>، MVCI<sup>۵</sup>، MVCD<sup>۶</sup> و غیره می‌توان، ضمن مطالعه دقیق وضعیت پوشش گیاهی در حال حاضر، برآوردی نیز از وضعیت آینده پوشش در یک منطقه داشت. در این پژوهش ابتدا تصاویر خام از باندهای ذکر شده سنجنده AVHRR شاخص NDVI برای مناطق مختلف کشور طی سال‌های ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ میلادی به‌دست آمده و جهت بررسی دقیق‌تر مناطق متأثر از خسارت خشکسالی، اقدام به تهیه نقشه‌های شاخص‌های VCI و MVCD در طی این سه سال گردید. با مقایسه این نقشه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور کلی شرایط پوشش گیاهی در اکثر مناطق کشور در سال ۱۹۹۹ به‌طور نسبی مناسب و ولی در طی سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ (به‌ویژه ۹۸) شرایط خشکسالی در اغلب مناطق کشور حکم‌فرما بوده است.

کلیدواژه‌ها: خشکسالی، پایش، سنجش از دور، پوشش گیاهی.

### Drought Monitoring by Using Remote Sensing Technique in Iran

Kourosh Ehteramian, M.Sc.

Climatological Research Institute (CRI), I. R. of Iran Meteorological Organization (IRIMO)

Alireza Shahabfar, M.Sc.

Climatological Research Institute (CRI), I. R. of Iran Meteorological Organization (IRIMO)

Mohammad J. Nazemosadat, Ph.D.

Associated Professor, College of Agriculture, Shiraz University

Drought is a complex natural event. A universally accepted definition of drought does not exist. It is acknowledged that the major cause of drought is lower than average rainfall. According to wide impacts of drought conditions on our country in recent years, such as on water resources and agriculture, it looks necessary for us to use some techniques for monitoring the impacts of this natural phenomenon on our region in a dynamic system. Also, it can help us to have an optimum risk management in our country during severe drought conditions. Recent researches around the world suggest that the best method for this aim is the application of satellite image processing, in other words remote sensing technique in drought conditions. In this paper we will try to explain this method, in particular reflective remote sensing, such as NDVI (Normalised Difference Vegetation Index), VCI (Vegetation Condition Index), MVCD (Maximum Value Composite Differential), and MVCI (Monthly Vegetation Condition Index).

**Keywords:** Remote sensing, drought conditions, risk management, NDVI.

## مقدمه

خشکسالی یک پدیده پیچیده طبیعی است که از گذشته‌های دور مشکلات زیادی را برای جوامع بشری ایجاد و مسایل و مشکلات عدیده‌ای را در زمینه‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی به بار آورده است. خشکسالی به صورت کاهش میزان بارندگی از میانگین دراز مدت سالانه منطقه در یک زمان معین تعریف شده است، اما تاکنون تعریف جامع و علمی که مورد پذیرش کلیه محققین باشد در ارتباط با خشکسالی ارائه نگردیده است (وایت و امگر، ۱۹۹۶).

با افزایش جمعیت بشر و استفاده بی‌رویه از منابع آب و خاک شرایط جهت بروز خشکسالی مهیا شده و از سوی دیگر استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی، باعث تجمع گازهای گلخانه‌ای در جو و در نهایت، تغییر در الگوی وقوع پدیده‌های اقلیمی (از جمله خشکسالی) شده است. این پدیده از گذشته‌های دور مشکلات اقتصادی، زیست محیطی و بحران‌های اجتماعی برای بشر فراهم کرده، از جمله باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی و باغی، کاهش ذخایر آبی (سطحی و عمقی)، افزایش مهاجرت روستاییان به شهرها و حتی افزایش بزهکاری و بحران‌های سیاسی و اقتصادی در سطح جوامع شده است (بداق جمالی و همکاران، ۲۰۰۳).

وقوع این پدیده در برخی از نقاط جهان از شدت و دوام بیشتری برخوردار بوده و ابعاد خسارت وارده در این مناطق نیز شدیدتر بوده است. این مناطق اغلب در موقعیت‌های مشخصی در کره زمین قرار گرفته‌اند و به دلیل اقلیم خاص خود که عموماً خشک و نیمه‌خشک است، بیشتر از تبعات پدیده خشکسالی زیان و خسارت دیده‌اند. به طور کلی اغلب مناطق خشک و نیمه خشک جهان در عرض‌های ۲۰ تا ۴۰ درجه شمالی و جنوبی قرار گرفته‌اند. در این مناطق، به دلیل استقرار دو کمربند پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جهت صعود هوا و بارش (به‌ویژه در فصول گرم سال) مستعد نمی‌باشد. طبیعتاً عوارض و تبعات پدیده خشکسالی در این مناطق تأثیرات بسیار شدیدتری بر وضعیت اقتصادی و معیشتی ساکنین این مناطق خواهد گذاشت (جوآنمرد و همکاران، ۱۳۸۲).

