فصل اول
کلیات

۱-۱ مقدمه

خشکسالی پدیده ای جهانی است که می‌تواند در هر جایی رخ دهد و خسارات قابل توجهی به انسان و اکوسیستم های طبیعی وارد آورد، بنابراین تحقیق و مطالعه در این زمینه بسیار ضروری می‌باشد. و از جمله پدیده هایی می‌باشد که هر ساله خسارات قابل توجه ای را در نواحی مختلف این کره خاکی تحمیل می‌نماید، که می‌تواند اثرات جدی اقتصادی اجتماعی و زیست محیطی را به همراه داشته باشد، آنچه که باعث می‌گردد این پدیده تبدیل به بلا گردد، آسیب پذیری بشر نسبت به این پدیده است. ماهیت خزشی این پدیده سبب شده به راحتی و به طور دقیق زمان شروع و اتمام خشکسالی تعیین نگردد. اغلب اثرات خشکسالی غیرسازه ای می‌باشد و گستره جغرافیایی وسیع تری را نسبت به سایر بلایای طبیعی تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. مشخصه‌های غیرسازه ای اثرات خشکسالی، مانعی بر سر راه تخمین درست و قابل اعتماد شدت و در نهایت مانعی در برابر توسعه طرح های آمادگی در مقابل خشکسالی دولت‌ها شده است [۳۰]. وقوع خشکسالی در نواحی حساس و آسیب پذیر به طور گسترده همه ابعاد زندگی بشری و برنامه ریزی‌های اقتصادی – اجتماعی انسان را تحت شعاع خود قرار داده و انسان‌ها را در شرایط بحرانی و اضطراری قرار می‌دهد. این پدیده اقلیمی تقریباً در تمام مناطق رخ می‌دهد و جزء بلایای طبیعی نامحسوس به شمار می‌آید. اگر چه تاکنون تعریف آکادمیک و دانشگاهی از خشکسالی ارائه نشده است، اما عموماً آن را به صورت کاهش بارندگی نسبت به میزان دراز مدت منطقه در

یک زمان معین تعریف می‌نمایند. برای نمونه می‌توان به این تعریف اشاره نمود، خشکسالی یک رویداد مستمر وسیع به لحاظ منطقه‌ای است که درآن مقدار طبیعی آب از مقدار میانگین کمتر می‌شود، بنابراین می‌توان آن را به عنوان انحراف از شرایط نرمال متغییرهایی نظیر بارندگی، رطوبت خاک،آب زیر زمینی و جریان‌های سطحی مشخص نمود [۷۰]. همچنین به گفته‌ی ویلهایت[1] (۱۹۹۱) خشکسالی عبارت است از کمبود بارش در دوره‌ای بلند که بتواند موجب کمبود رطوبت در خاک شده و سبب کاهش منابع آب گردد و بدین طریق فعالیت‌های انسانی و حیات معمول گیاهی و جانوری را بر هم زند[۱۰۲].

در حال حاضر حدود ۸۰ کشور در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا قرار گرفته‌اند کشور ما نیز با بارندگی متوسط سالانه حدود ۲۵۰ میلی متر جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می‌شود. هر چند که مناطق شمالی کشور ما بارش سالیانه بیش از ۲۰۰۰ میلی متر دریافت می کند ولی در قسمت‌های مرکزی کشورمان مناطقی وجود دارد که مقدار بارش آن‌ها حدود ۵۰ میلی متر هم است. این تنوع اقلیمی اثر کاهشی روی منابع آب، پوشش گیاهی و جوامع انسانی دارد. از سوی دیگر با رشد سریع جمعیت و افزایش تقاضا برای مصرف آب و نیز پراکنش نامناسب و غیر یکنواخت منابع آب خصوصاً در نواحی خشک، سبب بروز پدیده‌هایی چون خشکسالی شده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که خشکسالی از نظر فراوانی وقوع، شدت، مدت، وسعت، تلفات جانبی، خسارات اقتصادی، آثار شدید دراز مدت نسبت به سایر بلایای طبیعی داشته و مخاطره آمیزتر می‌نماید. بنابراین نیازمند توجه بیشتری در تصمیم گیری‌های سیاسی می‌باشد. طی سال‌های اخیر کشورمان با خشکسالی های متعددی روبرو بوده است که خسارات جبران ناپذیری بر منابع وارد کرده است. بنابراین تحقیق و مطالعه در این زمینه بسیار ضروری می‌باشد. هر چند اقداماتی نظیر اختصاص بودجه‌های چند میلیاردی توسط مجلس شورای اسلامی، برگزاری همایش‌ها و کارگاه‌های آموزشی در زمینه مقابله با خشکسالی و کم آبی انجام گرفته است[۲۵]. ولی برای مدیریت این بحران، نیاز به مطالعات بیشتری در زمینه پیش بینی، پایش و وسعت خشکسالی می‌باشد.

ویلهایت و گلانتز[2] (۱۹۸۵) خشکسالی‌ها را به چهار دسته خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اقتصادی – اجتماعی طبقه بندی نمودند. اصولاً خشکسالی هواشناسی زمانی روی می‌دهد که بارندگی سالانه و یا هر بازه زمانی معین، به طور محسوس کمتر از میانگین دراز مدت آن بازه زمانی باشد، ادامه خشکسالی هواشناسی و تداوم آن سبب بروز خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شود که در این نوع خشکسالی، سطح آب رودخانه‌ها، مخازن آب دریاچه‌ها و آب-های زیر زمینی به پایین تر از میانگین دراز مدت خود افت پیدا می کند[۱۰۳].

[1] Wilhite
[2] Wihhite and Glantz,

ایران به دلیل واقع شدن در منطقه بین شمال و جنوب آسیا، (نواحی گرم جنوب و مناطق سرد شمال در مسیر جریان‌های مهم آب و هوایی آسیا، اروپا، آفریقا، اقیانوس هند و اطلس قرار گرفته است .این جریان‌های آب و هوایی ویژگی‌های اقلیمی ایران را تحت تأثیر قرار داده و موجب تغییر عوامل اقلیمی آن ازجمله نوسان‌های شدید بارندگی در سال‌های مختلف میشوند .این نوسان‌ها از دو بعد حائز اهمیت می‌باشند:

۱- ناهنجاری مثبت که مبین ترسالی و بارش بیش از حد نرمال می‌باشد.

۲- ناهنجاری منفی که در سال‌های وقوع شرایط کمبود آب، نواحی مختلف اقلیمی را تحت تأثیر قرارداده و با ایجاد خشک سالی خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی فراوانی را موجب میگردد.

بطور کلی وقوع خشکسالی از ویژگی های اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود که هم در قلمرو آب و هوای خشک و هم مرطوب قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه وجود نوسانات آب و هوایی شدید در مقایس‌های زمانی مختلف حاصل می‌شود. به دلیل وجود این وضعیت در آب و هوای ایران، این کشور حساسیت پذیری بالایی به خشکسالی دارد. ویژگی های خشکسالی ایران نشان می‌دهد که بطور کلی منطقه ای از ایران از این پدیده در امان نبوده و به نسبت موقعیت طبیعی خود تحت تأثیر این پدیده قرار می‌گیرد. تاکنون خشکسالی به اندازه سایر بحران های طبیعی از قبیل سیل، زلزله و .... مورد توجه جدی قرار نگرفته است. یکی از دلایل آن این است که اکثر بلایای طبیعی طی دوره ای کوتاه،خسارات سنگین مالی و جانی به جامعه وارد کرده، اما خسارات سنگین ناشی از بحران خشکسالی به صورت تدریجی و در مدتی طولانی بروز می‌کند. در حال حاضر با وجود رشد روز افزون جمعیت و روند خشکسالی های اخیر، توجه جدی و کارشناسانه به پدیده خشکسالی امری اجتناب پذیر است [٦].

بروز خشکسالی‌ها خسارت زیادی را در سطح جهانی در پی داشته اند، برای نمونه می‌توان به ارزیابی‌های مجمع جهانی هواشناسی اشاره نمود که در آن اعلام شده از سال ۱۹۶۷ حدود ۲۸۰۰ میلیون نفر اثرات بلایای را متحمل شده‌اند که نیمی از آن‌ها تحت تاثیر خشکسالی‌ها بوده اند، همچنین بین ۱۹۶۷تا ۱۹۹۷ خشکسالی‌ها به طور مستقیم و غیر مستقیم مرگ ۱/۳ میلیون نفر را در جهان موجب شدند. در ۱۹۸۸ تنها یک خشکسالی خسارتی معادل ۴۰۰۰۰ میلیون دلار به اقتصاد ایالات متحدد آمریکا تحمیل نمود [۶۲]. آمار و ارقامی از این دست، ضرورت بررسی و پایش این پدیده اقلیمی را بیش از پیش آشکار می‌نماید. در واقع اثرات این پدیده بر جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بسیار جدی است و این امر موجب شده تا علی رغم تمامی مشکلات موجود در پایش این پدیده، دانشمندان به دنبال توسعه روش‌ها و شاخص‌های مختلف به منظور تحلیل خشکسالی باشند. در راستای تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت فعال آن، از ضروری‌ترین ا بزار طراحی، سیستم های پایش با هدف بررسی تغییرات مکانی و شدت خشکسالی در یک ناحیه می باشد و بر اساس هشدارهای این سیستم ها، زمان و نوع عملیات از پیش طراحی شده برای مقابله با خشکسالی فعال

