مجله نیوار، دوره ۴۳، شماره ۱۰۷-۱۰۶، پاییز و زمستان ۱۳۹۸ (دو فصلنامه) DOI: 10.30467/nivar.2019.134702.1092

مقایسه شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در استان مازندران

ولی الله کریمی*[1]، داود اکبری نودهی[2]

۱- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری

۲- استادیار گروه آبیاری، دانشگاه آزاد اسلامی قائمشهر

(دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۴، بازنگری: ۱۳۹۸/۰۸/۰۷، پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴، انتشار آنلاین: ۱۳۹۸/۰۸/۱۴)

چکیده

به منظور پایش و مدیریت خشکسالی‌ها با استفاده از شاخص‌های مربوطه، ۳۳ ایستگاه باران سنجی متعلق به وزارت نیرو در سطح استان مازندران انتخاب گردید. سپس داده‌های موردنیاز جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل آماری آنها انجام شد. به‌منظور بازسازی و تطویل آماری ایستگاه‌های ناقص از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها استفاده و آزمون همگنی داده‌ها با آزمون توالی مورد مطالعه قرار گرفت. با توجه به بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های در دسترس و بازسازی و تطویل آمار، طول دوره آماری ۳۵ ساله‌ی ۱۳۸۹-۱۳۵۵ به عنوان دوره آماری تحقیق حاضر انتخاب گردید. سپس شاخص‌های خشکسالی بارش استاندارد، درصد نرمال، شاخص Z چینی ، Z چینی اصلاح‌شده، شاخص نمره Z و دهک‌ها در مقیاس زمانی یکساله در ایستگاههای مذکور محاسبه شد. براساس آزمون همبستگی، معنی دار بودن این شاخص ها به جز MCZI به صورت دو به دو در تمام ایستگاه‌ها در سطح اعتماد ۵ درصد تأیید شد. شاخص های PN ، ZSI و SPI با داشتن بیشترین میانگین همبستگی و کمترین انحراف معیار نسبت به دیگر شاخص ها نتایج برتری را ارائه نمودند و در مقابل MCZI با دارا بودن کمترین همبستگی نتایج ضعیفی را نسبت به دیگر شاخص‌ها نشان داد. بیشترین میانگین همبستگی بین مقادیر بارندگی سالانه و هر یک از شاخص ها به ترتیب متعلق به PN ، ZSI ، SPI ، CZI، DI و MCZI با ضریب تبیین ۰/۹۹۸ ، ۰/۹۹ ، ۰/۹۸۶ ، ۰/۹۴۲ ،۰/۹۰۸ و ۰/۰۵۷ می باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که برای مطالعه و بررسی وضعیت خشکسالی‌های هواشناسی استان مازندران شاخص های PN ، ZSI ، SPI شرایط تقریبا یکسانی داشته و بر سایر شاخص ها ارجحیت دارند.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، خشکسالی هواشناسی، شاخص‌های خشکسالی، بارندگی ماهانه، مازندران.

۱. مقدمه

از دیرباز پدیده خشکسالی مورد توجه بوده و در سال‌های اخیر روش‌های گوناگونی جهت بررسی و مطالعه آن به‌ویژه کمی کردن شدت و وسعت آن ارائه و گسترش یافته است. جدا از انواع خشکسالی و دسته‌بندی‌های ارائه شده، شاخص-های کمی مبتنی بر داده‌های بارش از اقبال بیشتری برخوردار بوده و روند بسط و نوآوری آن نیز بیش از دیگر موارد است. پژوهشگران متعددی به سنجش و ارزیابی انواع شاخص‌ها در مناطق مختلف اقدام و با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی، اقلیمی و بعضی ملاحظات، شاخص مناسب‌تر را معرفی کردند.

در برخورد با هر حادثه طبیعی دو نوع مدیریت وجود دارد، یکی مدیریت بحران و دیگری مدیریت ریسک. در مدیریت بحران اقدامات درمانی بعد از وقوع حادثه صورت می‌گیرد، اما در مدیریت ریسک جنبه‌های مختلف حوادث طبیعی مطالعه و بررسی شده و برنامه‌ریزی

جهت پیشگیری و کاهش میزان خسارت قبل از وقوع پدیده انجام می‌گیرد. یکی از مؤلفه‌های اساسی مدیریت ریسک خشکسالی، پایش

دقیق شرایط خشکسالی می‌باشد. در راستای تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت فعال (مدیریت ریسک) آن، از ضروری‌ترین ابزار، طراحی سیستم‌های پایش خشکسالی می-باشد که اطلاعات استخراج شده از آن‌ها تعیین‌کننده‌ی نوع عملیات مقابله با خشکسالی و زمان شروع آن می‌باشد. چنین

* نگارنده رابط: vkarimi80@gmail.com

سیستم‌هایی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی طراحی می‌گردند و هم‌اکنون شاخص‌های متفاوتی برای آن تعریف شده است.هایس[1] و همکاران(۲۰۰۰)، شاخص PN را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند و مهمترین حسن این روش را محاسبات بسیار ساده و مناسب برای آگاهی عموم از وضعیت خشکسالی در مقیاس محلی و فصلی برشمرد. وو[2] و همکاران(۲۰۰۱)، با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه، به ارزیابی شاخص‌های بارش استاندارد شده[3]، شاخص z چینی[4] و شاخص نمره z[5] در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه، برای اقلیم‌های خشک و مرطوب کشور چین پرداختند و نتیجه گرفتند که هر سه شاخص، نتایج یکسانی را برای همه مقیاس‌های زمانی به همراه داشته، ولی محاسبات مربوط به شاخص‌های CZIو شاخص نمره z، آسان‌تر از شاخص SPI بوده است.