در حال حاضر خشکسالی از چهار دیدگاه: ۱) خشکسالی هواشناسی، ۲) خشکسالی کشاورزی، ۳) خشکسالی هیدرولوژیکی

و ۴) خشکسالی اقتصادی - اجتماعی قابل بررسی و پایش است، که از لحاظ زمانی تطابق ندارند و این عدم تطابق باعث پیچیده‌تر شدن ابعاد مسئله خشکسالی شده است. به لحاظ گستردگی مکانی و زمانی وقوع پدیده خشکسالی، در اغلب نقاط کره زمین شناسایی ابعاد این پدیده از اهمیت فراوانی برخوردار است (احترامیان، ۱۳۸۰).

یکی از روش‌های جدید و پیشرفته شناسایی و پایش پدیده‌های بزرگ مقیاس (نظیر خشکسالی)، تکنیک سنجش از دور است. امروزه با کاربرد بخش‌های مختلف طیف الکترومغناطیسی<sup>۲</sup> (شامل بخش‌های انعکاسی، دفعی یا حرارتی و ماکروویو) با اندازه‌گیری و ارزیابی دراز مدت وضعیت منابع آب، میزان رطوبت خاک، عوامل آب و هوایی، نحوه توزیع الگوهای فشار، وضعیت و نحوه پراکنش پوشش گیاهی شرایط خشکسالی قابل پایش، بررسی و پیش‌بینی است (مک‌ویکار و جوپ، ۱۹۹۸). یکی از فاکتورهایی که در پایش خشکسالی با استفاده از سنجش از دور از اعتبار و ارزش بالایی برخوردار است، پوشش گیاهی و نحوه تغییرات آن، در زمان وقوع پدیده خشکسالی است. در واقع، با برآورد تغییرات پوشش گیاهی در یک منطقه می‌توان در دراز مدت روند وقوع پدیده خشکسالی را نیز تعیین کرد (ماس، ۱۹۸۸). پوشش گیاهی به‌عنوان یک عامل اطمینان‌بخش در پایش خشکسالی (از دیدگاه کشاورزی) در علم سنجش از دور مطرح است. در واقع، با پایش پوشش گیاهی به‌طور لحظه‌ای و دراز مدت می‌توان برآورد بهتری از وضعیت پوشش گیاهی و متعاقب آن وضعیت خشکسالی و زمان شروع و خاتمه آن در هر منطقه ارائه کرد (لیو و کوگان، ۱۹۹۶). این کار با استفاده از داده‌های انعکاسی سنجنده‌هایی نظیر TM<sup>۳</sup> (نصب شده در سطح ماهواره لندست) و AVHRR (نصب شده در سطح ماهواره NOAA) انجام می‌گیرد. در این تحقیق جهت پایش و پیش‌بینی چگونگی و زمان وقوع پدیده خشکسالی در ایران از این فن‌آوری استفاده شده است. کشور ایران به‌عنوان کشوری با اقلیم خشک و نیمه‌خشک همواره در معرض خشکسالی بوده، که از این بابت خسارت‌های زیادی متحمل شده است، هدف از انجام این مطالعه، پایش پدیده خشکسالی در ایران (مکانی) و برای سه سال متوالی (زمانی)، با استفاده از بخش انعکاسی طیف الکترومغناطیسی است

جهت پایش دقیق تر شرایط پوشش گیاهی به صورت سالانه، شاخص دیگری که به شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI) موسوم است، به صورت زیر ارائه شده است:

$$VCI_j = \frac{NDVI_j - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \times 100 \quad (2)$$

از این شاخص می توان به عنوان یک شاخص دقیق شرایط پوشش گیاهی در هر منطقه استفاده کرد، این شاخص می تواند تغییرات NDVI در هر منطقه را در طول سال مشخص کند (کوگان، ۱۹۹۰). همچنین با استفاده از این شاخص و NDVI می توان شرایط خشکسالی را در یک منطقه تعریف کرد. لیو و کوگان (۱۹۹۶) بر حسب شاخص های NDVI و VCI شرایط خشکسالی را در یک منطقه به صورت زیر تعریف کرده اند:

(۱) بارندگی ماهانه کمتر از ۵۰ میلیمتر

(۲) NDVI ماهانه کمتر از ۰/۱۸

(۳) VCI کمتر از ۳۶٪

جهت مقایسه دو سالانه تغییرات پوشش گیاهی و شرایط خشکسالی در طی دو سال، در سطح کشور از شاخص های MVCI، NDVI، استفاده شد.

