



شاخص های متداول خشکسالی و بررسی میزان اثرپذیری و کاربرد آنها

جهت استفاده در مناطق مختلف

علیرضا غلامی^۱، سید امیر شمس نیا^۲، گلناز محقق زاده^۳

چکیده

خشکسالی از جمله بلایای اقلیمی بی سروصدای طبیعت است که می تواند اثرات مخرب و زیانباری در زمینه های مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به جای گذارد. اهمیت خشکسالی تنها کمبود آب در یک زمان مشخص نیست، بلکه رخدادهای متوالی از یک کمبود است که در نهایت می تواند منجر به یک بحران یا حتی فاجعه شود. با توجه به خاصیت تکرار پذیری این پدیده و وقوع آن در آینده بایستی ارزیابی و پایش خصوصیات آن به طور دقیق مورد توجه محققین و تصمیم گیرندگان قرار گیرد. در راستای ارزیابی از شاخص های خشکسالی استفاده می شود. به کمک شاخص ها می توان عوامل موثر در خشکسالی را در غالب یک تصویر جامع، کامل و قابل فهم نشان داد. مساله مهم در انتخاب شاخص میزان اثر پذیری و تناسب شاخص مورد استفاده با محدوده مورد مطالعه است. در پژوهش حاضر شاخص های مهم و کاربردی خشکسالی معرفی شده، جنبه های مثبت و منفی هر یک بررسی گردیده و با توجه به تعریف و اطلاعات مورد نیاز هر شاخص، رهنمودهایی جهت پایش و ارزیابی مناطق مختلف ارائه گردیده است.

واژه های کلیدی: خشکسالی، شاخص.



مقدمه

خشکسالی یکی از مهمترین بلاهای طبیعی است که تنها کمبود آب در یک زمان مشخص نیست، بلکه رخدادهای متوالی از یک کمبود است که در نهایت می تواند منجر به یک بحران یا حتی فاجعه شود. براساس تعاریف خشکسالی ها به چهار دسته هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژی و اقتصادی-اجتماعی طبقه بندی می شوند (۲۲). خشکسالی هواشناسی زمانی روی می دهد که بارندگی سالانه یا هر بازه زمانی معین (مثلا ماهانه یا فصلی) کمتر از میانگین دراز مدت آن باشد. ادامه خشکسالی هواشناسی به مدت طولانی سبب بروز خشکسالی هیدرولوژی می شود که در این نوع خشکسالی سطح آب رودخانه ها، مخازن آب، دریاچه ها و آبهای زیرزمینی به پایین تر از میانگین دراز مدت افت می کند. خشکسالی کشاورزی نیز زمانی آغاز می شود که مقدار رطوبت موجود در محیط ریشه گیاه به حدی کاهش یابد که موجب پژمردگی و در نهایت کاهش محصولات کشاورزی گردد. هرگاه میزان تقاضای آب برای تولید برخی کالاهای اقتصادی بیشتر از عرضه آن شود، خشکسالی اقتصادی-اجتماعی روی می دهد. بنابراین ارزیابی و پایش خشکسالی به دلیل تاثیراتی که در بخشهای مختلف کشاورزی و منابع آب می گذارد، از ضروریات محسوب می شود.

در مطالعات مربوط به ارزیابی خشکسالی این نیاز وجود دارد که در مشابهنه با سایر پدیده های تاثیر گذار در کشاورزی، پدیده خشکسالی از حالت کیفی و توصیفی به صورت کمی و عددی در آید. لذا بایستی شاخص هایی تعریف و ارائه گردد. شاخص های خشکسالی با هزاران بخش از داده های بارش، توده برف، جریان رودخانه و دیگر نشانگرهای تامین آب در درون یک تصویر بزرگ قابل درک هماهنگ می شود. ارزش شاخص خشکسالی به طور معمول به صورت یک عدد می باشد که بسیار مفیدتر از داده های خام برای تصمیم گیری است. با تعریف شاخص خشکسالی می توان تصویر جامعی از همه عوامل موثر را فراهم نمود. به منظور ارزیابی وضعیت خشکسالی، شاخص های متعددی مورد استفاده قرار می گیرد. این شاخص ها یا بر اساس تعاریف خشکسالی و یا روشهای محاسبه ای شاخص های خشکسالی که در آن از یک یا چند پارامتر هواشناسی استفاده شده، به دست آمده اند. اگر چه هیچ یک از شاخص های عمده به طور ذاتی در تمامی شرایط برقرار نمی باشد ولی بعضی شاخص ها برای کاربرد های معین مناسب تر بوده و تناسب بیشتری با محدوده مورد مطالعه دارند.



در ابتدا مهمترین و کاربردی ترین شاخص های خشکسالی را معرفی می نمائیم، سپس در مورد مزایا، معایب و جنبه های مثبت و منفی هر یک بحث می نمائیم. در پایان میزان اثر پذیری و تناسب هر کدام در مناطق و حوضه های مختلف جهت پایش خشکسالی را نیز بررسی می کنیم.

