نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ۳، پاییز۱۳۹۵

صفحات ۱۱٤ - ۹۹

کاربرد شاخص خشکسالی(CPEI) در تعیین متغیرهای مناسب برای تحلیل خشکسالی‌های ایران

حسن ذوالفقاری[۱]، دانشیار آب و هواشناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

زهرا نوری ساملە، کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

دریافت مقاله:۲۴ /۱۳۹۴/۱۱ پذیرش نهایی: ۱۳۹۵/۰۶/۲۷

چکیده

خشکسالی با استفاده از شاخص‌های متعددی مطالعه می‌شود. عنصر رایج در اکثر این شاخص‌ها، بارندگی است. اهمیت بارش در تحلیل و پیش بینی خشکسالی‌ها باعث شده است که محققان شاخص‌های متعددی بر اساس متغیرهای بارشی تعریف و ارائه نمایند. در پژوهش حاضر، شاخص متغیرهای تاثیرگذار بارندگی (CPEI) برای بررسی خشکسالی‌های فصلی و سالانه ایران مورد استفاده قرار گرفته است. در این شیوه، برخلاف شاخص‌های کمی مورد استفاده در مطالعه خشکسالی‌ها، خروجی‌ها به صورت مدل‌های ریاضی و مقادیر کمی ارائه نمی‌شود بلکه نتایج شاخص مذکور به صورت تعداد و عناوین متغیرهای تاثیرگذار بارندگی هستند که می‌توانند در بررسی مطالعه خشکسالی در یک مکان مورد استفاده مدلسازان قرار بگیرد. در این راستا، داده‌های بارش روزانه ۴۰ ایستگاه سینوپتیک ایران طی دوره آماری ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ مورد استفاده قرار گرفت. براساس روش‌های ریاضی- آماری و مقادیر همبستگی بین متغیرها ، ترکیب بهینه‌ای از متغیرهای تاثیرگذار بارندگی برای هر ایستگاه تعیین و میزان انطباق دوره‌های زمانی و مکانی با شاخصCPEI برای بررسی خشکسالی‌ها و پایش آن‌ها در ایران به دست آمد .نقشه‌های پهنه بندی براساس تناسب ایستگاه‌ها با شاخص CPEI تهیه شد. نتایج نشان داد که در بیشتر ایستگاه‌ها شاخص مذکور قابل استفاده است و از شاخص CPEI برای تعیین دوره‌های خشک فصلی و سالانه در ایران می‌توان در طراحی مدل‌ها استفاده نمود .همچنین معلوم شد که استفاده از این روش برای مطالعه خشکسالی‌های فصل بهار و سالانه مناسب‌تر از بقیه دوره‌های زمانی است. مناطق شمالی و شمالغرب، در دوره‌های سالانه و فصلی (به استثنای فصل بهار) با شاخصCPEI ، هماهنگی کمتری نشان دادند.

واژگان کلیدی: خشکسالی، شاخص CPEI، متغیرهای بارش، ایران

۱. نویسنده مسئول: Email:h_zolfaghari۲۰۰۲@yahoo.com

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

مقدمه

خشکسالی عارضه ای است که از کاهش غیر منتظره بارش، در مدتی معین در منطقه ای که لزوماً خشک نیست سرچشمه می‌گیرد. میزان این کاهش آن قدر است که روند عادی رشد را در منطقه مختل می‌سازد و اثرات بی‌درنگ و مضر بر کشاورزی و اثرات درازمدت بر عرضه منابع آب به جا می‌گذارد. بنابراین خشکسالی ویژگی دائمی یک منطقه نیست و در هر رژیم آب و هوایی می‌تواند اتفاق افتد(کاویانی، ۱۳۸۰). هرچند خشکسالی در هر اقلیمی اتفاق می‌افتد اما خصوصیات آن در هر منطقه تفاوت دارد(Hinsdale & Tallassee, ۲۰۰۳).

برای خشکسالی که پدیده‌ای اقلیمی است و از انواع مخاطرات جوی نامحسوس به‌شمار می‌رود، تعاریف متعددی ارائه شده است ولی به طور کلی این پدیده حاصل کمبود بارش طی یک دوره ممتد زمانی، معمولا یک فصل یا بیشتر است. این کاهش بارش منجر به نقصان آب برای برخی فعالیت‌ها، گروه‌ها و یا یک بخش زیست محیطی می‌شود (امیدوار، ۱۳۹۰: ۷۵). تعریف خشکسالی‌ها، به‌وسیله سازمان جهانی هواشناسی[۱] نیز نشان می‌دهد که خشکسالی‌ها بر اساس بارندگی، ترکیب بارندگی و دما، رطوبت و یا تبخیر، رطوبت خاک و پارامتر محصول، شاخص‌های اقلیمی و برآورد تبخیر و تعرق ، تعاریف و گرایش‌های عمومی طبقه بندی می‌شوند(شمسی‌پور و همکاران، ۱۳۸۹).

کشف وقوع خشکسالی قبل از شروع آن خیلی دشوار است چرا که طبیعت خزنده‌ای دارد اگر چه براساس شناخت الگوی توسعه‌ای دقیق خشکسالی, در مراحل آغازین می‌تواند تعیین شود(Kim et al, ۲۰۰۸). خشکسالی پدیده‌ای جهانی و پرتکرار، مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. طولانی شدن خشکسالی در این مناطق، بر اکوسیستم‌ها، بوم‌های طبیعی و سیستم‌های اجتمایی و اقتصادی تاثیرگذار است(Touchan et al, ۲۰۰۵). مدیریت خشکسالی به شاخص‌هایی وابسته است که شرایط خشکسالی و آستانه‌هایی که واکنش‌ها را نسبت به خشکسالی فعال می‌نماید تعیین می‌کنند(Tsakiris et al, ۲۰۰۷).

شاخص‌های خشکسالی انحراف متغیرهای اقلیمی از شرایط نرمال را در فواصل زمانی(ماه، فصل و سال) بررسی می‌کنند(Paulo et al, ۲۰۱۲: ۱٤۸۲). شاخص‌های خشکسالی متعددی طی دهه‌های گذشته از طرف متخصصان، طراحی و پیشنهاد شده است و محققان براساس این شاخص‌ها، پارامترهای گوناگون خشکسالی مثل شدت، مدت، گستره و غیره را مورد بررسی قرار می‌دهند(Mishra & Singh,۲۰۱۰). به‌دلیل پیچیده بودن خشکسالی یک شاخص نمی‌تواند تصویر کاملی از شدت و تاثیرات بالقوه آن نشان دهد(Heim, ۲۰۰۲). هر کدام از این شاخص‌ها، مانند شاخص شدت خشکسالی پالمر[۲] شاخص خشکسالی بالم و مولی[۳]، شاخص بارش استاندارد شده[۴] و غیره، یک یا چند پارامتر خشکسالی را ارزیابی می‌کنند. هریک از این شاخص‌ها فقط برای کاربردهای خاص در منطقه‌ی خاصی معتبرند، که علّت آن متغیر بودن شرایط هواشناختی مؤثر بر ایجاد پدیده‌ی خشکسالی از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر است. ولی برای مناطقی که دارای شرایط اقلیمی یکسانی هستند، می‌توان از شاخص‌های خشکسالی یکسانی استفاده نمود(آسیایی، ۱۳۸۵). توجه به ضعف شاخص‌های رایج درپایش خشکسالی، محققان مطالعات خشکسالی را به ارائه شاخص‌های جدید برای برطرف کردن ضعف شاخص‌ها و بهبود بخشیدن به پیشرفت مطالعات خشکسالی رهنمون می‌سازد (Byun et al, ۱۹۹۹).

از آنجا که بارندگی بی‌ثبات‌ترین متغیر اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به شمارمی رود، از اهمیت زیادی برخوردار است. تغییرات بارش به‌طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و زیرزمینی انعکاس می‌یابد. به همین دلیل، بارش

---

[۱]- World Meteorology Organization
[۲]- Palmer Drought Severity Index
[۳]- Bhalme and Mooley Drought index
[۴]- Standardized Precipitation Index

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

نخستین برداری است که می‌تواند در بررسی هر حالتی از خشکسالی، مورد توجه قرار گیرد(علیجانی و بابایی فینـی، ۱۳۹۲). بارندگی به عنوان فاکتور اصلی در ایجاد و تداوم خشکسالی نقش کنترل کننده دارد (Benjamin & Saunders, ۲۰۰۲).