با استفاده از شاخص MVCI شرایط پوشش گیاهی به طور ماهانه در طی سال های مذکور در مناطق مختلف ایران به دست آمده و سپس با استفاده از این شاخص، اختلاف ترکیبی ارزش پوشش گیاهی در طی دو ماه در طی سال های مورد مطالعه در سطح ایران به دست آمد.

مقدار شاخص MVCI برای مثال در یک ماه مشخص (برای ماه ژانویه) و در یک سال مشخص از رابطه زیر به دست آمد:

$$MVCI_j = \frac{NDVI_{jan} - NDVI_{min,jan}}{NDVI_{max,jan} - NDVI_{min,jan}} \quad (3)$$

با در دست داشتن مقادیر شاخص MVCI در هر ماه، ارزش ترکیبی اختلاف پوشش گیاهی هر دو ماه متوالی در طول سال به دست آمده و سپس تغییرات پوشش گیاهی در دو سال متوالی

## مواد و روش ها

امروزه جهت پایش خشکسالی و بررسی ابعاد خسارت، مدت و شدت آن از فن آوری سنجش از دور استفاده می شود. سنجش از دور عبارت است از جمع آوری اطلاعات از اجسام و پدیده ها از فاصله دور، البته بدون تماس با آنها (زیبری، ۱۳۷۵). به وسیله قسمت های مشخصی از طیف الکترومغناطیسی می توان اطلاعات جامعی از وضعیت خشکسالی یک منطقه به دست آورد. در واقع با استفاده از امواج منعکس شده الکترومغناطیسی از سطح زمین می توان وضعیت منابع آب، پوشش گیاهی، وضعیت رطوبتی خاک و حتی اقلیم منطقه را به طور لحظه ای و درازمدت مورد پایش و ارزیابی قرار داد (احترامیان، ۱۳۸۰).

در مطالعات سنجش از دوری پوشش گیاهی، دو باند نور قرمز و نور مادون قرمز نزدیک (NIR) از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و بر اساس این دو باند تاکنون شاخص هایی نظیر شاخص ماده (Red/NIR)، شاخص اختلاف شرایط پوشش گیاهی (NDVI)، شاخص شرایط پوشش گیاهی (VCI)، شاخص شرایط پوشش گیاهی ماهانه (MVCI) و حداکثر اختلاف ارزش ترکیبی (MCVD) و غیره تعریف شده است (کوگان، ۱۹۹۵). مبنا جهت محاسبه کلیه شاخص های فوق، به استثنای شاخص ساده مورد استفاده قرار می گیرد، مقادیر شاخص اختلاف پوشش گیاهی بین یک تا ۱- متغیر بوده و هر چه این عدد به یک نزدیک تر باشد، نشان دهنده متراکم تر بودن پوشش گیاهی در یک منطقه است. جهت محاسبه شاخص NDVI به منظور پایش خشکسالی، در سال های ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ در ایران به عنوان سال های مبنا انتخاب گردیدند (احترامیان و همکاران، ۱۳۸۲).

به این منظور، ابتدا تصاویر ماهواره NOAA<sup>۱</sup> در فرمت AVHRR با باندهای ۱ و ۲ که در طی این سه سال به صورت روزانه از کل سطح ایران هر ۱۲ ساعت یک بار تهیه شده بودند، مورد پردازش قرار گرفتند (مؤسسه بصیر، ۱۳۸۱). با استفاده از داده های مذکور به صورت روزانه و در نهایت به صورت سالانه به کمک رابطه زیر مقادیر NDVI قابل محاسبه می باشند:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (1)$$

و غیر متوالی در سطح ایران به دست آمد. در نهایت، با استفاده از این تصاویر ضمن مقایسه شرایط گیاهی در هر منطقه در طی این سه سال، وضعیت خشکسالی بر پایه نحوه تغییرات پوشش گیاهی به دست آمد. با در دست داشتن روند تغییرات پوشش گیاهی در هر منطقه در سطح ایران، می توان شرایط خشکسالی را برای آن منطقه در طی سال های بعد تخمین زد.

لازم به ذکر است جهت تهیه نقشه های گرافیکی، ابتدا داده های رقومی باندهای ۱ و ۲ سنجنده AVHRR بر طبق رابطه شاخص های گیاهی به وسیله نرم افزارهای مختلف (نظیر ERDAS، IDRISI، ERMAPPER و ILWIS)، به تصاویر گرافیکی شاخص پوشش گیاهی و تغییرات پوشش گیاهی در طی سال های ۱۹۹۸، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ تبدیل گردید. طبق این نقشه ها و بر اساس شاخص شرایط پوشش گیاهی، پوشش در سطح کشور به ۶ دسته تقسیم بندی شد (احترامیان و همکاران، ۱۳۸۲).