می‌شود. کارهای اولیه در خصوص پایش، عمدتاً با تحلیل فراوانی منطقه ای خشکسالی در مقیاس کوچک توسط ویپل در سال ۱۹۶۶ آغاز شد، سپس توسط سایر محققین مانند ادر[1] (۱۹۸۷) در سطح بعضی از ایالات آمریکاو در مواردی برای کل کشور دنبال گردید. محققین دیگر با نگاه مدیریتی خشکسالی های اتفاق افتاده و نحوه مقابله با آن را مورد بررسی قرار دادند، در این تحقیقات اکیداً توصیه شد که لازم است سیستم پایش خشکسالی برای مقابله با خشکسالی طراحی و تدوین گردد [۹۱،۶۰]. در ایران نیز بخصوص بعد از خشکسالی سال‌های اخیر در راستای پایش خشکسالی فعالیت‌های زیادی انجام شده است. کم توجهی به پدیده خشکسالی در ایران به عنوان کشور مستعد خشکسالی باعث شده است که هر ساله آسیب‌های اقتصادی و اجتماعی بسیار زیادی بر پیکره اقتصادی کشور وارد شود. به طوری که با ارزیابی اهمیت اثرات منفی خشکسالی بر کشاورزی می‌توان گفت: بیش از ۵۰ درصد کشور ما خشک است و تنها ۱۲ میلیون هکتار جنگل در کشور وجود دارد و اگر نتوانیم با این پدیده مقابله کنیم، کشاورزی پایداری نخواهیم داشت. در صورتی که بخواهیم همانند کشورهای پیشرو در زمینه مبارزه با خشکسالی عمل کنیم، می‌توانیم با راه اندازی سامانه پایش و پیش بینی خشکسالی و ایجاد آمادگی از طریق مدیریت ریسک، بخش زیادی از خسارت‌های خشکسالی را کاهش دهیم. تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که درصد فراوانی وقوع خشکسالی و شدت آن در کشور بسیار بالا بوده که بیشترین فراوانی با ۵۰ درصد متعلق به بندر عباس بوده و پس از آن به ترتیب، زابل۴۶/۷٪، زاهدان ۴۳٪، یزد ۴۲٪، ایرانشهر ۴۰٪، کرمان ۲۷٪، دارای رتبه های بالای خشکسالی می‌باشند که همگی جزو مناطق خشک ایرن محسوب می-شود [۳]. بطور کلی پراکندگی جغرافیایی مجموع درصد خشکسالی محاسبه شده در نواحی جنوبی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هر چه از بخش‌های جنوبی و مرکزی کشور فاصله گرفته می‌شود از شدت و فراوانی خشکسالی‌ها نیز کاسته می‌شود. به این ترتیب باید گفت وقوع خشکسالی از ویژگی‌های اصلی آب و هوای ایران محسوب می‌شود، که هم در قلمرو آب و هوای مرطوب و هم خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه وجود نوسانات آب و هوایی شدید در مقیاس‌های مختلف زمانی حاصل می‌شود با توجه به وجود نوسانات منفی شدید در بارش‌های مناطق مختلف کشور، وقوع خشکسالی‌های ضعیف تا شدید در کشور امری اجتناب ناپذیر محسوب می‌شود، وقوع این خشکسالی‌ها اثر بسیار زیان باری را بر بخش‌های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می‌کند [۲۵].

تجربه نشان می‌دهد که با پیش بینی خشکسالی می‌توان حجم خسارت‌ها را به میزان زیادی کاهش داد. از این رو بایستی سامانه پایش و پیش بینی خشکسالی و نیز برنامه مدیریت ریسک خشکسالی در کشور به اجرا در آید تا با بهره گیری از دستاوردهای آن بتوان با آمادگی بیشتری با خشکسالی‌ها روبرو و با حداقل اثرات منفی از این دوره‌های بحرانی گذر کرد. استفاده از اطلاعات ارزشمند سامانه پایش خشکسالی در تدوین برنامه‌های ملی و منطقه ای باعث

[1] Eder

می‌شود تا مدیران و برنامه ریزان منطقه‌ای و ملی بر اساس اطلاعات دقیق‌تری به تدوین یا فعال سازی برنامه‌های لازم بپردازند و خسارت‌های خشکسالی را به میزان زیادی کاهش دهند.

۱-۲ اهداف تحقیق

۱-۲-۱ اهداف اصلی

هدف اصلی مطالعه حاضر:

- پایش خشکسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با تأکید بر پوشش گیاهی در منطقه‌ی سمیرم اصفهان

-بررسی صحت و کارایی پایش خشکسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

۱-۲-۲ اهداف فرعی

اهداف فرعی در این تحقیق شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- تعیین مدل مناسب برای پایش خشکسالی در منطقه سمیرم استان اصفهان بر اساس رابطه بین شاخص‌های گیاهی، فاکتورهای محیطی و اقلیمی منطقه.

۲- بررسی رابطه میان پوشش گیاهی و بارندگی، با استفاده از تعیین رابطه میان شاخص NDVI , PVI و SAVI در پوشش گیاهی مرتعی.

۳- استخراج نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

۱-۳ ضرورت تحقیق

کشور ما ایران، در یکی از مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و خشکی جزء ویژگی‌های ذاتی آن به شمار می‌رود. تغییرات شدید بارش، شدت و پراکنش زیاد بارندگی و نوسانات دما از خصوصیات دائمی این مناطق است. خشکسالی نیز به عنوان یک عارضه موقت هر چند وقت یک بار در این مناطق حاصل می‌شود و در نتیجه مشکلات خاص این مناطق را حادتر می‌نماید. آثار خسارات خشکسالی در سال‌های اخیر بر منابع آب، کشاورزی، تولیدات دامی، مراتع، مهاجرت، طغیان آفات و بیماری‌های گیاهی، بهداشت و درمان بسیار زیاد بوده است. خسارت وارده از ناحیه خشکسالی بر ضرورت بررسی و پایش این پدیده تأکیدمی‌کند. اما به علت عدم مطالعات گسترده و جامع

و نبود انسجام در این مطالعات در حال حاضر غالب سؤالات این بخش بدون پاسخ باقی مانده است و با عبور موقت از یک دورهٔ بحرانی حاصل از خشکسالی و عدم توجه به مهار خسارات پنهان و طولانی مدت، اصل بحران حاصله بدست فراموشی سپرده می‌شود. پس از مدتی رخداد خشکسالی جدید، مجدداً بحران‌های قبلی با تشدید آغاز می‌شود [۱۳].

به منظور کاهش خسارات ناشی از خشکسالی و دستیابی به برنامه‌ای اصولی و منطقی نیاز به مطالعه این پدیده بیشتر از گذشته احساس می‌شود. چرا که نتایج حاصل از پایش این پدیده می‌تواند اثرات چشمگیری را در ارزیابی شرایط در زمان‌های مختلف و ارائه برنامه‌ای متناسب با آن داشته باشد. این امر می‌تواند به کاهش خسارت ناشی از خشکسالی منجر شود و در واقع از بروز بحران در منطقه جلوگیری نماید. به عبارت دیگر پایش خشکسالی می‌تواند به مدیریت صحیح بخش‌های مختلف درگیر (محیط زیست، کشاورزی و ...) کمک نماید و منافع قابل توجهی را در هر بخش در پی داشته باشد. به طوری که با کاهش زیان‌های ناشی از این پدیده، منابع مالی موجود می‌تواند در توسعه هر یک از این بخش‌ها صرف شود و به این ترتیب از هدر رفت سرمایه و انرژی در کشور جلوگیری نماید.

این پایان نامه در بر گیرنده پنج فصل می‌باشد: فصل اول شامل مقدمه‌ای بر خشکسالی و تأثیرات آن و لزوم نقشه سازی و آشکار سازی تغییرات پوشش اراضی با استفاده از تصاویر سنجش از دور و همچنین اهداف انجام این مطالعه و فرضیات مورد نظر است. فصل دوم به تعریف مفاهیم و عبارات بنیادی و روش‌های به کار گرفته شده پرداخته و سپس به برخی از مطالعات انجام شده در داخل و خارج از کشور اشاره می‌کند. فصل سوم منطقه مورد مطالعه، داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده و روش‌های پردازش داده را تشریح می‌کند. چهارچوب کلی کار نیز در این فصل آورده شده است. فصل چهارم در بر گیرنده نتایج بدست آمده از پیش پردازش داده‌ها، طبقه بندی تصاویر و اعمال تکنیک‌های گوناگون آشکار سازی تغییرات می‌باشد. در نهایت فصل پنجم یافته‌های این مطالعه را شرح داده و با مطالعات مرتبط انجام شده مقایسه می‌کند.

