

دوره‌های بازگشت خشک‌سالی در

حوضه رود جراحی

ایران صالح‌وند، دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد
امیر گندم‌کار، عضو هیئت علمی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد
هوشمند عطایی، عضو هیئت علمی دانشگاه پیام‌نور اصفهان

چکیده

در دهه‌های اخیر خشک‌سالی بیشتر از سایر مخاطرات جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده است. در این مطالعه به بررسی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی پرداخته شد و همبستگی‌های آماری ۵ نمایه خشک‌سالی با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک ۱۲ ایستگاه کلیماتولوژی و سینوپتیک در حوضه جراحی و زهره و اطراف آن انجام شده است. سال‌های آماری یکسان نبوده و بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ را شامل می‌شود. وقایع خشک‌سالی با استفاده از نمایه‌های شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص درصد نرمال (PNI)، شاخص دهک‌ها (DI)، شاخص Z چینی (CZI)، شاخص عدد Z (ZSI) و دنباله‌ها تعیین شد. از نتایج دیگر این تحقیق این بود که شدت، مقدار و طول خشک‌سالی‌ها در مرکز حوضه بیشتر از اطراف آن است. همچنین بازگشت خشک‌سالی‌های نرمال بیشتر از خشک‌سالی‌های شدید است.

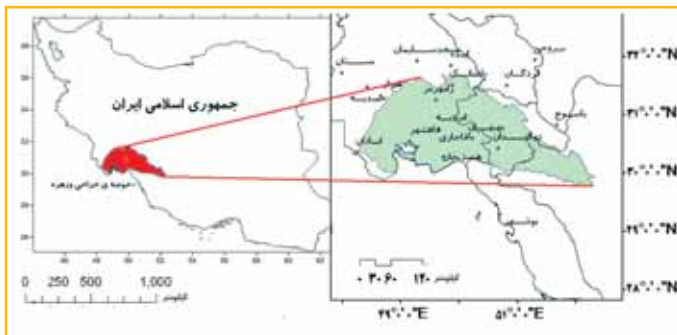
کلیدواژه‌ها: بارندگی ماهانه، پهنه‌بندی، خشک‌سالی، جراحی و زهره، نمایه‌های خشک‌سالی.

مقدمه

امروزه خشک‌سالی به یکی از گران‌ترین بلایای طبیعی تبدیل شده است (۱۹) منظور از خشک‌سالی وضعیتی از کمبود بارش و افزایش دماست که در هر وضعیت اقلیمی ممکن رخ دهد و انواع مختلف دارد. خشک‌سالی کشاورزی، خشک‌سالی هیدرولوژی و خشک‌سالی هواشناسی. در خشک‌سالی هیدرولوژی به دبی رودها توجه داریم (۶). خشک‌سالی هواشناسی بیشتر از انواع دیگر خشک‌سالی رخ می‌دهد و خشک‌سالی‌های کشاورزی و هیدرولوژیکی پس از آن به وقوع می‌پیوندند (۱۵). وقوع خشک‌سالی موجب کاهش محصولات

کشاورزی می‌شود (۷). برخلاف خشکی، خشک‌سالی در مناطق مرطوب نیز رخ می‌دهد (۴).

اکرم هدایتی دزفولی (۱۸) در استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از روش‌های بارش استاندارد، تفاضل درصدی، دهک‌ها و روش بارش استاندارد Z به بررسی خشک‌سالی پرداخته و به این نتیجه رسیده است که به طرف شمال شرق، باران، به دلیل افزایش ارتفاعات افزایش داشته است. حمید زارع ابیانه (۳) نیز با روش‌های آستانه ۶۰ درصد، درصدی از نرمال، کلاسه بارش، و انحراف از میانگین به بررسی خشک‌سالی همدان پرداخته که مشخص شدن ناهمگونی زمانی بارش یکی از نتایج تحقیق او بوده است. حسن فرج‌زاده (۸) در تحقیق خود از روش نیچه، dri، spi برای پایش و ارزیابی خشک‌سالی و ترسالی شمال غرب کشور استفاده کرده است. وی روش spi را برای تعیین سال‌های خشک و مرطوب بهترین روش اعلام نموده است چون این روش از توزیع نرمال تبعیت می‌کند. منتظری (۱۴) با روش بارش استاندارد، حوضه زاینده‌رود را بررسی نمود. ولی‌الله کریمی (۱۱) نشان داده که شاخص‌های درصد نرمال و دهک‌ها در تمام ایستگاه‌ها روند مشابهی دارند و همچنین منحنی‌های مربوط به شاخص‌های ZSI، SPI و CZI، در تمام ایستگاه‌ها تقریباً برهم منطبق بوده و همبستگی بسیار خوبی به صورت دو به دو بین آن‌ها مشاهده شده، در حالی که برای شاخص MCZI این‌گونه نبوده است. مساعدی (۱۳) در استان گلستان با استفاده از شاخص SPI، به بررسی خشک‌سالی پرداخته و نتیجه گرفت که ترسالی و خشک‌سالی‌های مهم با فواصل ۱۱ سال به وقوع پیوسته است. ماتیم‌پاچادری (۲۵) به بررسی خشک‌سالی منطقه پرولیا هند با spi پرداخته است. او نتیجه گرفته که حداکثر مقدار SPI (خشک‌سالی) در ایستگاه، ۳ بار در سال ۱۹۹۳ رخ داده است. خشک‌سالی خفیف و متوسط در بخش مرکزی رخ داده و خشک‌سالی