### کاربرد:

به طور کلی قسمت هایی (باندهایی) از طیف الکترومغناطیس که در فن آوری سنجش از دور و مطالعات شرایط اقلیمی و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می گیرند، عبارتند از:

الف) بخش انعکاسی (محدوده ۰/۴ تا ۳/۷۵ میکرون) که این بخش به سنجش از دور انعکاسی مرسوم است.  
ب) بخش حرارتی یا دفعی (محدوده ۳/۷۵ تا ۱۲/۵ میکرون) که این بخش به سنجش از دور حرارتی مرسوم است.  
ج) بخش ماکروویو (محدوده ۰/۷۵ تا ۱۰۰ سانتی متر) که این بخش به سنجش از دور ماکروویو مرسوم است (مک ویکار و جوپ، ۱۹۹۸).

در مطالعات خشکسالی، پوشش گیاهی می تواند نقشی تعیین کننده داشته باشد، در واقع با ارزیابی لحظه به لحظه و درازمدت شرایط پوشش گیاهی در هر منطقه، می توان برآورد دقیقی از نحوه شدت وقوع و دوام پدیده خشکسالی به دست آورد (وایت و اومگر، ۱۹۹۵). امروزه جهت برآورد وضعیت پوشش گیاهی از بخش انعکاسی طیف الکترومغناطیسی استفاده می شود. بخش انعکاسی در تعیین شرایط پوشش گیاهی به طور لحظه ای،

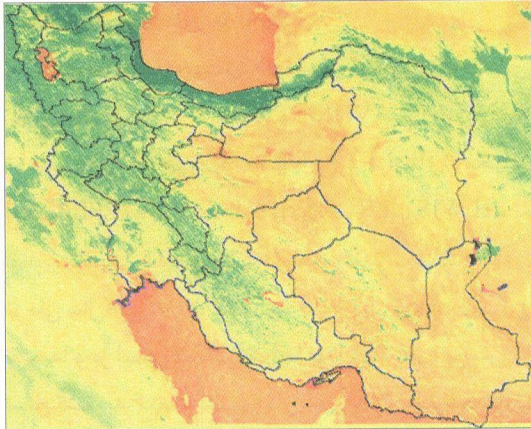
تهیه نقشه چرای دام در علفزارها و نقشه پوشش زمین (با توجه به دو ویژگی عمده پوشش گیاهی، نحوه پوشش زمین و بهاره یا پاییزه بودن گیاهان) مورد استفاده قرار می گیرد (مک ویکار و جوپ، ۱۹۹۸). بخش انعکاسی طیف الکترومغناطیس به زیر بخش های نور مرئی (۰/۷-۰/۴ میکرون)، مادون قرمز نزدیک (۰/۷-۱/۱ میکرون) و مادون قرمز میانی (۳/۷۵-۱/۱ میکرون) تقسیم می شود. گیاهان در محدوده نور مرئی، جهت انجام عمل فتوسنتز کلیه نورهای موجود در نور مرئی، جز نور سبز را جذب می کنند، اما دو نور آبی و قرمز در فرآیند فتوسنتز نقش اساسی را بازی می کنند. در فن آوری سنجش از دور از نور آبی به دلیل کوتاه بودن طول موج آن و تحت تأثیر قرار گرفتن آن در جو زمین استفاده ای نمی شود، اما در پایش پوشش گیاهی از نور قرمز استفاده های فراوانی می شود. از سوی دیگر، به دلیل انعکاس شدید نور مادون قرمز نزدیک توسط آب موجود در مزوفیل برگهای گیاهان این نور نیز توسط سنجنده های ماهواره به راحتی قابل دریافت بوده و می تواند در تجزیه و تحلیل وضعیت پوشش گیاهی کاربرد فراوانی داشته باشد (اگبو و جیمز، ۱۹۹۴). کانال های یک و دو سنجنده AVHRR باندهای نور قرمز و مادون قرمز نزدیک را به ترتیب دریافت می کنند و اطلاعات آنرا به ایستگاه زمینی مخابره می کنند. قابل به ذکر است که سنجنده AVHRR بر روی ماهواره مدار قطبی NOAA نصب شده و دارای ۵ کانال با قابلیت تفکیک مکانی ۱۱۰۰ متر بوده و عرض جابجایی این ماهواره ۲۷۰۰ کیلومتر می باشد (شهاب فر، ۱۳۸۱).

### نتایج و بحث

پس از محاسبه شاخص های NDVI، VCI، VCI و MVCD و MVCD به طور سالانه و برای سال های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ میلادی در ایران نقشه های گرافیکی بر اساس شاخص های NDVI، شاخص VCI و شاخص MVCD به دست آمد.