فصل دوم

مفاهیم و تعاریف و بررسی منابع

۲-۱ مقدمه

کشور ما ایران با قرار گرفتن در عرض ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی روی نوار خشک یا بیابانی جغرافیایی کره زمین واقع شده است. میزان بارندگی متوسط سالانه آن را چیزی حدود ۲۲۴ تا ۲۷۵ میلیمتر ذکر نموده‌اند، که بدین ترتیب حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی‌ها (۸۰۰میلیمتر) و کمتر از یک سوم بارندگی متوسط کره زمین (۱۳۳میلیمتر) می باشد. بنابراین قسمت اعظم ایران در قلمرو آب وهوای خشک جهان قرار می‌گیرد. علاوه بر کمبود بارندگی، نوسانات شدید بارندگی در مقیاس‌های روزانه، فصلی و سالانه از جمله خصوصیاتی است که موجب عدم اطمینان کافی نسبت به دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تغذیه جریان‌های سطحی و سفره‌های آب زیر زمینی و مصارف انسانی می‌شود. با توجه به وجود نوسانات منفی شدید بارش مناطق مختلف کشور، وقوع خشکسالی‌ها خسارات بسیار زیان باری بر بخش های کشاورزی و اقتصادی کشور تحمیل می کند [۲۵].

خشکسالی یکی از پدیده‌های مخرب و بی سر و صدای طبیعت است و به طور خزنده گسترش می‌یابد و طبیعتاً بدین گونه پدیده‌ها آثار تخریبی گسترده و شدید تری را به جای می گذارند. وقوع خشکسالی امری اجتناب ناپذیر بوده و فقط با شناخت قانونمندی‌های حاکم بر آن و اتخاذ روش‌های مناسب می‌توان خسارت این بلای طبیعی را کاهش داد. کنترل خشکسالی، تابعی از شناخت و مراقبت‌های مداوم در این رابطه است. عموماً کنترل خشکسالی به وسیله بررسی داده‌های جوی انجام پذیر است. اگر چه پراکندگی ایستگاه‌های هواشناسی امروزه به طور کامل نمی‌تواند پوشش مناسبی را برای این گونه بررسی‌ها ایجاد نماید و لیکن تنها راه کمی نمودن و ارزیابی خشکسالی به حساب می‌آید. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مشکلات حاصل از کمبود ایستگاه‌های هواشناسی را تا حدی بر طرف نموده است. امروزه تلفیق این دو روش کشورها را به منظور مراقبت و کنترل خشکسالی یاری می‌دهد. داده‌های تکمیلی به منظور انجام ارزیابی خشکسالی شامل شرایط سطح زمین، شرایط محیطی، سیاست‌های دولت، گرایش‌های منطقه‌ای و امکانات کمک و پرداخت خسارات و ... می‌باشند [۴۱]. در تحقیق حاضر، از داده‌های بارندگی به همراه اطلاعات ماهواره‌ای به منظور پایش خشکسالی در سمیرم استان اصفهان استفاده شده است. اما پیش از پرداختن به مطالعه انجام شده در این منطقه، بیان نکاتی در پدیده خشکسالی و ویژگی‌های آن، انواع خشکسالی و ... ضروری به نظر می‌رسد.

۲-۲ پایش[1]

بر اساس فرهنگ لغت وبستر[2] پایش یعنی تحت نظر گرفتن، مشاهده یا بررسی نمودن یک پدیده برای اهداف خاص. پایش در منابع طبیعی اطلاعاتی را که برای تصمیم گیری‌های مناسب بر روی مدیریت منابع طبیعی لازم است، تهیه می-نماید و بدین ترتیب پایش، جمع آوری اطلاعات برای یک موضوع از طریق تکرار شدن یا مشاهدات پیوسته به منظور تأیید تغییرات ممکن می‌باشد [۸۱].

۲-۳ تعریف خشکسالی

تاکنون از ۱۵۰ تعریف در رابطه با خشکسالی از منابع مختلف گردآوری شده است که به نظر می رسد تعاریف بیشتری نیز وجود داشته باشد. گرچه این تعاریف فراوان است، اما بسیاری از آن‌ها تعریفی جامع و کافی از خشکسالی در قالب جملات و عبارات معنا دار برای دانشمندان و سیاست گذاران ارائه نمی دهند[۲۸]. چند نمونه از تعاریف موجود در ادامه آورده می‌شود.

به گفته کارلی و باری (۱۹۹۲)، خشکسالی عبارت است از کمبود بارش در دوره‌ای بلند که بتواند موجب کمبود رطوبت در خاک شده و سبب کاهش منابع آب گردد و بدین طریق فعالیت‌های انسانی و حیات معمولی گیاهی و جانوری را بر هم زند[۳۵].

لینزلی و فرانزینی(۱۹۸۷)، خشکسالی را در یک دوره زمانی معین با میزان بارش کمتر از معمول همان منطقه تعریف می کند[۳۵].

کاویانی و علیجانی(۱۹۸۲)، خشکسالی را کاهش غیر منتظره بارندگی در مدتی معین در منطقه‌ای که لزوماً خشک نیست، تعریف کرده اند[۲۵].

تعاریف موجود از خشکسالی را می‌توان به دو گروه کلی تقسیم نمود که عبارتند از:تعاریف مفهومی و تعاریف کاربردی.

۲-۳-۱ تعاریف مفهومی

این دسته از تعاریف که در غالب اصطلاحاتی کلی بیان می‌شوند، به افراد کمک می‌کند تا مفهوم خشکسالی را درک کنند. به عنوان مثال خشکسالی عبارت است از یک دوره ممتد کمبود بارش که منجر به صدمه زدن به محصولات زراعی و کاهش عملکرد می‌گردد. تعریف مفهومی در تعیین سیاستگذاری در زمینه خشکسالی نیز حائز اهمیت است. مثلاً خط مشی (سیاست کلی) در زمینه خشکسالی در استرالیا، تلفیقی از آگاهی نسبت به تغییرپذیری نرمال‌های اقلیمی در تعریف متناظر آن از خشکسالی می‌باشد. و کمک‌های مالی به زارعان صرفاً در شرایط خشکسالی‌های استثنایی بالاخص زمانی که خشکسالی شدیدتر است، ارائه می‌گردد. تشخیص خشکسالی‌های استثنایی نیز مبتنی بر ارزیابی‌های علمی می‌باشد [۱۹]

[1] Monitoring
[2] Webster

۲-۳-۲ تعاریف کاربردی

این دسته از تعاریف، شروع، خاتمه و شدت خشکسالی را در نظر می‌گیرند. برای تعیین شروع خشکسالی، این تعاریف میزان انحراف از میانگین بارش یا سایر متغییرهای اقلیمی در طول یک دوره زمانی مشخص در نظر گرفته می شود. این امر معمولاً با مقایسه وضعیت فعلی نسبت به متوسط‌های گذشته انجام می‌شود که غالباً مبتنی بر دوره آماری ۳۰ ساله است. اطلاعاتی از این دسته در تهیه برنامه‌های راهبردی در کاهش اثرات خشکسالی و ارائه طرح‌هایی به منظور آمادگی برای وقوع پدیده، مفید خواهد بود [۱۹].

۲-۴ علل وقوع خشکسالی

با توجه به این که خشکسالی و اثرات آن بسیار قابل توجه است، بایستی مشخص شود که این پدیده توسط چه عواملی ایجاد می شود. خشکسالی توسط عوامل زیر به وجود می آید [۲۷]:

۱-گسترش و حضور جو پر فشار جنب حاره ای مثل خشکسالی‌هایی که در جنوب فلسطین رخ می دهد.

۲-تغییرات چرخه موسمی تابستان که نمونه این خشکسالی‌ها در هند و نیجریه رخ می‌دهد.

۳-کاهش دمای آب‌های سطحی بر اثر تغییر مسیر جریان‌های اقیانوسی یا تشدید فرارانش مثل خشکسالی‌هایی شیلی کالیفرنیا.

٤-جابجایی مسیر حرکت سیستم‌های بارانی عرض‌های میانی که این پدیده به علت گسترش بادهای غربی به سمت عرض‌های پایین تر است و یا به علت گسترش سیستم‌های مانع در عرض‌های میانی ایجاد می‌شود. مثل خشکسالی‌های دهه ۱۹۳۰ و ۱۹۸۰ در شرق کوه‌های راکی.

خشکسالی را خصوصاً در نواحی جنوب کشور ایجاد کرده و بسیار هم گسترده است، اثر آنچه در کشور ما، عمدتاً سیستم‌های پر فشار جنب حاره‌ای است که مقدار بارش در جنوب کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی به طور محسوسی کاهش داده و مانع اثر سیستم‌های شمالی و غربی به این مناطق می‌شود [۳٦].

۲-۵ انواع خشکسالی

مطالعات خشکسالی در ٤ طبقه، خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اقتصادی – اجتماعی صورت می گیرد.

۲-۵-۱ خشکسالی هواشناسی (Meterological Drought)

این نوع خشکسالی را می‌توان کمبود بارش از یک مقدار مشخصی مانند درصد کاهش از میانگین دراز مدت بارش تعریف کرد. تعریف دیگر از این نوع خشکسالی شامل کمبود بارش یا تغییر شدت و سرعت بارندگی است که موجب کاهش پوشش ابر، رطوبت نسبی هوا، فزونی دما، تبخیر، تعرق، تشعشع و تند بادها می‌شود [۳۵].