شاخص درصد نرمال، (Percent of Normal Index) PN

تعریف شاخص: یکی از ساده ترین شاخص های کاربردی است که از طریق محاسبه درصد بارندگی نسبت به میانگین بارندگی ۳۰ ساله بدست می آید.

جنبه های مثبت: قابل استفاده جهت مقایسه میزان بارش در مناطق مختلف، زمانهای مشخص و یک فصل خاص. همچنین جهت گزارش وضع آب و هوای عمومی مناسب است.

جنبه های منفی: نتایج این شاخص در برخی مواقع اشتباه تفسیر می شود، زیرا بسته به مکان و فصل نشانه های متفاوتی از شرایط را ارائه می دهد. به همین دلیل چندان برای برنامه ریزی و کاهش خسارت خشکسالی کاربرد ندارد.

شاخص شدت خشکسالی پالمردی (Palmer Drought Severity Index) PDSI

تعریف شاخص: پالمردی شاخصی را جهت ارزیابی میزان انحراف رطوبت توسعه داد (۱۶). پالمردی شاخص خود را بر اساس مفهوم عرضه و تقاضای معادله بیلان آب بنا نهاد و پارامترهای دیگری غیر از کمبود بارش را جهت موقعیت های خاص در نظر گرفت.

هدف شاخص: هدف شاخص شدت خشکسالی پالمردی فراهم کردن شرایط اندازه گیری های رطوبت بود. بدین ترتیب امکان مقایسه مناطق و ماههای مختلف با استفاده از این شاخص فراهم می گردید.



کاربرد شاخص: این شاخص توسط وزارت کشاورزی آمریکا برای ارزیابی در مناطقی که از توپوگرافی همگن برخوردار بوده و دشت می باشند، توصیه شده است.

خصوصیات شاخص: این پارامتر یک شاخص هوا شناسی است و به شرایط آب و هوایی که به طور غیر عادی خشکتر یا مرطوبتر از شرایط نرمال هستند واکنش نشان می دهد (۱۲). پالمبر اساس داده های بارش و دما و رطوبت قابل دسترس خاک (AWC) محاسبه میگردد. با استفاده از اطلاعات ورودی تمامی اجزا معادله بیلان (تبخیر و تعرق، تغذیه رطوبتی خاک، رواناب سطحی و تلفات از لایه های سطحی) تعیین می شود. اما اثرات انسانی روی تعادل آب مانند آبیاری در نظر گرفته نمی شوند. پالمبر PDSI را جهت در برگرفتن طول دوره خشکسالی یا ترسالی توسعه داد. دلیل انتخاب این شاخص این بود که یک ماه تر غیر معمول در طول یک خشکسالی طولانی مدت نباید تاثیر عمده ای روی شاخص داشته باشد، یا وجود یک سری از ماه ها با بارش تقریبا نرمال به دنبال یک خشکسالی جدی به معنای خاتمه خشکسالی نیست. بنابراین پالمبر معیارهایی را برای تعیین زمانی که یک خشکسالی یا یک ترسالی شروع شده و پایان می پذیرد، تهیه نمود و به این ترتیب PDSI را تنظیم نمود. اکنون شاخص پالمبر به عنوان یک شاخص هواشناسی مطرح نمی باشد، بلکه یک شاخص هیدرولوژیکی شناخته می شود که به عنوان شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی پالمبر (PHDI) بیان می شود. زیرا این شاخص بر اساس جریان ورودی رطوبت (بارش)، جریان خروجی و ذخیره می باشد (۱۲). پالمبر طبقه بندی را جهت ارزیابی خشکسالی ارائه نمود. طبقه بندی شاخص پالمبر، در تعیین درجه خشکسالی، در جدول (۱) ارائه گردیده است.

جنبه های مثبت: این شاخص موثرترین ابزار در تشخیص تبعات ناشی از تغییر شرایط رطوبتی خاک بر فعالتهای حساسی مانند کشاورزی است (۲۱). همچنین به عنوان ابزاری مفید در ارزیابی خشکسالی جهت آماده سازی زمینه اجرای طرحهای مقابله با خشکسالی مورد استفاده قرار می گیرد (۲۱).

سه ویژگی مثبت شاخص پالمبر که در فراگیر شدن استفاده آن نقش داشته عبارتند از: (۴)

۱- با ارزیابی شرایط جوی غیر معمول امکان تصمیم گیری را برای سیاست گزاران فراهم می سازد.

۲- امکان بررسی شرایط فعلی و گذشته را فراهم می سازد.

۳- این شاخص می تواند مکان و زمان خشکسالی های گذشته را مشخص نماید.