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

یک ساله برای شاخص‌های بارش استاندارد، Z چینی، Z چینی اصلاح شاخص‌های درصد نرمال و دهک‌ها محاسبه شدند. روش محاسبه نمایه‌های مختلف خشک‌سالی و همچنین مشخصات خشک‌سالی، به شرح زیر می‌باشد:

جدول ۱- طبقه‌بندی شاخص درصدی از نرمال

کلاس	مقادیر PNI	رتبه PNI
خشک‌سالی جزئی	۷۰-۸۰ درصد	۱
خشک‌سالی	۵۵-۷۰ درصد	۲
متوسط		
خشک‌سالی شدید	۴۰-۵۵ درصد	۳
خشک‌سالی	کمتر از ۴۰	۴
بسیار شدید		

شاخص درصد نرمال (Percent of Normal - PNI)

این شاخص که از جمله ساده‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی خشک‌سالی است، در سال ۱۹۹۴ توسط Wilki و همکاران ارائه شد و مفهوم اساسی آن نسبت بارندگی واقعی به مقدار نرمال آن در یک دوره زمانی مشخص می‌باشد که به صورت درصد بیان می‌شود و در مقیاس‌های مختلف (هفتگی، فصلی و ماهیانه و سالیانه) قابل محاسبه است. کریمی (۱۱).

$$Pn = P/P^- \quad (1)$$

که در آن: pi بارندگی ماه P⁻ میانگین درازمدت بارندگی همان ماه است ناصرزاده (۱۷). طبقات مختلف این نمایه در جدول (۱) ارائه شده است.

روش شاخص بارش استاندارد-Standard Precipitation Index-SPI

این شاخص در سال ۱۹۹۳ توسط مکی و همکاران از دانشگاه کلرادو تدوین شده است (۲۲). شاخص SPI برای اندازه‌گیری کمبود بارندگی از منابع مختلف می‌باشد. SPI در هر منطقه بر اساس آمار بلندمدت و برای دوره مورد نظر محاسبه می‌گردد. برای این کار از فرمول SPI = (مقدار بارندگی در دوره مورد نظر - میانگین بارش همان دوره) / انحراف معیار

شدید و بسیار شدید بیشتر در شمال شرق، شمال غرب و بخش جنوب غربی منطقه اتفاق افتاده است. خان (۲۱) به بررسی حوضه سند پرداخت، و ۹ ایستگاه را برای ۶۰ سال بررسی کرد. او نتیجه گرفت که در مقیاس‌های زمانی کمتر از ۱۲ ماه نوسانات بسیار زیاد است به طوری که شناسایی دوره های خشک‌سالی و مرطوب کاملاً واضح نیست، پس درکشورزی از SPIs ۱۲ ماه یا کمتر استفاده و برای مدیریت منابع آب SPI ۶ ماهه مناسب است. لولیو و همکاران (۲۲) به بررسی خشک‌سالی حوضه رودخانه آبی در جنوب شرقی اوکلاهما با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) شاخص شدت خشک‌سالی پالمر (PDSI) و شاخص رواناب استاندارد پرداخت. هدف اصلی او بازسازی خشک‌سالی گذشته برای وضعیت و ارزیابی خشک‌سالی آینده بود. هونگ (۲۰) به بررسی خشک‌سالی‌های گذشته و ارزیابی سناریوهای خشک‌سالی آینده برای حوضه رودخانه سرخ آرکانزاس با استفاده از دو شاخص‌های خشک‌سالی، یکی شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و دیگری شاخص شدت خشک‌سالی پالمر (PDSI) پرداخته است. بازه زمانی ۱۹۰۰ تا ۲۰۰۹ مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به دست آمده از SPI و PDSI نشان می‌دهد که خشک‌سالی گسترده و عمده در سال‌های ۱۹۱۰، ۱۹۵۰، ۱۹۳۰ و ۱۹۶۰ در حوضه رودخانه قرمز آرکانزاس با هر دو شاخص SPI و PDSI رخ داده است. هدف از انجام این تحقیق، تبیین وقایع خشک‌سالی هواشناسی با استفاده از نمایه‌های شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص درصد نرمال (PNI)، شاخص دهک‌ها (D I)، شاخص Z چینی، شاخص Z چینی اصلاح شده، شاخص عدد Z و روش دنباله‌ها با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی استان‌های خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد، وابسته به سازمان هواشناسی، انجام گرفته است.

مواد و روشها

ساختار جغرافیایی و موقعیت طبیعی

حوضه جراحی و زهره بین ۲۹ تا ۳۲ درجه عرض شمالی و ۴۸ تا ۵۳ درجه طول شرقی، بین استان‌های کهگیلویه و بویراحمد و خوزستان قرار گرفته است. رودهای این حوزه از کوه‌های استان کهگیلویه سرچشمه می‌گیرند و به خلیج فارس سرازیر می‌شوند.