۲-۵-۲ خشکسالی کشاورزی (Agricaltural Drought)

پارامتر مهمی که در این نوع خشکسالی به طور عموم مورد تأکید قرار می گیرد، میزان رطوبت موجود در خاک است. محققین خشکسالی کشاورزی را زمانی تحقق یافته می‌دانند که رطوبت خاک مجاور ریشه گیاه در زیر نقطه پژمردگی قرار می گیرد. خشکسالی کشاورزی از این حقیقت منشأ می گیرد که محصولات متفاوت نیازهای رطوبتی متفاوتی دارند. برخی از محصولات نیاز زیادی به آب دارند، در صورتی که برخی دیگر از محصولات مانند ارزن و

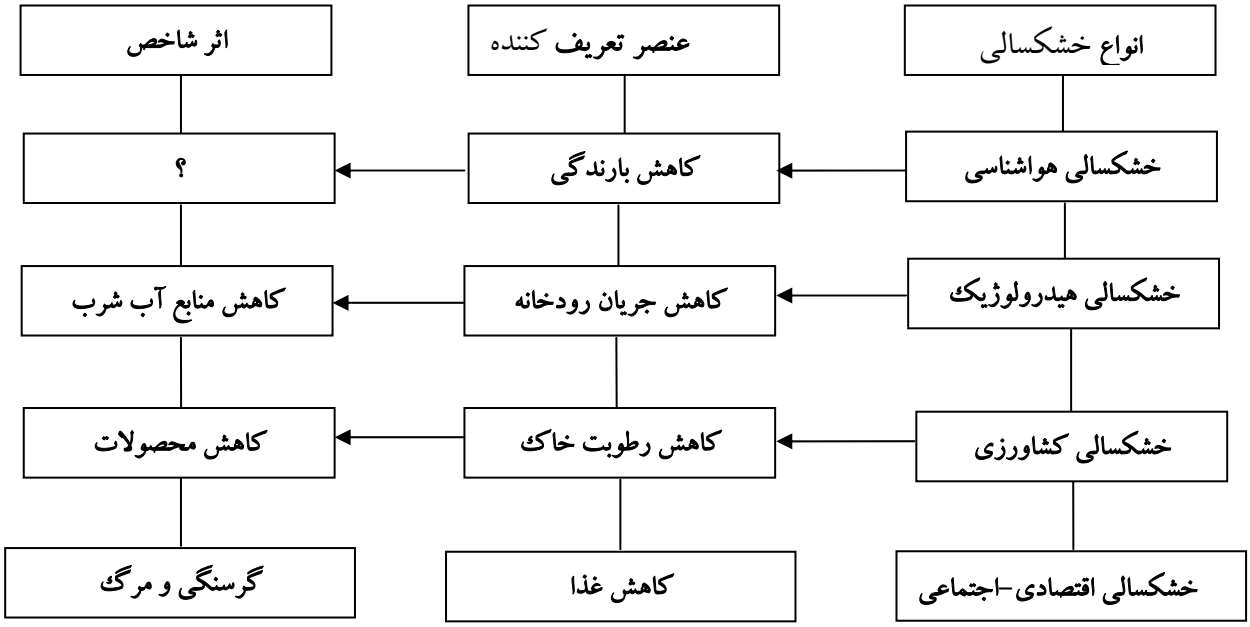
ذرت خوشه‌ای به طور نسبی در مقابل خشکسالی مقاومند. بنابراین چنانچه عدم موفقیت در تولید محصول در ارتباط با بارندگی باشد، به عنوان خشکی کشاورزی مطرح می‌گردد [۲].

۲-۵-۳ خشکسالی هیدرولوژیک (Hydrological Drought)

این نوع خشکسالی براساس منابع تأمین آب تعریف می‌شود و عبارت است از کاهش جریان طبیعی یا آب زیر زمینی که می‌توان کاهش حجم ذخیره آب مخازن و دریاچه‌ها را نیز به آن افزود، به شرط آن که از این منابع به طور مستقیم در تأمین آب استفاده شود [٤٤]. امروزه این نوع از خشکسالی به علت توسعه شهر سازی، صنعتی شدن و کمبود آب جهت شرب، کشاورزی و صنعت در بخش‌های زیادی از جهان به صورت مسئله پیچیده‌ای در آمده است. به طور کلی این نوع خشکسالی با مسائل مربوط به کاهش جریان رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، پایین آمدن سطح مخازن آب زیر زمینی و ... ارتباط پیدا می‌کند [۲]. هر چند در بروز این نوع از خشکسالی، اقلیم عامل اولیه می‌باشد، ولی سایر عوامل از جمله تغییر کاربری اراضی تخریب اراضی و ساخت سدها همگی روی خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه اثر می‌گذارند. علاوه بر این، این نوع از خشکسالی با تأخیر بیشتر نسبت به خشکسالی هواشناسی با کشاورزی رخ می‌دهد. زیرا مدت زمان زیادی طول می‌کشد تا کمبود بارش در اجزاء سیستم هیدرولوژیکی مثل رطوبت خاک، سطح مخازن، آب‌های زیرزمینی و جریان رودخانه‌ها اثر خود را آشکار می‌کند [۲۵].

۲-۵-۴ خشکسالی اقتصادی- اجتماعی(Socioeconomic Drought)

به طور مشخص خشکسالی‌ها یکی از مهمترین بلایای طبیعی هستند که به لحاظ کاهش محصولات غذایی تأثیر مستقیمی را بر جنبه‌های اقتصادی و اجتماعی کشورها می‌گذارند [۲]. در دهه‌های اخیر این مسئله مورد توجه دانشمندان قرار گرفته است، ژینک کینگ (۹۹٦) نوسانات و تغییرات آب کشاورزی را ناشی از تغییرات در بارش دانسته است و اثرات آن را بر مسائل اقتصادی- اجتماعی در خشکسالی سال‌های ۱۹۸٤-۱۹۸۰ مورد بررسی قرار داده است [۳۵]. با توجه به تعاریف ذکز شده، خشکسالی که در این مطالعه بررسی می‌شود بیشتر از نوع خشکسالی کشاورزی می باشد. در شکل ۲-۱ انواع خشکسالی، مبانی تعریف و آثار هر کدام از آن‌ها به طور مختصر عنوان شده است، همچنین در شکل ۲-۲ ترتیب وقوع انواع خشکسالی نشان داده شده است.



شکل۲-۱ انواع خشکسالی، مبانی تعریف و آثار هر کدام [۶۴]

شکل ۲-۲ ترتیب وقوع انواع خشکسالی [۶۴]

۲-۶ پیامد اثرا ت خشکسالی

پیامد اثرات توأم با خشکسالی‌های هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی تفاوت‌های آن‌ها را بیشتر آشکار می‌کند. زمانی که خشکسالی آغاز می‌شود، بخش کشاورزی به دلیل وابستگی بیش از حد به ذخیره رطوبتی خاک، معمولاً نخستین بخشی است که تحت تأثیر قرار می‌گیرد. در طی دوره‌های ممتد خشکی، چنانچه کمبود بارش ادامه یابد، رطوبت خاک به سرعت تخلیه می‌شود در این صورت اتکاء مردم به سایر منابع آبی بایستی تأثیرات این کمبود را مرتفع سازد مثلاًآن‌هایی که متکی به منابع آب‌های سطحی، نظیر مخازن و دریاچه‌ها و آب‌های زیر زمینی هستند معمولاً دیرتر از سایرین تحت تأثیر قرار می‌گیرند. یک خشکسالی کوتاه مدت که ۳ تا ٦ ماه به طول می‌انجامد بسته به خصوصیات هیدرولوژیکی سیستم و نیازهای مصرف آب احتمالاً تأثیرات اندکی بر این بخش‌ها به همراه دارد. زمانی که بارش به حالت نرمال بر می‌گردد و شرایط خشکسالی هواشناسی پایان می‌پذیرد تا زمان احیاء مجدد منابع آب‌های سطحی و زیر سطحی پیامدهای سوء این پدیده ادامه می‌یابد. در ابتدا ذخایر رطوبت خاک و به دنبال آن جریان‌های سطحی، مخازن و دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی جایگزین می‌شود. ممکن است اثرات خشکسالی در بخش کشاورزی به دلیل وابستگی آن به رطوبت خاک سریعاًاز بین برود لیکن در سایر بخش‌ها که متکی به ذخایر سطحی و یا زیر سطحی آب هستند تا

ماه‌ها یا حتی سال ها طول بکشد. استفاده کنندگان از آب‌های زیرزمینی که معمولاً آخرین افرادی هستند که به هنگام بروز خشکسالی تحت تأثیر آن قرار می‌گیرند دیرتر از سایرین، بازگشت به وضعیت عادی سطح آب زیرزمینی را تجربه می‌کنند. طول دوره تجدید ذخیره منبع تابعی از شدت و تداوم خشکسالی و مقدار بارش دریافتی است [٦].

۲-۷ طبقه بندی اثرات مربوط به خشکسالی

الف- اثرات اقتصادی

- خسارت به تولیدات مرتعی
- محدود شدن استفاده چرایی از اراضی مرتعی
- از بین رفتن دام‌ها
- خسارت به تولیدات زراعی
- کاهش حاصلخیزی زمین‌های زراعی، بیماری گیاهان، خسارت حیات وحش به مزارع
- آتش سوزی در جنگل، بیماری درختان، هجوم حشرات، کاهش حاصلخیزی اراضی جنگلی

ب- اثرات زیست محیطی

- خسارت به گونه‌های گیاهی و جانوری
- خسارت به زیست بوم حیات وحش
- کمبود غذا و آب شرب
- بیماری
- تأثیر بر کیفیت هوا، افزایش آلاینده‌ها و گرد و غبار

ج- خسارات اجتماعی

- عدم اطمینان عمومی
- مشکلات سلامتی مربوط به جریان کم، تخریب فاضلاب رودها و افزایش غلظت آلاینده‌ها
- توزیع ناعادلانه اثرات خشکسالی

واریک (۱۹۷۵) اثرات اجتماعی ناشی از خشکسالی را طبقه بندی کرده است. دامنه اثرات اجتماعی خشکسالی در جدول (۲-۱) نشان داده شده است [۲۵].

