مجله علوم جغرافیایی(جغرافیای کاربردی)، دوره۱۴، شماره۲۹، پاییز و زمستان ۱۳۹۷، صفحه ۱۱۷-۱۳۱

بررسی خشکسالی های کرمان با چهار شاخص TOPSIS، SPI ،PNPI وZ

مهناز پروازی[1]

[1] گروه جغرافیا،واحد یادگار امام خمینی(ره) شهرری، دانشگاه آزاد اسلامی ،تهران،ایران

نویسنده مسئول: mahnazparvaz@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۶/ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۲/۲۰

چکیده

سرزمین ایران که بر روی کمربند خشک جهان واقع است علی رغم کم آبی، پیوسته در معرض نوسانات و بی نظمی های رژیم بارش نیز قرار گرفته در این بین منطقه جنوب شرق کشور وضعیت به مراتب پیچیده تر و بغرنج تری دارد. زیرا علی رغم بارش کمتر نسبت به میانگین کشوری، قرارگیری در مجاورت یکی از خشن ترین کانونهای بیابانی دنیا، وزش بادهای شدید مشکلات و معضلات محیطی این خطه را دو چندان نموده است. لذا در این پژوهش خشکسالی ایستگاه کرمان در طی دور ۵۱ ساله(۱۹۵۵ـ۲۰۰۵)با چهار شاخص TOPSIS، SPI ،PNPI و Z و همچنین کاربرد نرم افزار DIC جهت اجرای این چهار شاخص، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد. در روشTOPSIS ، ایستگاه کرمان با ۱ ترسالی،۱۳ سال نرمال، ۴ سال خشکسالی ضعیف، ۱۷ خشکسالی متوسط و ۱۶ خشکسالی شدید روبرو بوده است که پردوام ترین دوره های خشکسالی مربوط به سالهای ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۱ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵ بوده است. در شاخص SPI با یک ترسالی بسیار شدید، یک ترسالی ملایم، ۳۶ سال نزدیک به نرمال،۷ خشکسالی ملایم،۳ خشکسالی شدید و ۲ خشکسالی بسیار شدید روبرو بوده است و طولانی ترین دور نزدیک به نرمال مربوط به سالهای ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۴ بوده است. در شاخص PNPI ۳۴ سال در آستانه نرمال، ۶ خشکسالی ضعیف، ۷ خشکسالی متوسط، یک خشکسالی شدید و ۲ خشکسالی بسیار شدید رخ داده است و طولانی ترین دوره خشکسالی مربوط به ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ می باشد. در شاخص z ،۲ خشکسالی شدید،۱۲ سال خشکی متوسط،۱۰ سال مرطوب متوسط،۲۴ سال تقریبا نرمال،۳ سال مرطوب شدید بوده، طولانی ترین دوره تر سالی مربوط به دوره ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۴ می باشد.

کلیدواژه: کرمان، خشکسالی، TOPSIS ، SPI ، PNPI وZ

مقدمه

در دهه های اخیر در بین بلایای طبیعی، وقوع خشکسا لی ها بیش از سایر حوادث طبیعی به چشم می خورد. این پدیده بر خلاف بلایای طبیعی دیگر، به تدریج عمل می کند(نوری و همکاران،۳:۱۳۸۹) پس با اعتقاد به این حقیقت که خشکسالی یک رویداد طبیعی است و معمولا به صورت کیفی از آن یاد می شود این نیاز مطرح می گردد که در مشابهت با سایر پدیده های تأثیر گذار اقلیمی، این پدیده نیز به صورت کمی در آید و برای آن نمایه هایی تعریف و ارایه گردد(نگارش و همکاران،۱۱۰:۱۳۸۹). برای بیان کمی این پدیده و همچنین ارزیابی آن در مقیاس های مختلف زمانی و مکانی، از شاخص های خشکسالی استفاده می گردد که برای محاسبه آن ها وجود داده های مناسب و طولانی مدت پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی بسیار ضروری است. بارندگی اصلی ترین عاملی است که در ایجاد، گسترش و دوام خشکسالی ها سهیم می باشد، البته پارامتر های اقلیمی دیگری نظیر تبخیر- تعرق نیز می تواند بیانگر رفتار خشکسالی درهر منطقه باشد، اما مشکلاتی که برای محاسبه این پارامتر ها وجود دارد، موجب شده است تا بارندگی به عنوان مناسب ترین و قابل دسترس ترین پارامتراقلیمی برای ساخت و محاسبه شاخص های خشکسالی شناخته شود. از سوی دیگر هم شاخص هایی که تنها برپایه این متغیر استوار می باشند، بیشتر مورد پذیرش جوامع علمی و کاربرا قرار گرفته اند(اختری و همکاران،۲۸:۱۳۸۵). و هر پیشامد طبیعی غیرمترقبه و در مواردی ناگهانی که موجبات تضعیف و نابودی توانمندی های اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی مانند خسارات جانی و مالی، تخریب تأسیسات زیربنایی، منابع اقتصادی و زمینه های زوال اشتغال جامعه را فراهم آورد، به عنوان بلای طبیعی قلمداد می شود(کشاورز و کرمی،۲۶۷:۱۳۸۷). علل وقوع پدیده خشکسالی را می توان معلول عوامل فیزیکی و مکانی متعددی که عمدتاً ریشه در گردش عمومی جو و بیلان انرژی کره زمین دارد، جستجو کرد و خشکسالی به کمبود رطوبت مستمر و غیر طبیعی گفته می شود(خسروی و اکبری، ۵۱:۱۳۸۸). و پدیده ای است که همه ساله با شدت های مختلف در مناطق وسیعی از جهان روی داده و اثرات مخرب و سوئی همچون