شاخص متغیرهای تاثیرگذار بارندگی[۱]، شاخصی است که اثرگذاری متغیرهای بارشی را در وقوع خشکسالی، اندازه‌گیری و شدت آن‌ها را تعیین می‌کند. به نظر می‌رسد استفاده از این شاخص که برای اولین بار درکشور نیجریه بکـار گرفتـه شـده است نتایج رضایت‌بخشی داشته است (Otun,۲۰۱۰). نگاهی به ادبیات موضوع در متـون علمـی و پژوهشـی نشـان از تنـوع مدل‌ها و روش‌های مورد استفاده برای تحلیل، پیش‌بینی و پایش این مخاطره اقلیمی دارد. ارائـه مطالعـات مـوردی در ایـن زمینه به عنوان پیشینه موضوع صرفاً باعث اطالهٔ مطلب خواهد شد لذا در اینجا برای احتراز از طـولانی شـدن مطلـب سـعی گردیده است که فقط موضوعات مرتبط با روش ارائه شده در حوزهٔ مطالعه خشکسالی که البته به لحـاظ تـازگی آن چنـدان غنی هم نیست ارائه گردد.

مصطفی (۱۹۸٤) چهار متغیر مقدار بارش، شروع بارش، پایان بارش و طول دوره مرطوب را با توجه به اهمیت آن‌ها در مطالعه خشکسالی‌های نیجریه مورد ارزیابی قرار داد. وی خشکسالی‌های اتفاق افتاده را با تغییرات این متغیرها تطابق داده و نقش هرکدام از این متغیرها را در خشکسالی‌های نیجریه رتبه بندی نمود.

ادفولالو[۲](۱۹۸٦) به مطالعه ارتباط بین متغیرهای شروع بارش، تاخیر شروع بارش و طول فصل بـارش بـا خشکسـالی-های نیجریه پرداخت. اولانیران[۳] و همکاران (۱۹۸۹) با بررسی ۳ متغیر شروع بارش، تاخیر شروع بارش و طول فصل بـارش در دوره آماری ۱۹۸۵-۱۹۱۹، تغییرات بارشی بلند مدت در نیجریه را تحلیل نمودند.

اوتون (۲۰۰۵) ، خشکسالی را با استفاده از شاخص متغیرهـای تاثیرگـذار بارنـدگی(CPEI) در منطقـه سـاحل آفریقـا بررسی نمود. وی از آمار روزانه بارش سال‌های (۲۰۰۳-۱۹۱۶) برای ۷ ایستگاه این منطقه استفاده نمود. نتایج کـار او نشـان داد که با ترکیب حداکثر ۶ متغیر بارشی، مخاطره خشکسالی قابل پایش است، بدین‌معنی کـه بـا ترکیـب ۶ متغیـر بارشـی، خشکسالی‌های آن منطقه با دقت بالایی قابل بررسی است. وی با بررسی ارتباط تعداد متغیرهای بارشی بـا خشکسـالی‌هـای اتفاق افتاده در نیجریه به این نتیجه دست یافت که حداقل تعداد در ترکیب متغیرها برای پیش‌بینی خشکسالی بـا شـاخص مذکور، ۳ متغیر است.

اجانگیو[۴] و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی تغییرات روند مقدار بارش و شروع بارش در کانو در کشور نیجریه برای ۸۷ سال از سال ۲۰۰۲-۱۹۱۶، به اهمیت متغیرهای بارشی توجه نمودند. آن‌ها در دوره مورد مطالعه ارتبـاط نوسـانات مقـدار بـارش دریافتی با شروع بارش فصلی را با استفاده از آزمون‌های آماری بررسی نمودند.

اوتون (۲۰۱۰)، کاربرد شاخص CPEI را در تعیین خشکسالی منطقه نیمه خشک نیجریه بررسی نمود. وی ازآمار روزانه بارش ۷ ایستگاه سینوپتیک، برای سالهای ۲۰۰۲-۱۹۱۸ استفاده نموده است. وی با استفاده از شاخص CPEI و مقایسه این شاخص با شاخصهای شدت خشکسالی پالمر، بالم و مولی، ناهنجاری بـارش و شـاخص بـارش اسـتاندارد شـده در کـارخود، حداقل متغیرهای لازم برای ایستگاه‌ها را مشخص کرد. متغیرهای بارشی مقدار بارش، تعداد کـل روزهـای مرطـوب و تعـداد روزهای خشک بیش‌ترین درصد فراوانی را در شاخص‌گذاری نیجریه داشتند. نتایج نشان داده است که از شـاخص CPEI در مطالعه خشکسالی‌های آن منطقه می‌توان به‌خوبی استفاده نمود.

همانطوریکه در بالا نیز اشاره شد به لحاظ تازگی موضوع و روش ارائه شده، کار زیادی در این خصوص در سطح جهـان و از جمله ایران صورت نگرفته است. در این مطالعه که برای اولین بار برای تحلیل خشکسالی‌ها در ایران با استفاده از شاخص

۱- Conjunctive Precipitation Effectiveness Index
۲- Adefolalu
۳- Olaniran
٤- Ojonigu

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

CPEIصورت می‌گیرد، سعی شده است با توجه به روش کار اوتون (۲۰۰۵)، متغیرهای تاثیرگذار بارندگی در سطح ایستگاه‌های مورداستفاده برای ایران، شناسایی و پیشنهاد گردد.

داده‌ها و روش کار

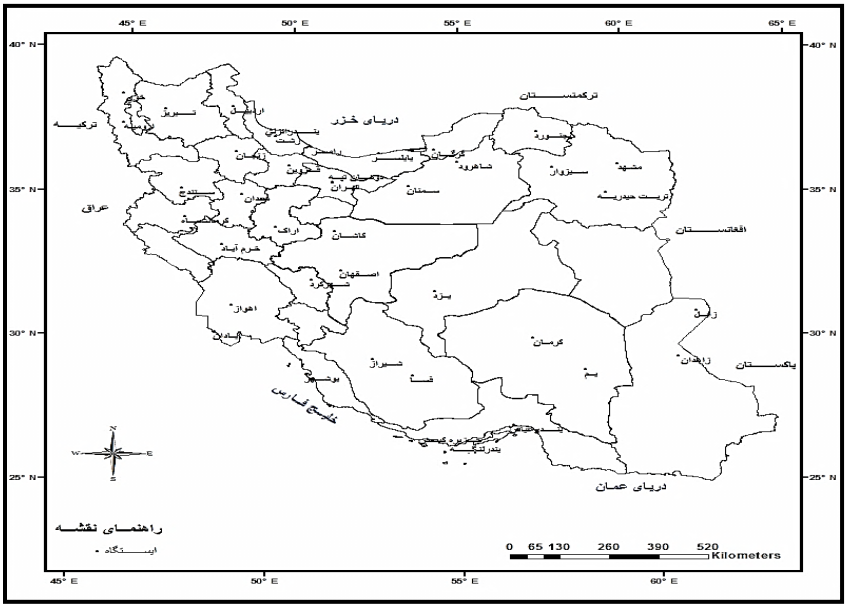
در این مطالعه، از آمار بارش روزانه یک دوره ۳۰ ساله، از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۹ استفاده شده است. به جهت نقص کم داده‌ها، نیازکمتری هم به بازسازی داده‌ها وجود داشت. آمار مورد استفاده در این مطالعه از بانک اطلاعاتی گروه جغرافیای دانشگاه رازی اخذ شده است. از مجموع ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، ۴۰ ایستگاه دارای شرایط مناسب در دوره آماری ۳۰ ساله بودند. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱، و توزیع جغرافیایی آن‌ها در شکل ۱ مشاهده می‌شود. جهت آزمون همگنی داده‌ها، از روش موسوم به جرم مضاعف استفاده شده است که معمولا برای آزمون همگنی داده‌های مربوط به بارندگی و رواناب استفاده می‌شود(فرج زاده، ۱۳۸۹: ۲۵).

