

## تعریف خشکسالی:

مشخصات خشکسالی از يك منطقه به منطقه ديگر كاملاً تفاوت می كند . خشکسالی يك اختلال موقتي است و با خشکی تفاوت دارد چرا كه خشکی صرفاً محدود به مناطقی با بارندگی اندك است و حالتی دائمی از اقليم می باشد .

خشکسالی جزء بلايای طبیعی نامحسوس است . گر چه تعريف متفاوتی برای اين پديده ارائه شده ليكن در كل حاصل كمبود بارش در طی يك دوره ممتد زمانی معمولاً يك فصل يا بيشتر می باشد . اين كمبود منجر به نقصان آب برای برخی فعاليت ها ، گروهها و يا يك بخش زيست محيطی می شود . خشکسالی بايستی در رابطه با برخی شرايط متوسط درازمدت از موازنه مابين بارش و تبخير و تعرق در نظر گرفته شود ، معمولاً در هر منطقه ای يك شرايط خاص بعنوان " نرمال " تعريف می شود .

بعلاوه اين پديده با زمان ( فصل اصلی وقوع اين پديده ، تأخير در شروع فصل بارانی، وقوع بارش در ارتباط با مراحل اصلی رشد گياه ) و نيز مؤثر بودن بارش ها ( شدت ، بارش ، تعداد رخدادهاى بارندگی ) مرتبط است .

ساير فاكتهورهای اقليمي نظير دماى بالا ، باد شديد و رطوبت نسبی پايين تر غالباً در بسيارى از نقاط جهان با اين پديده همراه شده و می توانند به طرز قابل ملاحظه بر شدت آن بيفزايند . خشکسالی را نبايست صرفاً بعنوان پديده ای كاملاً فیزیکی يا طبیعی در نظر گرفت . تأثيرات آن در جامعه ماحصل ایفا نقشی مابين يك رخداد طبیعی ( بارش كمتر از حد مورد انتظار به دليل تغييرات اقليمي ) و نیاز مردم به منابع تأمين آب می باشد . انسانها معمولاً از تأثيرات خشکسالی لطمه می بينند خشکسالی های اخير در هر دو گروه كشورهای توسعه یافته و در حال توسعه نتايج اقتصادی ، تأثيرات زيست محيطی و دشواریهای شخصی به بار آورده كه جملگی باعث شده اند كه آسیب پذيری تمامی جوامع به اين پديده زيانبخش طبیعی مدنظر قرار گيرد .

دو نوع تعريف کلی خشکسالی وجود دارد :

### مفهومی و عملی

#### تعريف مفهومی خشکسالی :

تعريف مفهومی كه در قالب اصطلاحاتی کلی بيان می شده به افراد كمك می كند تا مفهوم خشکسالی را درك كنند . بعنوان مثال " خشکسالی عبارت است از يك دوره ممتد كمبود بارش كه منجر به صدمه زدن محصولات زراعی و کاهش عملكرد می شود " . تعريف مفهومی در تبیین سياستگذاری در زمينه خشکسالی نيز حائز اهميت است . مثلاً خط مشی ( سياست کلی ) در زمينه خشکسالی در استراليا تلفیقی از آگاهی نسبت به تغييرپذيری نرمال اقليم در تعريف متناظر آن از خشکسالی می باشد .

اين كشور ، كمك های مالی به زارعان را صرفاً در رخداد " خشکسالی های استثنايی " بلاخص زمانی كه شرايط خشکسالی حادثتر از مواردی است كه بعنوان جزئی از ريسك عادی مدیریت پروژه در نظر گرفته می شود ، ارائه می كند .

تشخيص خشکسالی های استثنايی مبتنی بر ارزیابی های علمی است . پيش از اين زمانی كه خشکسالی از نقطه نظر سياستگذاری كمتر تعريف شده بود و زارعان درك درستی از آن نداشتند ، برخی كشاورزان در مناطق اقليمي نيمه خشك استراليا هر چند سال يكبار تقاضای كمكهایى برای مقابله با خشکسالی داشتند .

#### تعريف عملی خشکسالی :

تعريف عملی به افراد كمك می كند تا شروع ، خاتمه و درجه شدت خشکسالی را تشخيص دهند . برای تعيين شروع خشکسالی تعريف عملی ، ميزان انحراف از میانگين بارش يا ساير متغيرهای اقليمي در طول يك دوره زمانی را مشخص می كند . اين امر معمولاً با مقايسه وضعيت فعلی نسبت به متوسط های گذشته كه غالباً مبتنی بر دوره آماری ۳۰ ساله است انجام می شود . حد آستانه تعيين شده به عنوان شروع يك خشکسالی ( مثلاً ۷۵ درصد بارش متوسط در طول يك دوره زمانی مشخص ) معمولاً بيشتر به صورت قراردادی انتخاب می شود تا بر مبنای رابطه دقيق تأثيرات خاص آن

بر محیط .