کیانتاش[6] و دراکوپ[7](۲۰۰۲)، با مقایسه کارآیی و ویژگی‌های چندین شاخص خشکسالی هواشناسی با در نظر گرفتن معیارهایی چون پایداری، قابلیت تعمیم و بدون بعد بودن روش دهک‌ها را در رتبه بالاتر از روش SPI قرار دادند.ترنکا[8] و همکاران(۲۰۰۴)، با مطالعه بر روی منطقه‌ای در جنوب چک و شمال اتریش و استفاده از دو شاخص SPI و PDSI نتیجه گرفتند که به منظور پایش سریع خشکسالی و ارزیابی اثرات تغییر اقلیمی بر شدت و مدت خشکسالی باید بیش از یک شاخص را استفاده نمود.

گیدینگز[9] و همکاران(۲۰۰۵)، با استفاده از روش‌های آنالیز تصاویر استاندارد، یک سیستم منطقه بندی SPI را ارائه دادند و یک سری شبکه‌های عددی از مقادیر SPI در ۳ سری زمانی با بهره‌گیری از نمایش آنالیزهای کریجینگ تهیه کرده و به این نتیجه رسیدند که SPI به عنوان یک شاخص خشکسالی، تصویر بهتری از ترسالی و خشکسالی‌ها نشان می‌دهد و نیز می‌تواند در تهیه نقشه احتمال وقوع سیل و خشکسالی استفاده شود.آنجلیدیس[10] و همکاران(۲۰۱۲) با بررسی خود نشان دادند که SPIمی‌تواند با تابع توزیع احتمال متفاوت نسبت به توزیع گاما مورد استفاده قرار گیرد. آن‌ها نتیجه گرفتند که برای گام‌های زمانی ۱۲ یا ۲۴ ماهه توابع نرمال و یا لوگ‌نرمال با وجود سادگی می‌تواند همان نتایج تابع گاما مورد استفاده را به دنبال داشته باشد. بانژاد و همکاران(۱۳۸۵) شاخص‌های استاندارد بارش، ناهنجاری بارش، درصدی از نرمال، بارش استاندارد شده (SPI) را در بررسی تأثیر خشکسالی بر عملکرد نسبی محصول گندم مورد استفاده قرار داده و روند همسویی بین این دو مشاهده کردند.زراعی و همکاران(۱۳۹۱)، در تحقیق خود به منظور بررسی اثر خشکسالی بر جریان‌های آبی منطقه، در طی دوره آماری ۲۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۶۰) شاخص‌های SPI و DPI را محاسبه و شدت خشکسالی‌ها را با یکدیگر مقایسه نمودند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که روند تغییرات رواناب حوضه در سال‌های مختلف مشابه نتایج به دست آمده از دو شاخص خشکسالی SPI و DPI می‌باشد.بنی‌مهد و خلیلی(۱۳۹۱)، در پژوهش خود شاخص‌های خشکسالی SPI، RDI و SPEI را در ۱۰ ایستگاه سینوپتیک منتخب کشور ایران با شرایط آب و هوایی متفاوت محاسبه و نتیجه گرفتند که رفتار این شاخص‌ها در شرایط آب و هوایی خیلی مرطوب (ایستگاه بندر انزلی) تا حد بسیار زیادی مشابه یکدیگر بوده و در شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک (مانند ایستگاه‌های تهران و شیراز)، رفتار شاخص‌های SPI و RDI بسیار مشابه بوده ولی شاخص SPEIاندکی متفاوت رفتار نموده است. در تحقیق اسلامی و شکوهی(۱۳۹۱)مشخص شد که شاخص‌های ZSI، CZIو MCZI کارایی مشابه یکدیگر و نتایجی نزدیک به روش SPI دارند. مهم‌ترین نتیجه این تحقیق این بود که پهنای باند نرمال در روش SPIبسیار بزرگ است و روش دهک‌ها نسبت به سایر روش‌ها به‌ویژه روش SPIبرتری دارد. بنابراین پایش خشکسالی در سطح استان مازندران با استفاده از شاخص‌های خشکسالی از جمله شاخص بارش استاندارد (SPI)، درصد

[1]-Hayes
[2]-Wu
[3]- Standard Precipitation Index
[4] - China Z Index
[5]-Z Score Index
[6]-Keyantash
[7]-Dracup
[8]-Trenka
[9]-Giddings
[10]-Angelidis

نرمال (PN)، شاخص Z چینی (CZI)، Z چینی اصلاح‌شده (MCZI)، عدد Z (ZSI) و دهک‌ها[1] (DI) در مقیاس زمانی یکساله در ایستگاه‌های منتخب اهداف این تحقیق را رقم می‌زند.