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی دقیقه درجه	طول جغرافیایی دقیقه درجه	ارتفاع (متر)	ردیف	ایستگاه	عرض جغرافیایی دقیقه درجه	طول جغرافیایی دقیقه درجه	ارتفاع (متر)
۱	آبادان	۲۲ ۳۰	۱۵ ۴۸	۶.۶	۲۱	رامسر	۵۴ ۳۶	۴۰ ۵۰	-۲۰
۲	اراک	۰۶ ۳۴	۴۶ ۴۹	۱۷۰.۸	۲۲	رشت	۱۲ ۳۷	۳۹ ۴۹	۳۶.۷
۳	اردبیل	۱۵ ۳۸	۱۷ ۴۸	۱۳۲۲	۲۳	زابل	۰۲ ۳۱	۲۹ ۶۱	۴۸۹.۲
۴	ارومیه	۳۲ ۳۷	۰۵ ۴۵	۱۳۱۵.۹	۲۴	زاهدان	۲۸ ۲۹	۵۳ ۶۰	۱۳۷۰
۵	اصفهان	۳۷ ۳۲	۴۰ ۵۱	۱۵۵۰.۴	۲۵	زنجان	۴۱ ۳۶	۲۹ ۴۸	۱۶۶۳
۶	اهواز	۲۰ ۳۱	۴۰ ۴۸	۲۲.۵	۲۶	سبزوار	۱۲ ۳۶	۴۳ ۵۷	۹۷۷.۶
۷	بابلسر	۴۳ ۳۶	۱۹ ۵۲	-۲۱	۲۷	سمنان	۳۵ ۳۵	۳۳ ۵۳	۱۱۳۰.۸
۸	بجنورد	۲۸ ۳۷	۱۹ ۵۷	۱۰۹۱	۲۸	سنندج	۲۰ ۳۵	۰ ۴۷	۱۳۷۳.۴
۹	بم	۰۶ ۲۹	۲۱ ۵۸	۱۰۶۶.۹	۲۹	شاهرود	۲۵ ۳۶	۵۷ ۵۴	۱۳۴۵.۳
۱۰	بندر انزلی	۲۸ ۳۷	۲۸ ۴۹	-۲۶.۲	۳۰	شهرکرد	۱۷ ۳۲	۵۱ ۵۰	۲۰۴۸.۹
۱۱	بندر عباس	۱۳ ۲۷	۲۲ ۵۶	۹.۸	۳۱	شیراز	۳۲ ۲۹	۳۶ ۵۲	۱۴۸۱
۱۲	بندر لنگه	۳۲ ۲۶	۵۰ ۵۴	۲۲.۷	۳۲	فسا	۵۸ ۲۸	۴۱ ۵۳	۱۲۸۸.۳
۱۳	بوشهر	۵۹ ۲۸	۵۰ ۵۰	۱۹.۶	۳۳	قزوین	۱۵ ۳۶	۰۳ ۵۰	۱۲۷۹.۲
۱۴	تبریز	۰۵ ۳۸	۱۷ ۴۶	۱۳۶۱	۳۴	کاشان	۵۹ ۳۳	۲۷ ۵۱	۹۸۲.۳
۱۵	تربت حیدریه	۱۶ ۳۵	۱۳ ۵۹	۱۴۵۰.۸	۳۵	کرمان	۱۵ ۳۰	۵۸ ۵۶	۱۷۵۳.۸
۱۶	تهران	۴۱ ۳۵	۱۹ ۵۱	۱۱۹۰	۳۶	کرمانشاه	۲۱ ۳۴	۰۹ ۴۷	۱۳۱۸.۶
۱۷	جزیره کیش	۳۰ ۲۶	۵۹ ۵۳	۳۰	۳۷	گرگان	۵۱ ۳۶	۱۶ ۵۴	۱۳.۳
۱۸	خرم آباد	۲۶ ۳۳	۱۷ ۴۸	۱۱۴۷.۸	۳۸	مشهد	۱۶ ۳۶	۳۸ ۵۹	۹۹۹.۲
۱۹	خوی	۳۳ ۳۸	۵۸ ۴۴	۱۱۰۳	۳۹	همدان	۱۲ ۳۵	۴۳ ۴۸	۱۶۷۹.۳
۲۰	دوشان تپه	۴۲ ۳۵	۲۰ ۵۱	۱۲۰۹.۲	۴۰	یزد	۵۴ ۳۱	۱۷ ۵۴	۱۲۳۷.۲

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]



شکل۱: توزیع جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در گسترهٔ ایران

به دلیل اینکه مقادیر متغیرهای تاثیرگذار بارندگی از نظر واحدهای اندازه‌گیری متفاوت هستند؛ برای مثال مقدار میانگین ارتفاع بارش فصلی یا سالانه(Mean Annual / Seasonal Rainfall Depth) به میلیمتر و تعداد کل روزهای خشک فصل مرطوب سال(Total no of dry days within a wet season) به عدد می‌باشد، باید به یک مقدار استاندارد تبدیل می‌شدند تا محاسبه آن‌ها در فرمول شاخص CPEI به راحتی امکان‌پذیر گردد. بنابراین مقادیر استاندارد هر یک از متغیرها از آمار روزانه بارش ایستگاه‌ها استخراج و با استفاده از فرمول زیر که در صفحه گسترده Excel نوشته شده است، محاسبه شد:

رابطه ۱

$$_{k}SV_{I,j} = \frac{_{k}SV_{I,j} - _{k}\bar{V}_{I,j}}{6_{k}V_{j}}$$

$_{k}SV_{I,j}$ = متغیر بارشی مورد استفاده I = سال مورد مطالعه j = فصل مورد مطالعه $_{k}V_{I,j}$ = میانگین متغیر بارشی مورد نظر $6_{k}V_{j}$ =انحراف معیار متغیر بارشی مورد نظر

در گام بعدی با استفاده از نرم افزار SPSS، ارتباط بین متغیرهای تعیین شده در مرحله قبل، به روش همبستگی پیرسون محاسبه شد(جدول ۲). این مرحله از کار مشخص می‌کند در ایستگاه مورد مطالعه ارتباط معنی داری بین متغیرها وجود دارد یا نه؟ ارتباط قوی بین متغیرها نشان می‌دهد که متغیرهای تعیین شده می‌توانند در مدلسازی مورد استفاده قرار بگیرند.

ترکیبی از حالات مختلف مقادیر استاندارد شده هر متغیر در دوره سالانه و فصلی مورد مطالعه در مدل ریاضی زیر موسوم به شاخص CPEI جای‌گذاری می‌شودکه فرمول مذکور در صفحه گسترده Excel فرمول نویسی و محاسبات مربوط به آن انجام شد.

رابطه ۲

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

$$CPEI_{i,j} = \frac{1}{3}\left(\left[\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{nv}({}_{k}SV_{I,j})\right] + \left[\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{nv}({}_{k}SV_{I,j})^{2} \times (kSGN)\right] + \left[\frac{1}{n}\sum_{m=1}^{nv}({}_{k}SV_{I,j})^{3}\right]\right)$$

nv = تعداد متغیرهای مورد نظردر هر احتمال

${}_{k}SV_{I,j}$ = مقدار متغیربارشی موردنظر

$kSGN$ = علامت متغیر موردنظر به این جهت که با به توان زوج رسیدن متغیر اثر علامت از بین نرود(اوتون، ۲۰۰۵: ۷۶و۷۷).

۱-ORS[1]:آغاز بارش فصل یا دوره که اشاره به اولین روز بارش اتفاق افتاده در فصل یا دوره موردنظر دارد.

۲-CRS[2]:خاتمه بارش فصل یا دوره که به آخرین روز بارش اتفاق افتاده در فصل یا دوره مورد نظر اشاره دارد.

۳-LRS[3] : طول فصل بارش، از اختلاف یا تفاضل آغاز بارش فصل و خاتمه بارش فصل به‌دست می‌آید.

۴-TWD[4]: تعداد کل روزهای مرطوب که به تعداد روزهای بارانی فصل یا دوره موردنظر اشاره دارد.

۵-TDS[5]:تعداد کل دوره‌های خشک اشاره به تعداد دوره‌های خشک و بدون بارندگی در فصل یا دوره دارد.

۶-TDW[6]:تعداد کل روزهای خشک فصل مرطوب.

۷-TDY[7] :تعداد کل روزهای خشک سال.

۸-LDS[8] :طول فصل خشک که اشاره به فاصله بین پایان بارش سال گذشته و شروع بارش فصل جاری دارد.

۹-MDL[9] :حداکثر طول مدت دوره خشک فصل مرطوب.

۱۰-MAR[10]: میانگین عمق بارش فصل یا سال.