قحطی، مرگ و میر و خسارات اقتصادی به دنبال دارد(موسوی بایگی واشرف،۱۶۸:۱۳۹۰). همه مناطق دنیا ممکن است هرازگاهی اسیر پدیده خشکسالی شوند، اما این وضعیت در مناطقی که از نظر اقلیمی به طور نامنظم و تصادفی توسط سامانه های مختلف آب و هوایی تحت تأثیرقرار می گیرند، بیشتر مشاهده می شود. نمود اصلی پیدایش خشکسالی هوا شناسی، کاهش بارندگی به پایین تر از حد نرمال(میانگین درازمدت)است. کاهش رطوبت خاک و کاهش آبهای سطحی و زیر زمینی از پیامد های بعدی کاهش بارندگی است(رضیئی و همکاران،۸۵:۱۳۸۶). از دیدگاه اقلیم شناسی که مد نظر است، هرگاه بارش دریافتی یک محل در یک دوره ی زمانی معین، کمتر از میانگین درازمدت بارش منطقه باشد، با خشکسالی روبرو هستیم. بنابراین، آستانه بروز خشکسالی کمیتی است جغرافیایی، و از نظر مقیاس مکانی و زمانی متفاوت است(پروین،۹۰:۱۳۹۰). خسارت های خشکسالی عمدتا به صورت کاهش عملکرد مراتع، کاهش تولیدمحصولات زراعی بویژه دیم، کاهش منابع آب کشاورزی و شرب، کاهش منابع آب سطحی و زیر زمینی، آفات و بیماری های گیاهی و دامی، افزایش مهاجرت و در نهایت اثرات سوء زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی ظاهر می شود که توسعه پایدارمنطقه را مورد تهدید قرار می دهد(نگارش وکریمی،۳۳:۱۳۸۷). بعد دیگر خشکسالی شامل خسارت به منابع آبی است که باعث محدودیت تغذیه و کاهش کیفیت آب می شود. در دوره کم آبی، افت کیفیت آب و امکان بروز آلودگی و امراض بیشتر است. از بین رفتن محصولات کشاورزی و اتلاف دام از جمله خسارتهای اقتصادی به کشاورزان و دامداران در طول دوره خشکسالی است. علاوه بر آن خشکسالی اثرات تخریبی در امور زیر بنایی و رفاهی دارد و در مواردی موجب صدمات جانی نیز می شود. به علت رشد جمعیت، افزایش تقاضا و رقابت برای منابع آبی محدود، آسیب پذیری جامعه نسبت به خشکسالی در حال افزایش است(حجازی زاده و جوی زاده،۸:۱۳۸۹). امروزه آب به عنوان یک نعمت لایتناهی و فراوان تلقی نمی شود. بلکه دولت ها و دانشمندان پی به این نکته برده اند که از ذخایر آبی حداکثر بهره برداری را با کمترین اتلاف و ضایعات به عمل آورند. مدیریت منابع آب، بخشی از برنامه ریزی توسعه کشورها تلقی می شود و هر کشوری بر مبنای میزان منابع آب در دسترس، استراتژی و برنامه خاصی را برای بهره برداری بهینه آب موجود اجرا می نماید(حیدری شریف آباد،۱۳۸۳: ۸۱-۷۱). در رابطه با خشکسالی پژوهشهای متعددی انجام گرفته است. مک کی و همکاران(Mc. Kee et al, 1995) در بررسی رابطه فراوانی خشکسالی ها و تداوم آنها با مقیاس های زمانی به کمک نمایه SPI دریافتند که با افزایش طول مقیاس زمانی، دوره های با مقادیر منفی و مثبت SPI از نظر تعداد کم ولی از نظر تداوم طولانی تر می شوند. هایز و همکاران(Hayes et al, 1996) در بررسی خشکسالی سال ۱۹۹۶ ایالت کلرادو آمریکا توسط نمایه بارش استاندارد اثبات کردند که این نمایه قادر به تشخیص زمان شروع خشکسالی و پیشرفت آن می باشد. نتایج آنها نشان داد که SPI زمان شروع خشکسالی در سال ۱۹۹۶ در مقیاس یک ماهه بهتر از نمایه خشکسالی پالمر نشان می دهد. بازوهر و الگوهانی(۱۹۹۷) با بهره گیری از داده های ۱۶ ایستگاه هواشناسی و روش گرافیکی به تعیین دوره های مرطوب و خشک در عربستان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که در دراز مدت دوره های مرطوب در قسمت جنوب شرقی منطقه و شرایط خشکسالی در مرکز و شرق کشور عربستان رخ می دهد. تاز نوریو(۱۹۸۲) آمار بارش ۵۰ ساله ی ایستگاه های هواشناسی را در ژاپن تجزیه و تحلیل کرده و بر اساس آن وقوع سال های خشک و مرطوب را بررسی کرده است. استرلا و همکاران(۲۰۰۰) خشکسالی های رخ داده در منطقه والنسیا را با توجه به مدت و شدت و توزیع مکانی آن ها مورد بررسی قرار دادند. این پژوهشگران با بهره گیری از روش تجزیه و تحلیل تناوبی و تعیین چهار دوره خشک، به بررسی اثرات مهم اقتصادی و اجتماعی این دوره ها پرداختند. للوید و همکاران (Lloyd, et. Al., 2002) خشکسالی اقلیمی را با استفاده از نمایه بارش استاندارد (SPI) و نمایه خشکسالی پالمر (PDSI) بر اساس آمار ۱۰۰ ساله (۱۹۹۹- ۱۹۰۱) دربازه های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴، برای اروپا مطالعه کردند. بوردی و سوترا(۲۰۰۷)، در مقیاس وسیع در منطقه ی مداک در ایتالیا، به بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در مقیاس ۳ ماهه و ۲۴ ماهه پرداختند. نتایج تحقیقات آن ها نشان داده که در مقیاس بلند مدت، منطقه ی مرکزی و جنوبی ایتالیا در شرایط نرمال است و مابقی تحت اثر خشکسالی قرار دارد. هانگ ویو و همکاران(Hong Wuet et al, 2007) نمایه بارش استاندارد را در مناطق خشک برای مطالعه فصول خشک به کار بردند. آنها در مطالعه خود اثر فصول کم بارش و اقلیم خشک را با استفاده از این نمایه برای هر هفته سال و برای ۲۱۸ ایستگاه هواشناسی در ۴۰ ایالت امریکا محاسبه کردند. پاشیار و میشل (۲۰۰۸) جهت تعیین نواحی خشک در مطالعه موردی کیپروس از شاخص SPI و شاخص RDI استفاده کردند. نتایج حاصل از این بررسی بیانگر این می باشد که هر دو شاخص به طور موثر به تحلیل شرایط خشکسالی بر بخش های اقتصادی می پردازند. همچنین تحلیل های آماری هر شاخص، ویژگی های آب و هوایی از خشکسالی هواشناسی را به طور کامل نمایان نمی کند. فرج زاده و همکاران(۱۳۷۴)، با تحلیل داده های بارندگی خشکسالی سالیانه ایران را بررسی کردند. کمالی و نیکزاد(۱۳۷۸) در مطالعه ای تحت عنوان "شاخص های هواشناسی در خشکسالی" شاخص هایی را که از نظر آب و هوایی، درجات خشکی را به صورت متوسط های اقلیمی تعیین می کنند (مانند شاخص دمارتن و کوپن) مورد بررسیقرار دادند. زارع ابیانه و همکاران(۱۳۸۰)، خشکسالی های به وقوع پیوسته در غرب کشور را با استفاده از بعضی شاخص های خشکسالی مطالعه نمودند. ایشان نشان دادند که در بعضی از سال ها خشکسالی رخ نداده است، اما وقتی به صورت فصلی داده ها بررسی می شوند خشکسال هایی به

وقوع پیوسته که به صورت سالیانه هیچگاه مشخص نیستند. کریمی و همکاران(۱۳۸۰)، خشکسالی هواشناسی استان فارس را با استفاده از روش اصلاح شده ی هربست و همکاران مورد بررسی قرار دادند .آنان فصل تابستان را به علت کمی بارندگی به عنوان یک فصل جدا در نظر نگرفته و خشکسالی در مقیاس سالیانه را با سه فصل بررسی نمودند. مهدی خلجی و محمد شایان نژاد(۱۳۸۰) در مقاله خود، جهت مبارزه با بحران های کم آبی درمناطق شهر کرد، زابل و زاهدان از روش تعیین شدت و تداوم خشکسالی با تحلیل عددی بارش های مناطق ذکر شده استفاده کرده و نتیجه گرفتند که علی رغم وجود دو اقلیم کاملاً متفاوت، مشکلات خشکسالی در هر دو حالت وجود داشته و خسارات زیادی را از جنبه های مختلف به مردم این مناطق تحمیل می نماید. فتاحی(۱۳۸۷) در پژوهشی به بررسی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی های فراگیر در استان چهار و محال وبختیاری پرداخت و با ترسیم نقشه های ترکیبی فشار سطح دریا و سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، تیپ های هوای باران زا و خشکی زا را مشخص کرد.

مبانی نظری پژوهش:

خشکسالی یکی از پدیده های خزنده محیطی است که ویژگی موقت همه نواحی اقلیمی دنیاست. این پدیده، از جمله مخاطرات محیطی است که پیوند جدایی ناپذیری از تغییرات اقلیمی دارد که ویژگی های آن از قبیل شدت، مدت، دوره تناوب و..... از محلی به محل دیگر متفاوت است(خسروی و همکاران:۱،۱۳۹۱). و از ابتدای شکل گیری تمدن انسانی تا کنون، همواره خشکسالی تأثیراتی شدید و گاهی فاجعه آمیز بر فعالیتهای حیاتی انسان داشته است. خشکسالی به خودی خود یک بلا(فاجعه) محسوب نمی شود، بلکه تأثیر آن بر مردم و محیط زیست است که فاجعه آمیز بودن یا نبودن آن را مشخص می کند؛ بنابر این نکته کلیدی درباره ی خشکسالی، درک ابعاد طبیعی و اجتماعی آن است(ویلهایت،۲۰۰۰:۶۹۷). خشکسالی، پدیده ای طبیعی است و در تمامی دورانها اتفاق افتاده است؛ ولی اثرات آن در سالهای اخیر که رشد جمعیت و میزان مصرف آب افزایش داشته، مشهودتر بوده است. در گذشته نیز آسیبهای ناشی از خشکسالی به علت عدم آگاهی انسان از رموز طبیعت و عدم چاره جوییهای مناسب، به عنوان بلایی آسمانی تلقی می شده که نمونه ای از آن در کتیبه های عهد هخامنشیان در ایران باستان به دست آمده است(حجازی زاده و جوی زاده،۳:۱۳۸۹). وقوع خشکسالی از ویژگی های اصلی آب و هوای ایران محسوب می شود که هم در قلمرو آب و هوایی مرطوب و هم خشک قابل مشاهده است. این حالت در نتیجه وجود نوسان های آب و هوایی شدید در مقیاس های مختلف زمانی حاصل می شود. برای مقابله با خشکسالی در کشورهای مختلف از راهکارهای متفاوتی استفاده می شود. آن چه تاکنون بیشتر برای کاهش خسارت های خشکسالی در ایران مد نظر بوده است، مدیریت خشکسالی می باشد(سهراب جایدری و همکاران،۲:۱۳۹۰) خشکسالی یکی از پدیده های مخرب طبیعی است که برآورد احتمال وقوع آن در سطح منطقه ای ومناطق فاقد آمار از اهمیت خاصی برخوردار می باشد. کشور ما نیز به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی خاص، احتمال وقوع این پدیده در تمامی نقاط آن در شرایط مختلف وجود دارد. بنابراین آگاهی از احتمال وقوع یا ریسک خشکسالی به ویژه در مناطقی که آسیب پذیری بیشتری نسبت به خشکسالی دارند از اهمیت زیادی برخوردار است. خشکسالی دارای سه ویژگی مهم است که در اغلب مطالعات به آن ها پرداخته می شود که شامل شدت، مدت و فراوانی وقوع یا احتمال وقوع خشکسالی است. در اغلب مطالعات انجام شده، بررسی خشکسالی فقط به یکی از این ابعاد آن هم در مقیاس محلی و نقطه ای پرداخته شده است ومعمولا دوره برگشت خشکسالی در مقیاس ناحیه ای برآورد نشده است. تعیین مناطقی که به لحاظ ویژگی های خشکسالی به یکدیگر شبیه هستند نیز از مواردی است که در مورد خشکسالی ها انجام نشده است(نصری و همکاران،۵۶:۱۳۹۰). خشکسالی یکی از جنبه های ذاتی تغییرپذیری شرایط اقلیمی است. گرچه برخی آن را واقعه ای نادر و تصادفی می نگارند، اما خشکسالی ویژگی موقت تمام مناطق اقلیمی است هر چند مشخصات آن از یک منطق به منطقه ی دیگر تفاوت می کند(خسروی،۱۶۸:۱۳۸۳). خشکسالی، پدیده ای طبیعی است و در تمامی دورانها اتفاق افتاده است؛ ولی اثرات آن در سالهای اخیر که رشد جمعیت و میزان مصرف آب افزایش داشته، مشهودتر بوده است. در گذشته نیز آسیبهای ناشی از خشکسالی به علت عدم آگاهی انسان از رموز طبیعت و عدم چاره جوییهای مناسب، به عنوان بلایی آسمانی تلقی می شده که نمونه ای از آن در کتیبه های عهد هخامنشیان در ایران باستان به دست آمده است(حجازی زاده و جوی زاده،۳:۱۳۸۹). هیچ کشوری در دنیا از عواقب غیر مترقبه بارشهای سالانه یا فصلی در امان نیست(FEMA, 2000). خشکسالی یکی ازمخاطرات طبیعی و بلایی خطرناک است که در نتیجه ی کمبود بارشی کمتر از حد نرمال یا مورد انتظار پدید می آید. اگر این کمبود بارش در یک دوره زمانی طولانی مانند یک فصل یا بیشتر استمرار یابد، نیاز های آبی مربوط به فعالیتهای انسانی و محیط زیست تأمین نخواهد شد(حجازی زاده و جوی زاده،۳:۱۳۸۹). خشکسالی یک اختلال موقتی است و با خشکی تفاوت دارد چرا که خشکی صرفا محدود به مناطقی با بارندگی اندک است و حالتی دائمی از اقلیم می باشد. خشکسالی جزء بلایای طبیعی نامحسوس است(امیدوار،۷۵:۱۳۹۰).). خشکسالی یکی از شدیدترین فجایعی است که در مقایسه با سایر بلایای طبیعی، از نظر میزان، شدت، طول مدت واقعه، دامنه ی گسترش منطقه ای، تلفات جانی، خسارتهای اقتصادی، اثرات اجتماعی، اثرات بلند مدت، غیر منتظره بودن و وقوع خطرات مرتبط، بالاترین اهمیت را دارد(برایان،۱۲:۱۹۹۱). فقط چند ناحیه انگشت شمار در جهان، در مقطعی خاص از تاریخ، از این نوع پدیده طبیعی در امان بوده اند(گلانتز،۲۱:۲۰۰۳). خشکسالی یک

پدیده ی خزنده می باشد(گیلت،۱۹۵۰:۱۰۴) که شناسایی شروع و پایان آن امر مشکلی است؛ زیرا نمی توان آن را از دوره های خشک و بدون خشکسالی متمایزکرد(تانهیل،۱۹۴۷:۶۱). خشکسالی با مخاطرات دیگرمحیطی تفاوت دارد. نخست برای آن که یک مخاطره ی خزنده است، زیرا خشکسالی ها به آرامی گسترش می یابند و بعضی اوقات بیش از چندین سال حضوری طولانی دارند. دوم این که خشکسالی ها به یک تکتونیک یا وضعیت توپوگرافی خاصی محدود نمی شوند و تأثیرات آنها می تواند بر مناطق وسیعی گسترش یابد. از این رو خشکسالی شباهت هایی با تخریب طولانی مدت محیط زیست دارد و اغلب سخت است که بگویند در کجا خشکسالی پایان می یابد و بیابان زایی حاصل دخالت انسان آغاز می شود. سوم، تأثیرخشکسالی در بین کشورهای توسعه یافته و کشورهای توسعه نیافته، خیلی متفاوت است. امروزه در کشورهای پیشرفته کسی به خاطر خشکسالی نمی میرد، اما در بسیاری از کشورهای توسعه نیافته، تأثیر باران کم غیر معمول بر ذخایر غذایی قبلی ارتباطی بین خشکسالی و مرگ ناشی از قحطی را ایجاد می کند(محمدی،۱۳۹۰:۱۱۱). این پدیده وضعیتی از کمبود بارندگی و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن است رخ دهد. بر خلاف سیل و بارندگی که می توان فهمید درچه زمانی شروع شده، در چه زمانی خاتمه پیدا کرده و در چه محدوده ای بوده است، توصیف زمانی و مکانی خشکسالی بسیار مشکل است. ممکن است هفته ها یا ماه ها طول بکشد تا مشخص شود که آیا واقعا خشکسالی اتفاق افتاده است یا خیر(اژدری مقدم و همکاران،۱۳۹۱:۶۲).

قلمرو مکانی پژوهش:

شهر کرمان با ۱۷۷۸ متر از سطح دریا دومین شهر مرتفع کشور محسوب می گردد. طول و عرض جغرافیایی: عرض شمالی۲۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شرقی ۵۶ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۱۸ دقیقه است. اقلیم شهر کرمان علاوه بر عوامل محلی، عواملی مانند ارتفاعات و کویر لوت نقش عمده ای دارند. همه عوامل موجود باعث شده که این شهر دارای اقلیم خشک تا فرا خشک باشد. جمعیت این شهر طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ برابر با ۵۳۴،۴۴۱ نفر بوده است. کرمان یکی از پنج شهر تاریخی ایران است. وسعت شهر کرمان ۱۴۰۰۰ هکتار است. و بزرگترین شهر جنوب شرق کشور است. شهر کرمان بزرگترین شهر و مرکز استان کرمان می باشد که در شمال استان واقع شده است.

داده ها و روش شناسی:

در این پژوهش با استفاده از شاخص SPI و PNPI ، Topsis، Z خشکسالی ایستگاه کرمان با استفاده از آمار ۵۱ ساله(۱۹۵۵ – ۲۰۰۵) مورد بررسی قرار گرفت. و این چهار شاخص با استفاده از نرم افزار DIC به اجرا درآمد، کلمه DIC کوتاه شده عبارت Drought Indices Calculator می باشد. و این نام برای سیستم نرم افزاری متحول و پیشرفته ای جهت محاسبه شاخص های رایج و کاربردی خشکسالی استفاده شده است. نرم افزارDIC جهت انجام و اجرای پروژه های مربوط به خشکسالی بخصوص تجزیه و تحلیل شاخص های رایج خشکسالی و مقایسه این شاخص ها طراحی شده است. در این نرم افزار محاسبه شاخص های رایج خشکسالی بصورت کامل و جامع، همچنین محاسبات آماری، ترسیم نمودارها، مقایسه شاخص ها و... به نحو کاملاً کاربر پسند ارائه می گردد(حجازی زاده و جوی زاده.