جدول ۱- طبقه بندی شاخص پالمر

ارزش PDSI	درجه خشکسالی
۴ یا بیشتر	فوق العاده مرطوب
۳ تا ۳/۹۹	خیلی مرطوب
۲ تا ۲/۹۹	مرطوب متوسط
۱ تا ۱/۹۹	مرطوب ملایم
۰/۵ تا ۰/۹۹	رطوبت خیلی کم
۰/۴۹ تا -۰/۴۹	نزدیک نرمال
-۰/۹۹ تا -۰/۵	خشکسالی خیلی کم
-۱ تا -۱/۹۹	خشکسالی ملایم
-۲ تا -۲/۹۹	خشکسالی متوسط
-۳ تا -۳/۹۹	خشکسالی شدید
-۴ یا کمتر	خشکسالی فوق العاده شدید

نقاط ضعف شاخص پالمر عبارتند از: (۴ و ۱۲)

مقادیر کمی شدت خشکسالی نشان دهنده ی شروع و پایان یک خشکسالی یا دوره های مرطوب بر اساس مطالعه پالمر در نواحی بخصوصی از آمریکا بوده و از نظر علمی دارای تفسیر ضعیفی هستند. شاخص پالمر نسبت به AWC نوعی از خاک حساس می باشد. بنابراین اعمال این شاخص برای مناطق مختلف آب و هوایی ممکن است بسیار کلی و عمومی باشد. با توجه به اینکه خاک با دولایه در موازنه آب محاسبه می شود، ممکن است منظور نمودن دولایه در معادله بیلان، معرف خوبی از موقعیت نباشد. بارش برف، پوشش برف و زمین های یخبندان در این شاخص لحاظ نشده است و کل بارش به صورت باران در نظر گرفته می شود. بنابراین تطبیق شاخص خشکسالی پالمر در فصول زمستان یا بهار برای نقاط برف گیر



ممکن است با خطا همراه باشد. تاخیر زمانی میان باران و جاری شدن رواناب در نظر گرفته نشده است. همچنین در این روش جاری شدن رواناب وقتی وارد محاسبات می شود که گنجایش رطوبتی لایه های سطحی و زیرسطحی خاک تکمیل شده است و به همین دلیل رواناب کم برآورد می شود. در این شاخص تبخیر و تعرق پتانسیل با استفاده از روش تورنت وایت تخمین زده می شود. با اینکه این روش به صورت گسترده مورد پذیرش قرار گرفته اما آن هنوز فقط یک تخمین می باشد. شاخص پالمر در داخل ایالت متحده اعمال شده و کاربرد دارد و در سایر مناطق پذیرش کمی دارد (۱۳). این شاخص برای مناطقی که بارش و رواناب تغییرات شدیدی دارند، مناسب نیست (۲۰). ضعف دیگر شاخص پالمر آن است که طبقات خشکسالی بسیار شدید و شدید در برخی بخشها نسبت به بخشهای دیگر تکرار پذیری (فراوانی) بیشتری دارد (۲۱).

شاخص رطوبت محصول، CMI (Crop Moisture Index)

تعریف کلی شاخص: شاخصی است که تامین رطوبت در یک دوره کوتاه را در سرتاسر نواحی تولید محصول منعکس می کند و هدف آن پیش بینی خشکسالی های کوتاه مدت است.

خصوصیات شاخص: این شاخص برای کنترل شرایط هفته به هفته گیاه با کمک شیوه های هواشناسی مورد استفاده قرار می گیرد. این شاخص توسط پالمر و براساس فرآیند محاسبات شاخص شدت خشکسالی پالمر، بسط و توسعه یافت (۱۵).

شاخص پالمر برای کنترل و نظارت بر دوره های طولانی مدت خشک و مرطوب هوا شناسی بکار می رود. شاخص رطوبت محصول، برای ارزیابی شرایط کوتاه مدت رطوبت طراحی شده است. این شاخص بر متوسط درجه حرارت و کل بارندگی در هر هفته در یک ناحیه اقلیمی استوار است. شاخص رطوبت محصول به سرعت به شرایط متغیر واکنش نشان داده و با توجه به زمان و مکان دارای ضرایب وزنی می باشد به گونه ای که بتوان از نقشه هایی که معمولاً شاخص رطوبت گیاه را به صورت هفتگی در سرتاسر کشور نشان می دهند، استفاده نمود و شرایط رطوبتی در مناطق مختلف را مورد مقایسه قرار داد.

جنبه مثبت شاخص: خشکسالی های بالقوه کشاورزی را مشخص می نماید.