- **انتخاب ترکیب بهینه متغیرهای تاثیرگذار در ایستگاه‌ها**

انتخاب ترکیب بهینه متغیرهای تاثیرگذار بارندگی ایستگاه‌ها، بر اساس محاسبه متغیر۱۰ یا MAR (عمق بارش فصلی) به عنوان مهمترین و حداقل متغیر خروجی شاخص برای هر ایستگاه و سپس تعیین حالات مختلفی از مقادیر استاندارد(رابطه ۱)، تعیین ترکیبات متغیرهای تاثیرگذار بارندگی در (رابطه ۲) صورت گرفته است. مقایسه مقادیر بدست آمده از این حالات با مقدار بدست آمده از متغیر ۱۰ در محیط نرم افزار SPSS با روش همبستگی پیرسون محاسبه شده است. بدین‌ترتیب ترکیبات مختلف به دست آمده، رتبه‌بندی شده و بهترین ترکیب در ایستگاه‌ها که هم بیش‌ترین تعداد و هم بالاترین همبستگی(حداقل ۰/۸) را با متغیر۱۰ داشتند، انتخاب شده‌اند. برای مثال در جدول ۳ ایستگاه زاهدان به عنوان نمونه ذکر شده است. در حقیقت رابطه ۲ متغیر ۱۰ را برای پایش خشکسالی مانند شاخص‌های خشکسالی دیگر محاسبه می‌کند، اما هدف این است متغیرهای تاثیرگذار بارندگی بیشتری در شاخص‌گذاری خشکسالی بدست آید.

[1]- Onset of rainy season
[2]- Cessation of rainy season
[3]- Length of the rainy season
[4]- The total no of wet days
[5]- Total no of dry spell
[6]- Total no of dry days within a wet season
[7]- Total no of dry days within a year
[8]- Length of the dry season
[9]- Maximum dry spell length within a wet season
[10]- Mean Annual / Seasonal Rainfall Depth

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

جدول ۲: همبستگی بین متغیرهای تاثیر گذار بارندگی سالانه در ایستگاه زاهدان

PEV_S	ORS_1	CRS_2	LRS_3	TWD_4	TDS_5	TDW_6	TDY_7	LDS_8	MDL_9	MAR_{10}
ORS_1	۱	-۰.۰۱۲	-۰.۵۰۸	-۰.۴۴۸	-۰.۳۴۴	۰.۴۳۳	۰.۴۲۰	۰.۶۵۲	-۰.۱۳۶	-۰.۳۶۴
CRS_2	-۰.۱۲	۱	۰.۸۶۷	۰.۴۲۰	۰.۴۰۵	-۰.۴۲۵	-۰.۴۸۸	۰.۰۳۲	-۰.۷۲۴	۰.۴۰۱
LRS_3	-۰.۵۰۸	۰.۸۶۷	۱	۰.۵۸۵	۰.۵۲۰	-۰.۵۸۲	-۰.۶۳	۰.۲۹۷	-۰.۵۵۶	۰.۵۲۷
TWD_4	-۰.۴۴۸	۰.۴۲۰	۰.۵۸۵	۱	۰.۵۱۱	-۰.۹۹۹	-۰.۹۹۲	-۰.۴۴۰	-۰.۳۴۸	۰.۸۰۶
TDS_5	-۰.۳۴۴	۰.۴۰۵	۰.۵۲۰	۰.۵۱۱	۱	-۰.۵۱۴	-۰.۵۱۳	-۰.۱۰۱	-۰.۰۶	۰.۴۸۰
TDW_6	۰.۴۳۳	-۰.۴۲۵	-۰.۵۸۲	-۰.۹۹۹	-۰.۵۱۴	۱	۰.۹۹۴	۰.۴۲۴	۰.۳۵۳	-۰.۸۰۲
TDY_7	۰.۴۲۰	-۰.۴۸۸	-۰.۶۳	-۰.۹۹۲	-۰.۵۱۳	۰.۹۹۴	۱	۰.۴۳۸	۰.۴۱۶	-۰.۷۹۵
LDS_8	۰.۶۵۲	-۰.۰۳۲	-۰.۲۹۷	-۰.۴۴۰	-۰.۱۰۱	۰.۴۲۴	۰.۴۳۸	۱	۰.۰۱۷	-۰.۲۸۳
MDL_9	-۰.۱۳۶	-۰.۷۲۴	-۰.۵۵۶	-۰.۳۸۴	-۰.۰۶	۰.۳۵۳	۰.۴۱۶	۰.۰۱۷	۱	-۰.۲۳۶
MAR_{10}	-۰.۳۶۴	-۰.۴۰۱	۰.۵۲۷	۰.۸۰۶	۰.۴۸۰	-۰.۸۰۲	-۰.۷۹۵	-۰.۲۸۳	-۰.۲۳۶	۱

جدول ۳: انتخاب ترکیب بهینه متغیرهای تاثیرگذار بارندگی سالانه در ایستگاه زاهدان

ردیف	نمونه حالت‌های مختلف از متغیرهای تاثیرگذار بارندگی	مقدار همبستگی با متغیر ۱۰
۱	۱۰،۴	۰.۹۲۵
۲	۱۰،۹،۴،۱	۰.۸۰۵
۳	۱۰،۸،۷،۴،۳	۰.۷۸۲
۴	۱۰،۸،۶،۴،۳،۱	۰.۷۰۳
۵	۱۰،۷،۴	۰.۹۹۵
۶	۱۰،۹،۸،۷،۶،۵،۴،۳،۲،۱	۰.۵۱۶
۷	۱۰،۷،۴،۳،۱	۰.۸۸۶
۸	۱۰،۶،۴،۱	۰.۸۳۳
۹	۱۰،۸،۶،۴،۳،۱	۰.۷۰۳
۱۰	۱۰،۹،۷،۵،۴،۱	۰.۶۲۴
۱۱	۱۰،۸،۴،۳،۱	۰.۷۹۲

درنهایت، خشکسالی‌های فصلی و سالانه ایران، بر مبنای مطابقت و تناسب ایستگاهها با شاخص CPEI با روش IDW در نرم افزار ArcGIS پهنه‌بندی شده است.

شرح و تفسیر نتایج

- **تعیین ترکیب متغیرهای اثرگذار بارندگی برای ایستگاه‌ها**

هدف از شاخص گذاری CPEI، معرفی متغیرهای موثر بارشی[1] در خشکسالی است(اوتون، ۲۰۰۵). در این قسمت سعی شده است بر اساس روش مذکور، برای هر ایستگاهی متغیرهای بارشی متعددی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت اثرگذارترین متغیرهای بارشی(PEVs) برای مطالعهٔ خشکسالی در هر ایستگاه و منطقه پیشنهاد گردد. در این قسمت از کار،

[1] . Precipitation Effectiveness Variables

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

براساس رابطه ۲ ، متغیرهای حاصل از بررسی برای هر ایستگاه طی فصول سال(به جز تابستان) و همچنین سالانه در جداول ۴ تا ۷ ارائه شده است.

جدول ۴ : ترکیب متغیرهای استخراج شده برای ایستگاه‌ها در فصل زمستان

ردیف	ایستگاه	PEV_S	ردیف	ایستگاه	PEV_S
۱	آبادان	MAR	۲۱	رامسر	MAR, TDS
۲	اراک	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۲۲	رشت	MAR
۳	اردبیل	MAR	۲۳	زابل	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۴	ارومیه	MAR	۲۴	زاهدان	TWD, MDL, MAR
۵	اصفهان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۲۵	زنجان	MAR, TDS
۶	اهواز	TDS, MDL, MAR	۲۶	سبزوار	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۷	بابلسر	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۲۷	سمنان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۸	بجنورد	MAR, TWD, LRS, TDY, CRS	۲۸	سنندج	MAR, TWD, LRS, TDY, CRS
۹	بم	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۹	شاهرود	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۰	بندر انزلی	MAR	۳۰	شهرکرد	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۱	بندر عباس	TWD, MDL, MAR	۳۱	شیراز	MAR
۱۲	بندر لنگه	TWD, MDL, MAR	۳۲	فسا	MAR
۱۳	بوشهر	MAR, TDS	۳۳	قزوین	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۴	تبریز	MAR, TDS	۳۴	کاشان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۵	تربت حیدریه	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۳۵	کرمان	MAR, TDS
۱۶	تهران	MAR, CRS, MDL, TWD	۳۶	کرمانشاه	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۷	جزیره کیش	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۳۷	گرگان	MAR
۱۸	خرم آباد	MAR, TDS	۳۸	مشهد	MAR, MDL, TDY, TDS, LRS, TWD, ORS
۱۹	خوی	MAR	۳۹	همدان	MAR, TDS
۲۰	دوشان تپه	MAR, TDS	۴۰	یزد	ORS, TWD, MAR