د- اثرات کشاورزی

از بین رفتن محصول زراعی، تولیدات دامی، لبنیات و محصولات چوبی، افزایش قیمت آب، فرسایش، کاهش شدید محصولات دامی پایه، هجوم حشرات و بیماری‌های گیاهی، افزایش قیمت محصولات غذایی و سایر تولیدات و در نهایت گرسنگی و فقر و نابسامانی اجتماعی و سیاسی [۲۵].

جدول۲-۱ دامنه اثرات اجتماعی خشکسالی [۱۰۴]

دامنه تأثیر	طبقات خشکسالی
کشاورزی	مهاجرت، ورشکستگی، افزایش بدهی و کاهش درامد
منطقه‌ای	افزایش مهاجرت و ناپایداری منطقه، افزایش بیکاری، از بین رفتن بخش‌های اقتصادی منطقه‌ای
ملی	اثر بر سلامتی، کاهش غذا،افزایش قیمت‌ها، افزایش پرداخت‌های دولتی به بخش کشاورزی
جهانی	گرسنگی و قحطی، کشمکش‌های بین المللی، از بین رفتن ارزش‌های اجتماعی

۲-۸- شاخص‌های استخراجی از داده‌های سنجش از دور

کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آن‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. استفاده از داده‌های ماهواره ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. به منظور کاهش اثر عوامل ناخواسته روی اطلاعات پوشش گیاهی و افزایش اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی از شاخص‌های گیاهی استفاده می کنند. در واقع شاخص‌های گیاهی برای متمایز ساختن پوشش گیاهی از پدیده‌های دیگر که ممکن نیست توسط تک باندها انجام گیرد به کار می‌رود [۱۹].

شاخص‌های گیاهی می‌توانند با استفاده از تعدادی باند مناسب و قابل استفاده محاسبه شوند. در واقع شاخص گیاهی از نسبت گیری بین باندها به وجود می‌آیند که روابط ریاضی بین باندها شامل جمع، ضرب، تفریق و تقسیم باندهای طیفی قابل انطباق را گویند. حدود چند دهه از کاربرد شاخص‌های گیاهی برای منظورهای مختلف می‌گذرد در طول سه دهه اخیر شاخص‌های گیاهی کاربرد وسیعی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس کوچک تا مقیاس‌های منطقه‌ای و جهان پیدا کرده‌اند. مطالعات زیادی برای افزایش توانمندی شاخص‌های گیاهی و کاربرد آن‌ها در شرایط مختلف انجام شده است. در زمینه پوشش گیاهی سبز زنده از بخش مرئی به طرف بخش مادون قرمز میانی، تفاوت معنی داری از انعکاس و جذب طیف‌ها رخ می‌دهد. این تفاوت‌ها این امکان را فراهم می‌نماید که بتوان شاخص های مختلفی را از باندهای مختلف بدست آورد که کاربرد وسیعی در نظارت پوشش گیاهی در مقیاس کوچک تا مقیاس جهانی دارند [۴۹].

استفاده از شاخص‌های گیاهی این امکانی را فراهم می‌سازد که بتوانیم تجزیه و تحلیل‌های ریاضی را بر داده‌ها اعمال کنیم. سنجنده ماهواره‌ها از پوشش گیاهی اطلاعات متفاوتی دریافت می‌کنند که با تجزیه و تحلیل این اطلاعات می‌توان پوشش گیاهی مختلف را تا حدودی مشخص نمود. از باندهای قرمز و مادون قرمز تصاویر مورد مطالعه برای شناسایی و تفکیک پوشش گیاهی منطقه از طریق اختلاف این دو باند در بازتاب پوشش گیاهی استفاده شد. شاخص‌های می‌باشد.PVI و SAVI[2][3]، NDVIمورد مطالعه در این تحقیق شامل [1]

۲-۸-۱ شاخص NDVI

[1] Normalized Difference Vegetation Index
[2] Soil Adjusted Vegetation Index
[3] Perpendicular Vegetation Index

یک شاخص گیاهی خوب باید به پوشش گیاهی حساس، به خاک غیر حساس و نیز به عوامل جوی کمتر حساس باشد. آن‌ها همچنین بیان کرده اند که یک شاخص خوب باید در نواحی خشک قادر به حذف اثر سایه و تنوع بازتاب های برگ‌های گونه‌های مختلف موجود باشد. از جمله شاخص‌های ارائه شده می‌توان به NDVI اشاره کرد که در تشریح روابط بین مشخصات پوشش گیاهی نظیر بیوماس اندام هوایی، بیوماس برگ و میزان کلروفیل زیاد به کار می‌رود [۲]. این شاخص اولین بار توسط رز و همکارانش (۱۹۷۳)، تهیه شد، ولی نظریه تعریف NDVI اولین بار توسط کریگر و همکارانش (۱۹۶۹)، مطرح شده بود و از طریق رابطه‌ی ۲-۱محاسبه می‌شود.

رابطه ۲-۱ NDVI=(NIR-RED/NIR+RED)

شاخص NDVI وضعیت پوشش گیاهی را بر روی سطح زمین در مناطق وسیع به ما می‌دهد. پوشش گیاهی متراکم و نیز مناطق با لاشبرگ و یا مناطقی که عاری از پوشش گیاهی هستند نیز بخوبی از طریق این شاخص قابل شناسایی هستند. NDVI همچنین قابلیت تشخیص آب و یخ را به خوبی از هم داراست. بیشترین مطالعات شبیه سازی شده نشان داد که شاخص NDVI به پوشش گیاهی تیپ‌های مرطوب و خیلی مرطوب مانند جنگل‌های باز حساسیت بیشتری دارد. NDVI نسبت به شاخص‌های دیگر در مقابل تغییرات وضعیت اتمسفریک دارای حساسیت کمتری است و به طور گسترده برای پایش پوشش گیاهی به کار برده شده است. شاخص‌های گیاهی مقادیر کمی هستند که برای اندازه گیری فراوانی یا شادابی گیاهان استفاده می‌شوند. شاخص NDVI در حقیقت نشان دهنده تراکم پوشش گیاهی می‌باشد و هر قدر میزان آن بیشتر باشد توده گیاه متراکم تر است. این شاخص برای مناطق با پوشش گیاهی متراکم و فشرده مقادیر بالایی دارد، در حالی که مقدار آن برای صحرا یا نواحی فاقد پوشش گیاهی بسیار کم است به طور خلاصه ابرها یا نواحی فاقد پوشش گیاهی بسیار کم است. به طور خلاصه ابرها، برف و آب دارای انعکاس بیشتری در Red نسبت به NIR می‌باشند. لذا این پدیده‌ها دارای NDVI منفی می‌شوند و تخته سنگ‌ها و مناطق خاک لخت دارای انعکاس مشابهی در هر دو باند هستند و بنابراین شاخص گیاهی NDVI نزدیک به صفر می‌باشد [۵۰].

پوشش گیاهی از دیگر عوارض سطح زمین کاملاً متفاوت است چرا که این پوشش در جذب طول موج‌های قرمز نور آفتاب و انعکاس امواج مادون قرمز نزدیک بسیار پر قدرت عمل می‌کند. ارزش عددی شاخص NDVI بین ۱- تا ۱ متغییر می‌باشد. ارزش عددی ۰/۵ و بالاتر مربوط به پوشش گیاهی متراکم و ارزش عددی صفر و پایین‌تر مربوط به مناطق بدون پوشش گیاهی است، ارزش‌های عددی شاخص NDVI بصورت تیپیک برای تیپ‌های پوششی مختلف را نشان می‌دهد. NDVI دامنه‌ای وسیع از کاربردهای مختلف داشته که روز به روز گسترش بیشتری می‌یابد. این شاخص برای کنترل وضعیت پوشش گیاهی بکار رفته و علائم هشدار دهنده در خصوص بروز خشکسالی و پیامد آن یعنی قحط سالی را از این شاخص می‌توان دریافت کرد. همچنین NDVI در شناسایی مناطق اکولوژیکی خاص از نظر پیشگیری از بیماری‌ها اهمیت فوق العاده دارد [۱۰۰].

۲-۸-۲ شاخص SAVI

به منظور کاهش اثر خاک زمینه شاخص دیگری توسط هیوت[1] (۱۹۸۸) مطرح شد. این شاخص هیبرید مابین شاخص‌های مبتنی بر نسبت و شاخص‌های خط عمودی می‌باشد. بدین صورت در فضای طیفی مابین دو باند قرمز و قرمز در قسمتی که مقادیر منفی می‌باشد، این شاخص مبتنی بر نسبت عمل می‌کند و در بخشی که مقادیر مثبت وجود دارد، همانند شاخص عمود بر خط خاک عمل می‌کند.

SAVI= (NIR – Red)/(NIR+Red+L)*(1+L)

[1] Huete

L=۰/۵ (adjustment factor to minimize soil brightness influences)

در این رابطه L فاکتور تصحیح خاک است که برای پوشش گیاهی خیلی متراکم عدد صفر، برای پوشش گیاهی تنک عدد یک و برای پوشش گیاهی با تراکم متوسط عدد ۰/۵ منظور می‌شود.