در تعریفی عملی از خشکسالی برای کشاورزی مقدار بارندگی روزانه با مقادیر تبخیر و تعرق مقایسه می شود تا سرعت ( نرخ ) تخلیه رطوبت خاک تعیین شود و این روابط برحسب میزان تأثیرات خشکسالی بر رفتار گیاه ( یعنی رشد و عملکرد ) در مراحل مختلف نمو گیاه بیان گردد .

تعاریفی نظیر این مورد را می توان در ارزیابی عملی شدت و اثرات خشکسالی براساس متغیرهای هواشناسی ، رطوبت خاک و شرایط گیاه در طی فصل رشد مورد استفاده قرار داد و مستمراً تأثیر بالقوه این شرایط را بر عملکرد نهایی ارزیابی کرد . علاوه بر این تعاریف عملی در تحلیل تناوب شدت و تداوم خشکسالی برای يك دوره تاریخی مفروض نیز کاربرد دارند . لیکن چنین تعاریفی نیازمند داده های جوی در مقیاس های زمانی ساعتی، روزانه ، ماهانه و سایر مقاطع زمانی و احتمالاً داده های مربوط به تأثیر پذیری از پدیده نظیر عملکرد محصول بسته به ماهیت تعریف ، مورد استفاده قرار می گیرند . تدوین ماهیت اقلیم شناسی خشکسالی يك منطقه ، و درك بیشتری از خصوصیات و احتمال وقوع مجدد در شدت های مختلف این پدیده بدست می دهد .

اطلاعاتی از این نوع در تهیه راهبردهای تقلیل اثرات و واکنش این پدیده و طرحهای آمادگی بسیار سودمند است .

جنبه های مختلف در زمینه خشکسالی :

هواشناسی ، هیدرولوژیکی ، کشاورزی و اقتصادی - اجتماعی

خشکسالی هواشناسی :

معمولاً براساس درجه خشکی ( در مقایسه با مقادیر نرمال یا میانگین ) و طول دوره خشکی تعریف می شود . تعاریف خشکسالی هواشناسی بایستی به صورت موردی برای هر منطقه خاص در نظر گرفته شود چرا که شرایط جوی که موجب کمبود بارش می شود ، از منطقه ای به منطقه دیگر شدیداً تغییر می کند .

بعنوان مثال برخی تعاریف خشکسالی هواشناسی معرف دوره هایی از خشکسالی براساس تعداد روزهایی با بارش کمتر از يك حد آستانه خاص هستند . این سنجه صرفاً برای مناطقی که مشخصاً دارای رژیم های بارندگی ادواری هستند مانند جنگل های استوایی ، اقلیم معتدل نیمه حاره یا اقلیم مرطوب عرضهای میانی مناسب است .

مناطق نظیر مانائوس ( برزیل ) نیواورلئان لوئیزیانا ( آمریکا ) و لندن ( انگلیس ) مثالهایی از این مناطقند . مشخصه سایر مناطق اقلیمی الگوی بارش فصلی است . نظیر مناطق مرکزی آمریکا ، شمال شرق برزیل ، غرب آفریقا و شمال استرالیا .

وجود دوره هایی طولانی بدون بارندگی امری عادی در مناطقی نظیر اوباه ، نیراسکا ( آمریکا ) ، فورتالزا ، سنار ( برزیل ) و داروین ( استرالیا ) است . در این موارد ، تعریفی مبتنی بر تعداد روزهایی با بارش کمتر از يك حد آستانه خاص، غیر واقعی است . در سایر تعاریف رابطه ای مابین میزان انحراف واقعی بارش به مقادیر متوسط ماهانه ، فصلی یا سالانه برقرار می شود .

خشکسالی کشاورزی :

خشکسالی کشاورزی اثرات ویژگیهای مختلف هواشناسی یا هیدرولوژیکی خشکسالی را به این پدیده کشاورزی بویژه کمبود بارش ، اختلاف بین تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل ، کمبود رطوبت خاک ، افت سطح آب مرتبط می سازد . نیاز آبی گیاه بستگی به شرایط جوی غالب ، خصوصیات زیستی گیاه ... زیرزمینی یا مخزن و خاص ، مرحله رشد آن و خصوصیات فیزیکی و بیولوژیکی خاک دارد .

تعریفی خوب از خشکسالی کشاورزی آن است که بتواند حساسیت متغیر گیاهان زراعی را در طی مراحل نمو گیاه از سبز شدن تا بلوغ لحاظ نماید . کمبود رطوبت در لایه های فوقانی خاک به هنگام کاشت می تواند باعث تأخیر جوانه زنی شود که موجب کاهش تراکم بوته در هکتار و نقصان عملکرد نهایی گردد .