در ابتدا جهت بررسی وضعیت پوشش گیاهی در مناطق مختلف کشور داده های روزانه مربوط به شاخص NDVI کل کشور در طی سه سال مذکور به دست آمد و در نهایت این داده ها به صورت داده سالانه شاخص NDVI تبدیل گردید. در شکل های ۱ تا ۳ شاخص NDVI در طی سه سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ نشان داده شده

در شکل ۳، میزان پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ میلادی در سطح کشور نشان داده شده است. در این سال، شرایط پوشش گیاهی در نواحی شمال شرق، شرق و مرکز کشور ضعیف، اما در غرب کشور تا حدودی نسبت به سال ۱۹۹۹ بهبود یافته است.

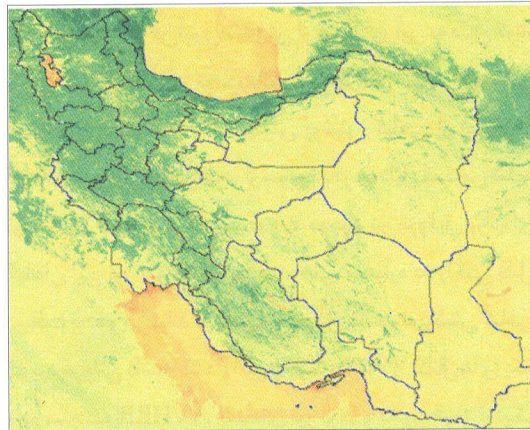


شکل ۳. شاخص NDVI محاسبه شده برای سال ۲۰۰۰

با ملاحظه این تصویر می‌توان دیدی کلی در ارتباط با نحوه تغییرات پوشش گیاهی در طی این سه سال به دست آورد، اما نمی‌توان با اتکا به این داده‌ها، نسبت به شرایط آینده پوشش گیاهی در کشور تصویر درستی ارائه نمود. اما می‌توان نتیجه گرفت که به‌طور کلی در سال ۱۹۹۸ در اغلب مناطق کشور شرایط پوشش گیاهی چندان مناسب نبوده و شرایط خشکسالی در مرکز شرق و جنوب شرق کشور حکمفرما بوده است. برای مقایسه دقیق‌تر وضعیت پوشش گیاهی و در نهایت، پایش خشکسالی در کشور از تصاویر شاخص گیاهی (VCI) استفاده گردید. در شکل‌های ۴ تا ۶ تصاویر VCI مربوط به سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۰ کشور ارائه شده است. مطابق این تصاویر وضعیت پوشش گیاهی کشور با ۶ تقسیم‌بندی نشان می‌دهد:

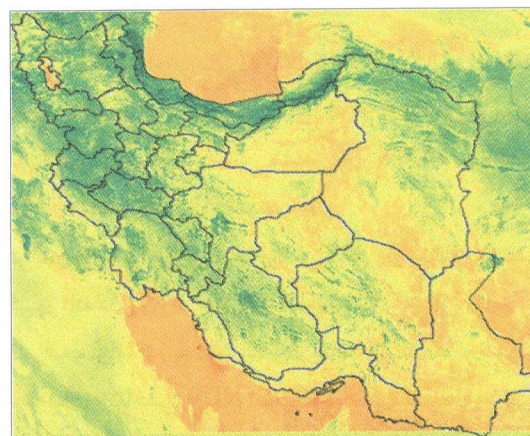
- عدم وجود پوشش گیاهی
- پوشش گیاهی خیلی ضعیف
- پوشش گیاهی ضعیف
- پوشش گیاهی عادی
- پوشش گیاهی خوب
- پوشش گیاهی مترکم

است. مطابق این اشکال، نواحی سبز رنگ در سطح کشور، دارای پوشش گیاهی مناسب و نواحی قهوه‌ای رنگ، دارای پوشش گیاهی اندک و در نهایت، نواحی قرمز آجری، فاقد پوشش یا دارای پوشش فقیری بوده‌اند. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود، در سال ۱۹۹۸ در نوار ساحلی دریای مازندران پوشش مترکمی از پوشش گیاهی وجود داشته و به‌طور کلی، وضعیت پوشش در شمال غرب، غرب و شمال شرق کشور مناسب و در نواحی مرکزی و جنوب شرقی کشور، نامناسب بوده است (شکل ۱).