جنبه های منفی شاخص: این شاخص برای نظارت بلند مدت بر خشکسالی مناسب نمی باشد، زیرا به گونه ای طراحی شده که رطوبت کوتاه مدت را که بر گیاه در حال رشد تاثیرگذار است، کنترل نماید. ویژگی دیگری که استفاده از این شاخص را محدود می کند آن است که این شاخص در شروع و پایان فصل رویش تقریباً برابر صفر است. بنابراین نمی تواند برای کنترل شرایط رطوبت خارج از فصل رشد به خصوص در خشکسالی هایی که به مدت چند سال به طول می انجامد، مورد استفاده قرار گیرد. شاخص CMI ممکن است در مرحله جوانه زنی و در ابتدای فصل رشد یک محصول خاص قابل استفاده نباشد.

شاخص تامین آب سطحی، SWSI (Surface Water Supply Index)

تعریف شاخص: این شاخص به منظور تکمیل شاخص پالم برای شرایط رطوبتی اراضی ایالت کلرادو ارائه شد (۱۹).
خصوصیات شاخص و دلایل ارائه آن: شاخص پالم ذخائر برف کوهستان را در محاسبات در نظر نمی گیرد و این موضوع از معایب شاخص می باشد. شاخص پالم اساساً یک الگوریتم رطوبت خاک برای نواحی نسبتاً همگن می باشد اما برای تغییرات زیاد توپوگرافی در سطح یک ناحیه طراحی نشده و تجمع برف و رواناب را در نظر نمی گیرد. لذا شاخص SWSI برای تکمیل شاخص پالم در شرایط ذخیره برف کوهستان ارائه گردید. این شاخص به گونه ای طراحی شده که شرایط آب سطحی را در نظر می گیرد و به شاخص وابسته به آب کوهستان نیز معروف است و ذخائر برف کوهستان مولفه ای مهم به شمار می آید. شاخص تامین آب سطحی مانند شاخص پالم دارای مرکزیت صفر و دامنه تغییراتی مابین $4/2-$ تا $4/2+$ می باشد.

هدف شاخص: هدف SWSI در نظر گرفتن ویژگی هیدرولوژیکی و هواشناسی به عنوان یک شاخص واحد بود.

مقادیر این شاخص جهت مقایسه حوضه های آبریز مختلف باید استاندارد شوند.

محاسبه شاخص: محاسبه شاخص به چهار نوع اطلاعات به عنوان ورودی نیاز دارد که عبارتند از:



ذخائر برف، جریان سطحی، بارش و ذخیره مخازن. به دلیل وابستگی شاخص به فصل در طی فصل زمستان ذخائر برفی، بارندگی و ذخیره مخازن وارد محاسبات می شود و در طی فصل تابستان جریان سطحی جایگزین ذخائر برفی می شود جنبه مثبت: شرایط تامین آب را منحصر به فرد برای هر حوضه نشان می دهد.

جنبه های منفی: در صورت تغییر محل یک ایستگاه جمع آوری داده یا روشهای مدیریت آب، الگوریتم های جدیدی جهت محاسبه نیاز است. تغییرات جدید مدیریت منابع آب در یک حوضه از قبیل انحراف آب یا احداث مخازن جدید باعث می شود تا الگوریتم شاخص دوباره ارزیابی گردد تا تغییرات هر مولفه منظور گردد. لذا همگون نگهداشتن سری زمانی شاخص بسیار دشوار است (۱۱). شاخص برای هر حوضه ای منحصر به فرد می باشد و به همین دلیل مقایسه بین حوضه ای را محدود می سازد (۶)

شاخص استاندارد شده بارش (Standardized precipitation Index) SPI

تعریف کلی و دلایل ارائه شاخص: درک اینکه کمبود بارش اثرات متفاوتی را روی آبهای سطحی، ذخایر آب زیرزمینی، رطوبت خاک، توده برف و جریان رودخانه ها دارد، مک کی و همکاران را به سمتی هدایت کرد که شاخص استاندارد بارش را طراحی و معرفی نمایند. این شاخص طراحی گردید تا کمبود بارش را برای چندین مقیاس زمانی به صورت کمی و عددی در آورد. این مقیاس های زمانی، تاثیر خشکسالی را روی قابلیت دسترسی منابع آبی متفاوت منعکس می سازند. این شاخص به دو صورت کوتاه مدت (۳،۶،۹ ماهه) و بلند مدت (۱۲،۲۴،۴۸ ماهه) محاسبه شده است. شاخص SPI کوتاه مدت شرایط رطوبت کوتاه مدت را منعکس و برآورد فصلی از بارندگی را مشخص می نماید. در این مدل تغییرات بیشتری وجود دارد و نشانگر آن است که شاخص SPI کوتاه مدت، حساسیت بیشتری به تغییرات شرایط رطوبت دارد و همانطوری که مقیاس زمانی طولانی تر شود بارندگی ماه جدید اثر کمتری بر کل بارندگی دارد و شاخص به آهستگی پاسخ می دهد. SPI دوره های طولانی مدت، خشکسالی را بهتر منعکس کرده و مقادیر آن در این مقیاس زمانی با سیلها، سطح آب در سدها و منابع آب زیرزمینی مرتبط می شوند (۱۴).