۲. مواد و روش‌ها

شاخص‌های خشکسالی معمولاً با استفاده از اطلاعات بارندگی، ارتفاع برف، رطوبت خاک و جریان آب رودخانه به‌منظور تبدیل شدن به یک نمونه بزرگ قابل فهم ساخته شده‌اند. به‌طور کلی شاخص‌های متعددی برای ارزیابی خشکسالی به‌کار برده می‌شوند که از آن‌جمله می‌توان شاخص درصد نرمال(PN)[2]، شاخص استاندارد بارش (SPI)، شاخص شدت خشکسالی پالمر (PDSI)، شاخص رطوبت محصول (CMI)، شاخص ذخیره آب سطحی (SWSI)، شاخص خشکسالی احیایی (RDI) و روش دهک‌ها را برشمرد. شاخص‌های ارایه شده برای یک منطقه، قابل استفاده برای سایر نواحی نیستند و علت آن متغیر بودن شرایط هواشناسی مؤثر بر ایجاد پدیده خشکسالی از نقطه‌ای به نقطه دیگر است، غالباً برای مناطقی که دارای شرایط اقلیمی یکسانی هستند می‌توان از شاخص‌های خشکسالی یکسانی استفاده نمود.

در بیشتر موارد نه تنها یک شاخص، بلکه لازم است چندین شاخص به صورت هم‌زمان برای تعیین بهتر ویژگی‌های یک رویداد خشکی در یک منطقه خاص مورد استفاده قرار گیرد(قمرنیا و قاسمی صاحبی، ۱۳۸۶).

شاخص‌های پایش خشکسالی

شاخص بارش استاندارد

شاخص بارندگی استاندارد شده در سال ۱۹۹۳ برای اولین بار توسط مک‌کی[3] و همکاران به منظور پایش خشکسالی‌ها در ایالت کلرادو آمریکا مورد استفاده قرار گرفت(مک کی و همکاران، ۱۹۹۳).

مقادیر مثبت SPI نشان‌دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی به پایان می‌رسد که SPI مثبت گردد. بنابراین دوره خشکسالی

با شروع و خاتمه ارقام منفی SPI تعیین می‌شود(گیدینگز و همکاران،۲۰۰۵).

اصولاً SPI برای تشخیص کمبود میزان بارندگی در مقیاس‌های زمانی چندگانه طراحی شده است. این مقیاس‌های زمانی منعکس‌کننده‌ی اثرات ویژه‌ی خشکسالی روی قابلیت دسترسی به منابع آبی مختلف می‌باشند. شرایط رطوبتی خاک نسبت به ناهنجاری‌های نسبتاً کوتاه‌مدت بارندگی واکنش نشان می‌دهد در حالی‌که آب‌های زیرزمینی، جریان آب رودخانه و ذخیره‌ی مخزن تحت تأثیر ناهنجاری‌های درازمدت بارندگی قرار می‌گیرند(صفدری،۱۳۸۲).

تقسیم بندی شاخص SPI به صورت جدول(۱) می باشد.

جدول ۱- تقسیم‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI

طبقه خشکسالی	مقادیر SPI
کاملاً مرطوب	>۲
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
نسبتاً مرطوب	۱ تا ۱/۴۹
مرطوب ملایم	۰ تا ۰/۹۹
خشکسالی ملایم	۰ تا ۰/۹۹-
خشکسالی متوسط	تا ۱/۴۹-
خشکسالی شدید	۱/۹۹- تا ۱/۵-
خشکسالی بسیار شدید	<۲-

شاخص استاندارد شده بارش از تقسیم اختلاف بارندگی از متوسط آن بر انحراف معیار به دست می آید(مک کی و همکاران،۱۹۹۳).

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{\delta} \qquad (۱)$$

SPI: شاخص استاندارد شده بارش برای یک دوره معین

[1] Decile Index

[2] Percent of Normal

[3] Mckee

X_i: بارندگی هر ایستگاه

$\overline{X}$: متوسط بارندگی در همان ایستگاه

δ: انحراف معیار بارش ایستگاه

شاخص دهکها (DI)

این شاخص با مرتب کردن داده های بارندگی ماهانه در دهکها (ده درصد رویدادها) است. در این روش توزیع رویدادهای ثبت شده دراز مدت را در دسته های یک دهم از توزیع، تقسیم بندی می کند که هر یک از این قسمت ها یک دهک (Decile) نامیده می شود. دهک اول اندازه ای از بارش است که از ۱۰ درصد کوچکترین رویدادهای بارش تجاوز نمی کند. دومین دهک، اندازه بارشی است که از ۲۰ درصد کوچکترین رویدادهای پایین تجاوز نمیکند و به همین ترتیب مقدار مربوط به دهک دهم که مقدار آن برابر بزرگترین مقدار بارش رخداده در طول دوره آماری ثبت شده است. این شاخص نیز همانند شاخص درصد نرمال، برای دوره های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه محاسبه می گردد. طبقه بندی شاخص دهکها به صورت جدول (۲) می باشد(گیبس و ماهر ۱۹۶۷).