لیکن چنانچه رطوبت خاک فوقانی (سطح الارضی) برای نیازهای مراحل اولیه رشد کافی باشد کمبودهای رطوبتی در لایه های زیرین خاک در صورت تأمین نیازهای آبی گیاه بوسیله بارندگی یا آبیاری بر عملکرد نهایی گیاه تأثیر چندانی نخواهد داشت .

خشکسالی هیدرولوژیکی :

خشکسالی هیدرولوژیکی با تأثیرات دوره هایی از نقصان ریزش های جوی ( شامل برف ) بر منابع تأمین های آبهای زیرزمینی یا سطحی همراه می شود ( جریان رودخانه ها ، مخازن ، دریاچه ها و آب زیرزمینی ) .

فراوانی و شدت خشکسالی های هیدرولوژیکی غالباً در مقیاس يك آبخیز یا حوزه آبریز رودخانه بیان می شود . گرچه همه خشکسالی ها از کمبود بارش منشأ می گیرند لیکن هیدرولوژیست ها بیشتر به این موضوع توجه دارند که این کمبود چگونه در سیستم هیدرولوژیکی ظاهر می شود ؟ خشکسالی های هیدرولوژیکی معمولاً با تأخیر بیشتری نسبت به خشکسالی های هواشناسی یا کشاورزی رخ می دهند .

زمان بیشتری طول می کشد تا اثر کمبود بارش در اجزاء سیستم هیدرولوژیکی نظیر رطوبت خاک ، جریان رودخانه و سطح مخازن و آبهای زیرزمینی نمایان شود . در نتیجه زمان این تأثیرات با سایر موارد موجود در دیگر بخشهای اقتصادی یکسان نیستند چرا که بخشهای مختلفی برای تأمین آب مورد نیاز خود به این منابع متکی هستند.

مثلاً کمبود بارش می تواند موجب تخلیه سریع رطوبت خاک شود که تقریباً بلافاصله برای متخصصان کشاورزی مشهود است ولی این کمبود بر سطح آب مخازن تا ماهها بر تولید نیروی برق آبی یا مصارف تفریحی تأثیر نمی گذارد .

بعلاوه آب موجود در سیستم های ذخیره هیدرولوژیکی ( مثلاً مخازن ، رودخانه ها ) معمولاً در مقاصد مختلف و رقابتی ( مانند کنترل سیلاب ، آبیاری ، تفرج ، کشتیرانی ، نیروی برق آبی ، زیستگاههای حیات وحش ) بکار می رود . رقابت بر سر آب در این سیستم های ذخیره ای در طی دوره خشکسالی شدت می گیرد و منازعات مابین استفاده کنندگان آب به طرز قابل ملاحظه ای افزایش می یابد .

خشکسالی هیدرولوژیکی و آمایش سرزمین ( کاربری اراضی )

گرچه اقلیم عامل اولیه ای در بروز خشکسالی هیدرولوژیکی است ولی سایر عوامل نظیر تغییرات کاربری اراضی ( مانند جنگل زدایی ) ، تخریب اراضی و ساخت سدها همگی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوزه اثر می گذارند .

چون مناطق مختلف بوسیله سیستم های هیدرولوژیکی به هم مرتبطند ، تأثیر خشکسالی هیدرولوژیکی به مرزهایی فراتر از منطقه کمبود بارش گسترش یابد . مثلاً خشکسالی هواشناسی ممکن است شدیداً بخش هایی از شمال کوههای راکی و دشت های بزرگ شمالی آمریکا را تحت تأثیر قرار دهد لیکن از آنجا که رودخانه میسوری و شاخه های این منطقه را به سمت جنوب زهکشی می کنند امکان بروز تأثیرات هیدرولوژیکی مشهودی در پایین دست جریان وجود دارد . مشابهاً ، تغییرات در کاربری اراضی بالا دست می تواند خصوصیات هیدرولوژیکی نظیر مقادیر نفوذ و رواناب را تغییر داده و باعث متغیّر شدن جریان و تشدید رخداد خشکسالی هیدرولوژیکی در پایین دست شود .

مثلاً در کشور بنگلادش فراوانی وقوع کم آبی به دلیل تغییر کاربری اراضی که داخل کشور و کشورهای همسایه رخ داده ، افزایش یافته است . تغییر نحوه استفاده از اراضی یکی از راههایی است که طی آن فعالیت های بشر فراوانی پدیده کم آبی را حتی بدون آنکه تغییری در وقوع خشکسالی های هواشناسی مشاهده شده باشد ، تغییر می دهد .