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



محاسبه شاخص: محاسبه این شاخص نیاز به آمار طولانی مدت دارد. آمارها به یک توزیع آماری برآزش داده می شود و سپس این توزیع به توزیع نرمال تبدیل می شود (۷).

چگونگی شناخت خشکسالی ها و ترسالی ها جهت استفاده از این شاخص یک طبقه بندی وجود دارد (جدول ۲)، که ترسالی ها و خشکسالی ها را مشخص می کند. خشکسالی وقتی رخ می دهد که SPI از -۱ کمتر و ترسالی وقتی است که SPI از +۱ بیشتر شود. پس در این شاخص هر رخداد خشکسالی دارای مدتی است که آغاز و خاتمه آن تعریف می شود و خشکی هر ماه شدتی مشخص دارد. مجموع قدر مطلق مقادیر SPI برای تمام ماههای واقع در دوره خشکسالی را می توان اندازه خشکسالی نامید.

جدول ۲- طبقه بندی شاخص استاندارد شده بارش

درجه خشکسالی	ارزش SPI
خشکسالی ملایم	۰ تا -۰/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۹۹ تا -۱/۵۱
خشکسالی حاد	-۲

موارد استفاده: این شاخص خشکسالی و ترسالی های متوسط تا شدید را به خوبی نشان می دهد، اما با توجه به اینکه در طبقه بندی ارائه شده توسط مک کی و همکاران (۱۹۹۳) تغییر از خشکسالی به ترسالی و برعکس بسیار سریع صورت می گیرد، خشکسالی و ترسالی های حدی به خوبی نشان داده نمی شود. همچنین این طبقه بندی جهت ارزیابی خشکسالی در کلرادو طراحی گشته است لذا جهت استفاده در مناطق مختلف بایستی بومی سازی گردد و با اعمال تغییراتی در مرز خشکسالی و ترسالی جهت ارزیابی و پایش مورد استفاده قرار گیرد (۳).

جنبه های مثبت: این شاخص می تواند برای مقیاس های زمانی متفاوت محاسبه شود و هشدار اولیه خشکسالی را فراهم می سازد و به ارزیابی شدت خشکسالی کمک می کند و کمتر از سایر شاخص ها پیچیدگی دارد.



پنج مشخصه عمده خشکسالی (طول، تناوب، شدت، بزرگی و فراوانی) را در نظر می‌گیرد (۵). شاخص استاندارد شده بارش، زمان شروع خشکسالی را یک ماه زودتر از شاخص پالمر نشان می‌دهد (۱۰). شاخص استاندارد شده بارش به عنوان یک شاخص احتمالاتی، دوره های خشک و تر غیر عادی را بهتر از شاخص پالمر نشان می‌دهد (۸). عکس العمل منابع مختلف استفاده کننده از آب را نسبت به کاهش بارندگی مشخص می‌نماید (۱۸). جریان های آبی، رطوبت خاک، سد و ذخیره گاه های آبی، در حقیقت هم به نبود بارندگی و هم به بازگشت آن به شرایط عادی، عکس العمل نشان می‌دهند. چنین وقفه زمانی مطمئنا یکی از جالب ترین و معتبرترین زمینه ها برای استفاده از این شاخص می باشد (۵). استاندارد شدن داده های خشکسالی، ویژگی اصلی شاخص استاندارد شده بارش می باشد و بر همین اساس پایش خشکسالی و تعیین احتمال وقوع و رخداد این پدیده مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. شاخص SPI می تواند کمبود های بارندگی در دوره های مختلف را تعیین نموده و آب و هوای خشک و تر را با روشی مشابه مشخص و متمایز نماید (۱۴). با استفاده از نتایج این شاخص می توان پهنه بندی و آسیب پذیری مکانی خشکسالی و شبیه سازی و مدلسازی جهت پیش بینی زمانی خشکسالی را نیز انجام داد (۱۷و۱).

جنبه های منفی: طبقه بندی ارائه شده به دلیل آنکه وضعیت نرمال را در نظر نگرفته بایستی جهت استفاده در هر منطقه ای اصلاح شود. همچنین در محاسبه مقیاس های زمانی که به صورت ماهانه می باشد وضعیت افزایش یا کاهش بارش در کل ماه در نظر گرفته می شود و دقیقا مشخص نیست که کمبود در ابتدا یا انتهای ماه بوده است و به همین دلیل در مراحل حساس رشد نسبت به کم آبی نمی تواند معیار خوبی از وضعیت رطوبت خاک و کمبود رطوبتی در شرایط کشاورزی باشد.