جدول۲- طبقه بندی دهکها

شماره دهک	مقدار درصد وقوع	مقدار شاخص	وضعیت
۱	کمتر از ۱۰٪	-۴	خشکسالی خیلی شدید
۲	۱۰ تا ۲۰ درصد	-۳	خشکسالی شدید
۳	۲۰ تا ۳۰ درصد	-۲	خشکسالی
۴	۳۰ تا ۴۰ درصد	-۱	تقریبا نرمال
۵	۴۰ تا ۵۰ درصد	۰	نرمال
۶	۵۰ تا ۶۰ درصد	۰	نرمال
۷	۶۰ تا ۷۰ درصد	۱	کمی مرطوب
۸	۷۰ تا ۸۰ درصد	۲	مرطوب
۹	۸۰ تا ۹۰ درصد	۳	بسیار مرطوب
۱۰	۹۰ تا ۱۰۰ درصد	۴	فوق العاده مرطوب

شاخص درصد نرمال (PN)

درصد نرمال یکی از ساده‌ترین شاخص‌های بارندگی محسوب می‌شود که برای بیان اولیه این پدیده مفید می‌باشد. استفاده از این شاخص هنگامی که یک منطقه یا یک فصل به تنهایی مدنظر است، بسیار کارآمد می‌باشد. معمولاً میانگین سی ساله را برای محاسبه نرمال در نظر می گیرند. این شاخص برای مقیاس‌های زمانی مختلف قابل استفاده بوده که معمولاً یک تا چند ماه و یا کل سال، محدوده آن می‌باشد. در جدول(۳) طبقه‌بندی مقادیر درصد نرمال نشان داده شده است. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۲) استفاده می‌شود (هایس، ۲۰۰۰).

$$PN = \left(\frac{P_i}{P}\right) \times 100 \qquad (۲)$$

که P_i بارندگی ماه یا دوره موردنظر و P میانگین بارش طولانی‌مدت، طی این دوره می‌باشد.

جدول ۳- طبقه‌بندی درصد از نرمال

وضعیت	طبقات شاخص
نرمال	بزرگتر از ۸۰ درصد
خشکسالی ضعیف	۷۰ تا ۸۰ درصد
خشکسالی متوسط	۵۵ تا ۷۰ درصد
خشکسالی شدید	۴۰ تا ۵۵ درصد
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۴۰ درصد

شاخص Z چینی

شاخص CZIبر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون- هیلفرتی می‌باشد. با این فرض که داده‌ها از توزیع پیرسون نوع III تبعیت کند، CZI مطابق زیر برآورد می گردد(وو و همکاران ، ۲۰۰۱):

$$Z_{ij} = \frac{6}{C_{si}}\left(\frac{C_{si}}{2}\varphi_{ij} + 1\right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6} \quad (۳)$$

که در آن Zijشاخص CZI است، i مقیاس زمانی موردنظر که می‌تواند ۱، ۲، ... تا ۷۲ ماه و j ماه جاری می‌باشد. همچنین:

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=1}^{n}(X_{ij}-\bar{X})^3}{n\times\sigma_i^3} \quad (۴)$$

که در آن Csi ضریب چولگی و n تعداد کل ماه‌های دوره آماری می‌باشد.

$$\varphi_{ij} = \frac{x_{ij}-\overline{x_i}}{\sigma_i} \quad (۵)$$

همچنین φ_{ij} متغیر استاندارد شده، xij بارندگی ماه j برای دوره i، σ_i و $\overline{x_i}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار بارندگی در هر مقیاس زمانی می‌باشد. برای طبقه‌بندی این شاخص از همان طبقه‌بندی SPI استفاده می‌شود(وو و همکاران، ۲۰۰۱).

برای محاسبه CZI به‌جای میانگین از میانه نیز استفاده شده است که آن‌را CZI اصلاح شده یا MCZI اطلاق می کنند.

شاخص نمره Z (ZSI)

رابطه $\varphi_{ij} = \frac{x_{ij}-\overline{x_i}}{\sigma_i}$ در معادلات مربوط به محاسبه CZI برای محاسبه ZSI قابل استفاده است. ZSI نیاز به تبدیل داده‌ها و برازش توزیع‌هایی مانند گاما و یا پیرسون نوع سوم مطابق آنچه که در SPI و CZI انجام می گردد، ندارد و لذا، به نظر می‌رسد که این شاخص برای مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت کارا نباشد.

طبقه‌بندی مقادیر شاخص‌های CZI ، MCZI وZSI همانند SPI می‌باشد.

معرفی منطقه مورد مطالعه

جهت دستیابی به اهداف تحقیق نیاز به آمار بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی در کل استان بوده است. لذا تعداد ۱۵۰ ایستگاه باران‌سنجی متعلق به وزارت نیرو مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت ۳۳ ایستگاه که دارای آمار مناسب و کامل بودند، انتخاب شدند. در جدول (۴) مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده نشان داده شده است.