پیامد اثرات خشکسالی :

پیامد اثرات توأم با خشکسالی های هواشناسی ، کشاورزی و هیدرولوژیکی تفاوت های آنها را بیشتر آشکار می کند . زمانی که خشکسالی آغاز می شود ، بخش کشاورزی بدلیل وابستگی بیش از حد به ذخیره رطوبتی خاک ، معمولاً نخستین بخشی است که تحت تأثیر قرار می گیرد . در طی دوره های ممتد خشکی ، چنانچه کمبود بارش ادامه یابد ، رطوبت خاک به سرعت تخلیه می شود در این صورت اتکاء مردم به سایر منابع آبی بایستی تأثیرات این کمبود را مرتفع سازد مثلاً آنهایی که متکی به منابع آبهای سطحی ( نظیر مخازن و دریاچه ها ) و آبهای زیرزمینی هستند معمولاً دیرتر از سایرین تحت تأثیر قرار می گیرند . يك خشکسالی کوتاه مدت که ۳ تا ۶ ماه به طول می انجامد بسته به خصوصیات هیدرولوژیکی سیستم و نیازهای مصرف آب احتمالاً تأثیرات اندکی بر این بخش ها به همراه دارد .

زمانی که بارش به حالت نرمال برمی گردد و شرایط خشکسالی هواشناسی پایان می پذیرد ، تا زمان احیاء مجدد منابع آبهای سطحی و زیرسطحی پیامدهای سوءاین پدیده ادامه می یابد . در ابتدا ذخایر رطوبت خاک و به دنبال آن جریانهای سطحی ، مخازن و دریاچه ها و آبهای زیرزمینی جایگزین می شود .

ممکن است اثرات خشکسالی در بخش کشاورزی به دلیل وابستگی آن به رطوبت خاک سریعاً از بین برود لیکن در سایر بخش ها که متکی به ذخایر سطحی و یا زیرسطحی آب هستند تا ماهها یا حتی سالها طول بکشد . استفاده کنندگان از آبهای زیرزمینی که معمولاً آخرین افرادی هستند که به هنگام بروز خشکسالی تحت تأثیر آن قرار می گیرند دیرتر از سایرین بازگشت به وضعیت عادی سطح آب زیرزمینی را تجربه می کنند . طول دوره تجدید ذخیره منبع تابعی از شدت و تداوم خشکسالی و مقدار بارش دریافتی است .

#### خشکسالی اقتصادی - اجتماعی

تعاریف اقتصادی - اجتماعی خشکسالی تلفیقی است از عرضه و تقاضای برخی کالاهای اقتصادی با اجزاء خشکسالی هواشناسی ، هیدرولوژیکی و کشاورزی .

این مورد با سایر انواع پیش گفته ، از آن جهت تفاوت دارد که وقوع آن بستگی به فرایندهای زمانی و مکانی عرضه و تقاضا برای تعریف یا تشخیص خشکسالی ها دارد . عرضه بسیاری از کالاهای اقتصادی مانند آب ، علوفه ، غلات ، ماهی و نیروی برق آبی بستگی به وضعیت جو دارد .

بدلیل تغییرپذیری طبیعی اقلیم عرضه آب در برخی سالها کافی است ولی در سالهای دیگر در حد تأمین نیازهای انسان و محیط زیست نیست . خشکسالی اقتصادی - اجتماعی زمانی رخ می دهد که تقاضا برای یک کالای اقتصادی بدلیل نقصان عرضه آب از حاصل کمبود بارش از میزان عرضه فزونی می گیرد . بعنوان مثال در اروگوئه در سال ۸۹-۱۹۸۸ خشکسالی موجب کاهش قابل ملاحظه ای در تولید برق آبی شد بدین دلیل که نیروگاههای برقی بجایی استفاده از ذخایر آب متکی به جریانهای سطحی بودند . کاهش تولید برق آبی دولت را واداشت تا اقدام به ورود سوخت گرانتر نفت نماید و با استفاده از ابزارهای تبدیلی انرژی نیازهای مردم را برآورده سازد .

در اکثر موارد ، تقاضا برای کالاهای اقتصادی در نتیجه افزایش جمعیت و مصرف سرانه رو به تزاید است . عرضه محصولات نیز ممکن است بدلیل بهبود راندمان تولید و فناوری یا ساخت مخازنی که ظرفیت ذخیره آب را افزایش می دهد ، بیشتر شود .

اگر هر دو کمیت عرضه و تقاضا افزایش یابد عامل ( فاکتور ) حساس نرخ نسبی تغییر است . اگر تقاضا سریعتر از عرضه افزایش یابد ، اثرات سوء و میزان وقوع خشکسالی در آینده همسو با روند عرضه و تقاضا افزایش خواهد یافت .