Topsis(تاپسیس)

در دهه های اخیر توجه محققین معطوف به مدلهای تصمیم گیری چند معیاره برای تصمیم گیری های پیچیده شده است . در این تصمیم گیری ها به جای استفاده از یک معیار سنجش از چندین معیار سنجش استفاده به عمل می آید. این مدلهای تصمیم گیری به دو دسته عمده تقسیم می گردند:

۱ – مدلهای تصمیم گیری چند هدفه

۲ – مدلهای تصمیم گیری چند شاخصه

مدلهای تصمیم گیری چند هدفه، غالباً به منظور طراحی و مدلهای چند شاخصه، غالباً به منظور ارزیابی گزینه ها و انتخاب گزینه یا گزینه های برتر مورد استفاده قرار می گیرند (توکلی،۱۳۸۴:۴) با توجه به این که مدل TOPSIS یک مدل چند شاخصه است و مدلی برای رتبه بندی می باشد، جهت بهره گیری از این تکنیک، مراحل زیر به اجرا گذاشته می شود.(طاهر خانی،۱۳۸۶:۶۴).

مرحله اول: تشکیل ماتریس داده ها براساس n آلترناتیو و k شاخص.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله دوم: استاندارد نمودن داده ها و تشکیل ماتریس استاندارد از طریق رابطه زیر:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a_{kj}^2}} \qquad R_{ij} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ r_{m1} & r_{22} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix}$$

مرحله سوم: تعیین وزن هر یک از شاخصها (w_i) و براساس $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$ در این راستا شاخص های دارای اهمیت بیشتر از وزن بالاتری نیز برخوردارند.

$$v_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix}$$

روش تعیین اوزان فراسنجها

مطالعات نشان می دهد که، سهم، هر یک از پارامترهای جوی در میزان خشکسالی متفاوت بوده و از این رو لازم است تا وزن هر یک از عناصر در میزان خشکسالی معین شود، پس وزن هر یک از شاخص ها به صورت مجموع یک بردار W=(W1+ W2 +W3+W4) بدست خواهد آمد، به طوری که حاصل جمعW1 تا W4 برابر با عدد یک است، W1+ W2 +W3+W4 = 1

مرحله چهارم: تعیین فاصله I امین آلترناتیو از آلترناتیو ایده آل (بالاترین عملکرد هر شاخص) که آن را با (A^*) نشان می دهند.

$$A^* = \left\{ (\max_i v_{ij} \,|\, j \in J), (\min_i v_{ij} \,|\, j \in J) \right\}$$
$$A^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*\}$$

مرحله پنجم: تعیین فاصله I امین آلترناتیو حداقل (پایین ترین عملکرد هر شاخص) که آن را با (A^-) نشان می دهند.

$$A^- = \left\{ (\min_i v_{ij} \,|\, j \in J), (\max_i v_{ij} \,|\, j \in J) \right\}$$
$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\}$$

مرحله ششم : تعیین معیار فاصله ای برای آلترناتیو ایده آل (S_i^*) وآلترناتیو حداقل (S_i^-).

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^*)^2}$$
$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} (v_{ij} - v_j^-)^2}$$

مرحله هفتم: تعیین ضریبی که برابر است با فاصله آلترناتیوحداقل (S_i^-) تقسیم بر مجموع فاصله آلترناتیوحداقل (S_i^-) (وفاصله آلترناتیو ایده آل) (S_i^*) که آن را با (C_i^*) نشان داده و از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$C_i^* = \frac{s_i^-}{s_i^- + s_i^*}$$

مرحله هشتم: رتبه بندی آلترناتیوها براساس میزان (C_i^*) میزان فوق بین صفر و یک $(0 \le C_i^* \le 1)$ در نوسان است. در این راستا $C_i^* = 1$ نشان دهنده بالاترین رتبه و $C_i^* = 0$ نیز نشان دهندۀ کمترین رتبه است.

SPI

بسیاری از محققین خشکسالی، به قابلیت انعطاف پذیری SPI و قابلیت آن برای هر مقیاس زمانی اذعان داشته اند.

این شاخص اساساً برای تعریف و پایش خشکسالی و ترسالی ارایه شده است(تسکریس و انگیلس،۲:۲۰۰۴). شاخص SPI برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی های طولانی مدت آن محاسبه می شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب، بر آمار بلند مدت بارندگی ها برازش داده می شود. سپس تابع تخمینی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می گردد، بطوریکه استاندارد شده و متوسط آن برای هر منطقه و دوره مورد نظر صفر شود. مقادیر مثبتSPI نشان دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می افتد که SPI به طور مستمر منفی وبه مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می یابد که SPI مثبت گردد برای محاسبه این شاخص از فرمول ذیل استفاده می گردد

$$SPI_n = \frac{\left[P_O + \sum(P_{-i}) - \mu_n\right]}{\delta_n}$$

$n =$ تعداد ماه هایی که بارندگی تجمعی برای آنها حساب شده است.

$P_O =$ مقدار نرمال شده بارندگی ماه فعلی.

$P_{-i} =$ مقدار نرمال شده بارندگی ماه قبل.

$\mu_n =$ میانگین تعداد بارندگی تجمعی برای n ماه.

$\delta_n =$ انحراف معیار برای ماه ها می باشد(اختری و همکاران،۳۰:۱۳۸۵)

PNP

نمایه درصد نرمال بارش یکی از ساده ترین نمایه های خشکسالی است. این امر سبب شده است تا محققین زیادی از آن استفاده نمایند. این نمایه از رابطه زیر به دست می آید.

$$\mathrm{PNPI} = \frac{P_i}{\overline{P}} \times 100$$

در این رابطه، P_i، مجموع بارندگی ماهانه و $\bar{P}$، میانگین بارندگی ماهانه بلند مدت، بر حسب میل متر (mm)است. این شاخص می تواند برای بازه های زمانی مختلف محاسبه شود(حجازی زاده و جوی زاده،۱۳۸۹:۲۰۲)

شاخص Z

اساس کار بدین طریق است که داده های میانگین سالانه ، فصلی و ماهانه بارش ابتدا به صورت فصلی و سالیانه درآمده و سپس میانگین و انحراف معیار آنها مشخص میشود که از رابطه زیر به دست می آید:

$$Z = \frac{X_{i-\bar{X}}}{S \times D}$$

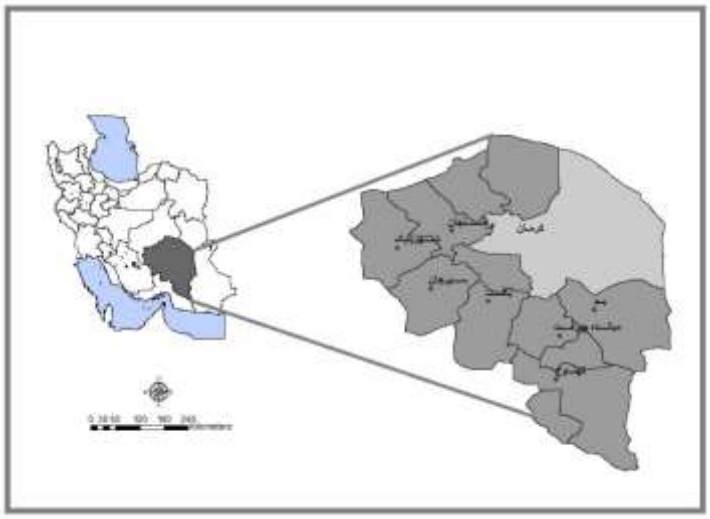
$x_i =$ بارش یا فصل مورد نظر.

$\bar{x} =$ میانگین مجموع بارش.

$S \times D =$ انحراف معیار بارش در طول دوره مورد نظر.

بحث و نتایج:

در شاخص تاپسیس،(جدول۶)، ایستگاه کرمان با ۱ ترسالی،۱۳ سال نرمال، ۴ سال خشکسالی ضعیف، ۱۷ خشکسالی متوسط و ۱۶ خشسالی شدید روبرو بوده است که پردوام ترین دوره های خشکسالی مربوط به سالهای ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۱ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵ بوده است. در شاخص SPI (جدول۷)، با یک ترسالی بسیار شدید، یک ترسالی ملایم، ۳۶ سال نزدیک به نرمال،۷ خشکسالی ملایم،۳ خشکسالی شدید و ۲ خشکسالی بسیار شدید روبرو بوده است و طولانی ترین دور نزدیک به نرمال مربوط به سالهای ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۴ بوده است. در شاخص PNPI(جدول۸) ۳۴ سال در آستانه نرمال، ۶ خشکسالی ضعیف، ۷ خشکسالی متوسط ،یک خشکسالی شدید و ۲ خشکسالی بسیار شدید رخ داده است و طولانی ترین دوره خشکسالی مربوط به ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ می باشد. در شاخص z (جدول۹)،۲ خشکسالی شدید،۱۲ سال خشکی متوسط،۱۰ سال مرطوب متوسط،۲۴ سال تقریبا نرمال،۳ سال مرطوب شدید بوده، طولانی ترین دوره تر سالی مربوط به دوره ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۴ می باشد.