شاخص خشکسالی احیای زمین، RDI (Reclamation Drought Index)

تعریف شاخص و دلیل ارائه آن: شاخص احیای زمین (RDI) به عنوان یک ابزار تعریف دوره خشکسالی و پیش بینی شروع و پایان دوره ی خشکسالی توسعه یافته است. دلیل اصلی ارائه این شاخص مربوط به قانون مساعدت سال ۱۹۸۸ معاونت خشکسالی اداره اصلاح اراضی بود که به ایالات اجازه می داد جهت کاهش خسارات خشکسالی از اداره اصلاح اراضی درخواست کمک نمایند.



موارد استفاده شاخص: مانند SWSI در سطح حوضه آبریز محاسبه می گردد و نیاز به اطلاعات بارندگی، توده برف، رواناب و رقم آب در مخازن دارد.

تفاوت شاخص با SWSI و جنبه های مثبت: تفاوت این شاخص با شاخص تامین آب سطحی، در وارد نمودن مولفه تقاضا و مدت بر مبنای درجه حرارت می باشد. با در بر داشتن مولفه دما مقدار تبخیر را نیز در محاسبات خود لحاظ می نماید. شاخص RDI برای هر منطقه ای قابل استفاده است این شاخص در برگیرنده هر دو گروه فاکتورهای اقلیمی و تامین آب است. جهت توصیف شدت، دوام خشکسالی و پیش بینی آغاز و پایان آن مورد استفاده قرار می گیرد. جنبه های منفی: به دلیل آنکه این شاخص مختص حوضه یک رودخانه می باشد، از نظر کاربرد در مقایسه های بین حوضه ای دارای محدودیت می باشد (۲).

طبقه بندی شاخص احیای زمین، در تعیین درجه خشکسالی، در جدول (۳) ارائه گردیده است.

جدول ۳- طبقه بندی شاخص احیای زمین

ترسالی	طبقه بندی	خشکسالی
۰ تا ۱/۵	عادی تا ملایم	۰ تا ۱/۵-
۱/۵ تا ۴	متوسط	۴- تا ۱/۵-
بیش از ۴	شدید	کمتر از ۴-

شاخص دهکها (Deciles):

تعریف کلی: وارد کردن داده های بارش به صورت ماهانه براساس روش دهکها، روش دیگری در پایش وضعیت خشکسالی می باشد. این شاخص به منظور رفع بعضی از ضعف های موجود در روش درصد نرمال ارائه شد (۹).



دلایل ارائه شاخص: این شاخص به دلیل رفع نقائص شاخص درصد نرمال توسعه و ارائه گردید. در این روش توزیع

فراوانی وقوع در یک دوره طولانی مدت به ده بخش تقسیم شده است و هریک از بخش ها یک دهک نامیده می شود. این شاخص اساساً از تقسیم توزیع احتمال وقوع آمار ثبت شده درازمدت بارش بر بخشی از هریک از ده درصد توزیع به دست می آید. اولین توزیع دهگانه، مقدار بارش می باشد که نباید بیش از کمترین ۱۰٪ پایین ترین وقوع بارش باشد. توزیع دهگانه دوم، مقدار بارشی است که نباید بیشتر از کمترین ۲۰٪ وقوع باشد. این توزیع های دهگانه ادامه می یابد تا زمانی که مقدار بارش توسط دهمین توزیع دهگانه شناخته شود. دهک دهم بیانگر حداکثر مقدار بارشی است که در طول دوره آماری رخ داده است. دهک پنجم میانه است و مقدار بارشی است که از ۵۰ درصد رخدادها در طول دوره ی ثبت فراتر نمی باشد. دهکها در پنج دسته طبقه بندی می شوند (جدول ۴).

جنبه های مثبت: این شاخص بر مبنای محاسبات ساده ای است و در مقایسه با شاخص پالمر به اطلاعات کمتری نیاز دارد. (۲۰). یکنواختی در سیستم طبقه بندی برخلاف روش PN مسولین را در تعیین عکس العمل های لازم در برابر خشکسالی یاری می دهد. همچنین ارزیابی آماری دقیقی را از داده های بارندگی ارائه می کند. از مواردی که باید در محاسبه شاخص رعایت شود آن است که محاسبه دقیق نیاز به آمار طولانی مدت دارد.

جدول ۴- طبقه بندی شاخص دهکها

وضعیت دهکها	درجه خشکسالی
دهکهای ۱-۲ کمترین ۲۰٪	خیلی پایین تر از نرمال
دهکهای ۳-۴ نزدیک به کمترین ۲۰٪	پایین تر از نرمال
دهکهای ۵-۶ در حد میانه ۲۰٪	نزدیک به نرمال



دهکهای ۷-۸	بالاتر از نرمال
نزدیک به بالاترین حد ۲۰٪	
دهکهای ۹-۱۰	خیلی بالاتر از نرمال
بالاترین حد ۲۰٪	