#### تعریف شاخص خشکسالی:

شاخصهای خشکسالی مقادیر متنابهی از اطلاعات اقلیمی و هیدرولوژی مانند درجه حرارت، بارندگی، برف، جریان رودخانه ها و سایر منابع آبی را به کار میگیرند تا تصویر جامعی از وضعیت خشکسالی را به طور منطقه ای، در قالب محدوده ای از اعداد بیان نماید . شاخص های متعددی وجود دارد که گویای وضعیت خشکسالی در منطقه می باشند، هر چند که هیچکدام بطور ذاتی نسبت به دیگری ارجحیت ندارند ولی بعضی از آنها در شرایطی خاص بهتر عمل میکنند. این شاخص ها در ارزیابی خشکسالی، متناسب با اهداف و داده های موجود تعیین می شوند. مقدار یک شاخص خشکسالی یک عدد می باشد که به مراتب مفیدتر از داده های خام مرتبط با این پدیده عمل کرده و در تسهیل تصمیم گیری های آتی برنامه ریزان اهمیت بسزایی دارد.

انواع شاخص های خشکسالی

#### -شاخص ذخیره آب سطحی ( SWSI: Surface Water Supply Index )

این شاخص در سال ۱۹۸۲ توسط Shafer و Dezman ارائه شد. و مفهوم اصلی آن همان مفهوم شاخص پالمر است با این تفاوت که در این شاخص ذخیره آب موجود در برف مورد توجه و تأکید قرار گرفته شده است. این شاخص نیز برای مقیاس زمانی ماهیانه به کار می رود و فاکتورهای اساسی هواشناسی و اقلیمی مورد استفاده آن بارش و پوشش برف می باشد.

### ۳- شاخص درصدی از نرمال ( PN: Percent of Normal )

این شاخص در سال ۱۹۹۴ توسط Willeke و همکارانش ارائه شد و مفهوم اساسی آن تقسیم بارش واقعی بر بارش نرمال می باشد و تنها فاکتور مورد نیاز جهت محاسبه آن بارش می باشد و همچنین در مقیاس زمانی ماهیانه به کار برده می شود.

### ۴- شاخص دهک ها (Deciles):

این شاخص در سال ۱۹۶۷ توسط Maher و Gibbs ارائه شد. این شاخص اساساً از تقسیم توزیع احتمال وقوع آمار ثبت شده درازمدت بارش بر بخشی از هر یک از ده درصد توزیع به دست می آید. تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص بارش می باشد و مقیاس زمانی مورد استفاده در این شاخص نیز مقیاس ماهیانه می باشد.

### ۵- شاخص بارش استاندارد ( Percipitation Index SPI: Standardized )

این شاخص در سال ۱۹۹۵ توسط Mckee و همکارانش ارائه شد. این شاخص بر اساس تفاوت بارش از میانگین برای مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می آید و تنها فاکتور مؤثر در محاسبه این شاخص عنصر بارندگی می باشد. این شاخص را می توان در مقیاس های زمانی ۳-۶-۱۲-۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه کرد.

ویژگی دیگر شاخص SPI این است که براساس آن روش می توان آستانه ی خشکسالی را برای هر دوره ی زمانی تعیین کرد. بنابراین بر اساس این شاخص علاوه بر محاسبه ی شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می توانیم تعیین نماییم. شاخص بارش استاندارد شده بر اساس احتمال بارش برای هر بازه ی زمانی می باشد. و به منظور هشدار اولیه و پایش شدت خشکسالی اهمیت زیادی دارد. این شاخص برای کمی نمودن کمبود بارش در بازه های زمانی چندگانه طراحی شده است (بذرافشان، ۱۳۸۱).

### ۶- شاخص رطوبت محصول ( CMI: Crop Moisture Index )

این شاخص در سال ۱۹۶۸ توسط Palmer ابداع شد. مفهوم این شاخص براساس میانگین دما و مجموع بارش هر هفته در یک تقسیم اقلیمی نسبت به مقادیر CMI هفته قبل استوار است و با توجه به زمان و مکان دارای ضرائب وزنی می باشد. فاکتورهای اساسی مورد استفاده در این شاخص دما و بارش می باشد و در مقیاس زمانی هفتگی به کار می رود.

### ۷- شاخص خشکسالی رطوبت خاک Drought Index SMDI: Soil Moisture

این شاخص در سال ۱۹۹۴ توسط Hollinger و همکارانش ارائه شد. این شاخص بر مبنای مجموع رطوبت خاک بطور روزانه برای سال استوار است و تنها فاکتور اقلیمی مورد استفاده در این شاخص رطوبت خاک می باشد. این شاخص در مقیاس های سالانه به کار می رود.

### ۸- شاخص خشکسالی محصول-ویژه ( Drought Index CSDI: Crop Specific )

این شاخص در سال ۱۹۹۳ توسط Meyer و همکارانش ارائه شد سپس در سال ۱۹۹۵ مجدداً توسط Meyer و Hubbard اصلاح شد. این شاخص پس از شاخص رطوبت محصول (CMI) ارائه شد. مفهوم اساسی این شاخص، مجموع ارقام محاسبه شده تبخیر و تعرق و تقسیم آن بر تبخیر و تعرقی که ممکن است در طول دوره رشد یک محصول ویژه اتفاق افتاده باشد. مهم ترین فاکتور اقلیمی که در این شاخص بکار می رود تبخیر و تعرق می باشد و در مقیاس زمانی فصلی از این شاخص استفاده می شود.