جدول ۴- مشخصات ایستگاه های مورد استفاده در این تحقیق

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی		عرض جغرافیایی		ارتفاع
۱	خرم‌آباد تنکابن	۴۶	۳۶	۵۴	۵۰	۵۰
۲	دارابکلا	۳۳	۳۶	۱۵	۵۳	۱۰۷
۳	سفیدچاه	۳۶	۳۶	۵۳	۵۳	۱۰۴۰
۴	شیرگاه	۱۹	۳۶	۵۳	۵۲	۱۴۵
۵	کیاکلا	۳۵	۳۶	۴۸	۵۲	-۱۰
۶	لاریم	۴۱	۳۶	۵۴	۵۲	-۱۹
۷	خشکه‌داران تنکابن	۴۸	۳۶	۵۲	۵۰	-۲
۸	تالارسر	۵۱	۳۶	۴۴	۵۰	۷۹
۹	بابلسر	۲۷	۳۶	۴۶	۵۲	-۲۰
۱۰	قراخیل	۲۷	۳۶	۴۶	۵۲	۱۴.۷
۱۱	نوشهر	۳۹	۳۶	۳۰	۵۱	-۲۰.۹
۱۲	رامسر	۵۴	۳۶	۴۰	۵۰	-۲۰
۱۳	محوطه اداره بابل	۳۱	۳۶	۴۰	۵۲	۰
۱۴	درزیکلا	۴	۳۶	۱۲	۵۳	۱۳۰۰
۱۵	سنگده	۳	۳۶	۱۳	۵۳	۱۳۳۷
۱۶	محوطه اداره ساری	۳۲	۳۶	۰	۵۳	۱۷
۱۷	سلیمان تنگه	۱۵	۳۶	۱۳	۵۳	۴۰۰
۱۸	کردخیل	۴۲.۶	۳۶	۶.۳	۵۳	-۵
۱۹	ریگ‌چشمه	۲۱.۹	۳۶	۱۰.۱	۵۳	۴۲۰
۲۰	تلارم	۱۲	۳۶	۱۵.۳	۵۳	۹۳۰
۲۱	سودکلا	۵	۳۶	۱۱	۵۳	۱۲۵۰
۲۲	ولیک‌چال	۵	۳۶	۱۳	۵۳	۱۵۰۰
۲۳	کله	۴	۳۶	۹	۵۳	۱۵۵۷
۲۴	قران‌تالار	۱۸	۳۶	۴۶	۵۲	۱۰۲
۲۵	عرب‌خیل	۴۱	۳۶	۴۴	۵۲	-۲۰
۲۶	گلوگاه – بندپی	۱۸	۳۶	۳۷	۵۲	۲۰۰

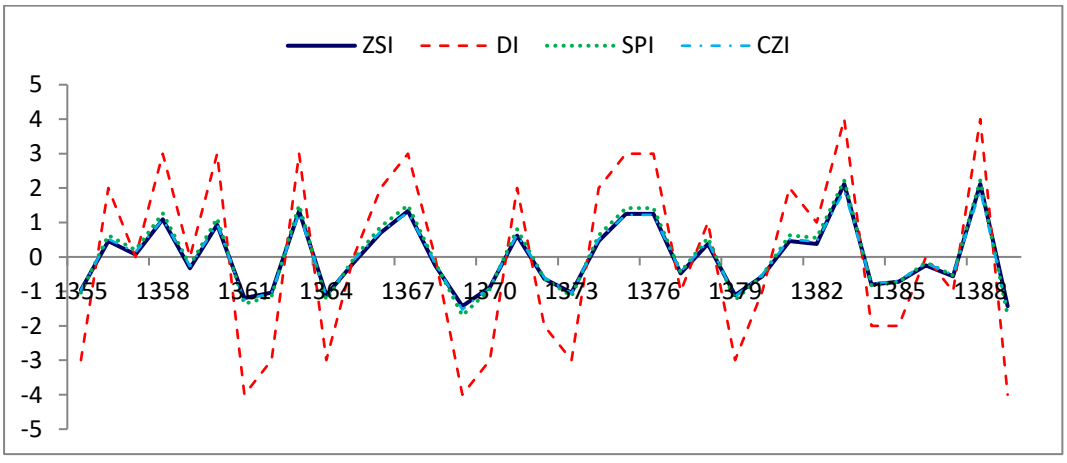
۲۷	جفاکنده- استون‌آباد	۴۴	۳۶	۵۶	۵۳	۳۰
۲۸	بارکلا	۳۸.۳	۳۶	۲.۷	۵۴	۱۴۳۰
۲۹	پجیم	۳۷.۱	۳۶	۴۳.۴	۵۳	۱۲۵۰
۳۰	گلورد	۳۵.۱	۳۵	۳۵.۳	۵۳	۶۶۰
۳۱	آبلو	۳۸.۹	۳۶	۱۷.۷	۵۳	۵۰
۳۲	بهشهر (محل اداره)	۴۱.۴	۳۶	۳۲.۱	۵۳	۲۰
۳۳	نوذرآباد	۴۸	۳۶	۱۴	۵۳	-۱۹

بعد از انتخاب ایستگاه، داده‌های موردنیاز جمع‌آوری و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها جهت نیل به هدف انجام گردید. به‌منظور بازسازی و تطویل آماری ایستگاه‌های ناقص از روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها استفاده شد. آزمون همگنی داده‌ها با آزمون توالی مورد مطالعه انجام گردید. به عنوان مثال برای ایستگاه لاریم تعداد a برابر۱۸، تعداد b برابر ۱۷ و تعداد دنباله u برابر ۱۸ بوده که در محدوده مجاز u (۱۰ تا ۲۳) قرار دارد، بنابراین سری داده های بارندگی ماهانه این ایستگاه، همگن می باشد.در نهایت، با توجه به بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های در دسترس و بازسازی و تطویل آمار، طول دوره آماری ۳۵ ساله‌ی ۱۳۸۹-۱۳۵۵ به عنوان دوره آماری تحقیق حاضر انتخاب گردید. به عنوان مثال ایستگاه تالارسر در دوره آماری منتخب، فاقد آمار در سال-های۸۶-۸۵ و ۸۷-۸۶ بوده که از روش تفاضل‌ها و نسبت ها آمار آن بازسازی شد و به منظور بررسی خشکسالی از (PN)، شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص درصد نرمال، شاخص Z چینی (CZI)، شاخص عدد Z (ZSI)، شاخص عدد Z چینی اصلاح‌شده و شاخص دهک‌ها (DI) در مقیاس زمانی یکساله استفاده گردید.