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

جدول ۵ : ترکیب متغیرهای استخراج شده برای ایستگاه‌ها در فصل بهار

ردیف	ایستگاه	PEV_S	ردیف	ایستگاه	PEV_S
۱	آبادان	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۱	رامسر	TWD, MDL, MAR
۲	اراک	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۲	رشت	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۳	اردبیل	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۳	زابل	MAR
۴	ارومیه	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۴	زاهدان	MAR, CRS, MDL, TWD
۵	اصفهان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۲۵	زنجان	MAR, CRS, MDL, TWD
۶	اهواز	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۶	سبزوار	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۷	بابلسر	CRS, TWD, MAR	۲۷	سمنان	LRS, TDS, MDL, MAR
۸	بجنورد	MAR, CRS, MDL, TWD	۲۸	سنندج	MAR, CRS, MDL, TWD
۹	بم	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۲۹	شاهرود	MAR, CRS, MDL, TWD
۱۰	بندر انزلی	MAR, CRS, MDL, TWD	۳۰	شهرکرد	TDS, MDL, MAR
۱۱	بندر عباس	MAR, MDL, TDY, TDS, TWD, LRS, CRS, ORS	۳۱	شیراز	MAR, CRS, MDL, TWD
۱۲	بندر لنگه	TDS, MDL, MAR	۳۲	فسا	MAR, TDS
۱۳	بوشهر	CRS, MDL, MAR	۳۳	قزوین	MAR, CRS, MDL, TWD
۱۴	تبریز	MAR, CRS, MDL, TWD	۳۴	کاشان	MAR, CRS, MDL, TWD
۱۵	تربت حیدریه	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۳۵	کرمان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۶	تهران	MAR, CRS, MDL, TWD	۳۶	کرمانشاه	MAR, CRS, MDL, TWD
۱۷	جزیره کیش	MAR, ORS, TDS, MDL	۳۷	گرگان	TWD, MDL, MAR
۱۸	خرم آباد	TWD, MDL, MAR	۳۸	مشهد	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۹	خوی	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۳۹	همدان	TWD, MDL, MAR
۲۰	دوشان تپه	MAR, CRS, MDL, TWD	۴۰	یزد	MAR, LRS, MDL, TDY, TDS

جدول ۶ : ترکیب متغیرهای استخراج شده برای ایستگاه‌ها در فصل پاییز

ردیف	ایستگاه	PEV_S	ردیف	ایستگاه	PEV_S
۱	آبادان	MAR, ORS, LRS	۲۱	رامسر	MAR
۲	اراک	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۲۲	رشت	TWD, MDL, MAR
۳	اردبیل	MAR, TWD	۲۳	زابل	MAR, ORS, TDS, MDL
۴	ارومیه	MAR, TDS	۲۴	زاهدان	MAR, MDL, TDY, TDS, LRS, TWD, ORS
۵	اصفهان	MAR, TDS	۲۵	زنجان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۶	اهواز	MAR, TWD, LRS, CRS, ORS	۲۶	سبزوار	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۷	بابلسر	MAR	۲۷	سمنان	TDS, MDL, MAR
۸	بجنورد	MAR, LRS, TDS, TDY, ORS	۲۸	سنندج	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۹	بم	MAR, TWD, LRS, CRS, ORS	۲۹	شاهرود	MAR
۱۰	بندر انزلی	MAR	۳۰	شهرکرد	MAR, TDS
۱۱	بندر عباس	TWD, MDL, MAR	۳۱	شیراز	LRS, MDL, MAR
۱۲	بندر لنگه	MAR, TWD, LRS, CRS, ORS	۳۲	فسا	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۳	بوشهر	CRS, LRS, MAR	۳۳	قزوین	TWD, MDL, MAR
۱۴	تبریز	ORS, LRS, MAR	۳۴	کاشان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۵	تربت حیدریه	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۳۵	کرمان	MAR, MDL, TDY, TDS, LRS, TWD, ORS
۱۶	تهران	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۳۶	کرمانشاه	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۱۷	جزیره کیش	MAR, LRS, CRS, ORS	۳۷	گرگان	MAR
۱۸	خرم آباد	MAR, TDS	۳۸	مشهد	MAR, TWD, LRS, TDY, CRS
۱۹	خوی	ORS, TWD, MAR	۳۹	همدان	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۲۰	دوشان تپه	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS	۴۰	یزد	MAR, TWD, LRS, TDY, CRS

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

جدول ۷ : ترکیب متغیرهای استخراج شده برای ایستگاه‌ها در فصل سالانه

ردیف	ایستگاه	PEV_S	ردیف	ایستگاه	PEV_S
۱	آبادان	MAR, TDY, TWD	۲۱	رامسر	MAR, TWD
۲	اراک	MAR, TDY, TWD	۲۲	رشت	MAR, TDY, TWD
۳	اردبیل	MAR, TDY, TWD	۲۳	زابل	MAR, TDY, TWD
۴	ارومیه	MAR, TDY, TWD	۲۴	زاهدان	TWD, TDY, MAR
۵	اصفهان	MAR, CRS, MDL	۲۵	زنجان	MAR, TDY, TWD
۶	اهواز	MAR, TDY, TWD	۲۶	سبزوار	TDS, TDY, MAR
۷	بابلسر	MAR	۲۷	سمنان	MAR, TDY, TWD
۸	بجنورد	MAR, TDY, TWD	۲۸	سنندج	MAR, MDL, LDS, TDS, TWD, ORS
۹	بم	MAR, TDY, TWD	۲۹	شاهرود	MAR, TWD
۱۰	بندر انزلی	MAR	۳۰	شهرکرد	MAR, TDY, TWD
۱۱	بندر عباس	MAR, TDY, TWD	۳۱	شیراز	MAR, TDY, TWD
۱۲	بندر لنگه	TWD, LDS, MAR	۳۲	فسا	MAR, TDY, TWD
۱۳	بوشهر	MAR, TDY, TWD	۳۳	قزوین	TWD, LDS, MAR
۱۴	تبریز	MAR, TDY, TWD	۳۴	کاشان	MAR, MDL, TWD, ORS
۱۵	تربت حیدریه	CRS, TWD, MAR	۳۵	کرمان	MAR, TWD, TDY, LRS, CRS, TDS
۱۶	تهران	MAR, MDL, LDS, TDS, TWD, ORS	۳۶	کرمانشاه	MAR, LDS, TWD, LRS, ORS
۱۷	جزیره کیش	MAR, LRS, CRS, ORS	۳۷	گرگان	MAR, TWD
۱۸	خرم آباد	MAR, LDS, TDS, TWD, LRS, ORS	۳۸	مشهد	MAR, TDY, TWD
۱۹	خوی	ORS, TWD, TDS, MAR	۳۹	همدان	MAR, TDY, TWD
۲۰	دوشان تپه	MAR, TDY, TWD	۴۰	یزد	MAR, TDY, TDS, LRS, ORS, LDS

همان‌طوریکه در جداول۲ تا ۵ مشاهده می‌شود، در همه ایستگاه‌ها مقدار بارش، متغیر ثابت است و در همه ترکیبات حضور داشت و این اهمیت مقدار بارش را در همه شاخص‌ها و از جمله این شاخص نشان می‌دهد. برای تعیین تاثیرگذارترین متغیرها بعد از مقدار بارش در هر ایستگاه، در نرم افزار SPSS فراوانی هرکدام از متغیرها در دوره‌های زمانی مورد مطالعه محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ نشان داده شده است. مقادیر فراوانی متغیرها نشان می‌دهد تفاوت فاحشی بین درصد حضور متغیرها وجود ندارد و متغیرهای MAR، MDL، TDY و TDS به ترتیب بیش‌ترین فراوانی را در دوره‌های مختلف داشته است. همچنین متغیر LDS در دوره سالانه از متغیرهای مهم بوده است که با ۶۶/۷ درصد مشخص شده است.