### ۹- شاخص بارش سراسری یا کلی ( Fall Index RI: National Rain )

این شاخص در سال ۱۹۹۴ توسط Petrassi و Gommess عرضه شد. این شاخص بر اساس الگوها و ناهنجاری های بارش در یک مقیاس قاره ای استوار می باشد و تنها فاکتور مؤثر در آن بارش می باشد و در دو مقیاس زمانی سال و قرن بکار برده می شود.

### ۱۰- شاخص ناهنجاری یا بی نظمی بارش (Fall Anomaly Index RAI: Rain)

این شاخص در سال ۱۹۶۵ توسط Rooy عرضه شد. این شاخص براساس محاسبه بارش مقایسه شده با ارقام تصادفی از ۳- تا ۲+ بدست می آید بطوری که به بی نظمی های بارش ۱۰ کرانه اختصاص داده شده است. تنها عامل مؤثر در محاسبه این شاخص، بارش می باشد. در ضمن این شاخص در دو مقیاس زمانی ماهانه و سالانه بکار برده می شود.

#### ۱۱- شاخص خشکسالی احيائي (Drought Index RDI: Reclamation)

این شاخص در سال ۱۹۹۶ توسط Weghorst ارائه شد. این شاخص شبیه به شاخص ذخیره آب سطحی می باشد و براساس فاکتورهای اقلیمی و هواشناسی، سطح آب رودخانه، بارش برف، جریانات سطحی، ذخائر آب و همچنین دما محاسبه می شود و در مقیاس زمانی ماهانه بکار می رود.

#### ۱۲- شاخص بارش مؤثر (Index ERI: Effective Rain Fall)

این شاخص در سال ۱۹۹۹ توسط Byung Wilhit بعنوان جدیدترین شاخص خشکسالی در سال های اخیر ارائه گردید و این شاخص براساس تحلیل های کمی از بارش مؤثر روزانه استوار است بنابراین تنها عامل مؤثر در آن بارش بوده و مقیاس زمانی آن روزانه می باشد.

میانگین SPI در مقیاس زمانی دریک موقعیت صفر خواهد بود و انحراف معیار آن برابر یک می باشد، این یک مزیت است زیرا SPI نرمال شده است. بنابراین اقلیم های خشک تر و مرطوب تر می توانند به همان روش نشان داده شوند. علاوه بر دوره های خشکسالی، دوره های ترسالی هم به وسیله نمایه SPI بررسی می شود. یک حادثه خشکسالی هر زمانی که SPI به طور مداوم منفی باشد و شدت آن به ارقام ۱- یا کمتر برسد، اتفاق می افتد. این حادثه، زمانی که SPI به مقادیر مثبت برگردد تمام می شود. بنابراین حادثه خشکسالی دارای یک دوره زمانی می باشد که به وسیله شروع و خاتمه آن تعریف می شود و شدت آن برای هر ماه تا زمانی که حادثه تداوم دارد محاسبه می شود (نوریان و همکاران، ۱۳۸۱).

چون بارش دارای چولگی است بهترین روش برازش داده های بارندگی ایستگاه ها با توزیع های مختلف و انتخاب مناسب ترین توزیع است (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۸۲).

لیست برخی از شاخصهای خشکسالی (پورمحمدی و همکاران ۱۳۸۷)

نام شاخص	علامت اختصاری	ارائه دهنده	سال ارائه	مقیاس زمانی	فاکتورهای مؤثر در تعیین شاخص
شاخص شدت خشکسالی پالمر	PDSI	Palmer	1965	ماهانه	دما-بارش-رواناب-تبخیروتعرق-رطوبت خاک
شاخص ذخیره آب سطحی	SWSI	Shafer Decman	1982	ماهانه	بارش و پوشش برف
شاخص درصدی از نرمال	PN	Willeke	1994	ماهانه	بارش
شاخص دهکها	Deciles	Gibbs Maher	1967	ماهانه	بارش
شاخص بارش استاندارد	SPI	Mckee	1995	3-6-12-24-48 ماهه	بارش
شاخص رطوبت محصول	CMI	Palmer	1968	هفتگی	بارش و دما
شاخص خشکسالی رطوبت خاک	SMDI	Hollinger	1994	سالانه	رطوبت خاک
شاخص خشکسالی محصول ویژه	CSDI	Meyer	1993	فصلی	تبخیر

شاخص بارش کلي يا سراسري	RI	Gommes Petrassi	1994	قرن وسال	بارش
شاخص نابهنجاري وبي نظمي بارش	RAI	Rooy	1965	ماهانه وسالانه	بارش
شاخص خشكسالي احيائي	RDI	Weghorst	1996	ماهيه	سطح آب رودخانه-بارش برف-جریانات سطحی-ذخائر آب ودما
شاخص بارش مؤثر	ERI	Wilhite Byum	1999	سالانه وروزانه	بارش روزانه
شاخص خشكسالي اجمالي	RDI	Mckee	2004	سالانه	تبخیر و تعرق و بارندگی