نتایج و بحث

با توجه به یکسان بودن طبقه بندی برای شاخص هایZSI، SPI و CZI، منحنی های رسم شده این سه شاخص برای تمام ایستگاه ها مطابقت خوبی با یکدیگر دارند. طبقه بندی شاخص DI اندکی با شاخص های ذکر شده متفاوت است به این دلیل، منحنی آن در بعضی نقاط با ۳ منحنی دیگر فاصله گرفته است، اما روندی مشابه آنها دارد.

در شکل(۱)، ۴ منحنی رسم شده در یک دستگاه مختصات برای ایستگاه کردخیل به عنوان نمونه آورده شده است.



شکل ۱- مقایسه شاخص‌هایSPI، CZI، DI، ZSIبا مقیاس یک‌ساله در ایستگاه کردخیل

برای مقایسه شاخص های خشکسالی با یکدیگر رگرسیون خطی به صورت دو به دو بین شاخص‌های محاسبه شده اعمال گردید که در جدول(۵) ارایه شده است. براساس آزمون همبستگی، معنی‌دار بودن این ضرایب به جزء MCZI در تمام ایستگاه‌ها در سطح اعتماد ۵ درصد تأیید شده است. بیشترین ضریب تبیین به ترتیب برای PN-ZSI برابر ۰/۹۹۱ ، SPI-PNبرابر ۰/۹۸۷ ، SPI- ZSI برابر ۰/۹۷۸ ، SPI- CZI برابر ۰/۹۴۴، CZI – ZSI برابر ۰/۹۴۳ ، CZI – DI برابر۰/۹۳۳ ، PN- CZI برابر۰/۹۳۲، SPI-DI برابر ۰/۹۱۹،ZSI-DI برابر ۰/۹۱۷ ، PN- DI برابر ۰/۹۰۹ و برای MCZI با ۵ شاخص دیگر، ضریب تبیین کمتر از ۰/۰۵۷ به دست آمد.

برای ارزیابی شاخص های مختلف خشکسالی، همبستگی خطی بین آنها و بارندگی سالانه به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. که نتایج آن در جدول(۵) آورده شده است. بر اساس این جدول، بیشترین میانگین همبستگی به ترتیب متعلق به PN ، ZSI، SPI ، CZI، DI و MCZI با ضریب تبیین ۰/۹۹۸ ، ۰/۹۹ ، ۰/۹۸۶ ، ۰/۹۴۲ ، ۰/۹۰۸ ، ۰/۰۵۷ می باشد.

جدول۵- ضریب تبیین (R2) رگرسیون خطی بین شاخص‌های خشکسالی و بارش در ایستگاه‌ها

ایستگاه	SPI	PN	CZI	ZSI	DI	MCZI
خرم‌آباد تنک ابن	/۹۷۱ ۰	۰/۹۹۹	/۵۴۶ ۰	/۹۹۹ ۰	/۶۲۹ ۰	۰/۶۳۵
دارابکلا	/۹۹۰ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۶ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۶۵ ۰	۰/۰۱۴
سفیدچاه	/۹۹۳ ۰	۰/۹۹۸	/۹۶۵ ۰	/۹۹۸ ۰	/۸۹۱ ۰	۰/۰۰۳
شیرگاه	/۹۹۳ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۸ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۶۷ ۰	۰/۰۲۸
کیاکلا	/۹۷۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۵ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۳۹ ۰	۰/۱۳۲
لاریم	/۹۹۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۳ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۵۵ ۰	۰/۰۱۸
خشکه‌داران	/۹۸۰ ۰	۰/۹۹۹	/۶۲۶ ۰	/۹۹۹ ۰	/۷۸۲ ۰	۰/۴۶۱
تالارسر	/۹۵۹ ۰	۰/۹۹۶	/۹۹۲ ۰	/۹۹۶ ۰	/۹۴۰ ۰	۰/۰۰۱

بابلسر	/۹۹۳ ۰	۰/۹۹۹	/۹۸۹ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۴۲ ۰	۰
قراخیل	/۹۹۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۱ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۵۷ ۰	۰/۰۰۱
نوشهر	/۹۹۶ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۹ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۷۰ ۰	۰/۰۰۱
رامسر	/۹۹۴ ۰	۰/۹۹۹	/۹۸۹ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۳۳ ۰	۰
اداره بابل	/۹۹۲ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۸ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۵۸ ۰	۰
درزیکلا	/۹۹۴ ۰	۰/۹۹۸	/۹۸۶ ۰	/۹۹۸ ۰	/۹۴۰ ۰	۰
سنگده	/۹۹۶ ۰	۰/۹۹۸	/۹۸۶ ۰	/۹۹۸ ۰	/۹۳۳ ۰	۰/۰۰۸
اداره ساری	/۹۹۲ ۰	۰/۹۹۹	/۹۸۵ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۴۲ ۰	۰/۰۰۲
سلیمان تنگه	/۹۶۸ ۰	۰/۹۹۹	/۵۹۲ ۰	/۹۹۹ ۰	/۷۱۳ ۰	۰/۰۱۱
کردخیل	/۹۹۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۵ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۵۱ ۰	۰/۰۰۷
ریگ‌چشمه	/۹۹۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۸۶ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۴۱ ۰	۰/۰۰۱
تلارم	/۹۹۰ ۰	۰/۹۹۸	/۹۹۵ ۰	/۹۹۸ ۰	/۹۴۹ ۰	۰
سودکلا	/۹۹۱ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۸ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۷۱ ۰	۰/۰۳۵
ولیک‌چال	/۹۸۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۶۰ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۲۳ ۰	۰/۰۰۸