بحث و نتیجه گیری

با توجه به مباحث ذکر شده در مورد خصوصیات شاخص ها و جنبه های مثبت و منفی آنها می توان نتیجه گرفت که شاخص درصد نرمال با توجه به سادگی جهت مقایسه میزان بارش در مناطق مختلف و گزارش های هواشناسی شاخص مناسبی است اما جهت برنامه ریزی و مدیریت ریسک توصیه نمی شود. با توجه به اینکه در یک منطقه که با خشکسالی روبرو شده عوامل هواشناسی متعددی بر شدت و مدت آن موثر است لذا شاخص پالمر شاخص مناسبی جهت ارزیابی است. اما به دلیل آنکه به پارامترهای مختلفی مانند بارش، دما و رطوبت خاک و.. نیاز دارد و میزان دسترس بودن این پارامترها در محاسبه دقیق و اعمال مدیریت ریسک حائز اهمیت است، لذا این مساله بایستی در ارزیابی مناطق دشت و همگن مورد مطالعه حتما مورد توجه قرار گیرد. در دشتهای مورد مطالعه با این شاخص تبعات ناشی از شرایط رطوبتی خاک هم در نظر گرفته می شود و به طور کلی برای برنامه ریزی طولانی مدت و مدیریت خشکسالی مناطق دشت مناسب است. اما در صورتیکه هدف بررسی خشکسالی های کوتاه مدت کشاورزی باشد شاخص رطوبت محصول شاخص مناسبی است. همانگونه که ذکر گردید شاخص پالمر شاخص مناسبی در مناطق دشت و شرایط رطوبتی خاک است، اما با توجه به اینکه ارزیابی خشکسالی در مناطقی با تغییرات زیاد توپوگرافی و مناطق کوهستانی نیز صورت می گیرد شاخص پالمر نمی تواند موثر باشد که دلیل آن در نظر نگرفتن عامل برف است. بنابراین توصیه می شود در مناطق کوهستانی از شاخص تامین آب سطحی استفاده شود. اما این شاخص برعکس پالمر جهت مقایسه بین حوضه ای مناسب نیست. یکی دیگر از مشکلات اساسی در بحث ارزیابی خشکسالی ها کمبود آمار و اطلاعات مورد نیاز است. وجود آمار دقیق و کامل نقش عمده ای در دقت ارزیابی و مدیریت آن دارد. به طور مثال رطوبت خاک که در شاخص پالمر مورد نیاز است جزو اطلاعات دارای محدودیت است و در تمام حوضه های مورد مطالعه این اطلاعات وجود ندارد. بنابراین با توجه به کاستیهای آماری شاخصی



مانند شاخص استاندارد شده بارش شاخص مناسبی است. با توجه به اینکه اطلاعات مورد نیاز این شاخص فقط بارندگی است و پیچیدگی های سایر شاخص ها را ندارد، با در نظر گرفتن مقیاس های مختلف زمانی انواع خشکسالی ها را بررسی می کند و به طور عمده در مناطق و حوضه های مختلف با شرایط همگن و کوهستانی قابل استفاده است. همچنین جهت مقایسه بین حوضه ای نیز مناسب است. در زمان استفاده از این شاخص بایستی به مساله تطبیق طبقه بندی با شرایط اقلیمی منطقه مورد مطالعه توجه شود. همچنین بهتر است جهت ارزیابی دقیق خشکسالی با این شاخص علاوه بر در نظر گرفتن شدت خشکسالی در هر ماه، زمان دقیق کاهش بارندگی در ماه مورد نظر نیز مورد توجه قرار گیرد تا بتوان با دقت بیشتری مدیریت ریسک و پیش آگاهی را اعمال نمود. شاخص احیای زمین نیز در مناطق مختلف قابل استفاده است اما در مقایسه بین حوضه ای مناسب نیست. با توجه به مباحث ذکر شده در مورد آمار و اطلاعات مورد نیاز هر شاخص، شاخص دهکها نیز شاخص مناسبی است که در صورت وجود آمار طولانی مدت جهت ارزیابی و پایش خشکسالی توصیه می شود.

منابع

- ۱- پیرمردیان، ن.، س.ا. شمس نیا. و م.ع. شاهرخ نیا. پایش و تحلیل پراکندگی مکانی شدت خشکسالی سال زراعی ۸۰ - ۱۳۷۹ استان فارس با استفاده از شاخص معیار شده ی بارش در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله مهندسی آب. دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت. سال اول. شماره ۲. ۱۳۸۷. صفحه ۷۴-۶۵.
- ۲- سلامت، ع.ر. و م.ر. آل یاسین. راهنمای مقابله با خشکسالی، کمیته ملی آبیاری وزهکشی ایران. ۱۳۸۰. ۶۱ صفحه.
- ۳- شمس نیا، س.ا.، ن. پیرمردیان. و ف. بوستانی. مقایسه طبقه بندی های مختلف شاخص استاندارد شده بارش (SPI) و بومی سازی آن جهت ارزیابی خشکسالی در استان فارس. کنفرانس بین المللی منابع آب. ۱۳۸۸. دانشگاه صنعتی شاهرود. ۲۵ تا ۲۷ مرداد ماه.