در ایران و جهان تجربیات مختلفی در مورد شاخصهای خشکسالی وجود دارد:

مک کی و همکارانش؛ (Mckee 1993) شاخص بارش استاندارد شده (SPI) را به منظور تعریف و پایش خشکسالی و تعیین کمبود بارش برای مقیاس های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه توسعه دادند. مرکز ملی تعدیل خشکسالی ایالت متحده به منظور پایش خشکسالی و شرایط ذخیره رطوبت خاک از شاخص SPI استفاده می نماید. داله زیوس و همکاران؛ (۲۰۰۰) براساس تحلیل منحنی های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی؛ نقشه های هم شدت خشکسالی را برای یونان ترسیم کردند و نتیجه گرفتند که نواحی شمالی یونان نسبت به نواحی جنوبی آن از خشکسالی شدیدترین برخوردار است.

هایس و همکاران (Hayes, 1999) گمان دارند که استفاده کنندگان از شاخص SPI در دنیا رو به افزایش است. در ترکیه و در اکثر کشورهای قاره آفریقا از این شاخص در پایش خشکسالی استفاده شده است، همچنین گروه های دیگری مانند مرکز آب و هوایی کلرادو (آمریکا) مرکز اقلیم منطقه ی غرب (CCRW) و مرکز ملی کاهش خشکسالی در ایالات متحده از این شاخص استفاده می نمایند. در ایران نیز نتایج حیدری ویزدانی نشان می دهد شاخص بارندگی استاندارد (SPI) در مقیاس فصلی عملکرد بهتری نسبت به دیگر شاخص ها دارد، برتری شاخص SPI در تحقیقات لشنی زند و تلوری (۱۳۸۴) و مقدسی و همکاران (۱۳۸۴) و اختری و همکاران (۱۳۸۵) مطابقت دارد. نام؛ (۱۹۶۶) پی برد که توزیع آماری گاما برازش خوبی با سری زمانی اقلیمی بارندگی دارد.

مرکز ملی تعدیل خشکسالی ایالت متحده به منظور پایش خشکسالی و شرایط ذخیره رطوبت خاک از شاخص بارش استاندارد شده استفاده می نماید (NDMST<sup>۳</sup>، ۱۹۹۵). هنریکوس و سانتوز (Henriques, ۱۹۹۸) و Santos) به منظور تحلیل خشکسالی های پرتغال، از یک مدل توزیع منطقه ای خشکسالی استفاده کردند و نقشه های پهنه بندی خشکسالی و منحنی های شدت، مساحت- فراوانی خشکسالی را ترسیم کردند. بنجامین و ساندرز (Benjamin. و Saunders ۲۰۰۲) رابطه فراوانی و تداوم خشکسالی های اروپا را در مقیاس های زمانی مختلف مطالعه کرد و نتیجه گرفت که در مقیاس زمانی کوتاه مدت فراوانی خشکسالی و در مقیاس زمانی درازمدت تداوم خشکسالی ها بیشتر است. داله زیوس و همکاران؛ (Dalezios ۲۰۰۰) براساس تحلیل منحنی های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی؛ نقشه های هم شدت خشکسالی را برای یونان ترسیم کردند و نتیجه گرفتند که نواحی شمالی یونان نسبت به نواحی جنوبی آن از خشکسالی شدیدتری برخوردار است. هانگ بیان داشتیک شاخص خشکسالی زمانی مفید است که بتواند ارزیابی کمی، ساده و روشنی از خصوصیات اصلی خشکسالی یعنی تداوم، شدت، فراوانی و سطح درگیر با خشکسالی ارائه دهد (هانگ و هیز، ۲۰۰۱ Hong و Hayes).

Hong Wu و همکاران (۲۰۰۱)، سه شاخص خشکسالی بارندگی استاندارد شده، Z چینی و ZSI را در چهار ناحیه در کشور چین که شرایط خشک تا مرطوب را داشتند با استفاده از ۴۸ سال آمار بارندگی (۱۹۹۸ تا ۱۹۵۱) و دوره های ۱، ۲، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه ارزیابی کردند. در این تحقیق شاخص SPI مینا قرار داده شد و سایر شاخص ها و عکس العمل آنها در سال های خشک و تر نسبت به این شاخص ارزیابی گردید. برای این بررسی از همبستگی خطی بین مقادیر این شاخص ها با SPI استفاده شد. این همبستگی بین مقادیر SPI و CZI بیانگر این است که SPI و CZI معمولاً رابطه خوبی در مقیاس های زمانی مختلف، بجز در مقیاس زمانی ۳ ماهه و در