کله	/۹۹۲ ۰	۰/۹۹۸	/۹۹۸ ۰	/۹۹۸ ۰	/۹۶۵ ۰	۰/۰۰۷
قران‌تالار	/۹۹۷ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۴ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۳۹ ۰	۰/۱۱۴
عرب‌خیل	/۸۸۶ ۰	۰/۹۹۹	/۹۲۶ ۰	/۹۹۹ ۰	/۸۴۱ ۰	۰/۰۰۳
گلوگاه	/۹۹۵ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۹ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۴۴ ۰	۰/۰۶۲
جفاکنده	/۹۸۴ ۰	۰/۹۹۹	/۷۰۶ ۰	/۹۹۹ ۰	/۸۰۱ ۰	۰/۰۰۳
بارکلا	/۹۹۶ ۰	۰/۹۹۸	/۹۹۸ ۰	/۹۹۸ ۰	/۹۷۷ ۰	۰/۰۰۹
پجیم	/۹۹۱ ۰	۰/۹۹۹	/۹۴۳ ۰	/۹۹۹ ۰	/۸۷۷ ۰	۰/۲۶۲
گلورد	/۹۹۱ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۲ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۳۶ ۰	۰/۰۴۴
آبلو	/۹۹۰ ۰	۰/۹۹۹	/۹۸۷ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۴۱ ۰	۰
بهشهر	/۹۹۱ ۰	۰/۹۹۹	/۹۹۲ ۰	/۹۹۹ ۰	/۹۵۳ ۰	۰/۰۰۴
نوذرآباد	/۹۹۲ ۰	۰/۹۹۹	/۷۱۵ ۰	/۷۱۱ ۰	/۶۹۹ ۰	۰/۰۰۷
میانگین	/۹۸۶ ۰	۰/۹۹۸	/۹۴۲ ۰	۰/۹۹	/۹۰۸ ۰	۰/۰۵۷
انحراف معیار	۰/۰۲	/۰۰۰۶ ۰	۰/۱۲	۰/۰۵	/۰۸۶ ۰	۰/۱۴

نتیجه‌گیری

منحنی‌های به دست آمده برای شاخص های SPI، ZSI و CZI در مقیاس زمانی یک ساله تمام ایستگاه ها نشان داد که هر سه شاخص، نتایج یکسانی را به همراه داشته است که با نتیجه تحقیقات وو و همکاران(۲۰۰۱) و کریمی و همکاران (۱۳۸۹) همخوانی دارد. این بدان معنی است که موقعیت جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریای ایستگاه ها تاثیری بر این شاخص ها نداشته و به عبارتی نشان دهنده مستقل بودن شاخص ها از طول و عرض جغرافیایی و کوهستانی یا جلگه-ای بودن ایستگاه‌ها در استان مازندران دارد.

همبستگی خطی بالایی بین شاخص‌های PN، ZSI، SPI، CZI و DI به صورت دو به دو در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده شد لیکن همبستگی بین شاخص MCZI با شاخص‌های دیگر بسیار پایین و در حد صفر بوده است که دلیل آن را می توان استفاده از میانه سری داده ها در روش شاخص MCZI دانست در حالی که در بقیه روش‌ها، میانگین داده‌ها در محاسبات به کار برده می شود.

شاخص‌های PN ، ZSI و SPI با داشتن بیشترین میانگین همبستگی و کمترین انحراف معیار نسبت به دیگر شاخص ها نتایج برتری را ارائه نمودند و در مقابل MCZI با دارا بودن کمترین همبستگی نتایج ضعیفی را نسبت به دیگر شاخص‌ها نشان داده است.

برای ارزیابی شاخص های مختلف خشکسالی، همبستگی خطی بین آنها و بارندگی سالانه به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین میانگین همبستگی به ترتیب متعلق به PN ، ZSI، SPI ، CZI، DI و MCZI با ضریب تبیین ۰/۹۹۸ ، ۰/۹۹ ، ۰/۹۸۶ ، ۰/۹۴۲ ، ۰/۹۰۸، ۰/۰۵۷ می باشد. که حاکی از این می باشد که به غیر از شاخص MCZI میزان بارندگی سالانه اصلی‌ترین عامل در تعیین شاخص‌های مختلف خشکسالی هواشناسی می باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که برای مطالعه و بررسی وضعیت خشکسالی های هواشناسی استان مازندران شاخص های PN ، ZSI، SPI در اولویت هستند.

منابع

۱-اسلامی، ع.، و شکوهی، ع. ۱۳۹۱. مقایسه کارایی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در مناطق شبه مدیترانه‌ای (مطالعه موردی: حوزه‌های آبخیز مازندران). سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، شهریور ماه. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۱۰ ص.