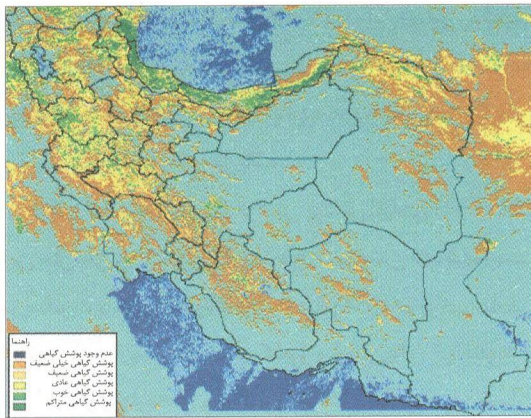


شکل ۱. شاخص NDVI محاسبه شده برای سال ۱۹۹۸

در سال ۱۹۹۹ از تراکم پوشش گیاهی در نوار ساحلی دریای مازندران نسبت به سال ۱۹۹۸ کاسته شده، اما در شمال شرق کشور و شرق و تا حدودی جنوب کشور (استان‌های کرمان و فارس) وضعیت پوشش گیاهی بهبود یافته است (شکل ۲).

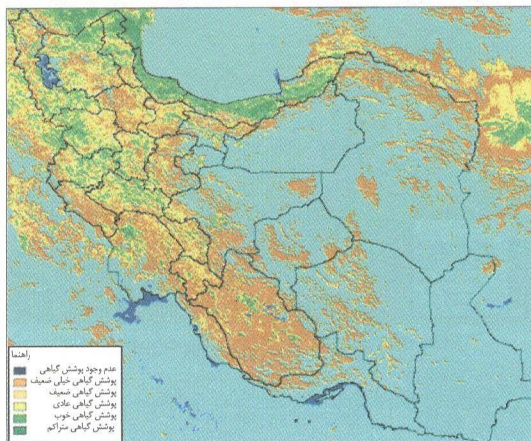


شکل ۲. شاخص NDVI محاسبه شده برای سال ۱۹۹۹



شکل ۵. شاخص VCI محاسبه شده برای سال ۱۹۹۹

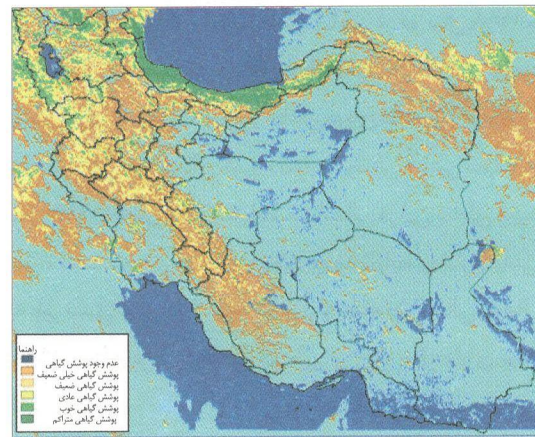
و (۱۹۹۹) می‌باشد و در استان‌های جنوب غربی نیز روند بهبود وضعیت پوشش گیاهی مشاهده می‌شود. ولی در استان خراسان (به‌ویژه مناطق شمالی) روند کاهش نسبی شرایط پوشش گیاهی در طی سال ۲۰۰۰ مشهود است. در بقیه مناطق کشور هم تفاوت چشم‌گیری بین شرایط پوشش گیاهی این سال و سال ۱۹۹۹ وجود ندارد.



شکل ۶. شاخص VCI محاسبه شده برای سال ۲۰۰۰

جهت برآورد بیشترین نقصان شرایط پوشش گیاهی بین دو سال متوالی و غیرمتوالی در سطح کشور و ارائه الگویی جهت پیش‌بینی خشکسالی در مناطق مختلف کشور، ابتدا ضمن محاسبه شاخص MVCI (شاخص شرایط پوشش گیاهی ماهانه) اختلاف شرایط پوشش گیاهی در طی دو ماه برای هر سال به دست آمده و در نهایت این اختلاف به صورت دو سالانه در طی سال‌های مورد

شکل ۴، وضعیت پوشش گیاهی را در سال ۱۹۹۸ نشان می‌دهد. با توجه به اعمال مقادیر حداکثر و حداقل شاخص NDVI در محاسبه شاخص VCI تصاویر شاخص اخیر از اعتبار و ارزش بیشتری در پیش‌بینی شرایط خشکسالی برخوردار خواهد بود. در سال ۱۹۹۸ شرایط پوشش گیاهی در نوار ساحلی دریای مازندران، متراکم و در بقیه مناطق کشور به‌ویژه مناطق شمال شرق، شرق، جنوب، مرکزی و نوار ساحلی دریای عمان و خلیج فارس شرایط پوشش ضعیف و نامساعد بوده است، که مؤید برقراری شرایط خشکسالی در این مناطق است.