جدول۸ : درصد اهمیت متغیرهای بارشی موثر در دوره‌های زمانی مختلف

PEV_S	ORS	CRS	LRS	TWD	TDS	TDY	LDS	MDL	MAR
زمستان	۱.۵	۴.۶	۱۶.۹	۳۳.۸	**۵۱.۵**	**۶۳.۸**	۰	**۶۹.۲**	**۱۰۰**
بهار	۱.۳	۱۳.۸	۲۰.۶	۴۰.۶	**۵۰**	**۵۶.۳**	۰	**۷۵**	**۱۰۰**
پاییز	۷.۴	۱۲.۱	۲۸.۲	۴۳.۶	**۵۷**	**۶۷.۸**	۰	**۷۳.۲**	**۱۰۰**
تابستان	۴.۵	۱۸.۲	۲۷.۳	۵۰	**۵۴.۵**	**۵۹.۱**	۰	**۷۲.۷**	**۱۰۰**
سالانه	۵.۳	۷.۶	۱۰.۸	۳۷.۱	**۴۲.۴**	**۶۱.۴**	۶۶.۷	**۶۹.۷**	**۱۰۰**

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

- **تطبیق نتایج شاخص CPEI در دوره‌های زمانی مختلف برای ایران**

برای شناسایی و تعیین ایستگاه‌های مناسب و یا نامناسب براساس کارایی شاخص تشخیص CPEI طی دوره‌های زمانی مثلا فصول و یا سالانه، بنا بر نظر اوتون(۲۰۰۵: ۸)، آستانه سه متغیر در نظر گرفته شد. به این ترتیب که اگر در فصلی یا یک دوره ای یک ایستگاه با کمتر از ۳ متغیر تاثیرگذار بارشی مشخص شده باشد به این معنی است که شاخص CPEI برای آن ایستگاه در آن دوره زمانی مناسب نخواهد بود. جدول ۷ نتایج این بررسی را برای فصول مختلف بر اساس تعداد ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. لازم به ذکر است با توجه به این نکته که تابستان به جز در موارد محدود و در تعداد معدودی از ایستگاه‌های کشور(در معدود ایستگاه‌های مورد استفاده از شمال کشور) فصل خشک و یا کاملاً خشک می‌باشد، مثل موارد قبلی مورد بررسی قرار نگرفتند.

جدول۹: رتبه‌بندی دوره‌های زمانی از نظر تناسب شاخص CPEI برای بررسی خشکسالی‌ها

رتبه	دوره‌ها	تعداد ایستگاه‌های مناسب	درصد
۱	**بهار**	۳۸	۹۵
۲	**سالانه**	۳۵	۸۷/۵
۳	**پاییز**	۳۰	۷۵
۴	**زمستان**	۲۳	۵۷

بنا بر این براساس تحلیل فوق الذکر و نتایج جدول ۷، به دلیل بالا بودن تعداد ایستگاه‌های نامناسب، می‌توان گفت که شاخص CPEI برای فصول زمستان و پاییز نسبت به بقیه دوره‌ها از اعتبار کمتری برخوردار است. استفاده از این شاخص برای بررسی خشکسالی‌های فصل بهار و دوره سالانه در مجموع مناسب‌تر خواهد بود.

- **تحلیل زمانی نتایج شاخص CPEI**

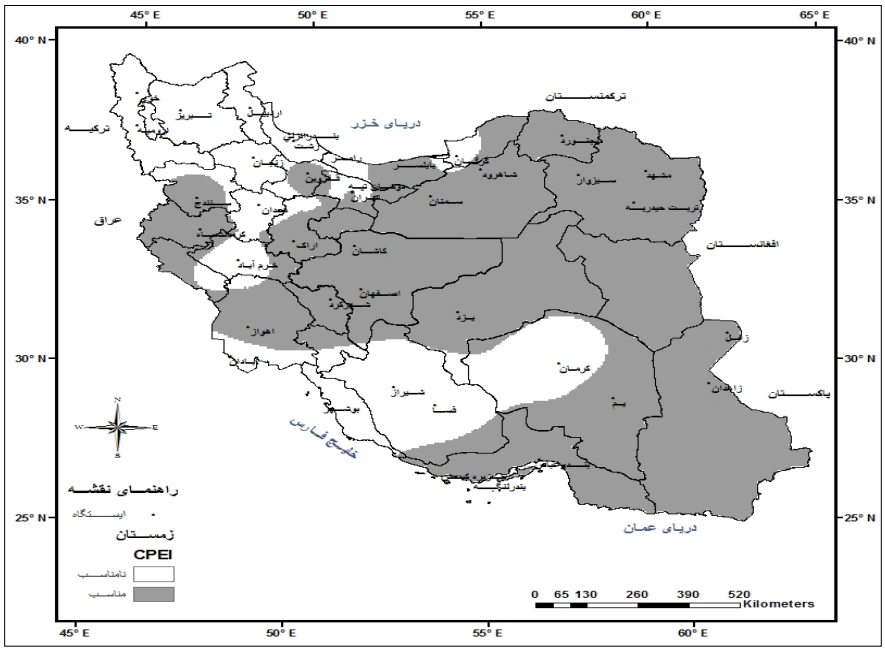
بر مبنای کفایت و یا عدم کفایت تعداد متغیرهای موثر بارشی که به معنای اعتبار شاخص مورد استفاده در یک زمان برای یک مکان معین نیز است، با استفاده از نرم افزار ArcGIS و با روش درونیابی IDW، اقدام به پهنه‌بندی کشور گردید. نتایج پهنه‌بندی برای دوره‌های زمانی مورد مطالعه در اشکال ۲ تا ۵ ارائه شده است

الف) فصل زمستان

زمستان، فصل بارانی در اغلب ایستگاه‌های کشور است. تغییرات میزان بارش دریافتی در این فصل می‌تواند تعیین کننده وضعیت آبی طی دوره موردنظر در ایستگاه‌ها باشد. با اینکه در این فصل مقدار بارش تمامی ایستگاهها به حداکثر می‌رسد، روابط بین متغیرها بیشتر از دوره‌های دیگر کاهش می‌یابد. مناسب بودن ایستگاه بدین معنی است که حداقل ۳ متغیر در شاخص CPEI برای پایش خشکسالی حضور داشته باشد و روابط بین متغیرها معنی‌دار باشد. در ایستگاه‌های مناسب، مقادیر همبستگی به هم نزدیک و بالاتر از ایستگاه‌های نامناسب است. تمام ایستگاه‌های شمالغرب و شمال کشور به غیر ازبابلسر، قسمت‌هایی از مناطق غرب و جنوبغرب کشور برای ارزیابی با این شاخص نامناسب است که بیشتر از سایر فصول، با شاخص CPEI ناهماهنگی نشان می‌دهد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

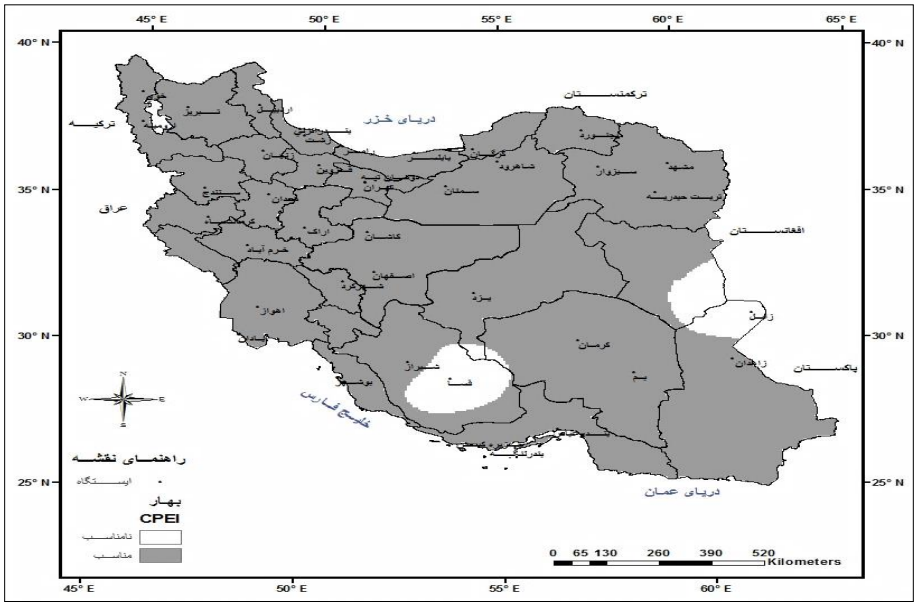
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]



شکل۲: پهنه بندی ایران در فصل زمستان براساس میزان تناسب و یا عدم تناسب با شاخص CPEI

ب) فصل بهار

فصل بهار سومین فصل پربارش کشور بعد از فصول پاییز و زمستان است(به استثناء مناطق شمالی و شمالغرب کشور). در این فصل همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد، بیشتر مناطق کشور برای ارزیابی با شاخص CPEI مناسب هستند. در این فصل به غیر از ۲ ایستگاه زابل و فسا همه ایستگاه‌ها(۹۵ درصد از ایستگاه‌ها) یا نزدیک به تمامی مناطق کشور برای پایش خشکسالی با شاخص یاد شده مناسب هستند. نکته قابل توجه این است که در این فصل در ایستگاه بندرعباس همه متغیرهای موثر بارشی مورد مطالعه در دوره فصلی در ترکیب شاخص CPEI حضور داشتند.