نقشه۱. جایگاه کرمان در ایران

جدول۱. وزن دهی پارامترهای اقلیمی ایستگاه ها با توجه به روش دمارتن ماخذ: (خوش اخلاق و همکاران،۱۳۸۴:۱۱۲).

نوع اقلیم	دما	رطوبت	مقدار بارش	تعداد روزهای بارش
خشک	۰/۱۸	۰/۲	۰/۳	۰/۲۵
نیمه خشک	۰/۱۵	۰/۱۷	۰/۳۴	۰/۳۰
مدیترانه ای	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۳۷	۰/۳۵
مرطوب	۰/۱	۰/۱	۰/۴	۰/۴
خیلی مرطوبت	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۴۳	۰/۴۳

جدول۲. محدوده طبقه بندی شاخصهای خشکسالی Topsis (حجاری زاده و جوی زاده۱۳۸۹)

طبقا شدت خشکسالی	Topsis	طبقا شدت خشکسالی	Topsis
ترسالی بسیار شدید	بیش از ۹۱ درصد	خشکسالی ضعیف	۳۱ تا ۴۰ درصد
ترسالی شدید	۸۱ تا ۹۰ درصد	خشکسالی متوسط	۲۱تا ۳۰ درصد
ترسال متوسط	۷۱ تا ۸۰ درصد	خشکسالی شدید	۱۱ تا ۲۰ درصد
ترسالی ضعیف	۶۱ تا ۷۰ درصد	خشکسالی بسیار شدید	ده درصد و کمتر ارز ده درصد
نرمال	۴۱ تا ۶۰ درصد		

جدول۳. تعیین طبقه خشکسالی و ترسالی بر اسا مقادیر SPI

گروه	مقادیرSPI	گروه	مقادیرSPI
ترسالی بسیار شدید	۲و بالاتر	خشکسالی ملایم	۱- تا ۱/۴۹-
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹	خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
ترسالی ملایم	۱ تا ۱/۴۹	خشکسالی بسیار شدید	۲- وکمتر
ترسالی نزدیک به نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹-		

جدول۴ ، مقایسه طبقه بندی شدت خشکسالی به روش PNPI (رضایی و همکاران،۱۳۹۰)

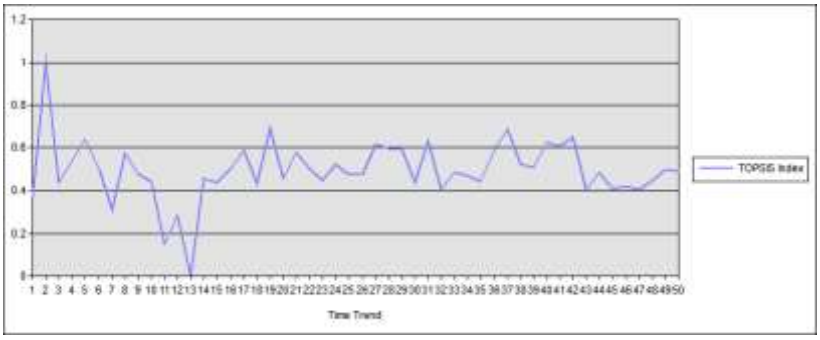
شدت	آستانه نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
شاخص PNPI	۸۰ تا ۱۲۰ درصد	۷۰ تا ۸۰ درصد	۵۵ تا ۷۰ درصد	۴۰ تا ۵۵ درصد	کمتر از ۴۰ درصد

جدول۵. تعیین درجات شدت ترسالی و خشکسالی(حجاری زاده وجوی زاده۱۳۸۹)

دوره خشک	نمره Z	دوره مرطوب	نمرهZ
خشکی شدید	Z<-1/5	مرطوب شدید	1/5<Z
خشکی متوسط	Z ≤ - 1/5 ≤ 0/5-	مرطوب متوسط	Z ≤ 1/5 ≤ 0/5
خشکی ضعیف(تقریبا نرمال)	< Z <0 0/5-	مرطوب متوسط(تقریبا نرمال)	< Z <0/5 0

جدول۶. ارزیابی شاخص خشکسالی topsis با آمار ۵۱ ساله ایستگاه سینوپتیک کرمان

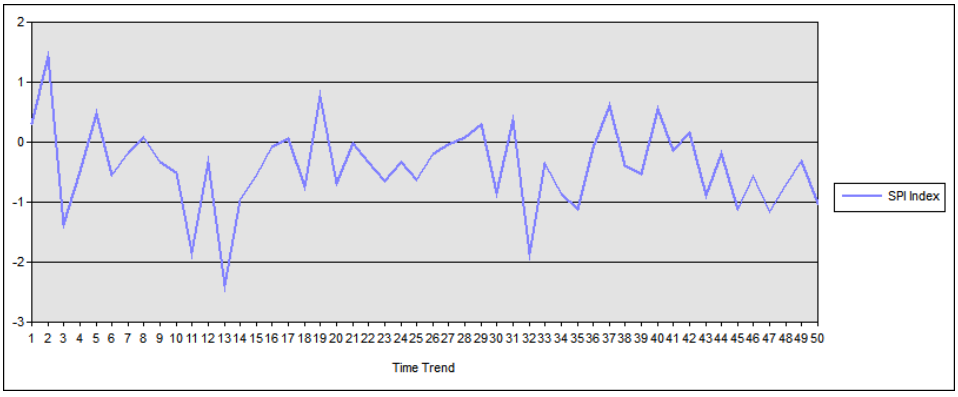
سال	topsis	ضریب آلترناتیو خشکسالی	سال	topsis	ضریب آلترناتیو خشکسالی
1955	نرمال	0.44362928	1980	خشکسالی متوسط	0.239421525
1956	نرمال	0.445749127	1981	خشکسالی متوسط	0.250285473
1957	ترسالی بسیار شدید	1	1982	نرمال	0.426201197
1958	خشکسالی شدید	0.118636544	1983	خشکسالی ضعیف	0.389664294
1959	خشکسالی ضعیف	0.314012881	1984	نرمای	0.416085858
1960	نرمال	0.474991092	1985	خشکسالی شدید	0.14156286
1961	خشکسالی متوسط	0.280873592	1986	نرمال	0.463463347
1962	خشکسالی متوسط	0.276071879	1987	خشکسالی شدید	0.077218407
1963	نرمال	0.422220227	1988	خشکسالی متوسط	0.237019
1964	خشکسالی متوسط	0.25716947	1989	خشکسالی شدید	0.181904275
1965	خشکسالی شدید	0.191232118	1990	خشکسالی شدید	0.155245922
1966	خشکسالی شدید	0	1991	خشکسالی ضعیف	0.387864132
1967	خشکسالی متوسط	0.220335796	1992	نرمال	0.547294091
1968	خشکسالی شدید	0.197582924	1993	خشکسالی متوسط	0.272932962
1969	خشکسالی شدید	0.175395391	1994	خشکسالی متوسط	0.252145831
1970	خشکسالی متوسط	0.211466987	1995	نرمال	0.460773984
1971	خشکسالی متوسط	0.28933116	1996	نرمال	0.417622525
1972	نرمال	0.403920899	1997	نرمال	0.493936591
1973	خشکالی شدید	0.154875234	1998	خشکسالی شدید	0.185334909
1974	نرمال	0.556930147	1999	خشکسالی متوسط	0.268330301
1975	خشکسالی شدید	0.189178172	2000	خشکسالی شدید	0.121332267
1976	خشکسالی ضعیف	0.38485628	2001	خشکسالی شدید	0.188220855
1977	خشکسالی متوسط	0.267123938	2002	خشکسالی شدید	0.13489609
1978	خشکسالی شدید	0.20706317	2003	خشکسالی متوسط	0.226792702
1979	خشکسالی متوسط	0.305561414	2004	خشکسالی متوسط	0.291261245
			2005	خشکسالی متوسط	0.233927968



نمودار۱، شاخص خشکسالی topsis.