Alley, W. M., ۱۹۸۴. The Palmer Drought Severity Index: limitations and assumptions. Journal of Climate and Applied Meteorology, ۲۳:۱۱۰۰-۱۱۰۹.



همایش ملی مدیریت بحران آب
The National Conference on Water Crisis Management
دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، اسفندماه ۱۳۸۸



- ۵-Do, A. ۲۰۰۵. Regional drought analysis and mitigation using the SPI. ICID ۲۱st European Regional Conference. ۱۵-۱۹ May. Frankfurt (Order) and Slubice. Germany and Poland.
- ۶-Doesken, N. J., T. B. McKee, and J. Kleist, ۱۹۹۱. Development of a surface water supply index for the western United States. Climatology Report Number ۹۱-۳, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- ۷-Edwards, D. C. and T. B. McKee, ۱۹۹۷. Characteristics of ۲۰th Century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report Number ۹۷-۲, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- ۸-Guttman, N.B. ۱۹۹۹. Accepting the standardized precipitation index: A calculation algorithm. Journal of American water Resources Association. ۳۵(۲): ۳۱۱-۳۲۲.
- ۹-Gibbs, W. J. and J. V. Maher, ۱۹۶۷. Rainfall deciles as drought indicators. Bureau of Meteorology Bulletin, No. ۴۸, Commonwealth of Australia, Melbourne.
- ۱۰-Hayes, M., M.D. Svoboda, D.A. Wilhite, and O.V. Vanyarkho. ۱۹۹۹. Monitoring the ۱۹۹۶ drought using the standardized precipitation index. Bulletin of The American Meteorological Society. ۸۰(۳): ۴۲۹-۴۳۸.
- ۱۱-Heddinghaus, T. R. and P. Sabol, ۱۹۹۱. A review of the Palmer Drought Severity Index and where do we go from here? In: Proc. ۷th Conf. on Applied Climatology, September ۱۰-۱۳, ۱۹۹۱. American Meteorological Society, Boston, pp. ۲۴۲-۲۴۶.
- ۱۲-Karl, T. R. and R. W. Knight, ۱۹۸۵. Atlas of Monthly Palmer Hydrological Drought Indices (۱۹۳۱-۱۹۸۳) for the Contiguous United States. Historical Climatology Series ۳۷, National Climatic Data Center, Asheville, NC.
- ۱۳-Kogan, F. N., ۱۹۹۵. Droughts of the late ۱۹۸۰s in the United States as derived from NOAA polarorbiting satellite data. Bulletin of the American Meteorological Society, ۷۶(۵):۶۵۵-۶۶۸.



- ۱۴-McKee, T. B., N. J. Doesken, and J. Kleist, ۱۹۹۳. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints, ۸th Conference on Applied Climatology, ۱۷-۲۲ January, Anaheim, CA, pp. ۱۷۹-۱۸۴.
- ۱۵-Palmer, W. C., ۱۹۶۸. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index, *Weatherwise*, ۲۱: ۱۵۶-۱۶۱.
- ۱۶-Palmer, W. C., ۱۹۶۵. Meteorological Drought. Research Paper No. ۴۵, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- ۱۷-Shamsnia, S.A., S.N. Amiri, and N. Pirmoradian. ۲۰۰۹. Drought simulation in Fars province using standardized precipitation index and time series analysis (ARIMA model). *International Journal of Applied Mathematics*. ۲۲(۶): ۸۶۹-۸۷۸.
- ۱۸-Serrano, S.M. and J.I. moreno. ۲۰۰۵. Hydrological response to different time scales of climatological drought: An Evaluation of the Standardized Precipitation Index in a Mountainous Mediterranean Basin. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. ۲: ۱۲۲۱-۱۲۴۶.
- ۱۹-Shafer, B. A. and L. E. Dezman, ۱۹۸۲. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. *Proceedings of the Western Snow Conference*, pp. ۱۶۴-۱۷۵.
- ۲۰-Smith, D. I., M. F. Hutchinson, and R. J. McArthur, ۱۹۹۳. Australian climatic and agricultural drought: payments and policy. *Drought Network News*, ۵(۳): ۱۱-۱۲.
- ۲۱-Willeke, G., J. R. M. Hosking, J. R. Wallis, and N. B. Guttman, ۱۹۹۴. *The National Drought Atlas*. Institute for Water Resources Report ۹۴-NDS-۴, U.S. Army Corps of Engineers.
- ۲۲-۱۹-Wilhite, D.A., and M.H. Glantz. ۱۹۸۵. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*. ۱۰: ۱۱۱-۱۲