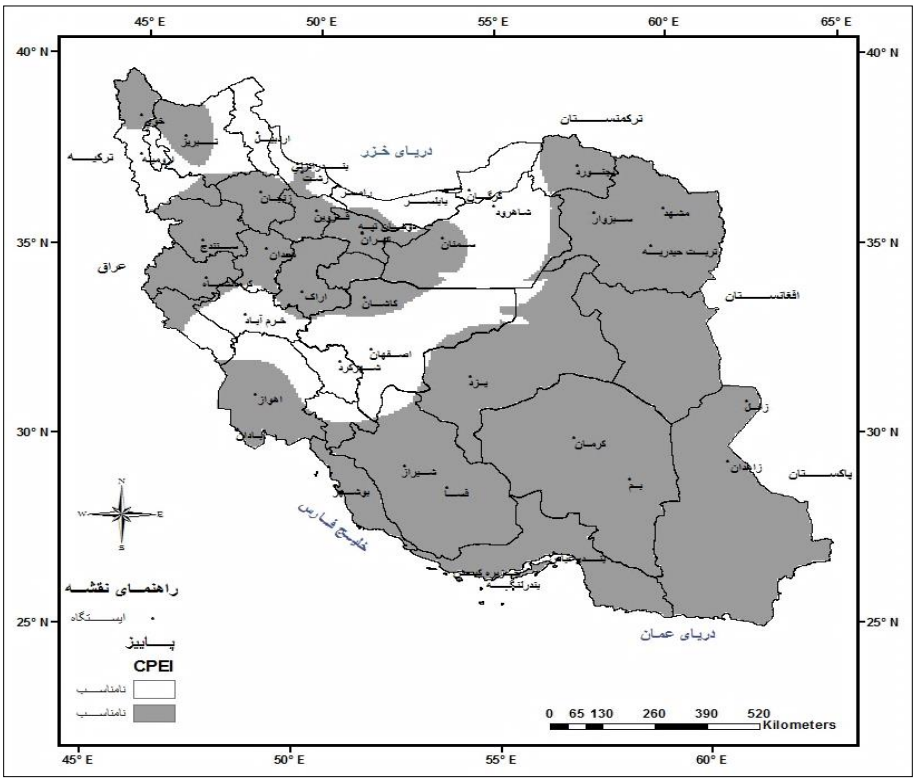
شکل۳: پهنه بندی ایران در فصل بهار براساس میزان تناسب و یا عدم تناسب با شاخصCPEI

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

ج) فصل پاییز

پاییز همزمان با شروع سال آبی در کشور می‌باشد که بارش همه ایستگاه‌ها در این فصل همزمان با ورود سیستم‌های سینوپتیک آغاز می‌شود. در این فصل نیز مانند زمستان ایستگاه‌های واقع در شمال و بیشتر ایستگاه‌های شمالغرب کشورنامناسب ارزیابی شدند(شکل۴). ایستگاه‌های شاهرود، اصفهان، شهرکرد و خرم‌آباد نیز در قصل پاییز با شاخص CPEI تناسب نداشتند که به صورت باریکه‌ای از شمالشرق تا قسمت‌های میانی و غرب کشور کشیده شده است. در مجموع این فصل با ۳۰ ایستگاه مناسب(۷۵ درصد ایستگاه‌ها) در رتبه سوم در میان ۴ دوره قرار گرفت. نکته قابل توجه در این دوره این است که متغیر شروع بارش در فصل پاییز بالاترین درصد فراوانی را بین دوره‌های مختلف نشان می‌دهد(جدول ۶).



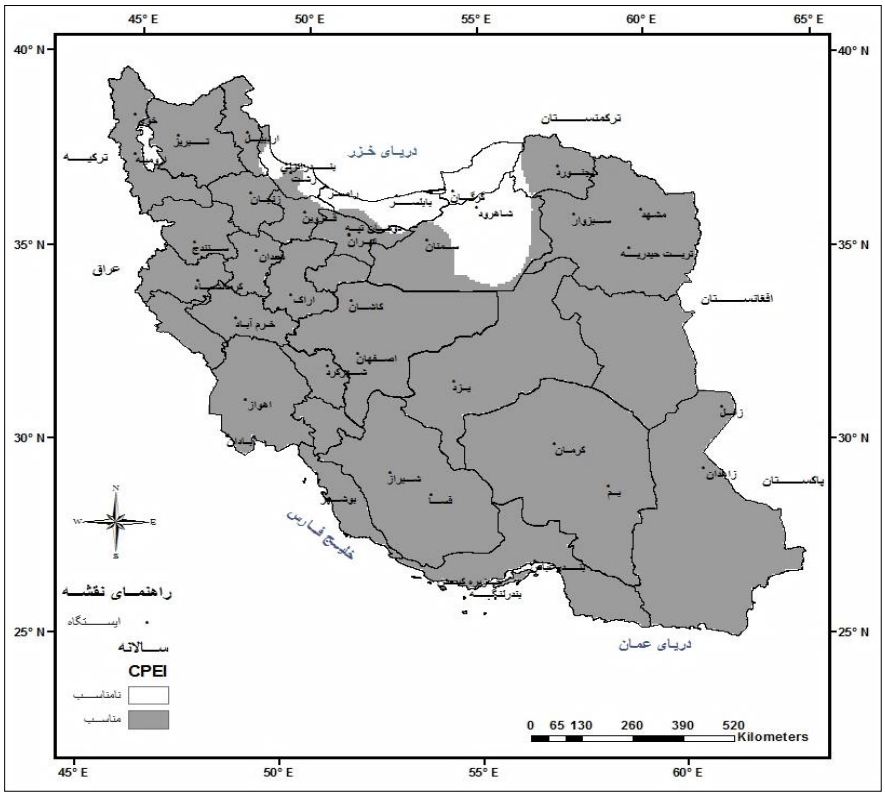
شکل۴: پهنه بندی ایران در فصل پاییز براساس میزان تناسب و یا عدم تناسب با شاخصCPEI

د) دوره سالانه

در دوره سالانه که طولانی‌ترین دوره ارزیابی شاخص CPEI در این مطالعه نیز هست، همانند فصل بهار اکثر نقاط کشور هماهنگی قابل توجهی با این شاخص داشتند. همانند فصول زمستان و پاییز، ایستگاه‌های شمالی برای شاخص‌گذاری با شاخص مذکور نامناسب بودند(شکل۵). در این دوره تعداد و ترکیب بیشتر ایستگاه‌ها شباهت زیادی با هم داشتدکه نشان می‌دهد با طولانی شدن دوره، متغیرهای بارشی یکسانی در بین مناطق مختلف در وقوع و شدت خشکسالی نقش دارند. شکل۵ نشان می‌دهدکه ایستگاه‌های واقع در شمال کشور و ایستگاه شاهرود که ۵ ایستگاه را شامل می‌شوند نامناسب هستند. در مجموع در دوره سالانه ۸۷/۵ درصد از ایستگاه‌های مورد مطالعه مناسب ارزیابی شدندکه در رتبه دوم تناسب باشاخص CPEI قرار می‌گیرد.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]



شکل ۵: پهنه بندی ایران در دوره سالانه براساس میزان تناسب یا عدم تناسب با شاخص CPEI

ه) فصل تابستان

به دلیل کم بودن تعداد ایستگاه‌های دارای بارندگی در فصل تابستان، نتایج مربوط به این دوره، جداگانه در این قسمت بیان شده است. گرچه تعداد ایستگاهها کم بود، اما محاسبات نشان داد که این فصل نیز برای ارزیابی خشکسالی با شاخص CPEI نامناسب نیست(جدول ۸). در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در این فصل، ایستگاه رشت با یک متغیر بارشی، نامناسب می‌باشد. ایستگاه‌های رامسر و گرگان با بیش‌ترین تعداد متغیرها در شاخص CPEI، دربین ایستگاه‌های شمالی تعیین شدند. ایستگاه زاهدان در جنوبشرق کشور که دارای بارش تابستانی است نیز با ۴ متغیر برای شاخص‌گذاری با شاخص مذکور مناسب می‌باشد. در فصل تابستان متغیرهای عمق بارش (MAR)، حداکثر مدت دوره خشک(MDL)، تعداد روزهای خشک(TDY)، تعداد دوره‌های خشک(TDS) وتعداد روزهای مرطوب(TWD)، بالاترین فراوانی را در ترکیب شاخص CPEI در ایستگاه‌ها داشتند.