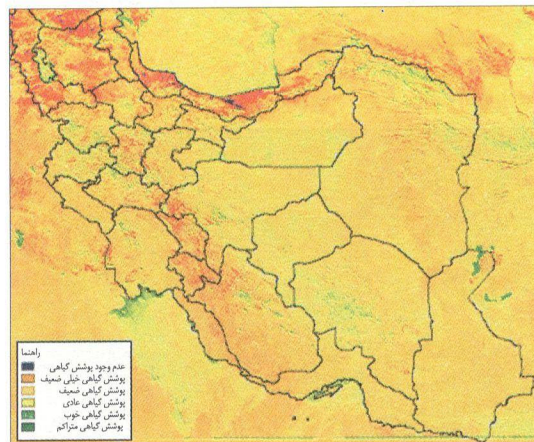
شکل ۴. شاخص VCI محاسبه شده برای سال ۱۹۹۸

با ملاحظه شرایط پوشش گیاهی در سال ۱۹۹۹ می‌توان دریافت که وضعیت پوشش گیاهی به‌طور کلی در سطح کشور از بهبود نسبی برخوردار بوده است. به عبارت دیگر به جز نوار ساحلی دریای مازندران که دچار نقصان پوشش نسبت به سال ۱۹۹۸ بوده، در بقیه مناطق کشور روند نسبی افزایش پوشش گیاهی مشهود است. این بهبود وضعیت پوشش گیاهی در نواحی شمال شرقی و استان‌های فارس، خوزستان و تا حدودی کرمان نمود بیشتری داشته که بیانگر فروکش کردن نسبی شرایط خشکسالی در این سال و در این مناطق است (شکل ۵).

در شکل ۶، شرایط پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ میلادی در کشور نشان داده شده است. مطابق این شکل نوار غرب کشور به‌طور کلی دارای شرایط مطلوب‌تری نسبت به دو سال قبل از آن (۱۹۹۸)

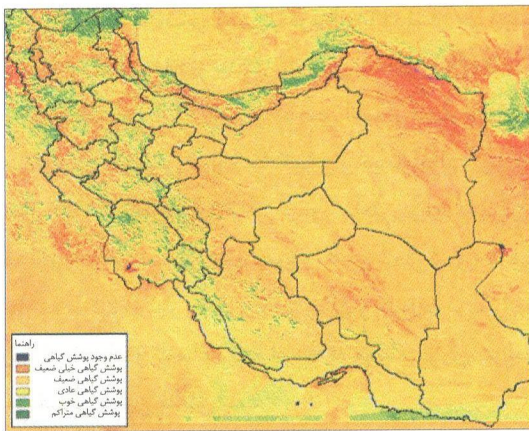
مطالعه، به دست آمد (شکل های ۷ تا ۹). در این تصاویر به ترتیب رنگ های آبی، نارنجی، زرد و سبز نشان دهنده کاهش شدید شرایط پوشش گیاهی، کاهش پوشش گیاهی، عدم تغییر پوشش گیاهی و افزایش پوشش گیاهی می باشد.

در شکل ۷، اختلاف ارزش ترکیبی پوشش گیاهی (MVCD) بین سال های ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ در سطح کشور نشان داده شده است. بر اساس آن، می توان دریافت که در سال ۱۹۹۹ در نواحی ساحلی دریای مازندران، شمال غرب کشور و استان های کهگیلویه و بویراحمد و چهارمحال و بختیاری پوشش گیاهی دچار نقصان بوده و در این مناطق در سال ۱۹۹۹ شکل خشکسالی وجود داشته است. بر خلاف آن، در شمال خراسان، کرمان و تا حدودی استان های فارس و اصفهان در سال ۱۹۹۹ شرایط پوشش گیاهی از بهبود نسبی نسبت به سال ۱۹۹۸ برخوردار بوده و شرایط خشکسالی در این سال ۱۹۹۹ در این مناطق حکمفرما نبوده است.



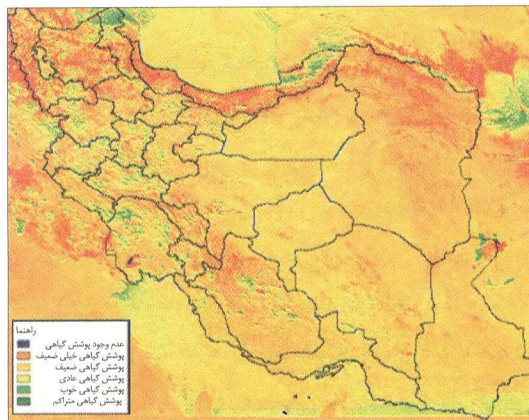
شکل ۷. تغییرات پوشش گیاهی در سال های ۱۹۹۹. ۱۹۹۸

در شکل ۸، تغییرات ارزش پوشش گیاهی در سال های ۱۹۹۹ و ۲۰۰۰ در مناطق مختلف کشور نشان داده شده است. بر اساس این شکل، در شمال استان خراسان به طور عمده و برخی از نقاط ساحلی دریای مازندران، استان کرمان و اصفهان شرایط پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۹۹۹ از نقصان معنی داری برخوردار بوده است و از استقرار شرایط خشکسالی به ویژه در شمال استان خراسان در سال ۲۰۰۰ میلادی حکایت دارد.