جدول۷. ارزیابی شاخص خشکسالی spi با آمار ۵۱ ساله ایستگاه سینوپتیک کرمان

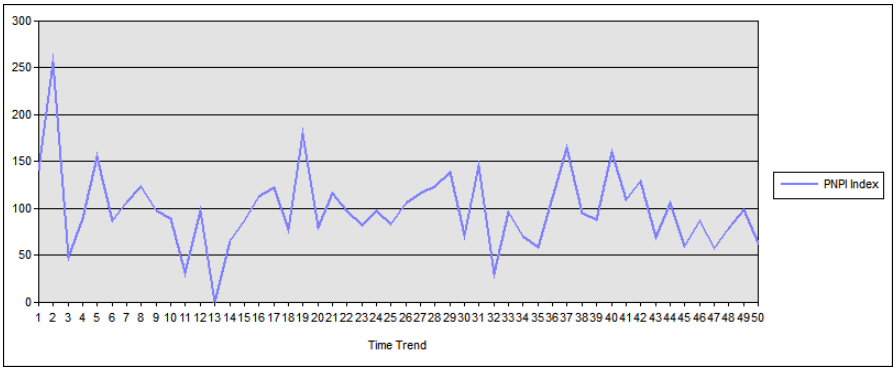
سال	طبقه خشکسالی و spiترسالی	ضریب	سال	طبقه خشکسالی و spi ترسالی	ضریب
1955	نزدیک به نرمال	0.318822987	1980	نزدیک به نرمال	-0.864113405
1956	نزدیک به نرمال	0.467084149	1981	نزدیک به نرمال	-0.253273129
1957	ترسالی بسیار شدید	2.012428885	1982	نزدیک به نرمال	-0.019600717
1958	خشکسالی شدید	-1.983418364	1983	نزدیک به نرمال	0.124935996
1959	نزدیک به نرمال	-0.69536225	1984	نزدیک به نرمال	0.430209292
1960	نزدیک به نرمال	0.700334434	1985	خشکسالی ملایم	-1.190696473
1961	نزدیک به نرمال	-0.762516704	1986	نزدیک به نرمال	0.553476259
1962	نزدیک به نرمال	-0.220474027	1987	خشکسالی بسیار شدید	-2.821225761
1963	نزدیک به نرمال	0.137520793	1988	نزدیک به نرمال	-0.516557951
1964	نزدیک به نرمال	-0.453622067	1989	خشکسالی ملایم	-1.22375152
1965	نزدیک به نرمال	-0.700613942	1990	خشکسالی شدید	-1.598557729
1966	خشکسالی بسیار شدید	-2.76757419	1991	نزدیک به نرمال	-0.131093231
1967	نزدیک به نرمال	-0.634701327	1992	نزدیک به نرمال	0.866981165
1968	خشکسالی ملایم	-0.890032072	1993	نزدیک به نرمال	-0.556607045
1969	خشکسالی ملایم	-1.353365741	1994	نزدیک به نرمال	-0.734071895
1970	نزدیک به نرمال	-0.760731547	1995	نزدیک به نرمال	0.789255703
1971	نزدیک به نرمال	-0.098461367	1996	نزدیک به نرمال	-0.180135344
1972	نزدیک به نرمال	0.117915618	1997	نزدیک به نرمال	0.249245615
1973	خشکسالی ملایم	-1.024934565	1998	خشکسالی ملایم	-1.252986656
1974	تر سالی ملایم	1.088961215	1999	نزدیک به نرمال	-0.254925718
1975	نزدیک به نرمال	-0.959591995	2000	خشکسالی شدید	-1.57963108
1976	نزدیک به نرمال	-0.009187485	2001	نزدیک به نرمال	-0.764302851
1977	نزدیک به نرمال	-0.473590102	2002	خشکسالی شدید	-1.641629446
1978	نزدیک به نرمال	-0.880750696	2003	نزدیک به نرمال	-0.969113731
1979	نزدیک به نرمال	-0.475414283	2004	نزدیک به نرمال	-0.43383146
			2005	خشکسالی ملایم	-1.455172154



نمودار۲، شاخص خشکسالی SPI.

جدول۸. ارزیابی شاخص خشکسالی pnpi با آمار ۵۱ ساله ایستگاه سینوپتیک کرمان

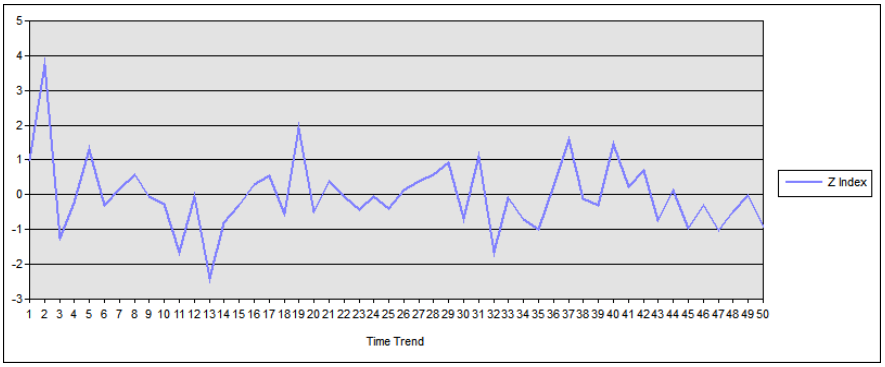
سال	طبقه خشکسالی و ترسالیpnpi	ضریب pnpi	سال	طبقه خشکسالی و ترسالیpnpi	ضریب pnpi
1955	آستانه نرمال	131.0561798	1980	آستانه نرمال	81.84269663
1956	آستانه نرمال	139.011236	1981	آستانه نرمال	104.5617978
1957	آستانه نرمال	252.2696629	1982	آستانه نرمال	114.6067416
1958	خشکسالی شدید	47.86516854	1983	آستانه نرمال	121.3483146
1959	آستانه نرمال	88.17977528	1984	آستانه نرمال	136.988764
1960	آستانه نرمال	152.494382	1985	خشکسالی ضعیف	70.51685393
1961	آستانه نرمال	85.61797753	1986	آستانه نرمال	143.8651685
1962	آستانه نرمال	105.9101124	1987	خشکسالی بسیار شدید	30.40449438
1963	آستانه نرمال	121.9550562	1988	آستانه نرمال	95.25842697
1964	آستانه نرمال	96.74157303	1989	خشکسالی متوسط	69.43820225
1965	آستانه نرمال	87.97752809	1990	خشکسالی متوسط	58.04494382
1966	خشکسالی بسیار شدید	31.34831461	1991	آستانه نرمال	109.6853933
1967	آستانه نرمال	90.53932584	1992	آستانه نرمال	162.8764045
1968	خشکسالی ضعیف	80.8988764	1993	آستانه نرمال	93.64044944
1969	خشکسالی متوسط	65.3258427	1994	آستانه نرمال	86.69662921
1970	آستانه نرمال	85.68539326	1995	آستانه نرمال	157.9550562
1971	آستانه نرمال	111.1011236	1996	آستانه نرمال	107.5955056
1972	آستانه نرمال	121.011236	1997	آستانه نرمال	127.4831461
1973	خشکسالی ضعیف	76.11235955	1998	خشکسالی متوسط	68.49438202
1974	آستانه نرمال	177.7078652	1999	آستانه نرمال	104.494382
1975	خشکسالی ضعیف	78.40449438	2000	خشکسالی متوسط	58.58426966
1976	آستانه نرمال	115.0786517	2001	آستانه نرمال	85.5505618
1977	آستانه نرمال	96	2002	خشکسالی متوسط	56.83146067
1978	آستانه نرمال	81.23595506	2003	خشکسالی ضعیف	78.06741573
1979	آستانه نرمال	95.93258427	2004	خشکسالی ضعیف	97.48314607
			2005	خشکسالی متوسط	62.2247191



نمودار۳، شاخص خشکسالی PNPI.