SAVI شاخصی است که در راستای ساختن شاخص‌های گیاهی که به منظور به حداقل رساندن اختلافات انعکاس طیفی پوشش گیاهی که در اثر انواع مختلف پس زمینه‌ی خاک ایجاد می‌شوند ارائه شده است. به طور کلی به همین منظور دو تیپ شاخص پیشنهاد شده‌اند که عبارتند از:

۱- شاخص‌های گیاهی که نیازمند استفاده از یک ارزش ثابت در معادله‌ی محاسباتی به منظور کاهش واریانس نتیجه شده از خاک هستند.، SAVI از این نوع می‌باشد.

۲- شاخص‌هایی که نیازمند یک خط تعیین شده از خاک در علائم انعکاسی می‌باشند، شاخص PVI از این نوع می‌باشد [۳۲].

۲-۸-۳ شاخص PVI

شاخص PVI به عنوان شاخصی که تحت تأثیر تغییرات زمینه موثر در وضعیت خاک و در نتیجه انعکاس قرار دارد به صورت گسترده‌ای استفاده می‌شود. جکسون و همکاران (۱۹۸۳) نشان داده‌اند که چنانچه پوشش گیاهی کامل نباشد، تحت تأثیر باران قرار می‌گیرد. هرچند که PVI شاخصی نسبتاً حساسی به پوشش گیاهی است ولی شاخص خوبی برای ناهنجاری‌های گیاهی نیست. این شاخص اولین بار توسط ویگند و ریچاردسون (۱۹۷۷) تهیه شد. شیب خط خاک در این شاخص به طور دلخواه قابل تعیین است. دامنه تغییرات آن بین ۱+ و ۱- می‌باشد. نحوه محاسبه این شاخص به صورت رابطه۲-۳ است [۳۲].

رابطه۲- ۳ $$PVI=\sqrt{[(Rsoil-Rveg)2+(NIRsoil-NIRveg)]1^2}$$

Rsoil: بازتاب خاک در باند قرمز

Rveg: بازتاب پوشش گیاهی در باند قرمز

NIRsoil: بازتاب خاک در باند مادون قرمز

NIRveg: بازتاب پوشش گیاهی در باند مادون قرمز

یا به صورت دیگر

NIRsoil = aREDsoil + b

a: زاویه بین خاک و محور

b: فاصله مبدأ از نقطه آغازین خط خاک

پاندیا و همکاران[1] (۲۰۰۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان "اثرات ژئومتری امواج سنجنده یWiFS روی انعکاس محصول با استفاده از مدل SAIL از پارامتر LAI در ۳ کلاس کمینه، بیشینه و متوسط و نیز پارامتر بافت سطحی خاک در ۳ کلاس روشن، میانه و تیره و محاسبه‌ی شاخص NDVI استفاده کردند [۸۲].

روی و همکاران[2] (۲۰۰۲) در مطالعه‌ای تحت عنوان "ارزیابی و اجرای یک سیستم آبیاری منطقه‌ای با استفاده از داده‌های سنجنده‌های WiFS و LISS در ایالت گجرات هندوستان" برای تشخیص تیپ‌های کشت منطقه از شاخص‌های گیاهی NDVI و SAVI استفاده کردند. در این تحقیق برای محاسبه شاخص SAVI پارامتر۰/۵=L در نظر گرفته شده

1 Pandya et al

2 Roy et al

است. در نهایت با اعمال طبقه بندی نظارت شده بر روی نتایج حاصل از اعمال شاخص‌های گیاهی مذکور سطح زیر کشت گونه‌های مختلف در منطقه تخمین زده شده است [۸٤].

عبدول عزیز و همکاران[1] (۲۰۰۹) در پژوهشی تحت عنوان "آنالیزهای تغییرات در بیوماس پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چند سنجنده و چند زمانه (TM و SPOTxs)"بیوماس پوشش گیاهی ناحیه‌ای از منطقه تراس در کشور ترکیه را توسط شاخص‌های گیاهی RVI[2]، DVI[3]، NDVI و TNDVI[4] ارزیابی و تغییرات بیوماس در خلال سال-های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۳ را کنترل و تعیین کردند. شاخص PVI که یکی از کامل ترین شاخص‌های گیاهی می‌باشد، در این مطالعه در تشخیص پوشش گیاهی سبز و خشک به کار برده شده و همچنین رابطه تغییرات بیوماس پوشش با تغییرات این شاخص مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه شاخص PVI را در بردارنده فاکتور گسیلندگی خاک، که بر اساس یک رابطه خطی میان انعکاسات طیفی باندهای RED و NIR خاک‌های لخت استوار است (خط خاک) دانسته اند برای طبقه بندی بیوماس پوشش گیاهی در این مطالعه از شاخص NDVI استفاده شد که پس از اعمال طبقه‌بندی نظارت شده بر روی نتایج حاصله ۳ کلاس پوشش متفاوت شامل مناطق با پوشش بالا (با میانگین NDVI برابر ۰/۷) مناطق با پوشش پایین، با میانگین NDVI برابر ۰-۰/٤ و مناطق بدون پوشش، با NDVI کمتر از صفر بدست آمد [۵۱].

جیاسیلان و همکاران[5] (۱۹۹۹) در مطالعه‌ای به منظور تشخیص خشکسالی در ایالتی در هندوستان با استفاده از داده های سنجنده‌ی WiFS از تعیین روند کاهش محصول از سال ۹۸ تا سال ۹۹ و مقایسه‌ی آن با تغییرات پروفیل شاخص NDVI در همین زمان استفاده کردند [۷۱].

۲-۹ بررسی مطالعات انجام شده در زمینه خشکسالی

پایش خشکسالی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای باعث کاهش هزینه و زمان نسبت به روش‌های دیگر شده، شایان ذکر است با این روش می‌توان در سطح وسیع تر با هزینه‌ی کمتر مطالعه کرد همین امر سبب گردیده تا در طی چندین دهه‌ی اخیر محققین توجه بیشتری را به این فناوری داشته باشند.در این بین تحقیقات متعددی در زمینه مطالعه خشکسالی در ادبیات علمی موجود می‌باشد. هریک از این مطالعات روش‌ها و ابزار متفاوتی را مورد استفاده قرار داداند. در این قسمت به برخی از مطالعات انجام شده در جهان و ایران اشاره خواهد شد.

رونتونوا[6] (۲۰۰۷) مرور مختصری برسیستم پایش خشکسالی گیاهی توسعه یافته در اندونزی توسط سازمان تحقیقات هیدرولوژیک و اگروکلیماتیک اندونزی(IAHRI) با وسعت ۲ میلیون کیلومتر مربع انجام داده است، این سیستم با هدف ایجاد آمادگی برای خشکسالی در میان کاربران و صنعت کشاورزی و همچنین مدیریت بهتر آن صورت گرفته است. در واقع از ۲۰۰۳سال IAHRI سیستمی را در ٦ مرحله عمده توسعه داده است که این مراحل شامل موارد زیر می‌شود:

الف) توسعه سیستم داده های هواشناسی. ب) تحلیل خشکسالی گیاهی. ج) تعیین شاخص خشکسالی مبتنی بر داده-های هواشناسی، شاخص بارش استاندارد شده (SPI[7]). د) ایجاد ایستگاه زمینی انتقال تصویر با ground resolution بالا که توسط AVHRR دریافت شده. و) کاربرد سنجش از دور برای پایش خشکسالی. ه) ارائه اطلاعات مکانی خشکسالی

[1] Abdulaziz et al
[2] Ratio Vegetation Index
[3] Difference Vegetation Index
[4] Transformed Normalized Vegetetaion Index
[5] Jeyaseelan et al
[6] Runtunuwu
[7] Standard Precipitation Index

به صورت on line و این که داده های زمینی هواشناسی و سنجش از دور به همراه تکنولوژی GIS به طور معنی داری به تحلیل خشکسالی گیاهی کمک نموده است [۸۵].

شیرو[1] و همکاران(۱۹۹۵)، مطالعه‌ای را به منظور بررسی کاهش سطح پوشش گیاهی جهانی با استفاده از داده‌های NOAA و در راستای ارزیابی وضعیت خشکسالی در ژاپن انجام دادند. شاخص‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارت بودند از شاخص GVI[2] (شاخص پوشش جهانی) و VDI (شاخص تقلیل پوشش گیاهی). برای تهیه شاخص GVI از داده‌های سنجنده AVHRR با درجه تفکیک ۸ کیلومتر استفاده گردید. شاخص VDI نیز از روی الگوی تغییر پوشش گیاهی تعریف می‌شود و این الگو از میانگین GVI برای هر منطقه زیست بوم بدست می‌آید. مقدار منفی این شاخص به معنی این است که توان و استعداد تولید توده زنده گیاهی تنزل پیدا کرده است. مقدار کم ارزش شاخص VDI افزایش تقلیل پوشش گیاهی را نشان می‌دهد، به نحوی که مقدار شاخص GVI از هر طبقه زیست بوم ازمقدار متوسط کمتر باشد، گرایش آن طبقه به تولید توده زنده گیاهی است. به طوری که برای زیست بوم‌های مناطق مختلف مقدار VDI برابر توندرا۰/۲۱، علفزار کوتاه و تنک ۰/۲۰، نقاط شهری ۰/۱۸، مزارع چای ۰/۳۷و جنگل‌های انبوه گرمسیری ۰/۵۵ می‌باشد [۹۳].