جدول ۱۰: ترکیب شاخص CPEI در ایستگاه‌های سینوپتیک ایران طی فصل تابستان

ردیف	ایستگاه	PEV_S
۱	بندرانزلی	TWD, MDL, MAR
۲	بابلسر	MAR, CRS, MDL, TWD
۳	رامسر	MAR, TDY, TDS, TWD, LRS
۴	رشت	MAR
۵	زاهدان	MAR, CRS, MDL, TWD
۶	گرگان	MAR, TWD, LRS, CRS, ORS

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]
[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

نتیجه‌گیری

هدف از شاخص‌گذاری یا شاخص‌سازی خشکسالی، کمی‌سازی شرایط وقوع و یا طبقه‌بندی ویژگی‌های آن است. شاخص CPEI برای اولین بار در کشور نیجریه و با هدف شاخص‌گذاری خشکسالی در مناطق نیمه‌خشک طراحی شده است(اوتون، ۲۰۱۰). نتایج مطالعات در شرایط آب‌وهوایی مشابه ایران نشان داده است که این شاخص قابلیت تعیین متغیرهای مناسب بارشی برای تحلیل و مطالعه خشکسالی‌های فصلی و سالانه را دارد. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که شباهت فراوانی بین ترکیب متغیرها در این مطالعات وجود دارد. به نظر می‌رسد برای مناطق نیمه‌خشک و حتی خشک ایران درمورد ایران این شاخص نتایج قابل قبولی می‌نماید و بالعکس در نقاط پربارش کشور این شاخص تناسب کمتری نشان می‌دهد. در کل می‌توان گفت در مناطقی که شاخص CPEI نامناسب ارزیابی شده است، مطالعه دیگر شاخص‌ها مناسب‌تر می‌باشد و شاخص‌هایی مثل شاخص ناهنجاری بارندگی(RAI) و شاخص استاندارد شده بارش(SPI) با دخالت دادن متغیر مقدار بارش که در شاخص CPEI نیز متغیر ثابت ترکیب متغیرهای بارشی درکل ایستگاه‌ها در همه دوره‌های مورد مطالعه بود، مناسب‌تر می‌باشد، چرا که این شاخص نتوانسته است در این مناطق ارتباط منطقی بین متغیرهای بارشی بیشتری را کشف نماید. این موضوع به نوعی درکار سبزی‌پرور و کاظمی(۱۳۸۹) که اظهار داشته‌اند شاخص RAI و برخی دیگر از شاخص‌های خشکسالی در مطالعه خشکسالی‌های منطقه نیمه‌خشک سرد نتایج بهتری ارائه می‌نماید، نیز مورد توجه قرار گرفته است.

منابع

آسیایی، مهدی(۱۳۸۵) پایش خشکسالی در مشهد با استفاده از شاخص خشکسالی پالمر، *جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای*، شماره‌ی هفتم، صص۱۸۶-۱۶۷.

امیدوار، کمال(۱۳۹۰)، مخاطرات طبیعی، انتشارات دانشگاه یزد، یزد.

سبزی‌پرور، علی‌اکبر و کاظمی، آزاده(۱۳۸۹)، ارزیابی تطبیقی هفت نمایه خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای، *علوم و تکنولوژی محیط زیست*، شماره **۱**، صص ۱۱۱-۹۷.

شمسی‌پور، علی‌اکبر. علوی‌پناه، سیدکاظم. و محمدی، حسین(۱۳۸۹)، بررسی کارآیی شاخص‌های گیاهی و حرارتی ماهواره *NOAA-AVHRR*در تحلیل خشکسالی منطقه کاشان، *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، شمارهٔ **۳**، صص۴۶۵-۴۴۵.

علیجانی، بهلول و بابایی فینی، ام السلمه(۱۳۹۲)، تحلیل فضایی خشکسالی‌های بلندمدت ایران، *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، سال۴۵، شماره**۳**، صص۱۲-۱.

فرج زاده، منوچهر.(۱۳۸۹)، *تکنیک‌های اقلیم شناسی*، انتشارات سمت، تهران.

کاویانی، محمدرضا.(۱۳۸۰)، بررسی اقلیمی شاخص‌های خشکی و خشکسالی، *تحقیقات جغرافیایی*، دانشگاه اصفهان، شماره**۱۶**، صص ۸۹-۷۱.

Adefolalu, D.O.(۱۹۸٦)," Further Aspects of Sahelian Drought as Evident From Rainfallregime of Nigeria", Arch. Met. Geophy. Biocl.**۳٦:** ۲۷۷-۲۹٥.

Benjamin, L. H & Saunders, M. A., (۲۰۰۲) "A Drought Climatology for Europe", *Int. J. Climatol.* **۲۲**: ۱٥۷۱–۱٥۹۲.

Byun, H. R., Wilhite, D. A.(۱۹۹۹)"Objective Quantification of Drought Severity and Duration", *Journal of Climate*. **۱۲**: ۲۷٤۷-۲۷٥٦.

Heim JR, R.R.(۲۰۰۲) "A Review of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States", *American Meteorological Society*, **۸۳**:۱۱٤۹-۱۱٦٥.

Hisdal, H. & Tallaksen L. M.(۲۰۰۳)" Drought Event Definition" Assessment of the Regional Impact of Droughts in Europe, *Technical Report*. ٦:p ٤۱.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]

Ojonigu F. Ati.Sedu Q. Muhammed and Ati, Maeyam. H. (۲۰۰۸),"Variations and Trends in Annual Rainfall Amounts and the Onset of the Rainy Season for Kano for ۸۷ Yaers (۱۹۱٦-۲۰۰۲)" *Journal of Applied Sciences Research*.۱۲:۱۹۵۹-۱۹٦۲.

Olaniran O.J, & summer, G.N.(۱۹۸۹)" A Study of Climatic Variability in Nigeria Based on the Onset, Retreat and Length of the Rainy Season", *Int. J. Climatol*. ۹: ۲۵۳-۲٦۹.

Otun, J.A.(۲۰۰۵), "Analysis and Quantification of Drought Using Meteorological Indices in The Sudano –Sahel region of Nigeria", Unpublished PhD Thesis, Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria, pp۲۳۲.

Otun, J.A.(۲۰۱۰), "Using precipitation effectiveness variables in indexing Drought in semi-arid regions", *African Journal of Agricultural Research*.۵:۱۷۸٤-۱۷۹۳.

Kim, D. W., Byun, H.R, & Choi, K.S.(۲۰۰۹)"Evaluation, Modification, and Application of the Effective Drought Index to ۲۰۰-Year Drought Climatology of Seoul, Korea", *Journal of Hydrology* .۳۷۸: ۱–۱۲.

Mishra, A. K. & Singh, V. P.(۲۰۱۰), "A Review of Drought Concepts", *Journal of Hydrology*. ۳۹۱: ۲۰۲–۲۱٦.

Mustapha, S.(۱۹۸٤), "Statistical Characteristics of Droughts in Nigeria", Proceedings of inter-departmental seminar papers, December ۱۹۸٤, (ed. by Abatan A.O. and Jarosz J.J), Faculty of Engineering, Ahmadu Bello University, Zaria.۲: ۲۰۹ – ۲۲٦.

Paulo, A. A., Rosa R. D., & Pereira L. S.(۲۰۱۲) "Climate Trends and Behaviour of and Drought Indices Based on Precipitation Evapotranspiration in Portugal"**,** *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*., ۱۲:۱٤۸۱–۱٤۹۱.

Touchan, R., Funkhouser, G., Hughes, M., & Erkan, N.(۲۰۰۵) "Standardized Precipitation Index Reconstructed From Turkish Tree-Ring Widths"**,** *Climatic Change*, ۷۲: ۳۳۹–۳۵۳.

Tsakiris, A., Loukas, A., Pangalou, D., Vangelis, H., Tigkas, D., Rossi G. & Cancelliere, A.(۲۰۰۷) "Drought characterization", Drought management guidelines technicalannex. Zaragoza, (Option s Méditerran éen n es *: Série B.Etu des et Rech erch es*.۵۸: ۸۵-۱۰۲.

[Downloaded from c4i2016.khu.ac.ir on 2026-10-30]

[DOI: 10.18869/acadpub.jsaeh.3.3.99]