جدول۹. ارزیابی شاخص خشکسالی Z با آمار ۵۱ ساله ایستگاه سینوپتیک کرمان

سال	طبقه خشکسالی و ترسالیZ	ضریب Z	سال	طبقه خشکسالی و ترسالیZ	ضریب Z
1955	مرطوب متوسط	0.8024866	1980	تقریبا نرمال	-0.469181746
1956	مرطوب متوسط	1.008043949	1981	تقریبا نرمال	0.117876107
1957	مرطوب شدید	3.934623155	1982	تقریبا نرمال	0.37743581
1958	خشکی متوسط	-1.347155508	1983	مرطوب متوسط	0.551636954
1959	تقریبا نرمال	-0.305432671	1984	مرطوب متوسط	0.955783606
1960	مرطوب متوسط	1.356446235	1985	خشکی متوسط	-0.761839666
1961	تقریبا نرمال	-0.371629106	1986	مرطوب متوسط	1.133468772
1962	تقریبا نرمال	0.152716336	1987	خشکی شدید	-1.798336469
1963	مرطوب متوسط	0.567315056	1988	تقریبا نرمال	-0.122521471
1964	تقریبا نرمال	-0.084197219	1989	خشکی متوسط	-0.789711849
1965	تقریبا نرمال	-0.310658705	1990	خشکی متوسط	-1.084111781
1966	خشکی شدید	-1.773948309	1991	تقریبا نرمال	0.250268976
1967	تقریبا نرمال	-0.244462271	1992	مرطوب شدید	1.624715996
1968	تقریبا نرمال	-0.493569906	1993	تقریبا نرمال	-0.164329745
1969	خشکی متوسط	-0.895974547	1994	تقریبا نرمال	-0.343756923
1970	تقریبا نرمال	-0.369887094	1995	مرطوب متوسط	1.497549161
1971	تقریبا نرمال	0.286851216	1996	تقریبا نرمال	0.196266621
1972	مرطوب متوسط	0.542926896	1997	مرطوب متوسط	0.710159994
1973	خشکی متوسط	-0.617252718	1998	خشکی متوسط	-0.814100009
1974	مرطوب شدید	2.007958511	1999	تقریبا نرمال	0.116134095
1975	خشکی متوسط	-0.558024329	2000	خشکی متوسط	-1.07017569
1976	تقریبا نرمال	0.38962989	2001	تقریبا نرمال	-0.373371117
1977	تقریبا نرمال	-0.103359345	2002	خشکی متوسط	-1.115467987
1978	تقریبا نرمال	-0.484859849	2003	خشکی متوسط	-0.566734386
1979	تقریبا نرمال	-0.105101356	2004	تقریبا نرمال	-0.065035093
			2005	خشکی متوسط	-0.976107073



نمودار۴، شاخص خشکسالیZ.

جدول ۱۰. فراوانی هریک از شاخص های خشکسالی، topsis، spi، pnpi و Z با آمار ۵۱ ساله ایستگاه سینوپتیک کرمان

گروه	topsis	spi	pnpi	Z
خشکسالی بسیار شدید		2	2	
خشکسالی شدید	16	4	1	2
خشکسالی متوسط(ملایم)	17	7	7	12
خشکسالی ضعیف	4		6	
نرمال(نزدیک به نرمال)	13	36	35	24
ترسالی ضعیف				
ترسالی متوسط(ملایم)		1		10
ترسالی شدید				3
ترسالی بسیار شدید	1	1		

نتیجه گیری:

با توجه به اینکه خشکسالی از جمله مخاطراتی است که در تمام جوانب زندگی محیط زیست تاثیرگذار است لذا شناخت تاثیرات آن بر منابع و محیط های مختلف، می تواند گام مهمی در مدیریت منابع باشد. در این پژوهش شاخص های خشکسالی به کار برده شده که بیشتردر آنها از عنصر اقلیمی استفاده می شود این امر به دلیل دسترسی راحت تر و آسان به انواع داده های بارندگی می باشد و همچنین مقادیر بارندگی جزء بی ثبات ترین متغیرهای آب و هوایی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است و آمارخشکسالی ایستگاه کرمان با استفاده از آمار۵۱ ساله (۲۰۰۵-۱۹۵۵) و بهره گیری از چهار شاخص TOPSIs ، SPI، Z و PNPI مورد بررسی قرار گرفت. هر کدام از چهار شاخص TOPSIs ، SPI، PNPI و Z دوره های خشکسالی و ترسالی را از جهت اجرایی با تفاوت هایی نشان دادند. در شاخص PNPI، SPI و Z ایستگاه کرمان در طول دوره ۵۱ ساله بشتر با شرایط در آستانه نرمال و نزدیک به نرمال روبرو بوه است در حالی که در شاخص TOPSIs بشتر با خشکسالی روبرو بوده است زیرا PNPI، SPI و Z بر اساس بارش ارزیابی شده اند و TOPSIs علاوه بر بارش بر اساس رطوبت، دما و تعداد روزهای بارش ارزیابی شده است و ارائه کمیت های آماری در قالب نمودارهای ۱،۲،۳ و ۴ گویای این مطلب می باشد . در شاخص تاپسیس، ایستگاه کرمان با ۱ ترسالی،۱۳ سال نرمال، ۴ سال خشکسالی ضعیف، ۱۷ خشکسالی متوسط و ۱۶ خشسالی شدید روبرو بوده است که پردوام ترین دوره های خشکسالی مربوط به سالهای ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۱ و ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۵ بوده است. در شاخص SPI با یک ترسالی بسیار شدید، یک ترسالی ملایم، ۳۶ سال نزدیک به نرمال،۷ خشکسالی ملایم،۴ خشکسالی شدید و ۲ خشکسالی سیار شدید روبرو بوده است و طولانی ترین دور نزدیک به نرمال مربوط به سالهای ۱۹۷۴ تا ۱۹۸۴ بوده است. در شاخص PNPI ۳۵ سال در آستانه نرمال، ۶ خشکسالی ضعیف، ۷ خشکسالی متوسط ،یک خشکسالی شدید و ۲ خشکسالی بسیار شدید رخ داده است و طولانی ترین دوره خشکسالی مربوط به ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ می باشد. در شاخص z ۲ خشکسالی شدید،۱۲ سال خشکی متوسط،۱۰ سال مرطوب متوسط،۲۴ سال تقریبا نرمال،۳ سال مرطوب شدید بوده، طولانی ترین دوره تر سالی مربوط به دوره ۱۹۷۶ تا ۱۹۸۴ می باشد. به طور کلی نوسانات وضعیت رطوبتی(ترسالی و خشکسالی) بسیار زیاد می باشد و فرواوانی وقوع خشکسالی های ضعیف ومتوسط نسبت به خشکسالی های شدید بیشتر می باشد. لذا خشکسالی در کرمان یک پدیده تکراری و برگشت پذیر بوده که به علت حوادث ناشی از آن، خسارت های زیادی را به دنبال دارد. در این راستا پیشنهاد می شود این گونه پژوهش ها در سطوح گسترده تر، با امکانات آماری بهتر و با استفاده از روش های نوین تحلیل های مکانی وزمانی دنبال شود تا بتوان در جهت بهینه سازی مدیریت و تغییر دیدگاه از مدیریت بحران به سوی مدیریت ریسک و کاهش تبعات خشکسالی قدم برداشت.

منابع:

اختری، روح انگیز، محمد حسین مهدیان و سعید مرید(۱۳۵۸)، تحلیل مکانی شاخص های خشکسالی SPI و EDI در استان تهران، تحقیقات منابع آب ایران، سال دوم، شماره ۳، زمستان ۱۳۸۵.

اژدری مقدم، مهدی، محمود خسروی، حسین حسین پور نیکنام و احسان جعفری ندوشن(۱۳۹۱)، پیش بینی خشکسالی با استفاده از مدل فازی-عصبی، شاخص های اقلیمی، بارندگی و شاخص خشکسالی(مطالعه موردی: زاهدان)، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۶،بهار ۱۳۹۱.

امیدوار،کمال(۱۳۹۰)، مخاطرات طبیعی، انتشارات دانشگاه یزد، ۱۳۹۰، چاپ اول، ص۳۱۱.

بریم نژاد، ولی و سعید یزدانی(۱۳۸۳)، تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه ریزی کسری، مطالعه ی موردی استان کرمان، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۳، تابستان ۱۳۸۳.

پروین، نادر(۱۳۹۰)، الگوهای سینوپتیکی شدیدترین خشکسالی حوضه آبریز دریاچه ی ارومیه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال۲۵، شماره ۱۰۰، بهار ۱۳۹۰.

حجازی زاده، زهرا و سعید جوی زاده(۱۳۸۹)، مقدمه ای بر خشکسالی و شاخصهای آن انتشارات سمت، تهران، زمستان ۱۳۸۹، چاپ اول، ص ۳۵۸.

حیدری شریف آباد، حسین(۱۳۸۳)، روش های کاهش خسارت خشکی و خشکسالی،ویرایش سوم، کمیته ملی مدیریت خشکی و خشکسالی کشاورزی، کمیته ملی مدیریت خشکی و خشکسالی کشاورزی صفحات ۸۱-۷۱.