یوکویاما و همکاران[3]، (۲۰۰۰) در مطالعه‌ای به تشریح تصاویر ترکیبی ۱۰ روزه مربوط به سنجنده AVHRR که توسط دانشگاه ایوات ژاپن آماده شده بود، پرداختند. داده‌ها از چهار ایستگاه توکیو(ژاپن)، کوروشیما(ژاپن)، بانکوک(تایلند) و اولان باتر (مغولستان) جمع آوری شده بود. پس از آن، مراحل زیر به منظور آماده سازی داده‌ها و ایجاد موزاییک دا ده‌های ترکیبی انجام شد: الف) کالیبره کردن رادیومتری ب) ثبت و تصحیح ژئومتری ج) ترکیب تصویر د) تصحیحات اتمسفری و) محاسبه NDVI ه)تکمیل مجموعه داده‌های تصویری، پس ازآن تصاویر حاصل به منظوراستفاده در تحلیل زیست محیطی منطقه آسیایی به کار گرفته شد. علی رغم مشکلات موجود در این داده‌ها، با بهبود روش آماده سازی تا حدودی کیفیت تصاویر ترکیبی بهبود یافت [۱۰۵].

ساتیو و همکاران[4]،(۲۰۰٤)سیستمی را برای پایش اثر خشکسالی در شرق و جنوب شرق آسیا توسعه داده‌اند. برای این منظور از داده‌های AVHRR استفاده کردند. در این روش ابتدا برای به حداقل رساندن اثر ابر بر تصاویر ماکزیمم مقدار NDVI را در هر پیکسل از تصاویر ده روزه محاسبه نمودند. سپس تصاویر استاندارد شده‌ای ازNDVI ایجاد کردند. برای ایجاد تصاویر استاندارد شده از مقادیر NDVI ده روزه در طول دوره ۱۹۹۷ تا ۱۹۹۹ میانگین گرفته شد. در پایان اختلاف میان تصاویر NDVI ده روزه از تصاویر استاندارد محاسبه شد. سپس با استفاده از این نتایج امکان آشکار نمودن سطح خسارت ناشی از خشکسالی بر بخش کشاورزی فراهم شد. به طوری که پیکسل‌های با اختلاف منفی‌تر به عنوان سطوح خشکسالی مشخص شدند و میزان اختلاف مقادیر از نرمال هم شدت خسارت خشکسالی را نشان می‌داد. بر این اساس آن‌ها توانستند نقشه خطر خشکسالی را با استفاده از اختلاف NDVI از نرمال تهیه کنند. برای این منظور سه کلاس در نظر گرفته شد، (اعداد بزرگتر از ۰/۱، اعداد بین ۰/۱+ و ۰/۱-، اعداد کوچکتر از ۰/۱-) به طوری که کلاس کوچکتر از ۰/۱، شرایط ضعیف برای رشد محصولات را نشان می‌داد. در ادامه نمونه‌ای از کاربرد روش به دست آمده در چین در سال ۲۰۰۰ آورده شده است، که نشان دهنده‌ی مفید بودن سیستم مذکور در آشکار سازی سطوح تحت تأثیر خشکسالی و شدت تأثیر آن بر کشاورزی می‌باشد [۸۸].

---

[1] Shiro et al
[2] Global Vegetation Index
[3] Yokoyama et al
4 Satio et al

گونزالس[1] و همکاران، (۱۹۸۷-۲۰۰۱) مطالعه ای تحلیلی بر روی خشکسالی‌های ۲۰۰۱-۱۹۸۷ در اسپانیا انجام داده-اند، که این مطالعه بر اساس تحلیل تصاویر ثبت شده توسط سنجنده AVHRR در سری ماهواره‌های NOAA بوده است. برای این منظور ایشان پس از تصحیح رادیومتری و هندسی باند ۱ و ۲ سنجنده مذکور، شاخص NDVI را با استفاده از داده‌های این دو باند به صورت روزانه محاسبه نمودند. پس از اعمال تصحیح ژئومتری بر روی تصاویر NDVI تصاویر MNDVI بدست آمد که از مقادیر ماکزیمم NDVI در دوره ده روزه برای ماه‌های فوریه تا سپتامبر حاصل شده بود. با استفاده از تصاویر مذکور در فاصله زمانی ۲۰۰۱-۱۹۸۷، فایل چند زمانه از تصاویر حاصل شد. پس از آن نسبت MNDVI در هر دوره ۱۰ روزه در هر سال را به مقدار متوسط کل دوره در سری زمانی ۲۰۰۱-۱۹۸۷ محاسبه و درصد آن را به دست آورند. نتایج حاصل سطح تحت تأثیر خشکسالی را در طی دوره یاد شده در اسپانیا نشان می‌دهد و همچنین شدت این اثرات را در بخش‌های مختلف مشخص می‌نماید. علاوه بر این روند خشکسالی با استفاده از تحلیل رگرسیون MNDVI مورد بررسی قرار گرفت. به طوری که بالاترین شیب به منطقه Cataluna و کمترین شیب به منطقه Valancia تعلق داشت. و به طور کلی روند حاصل با اطلاعات هواشناسی انطباق دارد [٦٤].

کاسا و همکاران[2] (۱۹۹۹) مطالعه‌ای را برای پایش خطر خشکسالی در سودان با استفاده از شاخص NDVI در طی سال های ۱۹۹۳-۱۹۸۲ انجام دادند. برای این منظور داده‌های باند ۱ و ۲ AVHRR را برای محاسبه NDVI به دست آوردند. سپس تصحیح ژئومتری و تصحیحات مربوط به نوع پوشش گیاهی را بر روی آن‌ها اعمال کردند و در ادامه مقدار ماکزیمم روزانه NDVI را در دوره ۱۰ روزه به عنوان، ترکیب مقدار ماکزیمم به دست آوردند. آن‌ها همچنین همبستگی NDVI - بارش را از طریق رگرسیون محاسبه کردند، سپس برای به دست آوردن نقشه خطر خشکسالی از نرم افزار Arc GIS استفاده نمودند و در نتیجه نقشه با ٦ کلاس از سطوح مختلف خطر خشکسالی به دست آمد. نتایج نشان داد که ارتباط بسیار مثبت میان بارش و شدت پوشش گیاهی وجود دارد. البته یک وقفه در پاسخ NDVI وجود دارد که این امر به علت تاثیر مناطق مرطوب مجاور حاره مرطوب بر سطوح عمدتاً ساحل/بیابان تشخیص داده شده است [۷۲].

دو پلزیس[3] (۱۹۹۹) رگرسون خطی میان NDVI، پوشش گیاهی و بارندگی در پارک ملی اتوشا در نامبیا در مساحت ۲۵۰۰۰کیلومتر مربع بررسی نموده است. برای این منظور بارندگی سالانه و تجمعی با مقدار MVC[4]، ماکزیمم مقدار ترکیبی) مربوط به فصل بارندگی برای سال‌های ۹٤-۹۳، ۹۵-۹٤، ۹٦-۹۵ مقایسه شدند و MCV از سری زمانی تصاویرNDVI به دست آمده که قبلاً از نظر ژئومتری محاسبه شده بود. علاوه بر این، مقادیر NDVI با پوشش گیاهی، NDVI با MVC و MVC با پوشش گیاهی و بارندگی هر کدام به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که ارتباط پوشش گیاهی و مقدار بارندگی از نظر آماری ضعیف بوده، اما با میانگین‌گیری از NDVI و داده‌های پوشش گیاهی و حذف مقادیر پرت مربوط به فصل خشک ارتباط قوی تری را آشکار می‌گردد. علاوه بر این، MVC مربوط به فصل بارانی پتانسیل خوبی برای پیش بینی علوفه در دسترس در ساوانای طبیعی و مراتع در طی فصل خشک دارد، زمانی که NDVI عملاً قابل استفاده نیست واز این رو می‌توان به مدیریت مناطق و مزارع کمک نموده وبرنامه‌های کاهش خشکسالی در سطح تجاری و همگانی را هدایت کند [۵۹].

سیلر و همکاران [5](۱۹۹۸) تحقیقی را به منظور تأیید کاربرد شاخص‌های خشکسالی حاصل از داده‌های AVHRR در استان کردوبا در کشور آرژانتین انجام دادند. این منطقه به لحاظ اقلیمی در معرض دوره‌های طولانی خشکسالی می-

1 Gonzales et al
2 Kassa
3 Plessis
4 Maximum Value Composite
5 Seiler

باشد. در این مطالعه شاخص VCI[1]، TCI[2] برای سال‌های ۱۹۹٤-۱۹۸۵ محاسبه گردیده است. برای محاسبه شاخص VCI ابتدا از میان داده‌های روزانه NDVI، ماکزیمم و مینیمم NDVI را برای هر هفته در هر پیکسل مشخص نمودند و برای محاسبه TCI از داده‌های باند ٤ سنجنده استفاده کرده وبه طور مشابه، مقادیر ماکزیمم و مینیمم دمای هر هفته را در سری زمانی ۱۹۹٤-۱۹۸۵ به دست آوردند. در نهایت این نتایج با داده‌های هواشناسی مقایسه گردید به طور کلی نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که شاخص VCI و TCI برای بررسی خشکسالی در آرژانتین مناسب است و با الگوی بارش همخوانی دارد [۹۱].