شرایط بسیار خشک از خود نشان می دهد. در مجموع نتایج تحقیق فوق نشان داد که، این شاخص ها توانایی خوبی برای پیش خشکسالی در مقیاس های زمانی مختلف دارد. برتری ZSI و CZI نسبت به SPI از این بابت است که این دو شاخص، بر خلاف SPI نواقص آماری را در بین سری داده ها قبول می کند و محاسبات ساده تری دارد. از طرف دیگر CZI نسبت به کمبود بارندگی و شرایط خشکسالی از دو شاخص دیگر عکس العمل بیشتری را نشان می دهد و مقادیر منفی بزرگتری را نسبت به بقیه ارائه می نماید. در صورتی که ZSI برای خشکسالی های شدید قابلیت زیادی را از خود نشان نداد.

قطره سامانی در سال ۱۳۷۹ روند خشکسالی ها و ترسالی های استان چهارمحال و بختیاری را با استفاده از دهکها بررسی و دوره و روند خاصی نتوانست در میان آنها پیدا کند و با توجه به دهک اول، دوم و سوم نشان داد که از شرق به غرب و همچنین از شمال به جنوب تعداد دوره های خشک کاهش یافته است.

حسني ها و صالحی در سال ۱۳۷۹ وضعیت دوره های خشک و روند آن را در استان زنجان بر اساس چهار نمایه آماری درصد بارش میانگین، انحراف از میانگین، کلاسه بندی بارش و توزیع استاندارد مشخص و توصیف کرده اند.

خلیلی و بذرافشان در سال ۱۳۸۲ به مطالعه برخی نمایه های خشکسالی و هواشناسی در چند نمونه اقلیمی پرداختند و به این نتیجه رسیدند که نمایه های دهکهای بارندگی و نمایه معیار بارندگی سالانه بهترین کاربرد را برای ارزیابی خشکسالی های هواشناسی ایران دارند.

از معایب شاخص استاندارد شده بارش عدم محاسبه در ماههای فاقد بارش است. که در برخی از ماه های موجود در ایستگاه ها دارای بارش نباشند شاخص بارش استاندارد شده قادر به تجزیه و تحلیل داده ها و تعیین وضعیت ترسالی و خشکسالی در کل دوره در همان ماه را ندارد. این مشکل توسط بذرافشان (۱۳۸۱) و محسنی ساروی و همکاران (۱۳۸۳) نیز ذکر شده است.

شاخص احيائي خشکی یا RDI شدت و مدت خشکسالی را نشان می دهد و جهت پیش بینی خشکسالی استفاده می شود. در این شاخص میزان آب حوضه آبخیز همراه با درجه حرارت، بارندگی، یخ، جریان آب و میزان ذخیره آب مورد استفاده قرار می گیرد. این شاخص دما و تبخیر را نیز در نظر دارد و برای هر حوضه به طور جداگانه مورد استفاده واقع می شود (حیدری شریف آباد، ۱۳۸۳)

حمیدیان پور و خالدی (۱۳۸۴) به منظور بررسی ویژگی های خشکسالی و تحلیل دوره های آن و همچنین ارتباط بین خشکسالی های اقلیمی و هیدرولوژیک در منطقه دشت مشهد از داده های بارش سال های ۵۳ تا ۸۳ و آبدهی رودخانه های منطقه و داده های سطح ایستابی آبهای زیرزمینی منطقه در همین دوره استفاده نموده است.

برای مطالعه پدیده خشکسالی وجود داده های مناسب و طولانی مدت پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بسیار ضروری است. بدون وجود این داده ها امکان مطالعه در این زمینه میسر نمی گردد. بارندگی اصلی ترین عاملی است که ایجاد، گسترش و دوام خشکسالی ها را کنترل می کند، اما تبخیر و تعرق مهمترین پارامتر اقلیمی است که می تواند رفتارهای خشکسالی را در هر منطقه ای بیان نماید. اما مشکلاتی که بر سر را محاسبه تبخیر و تعرق در طی تاریخ وجود داشته است موجب شده است که بارندگی به عنوان مناسبترین و قابل دسترس ترین پارامتر اقلیمی برای ساخت و محاسبه شاخص های خشکسالی شناخته شود. در واقع شاخص هائی که تنها بر پایه داده های بارندگی استوار می باشند در مقایسه با شاخص های پیچیده تر هیدرولوژیکی نتیجه بهتری می دهند (Oladipio, 1985). از میان شاخص هائی که بر اساس استفاده از پارامتر بارندگی استوار می باشند، شاخص بارندگی استاندارد (Standardized Precipitation Index, SPI)، و شاخص دهکها (Deciles) از اعتبار و دقت بسیار مناسبی برخوردار هستند و مورد پذیرش جوامع علمی و کاربران قرار گرفته اند.