خسروی، محمود (۱۳۸۳)، برر سی روابط بین الگوهای چرخش جوی کلان مقیاس نیمکره شمالی با خشکسالی های سالانه سیستان و بلوچستان، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان ۱۳۸۳.

خسروی، محمود، اکبر زهرایی، حسین حیدری وسارا بنی نعیمه(۱۳۹۱)، تعیین مناطق هم خشکسالی استان گیلان با استفاده از شاخص ناهنجاری بارش و تحلیل خوشه ای- فاصله ای، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۱.

خسروی، محمود و محمد اکبری(۱۳۸۸)، بررسی ویژگی خشکسالی های استان خراسان جنوبی، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۴، صص ۶۸-۵۱ ، تابستان ۱۳۸۸.

رضیئی، طیب، پیمان دانش کار آراسته، روح انگیز اختری و بهرام ثقفیان(۱۳۸۶)، بررسی خشکسالی های هواشناسی(اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف، تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۱، بهار ۱۳۸۶.

رضایی، بنفشه، مجیدیداله لیانی و بتول زینالی(۱۳۹۰)، برآورد خشکسالی و ترسالی های (۱۳۶۱ – ۱۳۸۵)بر اساس نمایه های مبتنی بر بارش برای ایستگاه های حوضه آبریز دریاچه پریشان، مجله تالاب، سال دوم،شماره ۷.

زارع ابیانه، حمید، علی اکبر محبوبی و حیدری، م (۱۳۸۰)، بررسی های شاخصهای خشکسالی غرب کشور، اولین کارگاه هواشناسی کشاورزی، همدان.

سهراب جایدری،رضا، ایرج ملک محمدی و سید محمود حسینی(۱۳۹۰)، بررسی راهکار های آموزشی- ترویجی مدیریت مصرف بهینه آب برای مقابه با خشکسالی در بین گندم کاران استان ایلام، پژوهش های ترویج و آموزش کشاورزی، سال چهارم، شماره۴، زمستان ۱۳۹۰(پیاپی۲۶).

فتاحی، ابراهیم (۱۳۸۷)، بررسی الگوهای سینوپتیکی خشکسالی های فراگیر در استان چهار محال و بختیاری، همایش خشکسالی در استان چهار محال و بختیاری، شهرکرد، ص۱.

فرج زاده، منوچهر، علی اصغر موحد دانش وهوشنگ قائمی (۱۳۷۴) خشکسالی در ایران، مجله دانش کشاورزی، جلد ۵، شماره های۱ و ۲، دانشگاه تبریز.

کریمی، ولی الله، علی اکبر کامکار حقیقی ، علیرضا سپاسخواه و داور خلیلی(۱۳۸۰) بررسی خشکسالی های هواشناسی در استان فارس، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۰، دانشگاه صنعتی اصفهان.

کشاورز، مرضیه، عزت اله کرمی(۱۳۸۷)، سازه های اثر کذار بر مدیریت خشکسالی کشاورزان و پیامدهای آن: کاربرد مدل معادلات ساختاری، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ۴۳، صص ۲۸۳-۲۶۷.

کمالی، غلامعلی ومحمود نیکزاد (۱۳۷۸)، شاخص های هواشناسی در خشکسالی کشاورزی، مجله نیوار، صص۱۹-۹.

محمدی، حسین(۱۳۹۰)، مخاطرات جوی، انتشارات دانشگاه تهران،۱۳۹۰،چاپ دوم، ص ۲۱۷.

خلجی، مهدی و محمد شایان نژاد (۱۳۸۰)، تعیین شدت و تداوم خشکسالی با یک روش اصلاح شده جدید برای مبارزه با بحران های کم آبی در مناطق شهر کرد، زاهدان و زابل، اولین کنفرانس مبارزه با بحران کم آبی کرمان، صص۱۴۳-۱۲۷.

موسوی بایگی، محمد وبتول اشرف (۱۳۹۰)، مطالعه الگوهای سینوپتیکی منجر خشکسالی های پاییزه و زمستانه در استان خراسان رضوی، مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، جلد هجدهم،شماره چهارم، ۱۳۹۰.

نصرتی،کاظم، یونس کاظمی (۱۳۹۰)، پایش روزانه خشکسالی و منابع آب در اقلیم های مختلف ایران، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره۶۴، شماره ۱،بهار ۱۳۹۰،از صفحه ۷۹ تا ۹۴.

نگارش،حسین و محمدکریمی (۱۳۸۷)، تحلیل خشکسالی های اخیر منطقه ی ایرانشهر به روش SPI، نشریه علوم جغرافیایی، جلد۹، شماره۱۲، پاییز و زمستان ۱۳۸۷.

نگارش،حسین، محمود خسروی، منصوره شاه حسینی و پیمان محمودی(۱۳۸۹)، مطالعه خشکسالی های کوتاه مدت شهرستان زاهدان، فصلنامه جغرافیا و توسعه،تابستان ۱۳۸۹.

نوری، غلامرضا ، محمود خسروی ، راضیه جاودانی و صادق کریمی(تعیین رابطه خشکسالی با تغییرات میزان تولید مرتع در استان سیستان و بلوچستان طی دوره آماری ۱۳۸۶-۱۳۷۰(مطالعه موردی: شهرستان ایرانشهر)،چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام،ایران- زاهدان، ۲۷-۲۵ فروردین ۱۳۸۹.

Bazuhair, A. S.and Algohani, A. (1997):"Determination of Monthly Wet Dry Periods in Saudi Arabia"3, International Journal of Climatoligy, Vol. 17,, pp303-311.

Bryan, E.A, (1991), Natural Hazards, Cambridge University press

Bordi. I. and Sutera, A. (2007): Drought Monitoring and Forecasting at Large Scale, in: (Rossi, G, Methhods and Tools for Drought Analysis and Management), Springer, pp3-270.

Pashiardis, S. Michaelides, S. (2008): "Implementation of the Standardized Precipitation Index (SPI) and The Reconnaissance Drought Index (RDI) for Regional Drought Assessment: A Case Study for Cyprus", European Water, Vol.23/24, pp. 57-65

Tase, N. (1982): Regional Occurrence of Wet and Dry Years in Japan, Tsukuba Unir-Instit. Of Geosciences, Annul Rep. NO, 8, PP37-40.

Tannehil, I.R. (1947), Drought: Its Causes and Effects, Princeton University press, p. 264.

Tsakiris G.H. Vangelis, 2004, Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI, Water Resources Management, Vol18.

Glants, M. H. (2003), Climate Affairs: A PRIMER, Washington, D.C., Island press.

Gillet, H.P.A. (1950), "A creeping drought under way" , Water and Sewage Works, March, pp.104-105.

Lloyd, B.H. and M. A. Saunders. (2002). A Drought Climatology For Europe. International Journal Climatology, 22: 1571-1592.

Mc.kee, T. B. Doesken N. J. Kleist. J. (1995). Drought monitoring with multiple timescales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. 179-184.

Wilhite,D.A. (2000), Drought: A Global Assessment, Routledge press, London and New York, Volume 1.

Studying the Draughts in Kerman Using four Indices, Namely TOPSIS, SPI, PNPI and Z

Abstract

Iran territory which is located on the world's dry belt has constantly been exposed to fluctuations and irregularities of precipitation regime in spite of shortage of water. Meanwhile, the condition of southeast parts of Iran is more complicated because in spite of less precipitation as compared to national average, adjacency to one of the harshest dessert hotspots in the world, strong winds have doubled the environmental problems and complications of this area. In this research therefore, the draught at Kerman station during a 51-year period (1955-2005) was studied using four indices, namely TOPSIS, SPI, PNPI and Z and also by using DIC software in order to execute the said four indices. The results revealed that in TOPSIS method, Kerman station faced 1 wet year, 13 normal years, 4 weak, 17 average and 16 serious draught years. The most durable draught periods referred to 1964-1971 and 1998-2005. In SPI index, Kerman station faced 1 very serious wet year, one mild wet year, 36 years close to normal, 7 mild draught, 3 serious draught and 2 very serious draught years. The longest period close to normal referred to 1974-1984. In PNPI index, 34 years were at normal threshold, 6 weak, 7 mild, one serious and 2 very serious draught years occurred. The longest draught period referred to 2002-2005. In z index, there were 2 serious draught years, 12 mild draught years, 10 mild wet years, 24 approximately normal years, and 3 seriously wet years and the longest period referred to 1976-1984.

Keywords : Kerman, Draught, TOPSIS, SPI, PNPI and Z