یونگانای و همکاران[3] (۱۹۸۸)، پتانسیل کاربرد داده‌های AVHRR را در پایش خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای برای آفریقای جنوبی مورد بررسی قرار دادند. به این منظور داده‌های باند۱، ۲، ٤ این سنجنده از آوریل ۱۹۸۵ تا دسامبر ۱۹۹٤ استفاده شد. بر اساس این داده‌ها دو شاخص VCI و TCI محاسبه گردید. برای محاسبه VCI از مقادیر ماکزیمم و مینیمم مطلق NDVI به صورت هفتگی استفاده شد. با توجه به خطای NDVI در طول فصل بارانی از شاخص شرایط دمایی برای تعیین خشکسالی کمک گرفته شد. این شاخص دمای هفتگی و دماهای ماکزیمم و مینیمم مطلق را بر اساس باند ٤ سنجنده مشخص می‌کند. نتایج نشان می‌دهد که شرایط در ۱۹۸۹-۱۹۸۸ عموماً مساعد بوده و استرس رطوبتی به محل-های خاص محدود می‌شده است. درحالی که در ۱۹۹۲-۱۹۹۱ خشکسالی شدیدی در حدود ۸۰-۷۰ درصد آفریقای جنوبی را تحت تأثیر قرار داده و خشکسالی از یک هسته مرکزی اولیه در جنوب شرق و مرکز، در عرض منطقه گسترش یافته است. بر اساس مقادیر NDVI ماهانه خشکسالی در طول دوره ۱۹۹۵-۱۹۹٤ نزدیک به ۷۰ درصد منطقه را پوشش می‌داده است. به طور کلی این مطالعه نشان می‌دهد که خصوصیات زمانی و مکانی خشکسالی‌های اخیر در آفریقای جنوبی می‌تواند با استفاده از داده‌های AVHRR نقشه برداری شود بهترین پتانسیل برای این منظور را سطوح واقع در عرض ۱۰ درجه جنوبی دارد، چرا که مشکل آلودگی (ابر، ذرات معلق و ...) در آن کمتر می‌باشد [۱۰۰].

وگت و همکاران[4](۱۹۹۸)، ضمن بیان دیدگاه‌های امکان پذیر در کاربرد داده‌های سنجش از دور برای پایش و تعیین خشکسالی، مثال‌هایی را در این زمینه از مناطق مدیترانه‌ای عنوان نمودند. یکی از این مثال‌ها در مورد منطقه Andalalusia در جنوب اسپانیا می‌باشد. در این منطقه برای بررسی خشکسالی‌ها در فاصله ۱۹۹۵-۱۹۹۲ شاخص‌های VCI و TCI و NDVI محاسبه و سپس با شاخص هواشناسی SPI (شاخص بارش استاندارد) مقایسه گردید. SPI شاخص آماری است که از داده‌های هواشناسی بیش از ۱۰۰ ایستگاه در منطقه بدست آمد. برای بدست آوردن شاخص‌های گیاهی از داده‌های AVHRR برای مرکز دو ایستگاه انتخابی استفاده شد. پس از مقایسه نتایج شاخص‌های گیاهی با شاخص SPI دراین دو ایستگاه انتخابی مشخص شد که NDVI ارتباط معنی‌داری با شرایط نامساعد گیاهی در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ نشان نمی‌دهد. در حالی که شاخص SPI این سال‌ها را خشک محسوب می‌نماید. اما در مورد VCI با کمی تأخیر زمانی نسبت به SPI تغییرات معنی‌داری را در پوشش گیاهی نشان می‌دهد. شاخص TCI هم ارتباط معنی-داری را با SPI نشان می‌دهد که این ارتباط در سال ۱۹۹۳ بیشتر و در سال ۱۹۹۲ کمتر می-باشد [۹۹].

سائورا و همکاران[5] (۲۰۰۰) در مرکز اسپانیا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای IRS-WiFS نقشه‌هایی برای پوشش جنگلی تهیه کردند، وبه این نتیجه رسیدند که WiFS یک منبع با ارزشی اطلاعاتی جهت تهیه نقشه پوشش جنگلی است ومی توان ازآن جهت تیپ بندی استفاده کرد [۸۹].

---

[1] vegetation condition index
[2] Temperature condition index
[3] Unganai et al
[4] Vogt et al
[5] Saura et al

سونگ و همکاران[1] (۲۰۰٤) در غرب آسیا با استفاده از شاخص گیاهی NDVI از داده‌های AVHRR توانستند خشکسالی را تعیین کنند. و مناطق دارای پتانسیل سیل را شناسایی کنند و به این نتیجه رسیدند که سیستم آشکار سازی خشکسالی با استفاده از داده‌های ماهواره ای می تواند خشکسالی وتأثیرات آن را تعیین کند [۹٦].

کومار جوشی و همکاران[2] (۲۰۰٦) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای WiFS و شاخص گیاهی NDVI و با روش طبقه بندی نظارت شده ونظارت نشده تیپ های پوشش گیاهی را مشخص کردند، واعلام کردند که نقشه‌های به دست آمده از داده‌های WiFS می‌تواند برای مدل‌های biogeochemical مفید باشد، همچنین می‌تواند مساحت جنگل و تیپ-های دیگر را مشخص کند [۷۳].

سائورا و همکاران (۲۰۰۰) در مرکز اسپانیا با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای IRS-WiFS نقشه‌هایی برای پوشش جنگلی تهیه کردند، وبه این نتیجه رسیدند که WiFS یک منبع با ارزش اطلاعاتی جهت تهیه نقشه پوشش جنگلی است و می توان ازآن جهت تیپ بندی استفاده کرد [۸۹].

۲-۱۰ بررسی مطالعات انجام شده در ایران

علیجانی و همکاران (۱۳۸۵) به منظور پایش خشکسالی‌های استان اصفهان به مساحت ۱۰۵۹۳۷ کیلومتر مربع تصاویر سنجنده AVHR از ماهواره NOAA را به صورت روزانه برای دوره رشد (مارس تا سپتامبر) سال-های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۳ استخراج کردند تا در محاسبه شاخص‌های گیاهی NDVI و VCI به کار برد. جهت برآورد شاخص اقلیمی SPI نیز آمار بلند مدت بارندگی ماهانه برای ۳٦ ایستگاه هواشناسی منطقه استخراج کردند. پس از اصلاحات و پردازش‌های اولیه بر روی تصاویر در نرم افزار PCI – GEOMATICA با اعمال روابط خاص، هر یک از شاخص‌های NDVI و VCI محاسبه شده و مقادیر مربوط به آن‌ها تهیه شده. نرم افزار ویژه SPI نیز جهت محاسبه شاخص SPI در سری‌های زمانی ٤۸، ۲٤، ۱۲، ٦ و ۳ ماهه به کار رفت، و نقشه‌های مربوطه در نرم افزار Arc View برای دوره‌های ۳ و ۲٤ ماهه ترسیم شد. دوازده منطقه به عنوان معرف در منطقه مورد مطالعه با شرایط متفاوت از نظر پوشش گیاهی انتخاب شدند تا در بررسی عملکرد شاخص‌ها و مقایسه و ارزیابی آن‌ها به خصوص در در دوره‌های خشک و تر مورد استفاد قرار گیرند. نتایج نشان داد که، شاخص NDVI نسبت به VCI همبستگی بهتری با شاخص SPI نشان داده ضمن اینکه از بین سری‌های شاخص SPI، سری سه ماهه وضعیت مناسب تری داشته است. مقایسه تصاویر خشکسالی تهیه شده از شاخص‌های ماهواره ای NDVI و VCI با نقشه‌های خشکسالی SPI در بسیاری موارد از هماهنگی لازم برخوردار بوده است، در نهایت به این نتیجه رسیدند که از رابطه بین شاخص NDVI و پارامتر بارندگی می‌توان در تعیین آستانه خشکسالی و تهیه نقشه‌های پایش استفاده نمود [۳۳].

رحیم زاده و همکاران(۲۰۰۸) به منظور پایش خشکسالی شمال غرب ایران (ارومیه) تصاویر سنجنده AVHRR را به صورت هفت روز در هر ماه به مدت ۵ سال(۱۹۹٦تا ۲۰۰۰) استخراج کردند تا از آن‌ها دراستخراج شاخص‌های گیاهی NDVI و VCI استفاده کنند، همچنین داده‌های بارندگی و دما از ۱۹ ایستگاه سینوپتیک از منطقه ی مورد مطالعه به مساحت ۱۸۵/۵۲۵۲ کیلومتر مربع در طی همان ۵ سال جمع آوری گردید، برای تعیین روابط مقادیر VCI و NDVI همراه با داده‌های بارندگی ازتوزیع پیرسون استفاده نمودند و با تعیین روابط بین بارندگی و شاخص پوشش گیاهی در یک مقیاس ناحیه ای، توانستند زمان شروع و شدت خشکسالی را مشخص کنند. این مطالعه نشان داد که رابطه ی خوبی بین متوسط VCI و NDVI با بارندگی متوسط ماهانه وجود دارد. و همچنین با استفاده از متوسط شاخص NDVI و VCI

[1] Song et al
[2] Kumar Joshi et al