۲-بانژاد، ح.، زارع ابیانه، ح. نظری‌فر، م.ه. سبزی‌پرور، ع.ا. ۱۳۸۵. بکارگیری شاخص استاندارد بارش با روش زمین-آماری در تحلیل خشکسالی‌های هواشناسی استان همدان. پژوهش های آب، خاک و گیاه در کشاورزی، ۶، شماره ۲، صفحه ۷۲-۶۱.

۳-بنی‌مهد، ا.، و خلیلی، د. ۱۳۹۱. بررسی رفتار و تعیین مرتبه وابستگی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی SPI، RDI و SPEI در ایستگاه‌های منتخب کشور ایران با بکارگیری زنجیره مارکف. سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، شهریور ماه. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۱۲ ص.

۴-زراعی، آ.، سلیمانی، ک. گهرنژاد، ع. و آریان، ج. ۱۳۹۱. بررسی اثر خشکسالی بر تغییرات پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه رودخانه نازلوچای (مطالعه موردی: آذربایجان غربی). سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، شهریور ماه. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۶ ص.

۵-صفدری، ع. ا. ۱۳۸۲. تحلیل شدت، تداوم، فروانی و گستره خشکسالی به کمک داده‌های بارندگی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کارون). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.

۶-قمرنیا، ه.، و قاسمی صاحبی، ف. ۱۳۸۶. بررسی و روند آن در استان کرمانشاه. نهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر کرمان، بهمن ماه.

۷-کریمی، و.، حبیب‌نژاد، م. و آبکار، ع. ج. ۱۳۸۹. بررسی شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در ایستگاه‌های سینوپتیک مازندران. ۱۵ ص.

۸-مرید، س.، مقدسی، م. پایمزد، ش. و قائمی، ه. ۱۳۸۳. طرح تحقیقاتی طراحی سیستم پایش خشکسالی در استان تهران. دانشگاه تربیت مدرس. ۲۵۳ ص.

9-Angelidis, P., Fotios, M. Nikos, K. Vlassios, H. 2012. Computation of Drought Index SPI with Alternative Distribution Functions, Water Resources Management, DOI 10.1007/ s11269-012-0026-0.

10-Byun, H.R., Wilhite. D.A. 1999. Objective Quantification of Drought Severity and Duration, J. Climate., Vol. (12): 2747-2756.

11-Giddings, L., Soto, M., Rutherford, B.M. Maarouf, A. 2005. Standaddized precipitation index zones for Mexico.Atmosfera.33-56.

12-Hayes, M. J. 2000. What is Drought? National Drought Mitigation Center. URL:http://www. Drought.unl. edu.

13-Keyantash J., Dracup, J.A. 2002. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. Bulletin of the American Meteorological Society, P. 1167-1180,http://journals.

14-Ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-.447-83.8.1149.Mckee, B., Nolan, T.Doesken, J. and Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Tomescales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. pp 179-184.

15-Trenka, M., Semeradova, D.Eitzinger, J. Dubrovsky, M. Wilhite, D. Svoboda, M. Hayes, M. and Zalud, Z. 2004.Selected -۱۵Methods of Drought Evaluation in 15-15-South Moravia and Northern Austria.National Drought Mitigation Center.

16-Wu, H., Hayes, M.Weiss, A. and Hu, Q. 2001. An Evaluation of the standardized precipitation index, the china- index and the statistical –score. International Journal of Climatology. 21:745-758.

Comparison of Meteorological Drought Indices in Mazandaran Province

Valiollah Karimi1[*1], DavoodAkbariNodehi[2]

1-Assistant Professor of Soil Protection and Watershed Research Department, Mazandaran Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Sari
2-Assistant Professor of Irrigation Department, Qaimshahr Islamic Azad University

(Received: 04 Jun 2018, Revised: 29 Oct 2019, Accepted: 05 Nov 2019, Published online: 05 Nov 2019)

Abstract
Drought caused by abnormal dry period which its continuation makes unbalance hydrologic system in a region, if some prevention countermeasures are taken against drought, its damages will be declined. In order to Drought monitoring and management by use of some indices, 33 meteorological stations which belongs to ministry of Energy in Mazandaran province were selected. Thus required data were collected and statistically analyzed. To reconstruct and statistical prolongation of incomplete station, differential and ratios method are applied. Run test was used for homogeneity assessment of data. Finally, based on available data analysis, 35 year data series from 1976 to 2000 as a research statistical period was used. Then, drought indices includes Standardized Precipitation Index (SPI), Normal Percentage(PN), Chinese Z(CZI), Modified Chinese Z(MCZI), Z- Score Index(ZSI), Deciles Index(DI) on 1 year time scale in all stations was calculated and related curves were drawn. Based on Correlation test, pair significance of these indices was satisfied at 5% level in all stations. PN, ZSI and SPI with maximum average correlations and least standard errors respect to others, had better results, but MCZI with minimum correlation had the worst results. Maximum correlation between annual precipitation and each one of indices belongs to PN, ZSI, SPI, CZI, DI, MCZI with determination coefficient of 0.998, 0.99, 0.986, 0.942, 0.908 and 0.057 respectively. Results show that for study and investigation of meteorological drought in Mazandaran province, PN, ZSI and SPI indices has the same status and prior to other indices.

Keywords: Drought, Rainfall, Drought Indices, Mazandaran.

[*] Corresponding author:
Email Address: vkarimi80@gmail.com