شکل ۸. تغییرات پوشش گیاهی در سال های ۲۰۰۰. ۱۹۹۹

در شکل ۹، تغییرات ارزش پوشش گیاهی در دو سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ نشان داده شده که می توان دریافت در سال ۲۰۰۰ در نواحی شمال شرقی و شرق کشور، نوار ساحلی دریای مازندران، آذربایجان و به طور کلی نوار شمالی کشور، شرایط پوشش گیاهی نسبت به سال ۱۹۹۸ نقصان یافته و شرایط خشکسالی در این مناطق وجود داشته است. به عبارت دیگر با وجود بهبود شرایط پوشش گیاهی به طور نسبی در برخی از نقاط کشور و از جمله نوار شمالی در سال ۱۹۹۹، میزان پوشش گیاهی در طی این سه سال دارای روند کاهشی بوده و متعاقب آن، شرایط خشکسالی در اغلب مناطق کشور در طی این سه سال حکمفرما بوده است.



شکل ۹. تغییرات پوشش گیاهی در سال های ۲۰۰۰. ۱۹۹۸

با در دست داشتن تصاویر مربوط به شاخص های پوشش گیاهی

Agbu, P.A., M.E. James (1994). The NOAA/NASA Pathfinder AVHRR Land Data Set User's Manual. *Goddard Distributed Active Archive Center, NASA. Greenbelt: Goddard Space Flight Center.*

Bodagh Jamali, J., S. Javanmard, A. R. Shahabfar, K. Ehteramian (2003). *Prediction of Drought Condition by Using Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*. In I.R. of Iran. IUGG 2003. Sapporo, Japan.

Kogan, F.N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in no homogeneous areas. *International Journal of Remote Sensing*, No.11: 1405-1420.

Liu, W.T., F.N. Kogan, (1996). Monitoring regional drought using the vegetation condition index, *International Journal of Remote Sensing*, No.17: 2761-2782.

McVicar, T.M., D.L.B. Jupp (1998). The current and potential use of remote sensing to aid decisions on drought exceptional circumstances in the Australia. *Agricultural Systems*, 57(3): 399-468.

White, D. H. and B. Omegher (1996). Coping with exceptional Droughts in Australia. *Drought Network News*, 7(3): 13-17.

در سال‌های طولانی‌تر می‌توان به روند بهتری از وقوع خشکسالی در سطح کشور پی برد. از سوی دیگر مقایسه شرایط به دست آمده از این مطالعه با شرایط واقعی، نشان‌دهنده بالا بودن قدرت برآورد وضعیت پوشش گیاهی و شرایط خشکسالی در سطح مناطق مختلف است.

#### پی‌نوشت‌ها

1. Early Warning
2. Normalized Difference Vegetation Index
3. Advanced Very High Resolution Radiometer
4. Vegetation Condition Index
5. Monthly Vegetation Condition Index
6. Maximum Value Composite Differential.
7. Electromagnetic Spectrum (EMS)
8. Thematic Mapper
9. Near Infra Red
10. National Oceanographic and Atmospheric Administration.

#### منابع

احترامیان، کوروش، علیرضا شهاب فر و محمد جعفر ناظم‌السادات (۱۳۸۲). پیش‌بینی شرایط خشکسالی با استفاده از شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی (NDVI) در ایران، همایش ژئوماتیک ۸۲، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور.

احترامیان، کوروش (۱۳۸۰). کاربرد فن‌سنجش از دور در پیش‌بینی شرایط استثنایی خشکسالی. سمینار کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

جوانمرد، س. و همکاران (۱۳۸۱). گزارش پیش‌بینی خشکسالی بر اساس تعیین همبستگی سیگنال‌های هواشناسی و پارامترهای اقلیمی در سطح استان خراسان. مشهد: پژوهشکده اقلیم‌شناسی.

زبیری، م. (۱۳۷۵). آشنایی با فن‌سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

شهاب‌فر، علیرضا (۱۳۸۱). کاربرد سنجش از دور در هیدرولوژی برف.. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد.

#### تقدیر و تشکر

نگارندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند مراتب تقدیر و تشکر خود را از ریاست محترم پژوهشکده اقلیم‌شناسی، جناب آقای دکتر جمالی، به جهت کمک‌های علمی و پژوهشی و از مؤسسه سنجش از دور بصیر به دلیل فراهم نمودن تصاویر مورد نیاز این پژوهش، اعلام نمایند.