در این تحقیق داده‌های بارندگی ایستگاه‌های سینوپتیک که مربوط به سازمان هواشناسی استان‌های خوزستان، کهگیلویه و بویراحمد، بوشهر و چهارمحال بختیاری هستند، مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های مربوطه از سایت سازمان هواشناسی کشور استخراج شد. طول دوره آماری ایستگاه‌ها متفاوت بود. ایستگاه‌های آبادان و بوشهر از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰، ایستگاه‌های شهرکرد، اهواز، دزفول و بروجن بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۱۰ آمار داشتند. و بقیه هم آماری کمتر از اینها داشتند. پس از مرتب کردن داده‌ها در نرم افزار اکسل، درستی و صحت داده‌ها با آزمون ران تست مورد ارزیابی قرار گرفتند. وقایع خشک‌سالی با استفاده از نمایه‌های: (شاخص بارش استاندارد) SPI، (شاخص درصد نرمال) PNI، (شاخص دهک‌ها) DI، شاخص Z چینی، شاخص Z چینی اصلاح شده، شاخص عدد Z و دنباله‌ها برای محاسبه تمام شاخص‌ها به غیر از روش دنباله‌ها، از نرم افزار ۱ DIP استفاده شده، که مقیاس‌های، ۱۴، ۲۸، ۲۱، ۹، ۶، ۳، زمانی ۲۴ و ۴۸ ماهه و

$$CS = \frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n \times \sigma^2} \quad (4)$$

$$\Phi_j = \frac{x_j - \bar{X}}{\sigma} \quad (5)$$

l: ماه مورد نظر
CS: ضریب چولگی
Z: متغیر استاندارد
X_j: بارندگی ماه
σ: انحراف معیار داده‌های بارندگی
σ_l: واریانس داده‌های بارندگی ماهانه
X̄: میانگین بارندگی ماهانه

شاخص آستانه نرمال اقلیمی یا دنباله‌ها

در این شاخص میانگین بارش‌های سالیانه یا فصلی و یک آستانه در نظر گرفته می‌شود. آستانه بارندگی (X₀) برای خشک‌سالی معمولاً ۷۵ تا ۸۰ درصد متوسط بارندگی سالانه است. بنابراین P = ۰.۸۰ (X₀) و تفاوت بارندگی سالانه را نسبت به (X₀) بدست می‌آوریم. (X - X₀) مقادیر منفی نشانه خشک‌سالی و مثبت ترسالی است (علیزاده ۱۳۸۷). حال در یک دستگاه محدود مختصات که محور افقی به تعداد سال‌های آماری و محور عمودی به آمار بدست آمده از دنباله‌ها اختصاص دارد، می‌توان سال‌های تر و خشک را به صورت گرافیکی نشان داد. به طوری که هیستوگرام‌های رو به پایین نشان دهنده خشک‌سالی و هیستوگرام‌های رو به بالا نشان دهنده ترسالی هستند. شروع دوره‌های آماری خشک‌سالی از زمانی شروع می‌شود که جواب دنباله‌ها منفی باشد و تا زمانی که مثبت شود خشک‌سالی ادامه می‌یابد. اگر در هر دوره مجموع مقادیر می‌آید. شدیدترین سختی خشک‌سالی هم پایین‌ترین عدد در یک دوره است. طول دوره خشک‌سالی (drought duration) li = مقدار خشک‌سالی (drought magnitude) si = شدت خشک‌سالی (drought intensity) si-li = (drought severity) علی زاده (۶).

نتایج

بررسی طول، شدت و مقدار خشک‌سالی با نمایه دنباله‌ها

شکل شماره ۴ نشان می‌دهد که طول خشک‌سالی بین ۲ تا ۱۰ سال در نوسان است. طول خشک‌سالی در غرب حوضه بیشتر از شرق شمال از مرکز کمتر است، اهواز ۸ سال خشک را طی می‌کند در صورتی که باغ‌ملک ۳ الی ۴ سال خشک را طی می‌کند. مقدار خشک‌سالی در مرکز کمتر از بقیه حوضه است. شدیدترین خشک‌سالی در دوره بررسی شده در مرکز حوضه رخ داده است.

بررسی بازگشت دوره‌های خشک‌سالی

برای بررسی خشک‌سالی لازم است دوره بازگشت خشک‌سالی بررسی شود تا محقق بداند که در بررسی خشک‌سالی باید به دنبال

مقدار مثبت SPI نشان دهنده بارندگی بیش از بارندگی میانه می‌باشد، و مقدار منفی معنای عکس آن را دارد. از آنجائیکه SPI استاندارد شده است، برای اقلیم‌های خشک و مرطوب قابل استفاده، و نتایج برای دوره موردنظر قابل مقایسه است. طبق این روش دوره خشک‌سالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد، و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد و مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی و شدت دوره خشک‌سالی را نشان می‌دهد (۶). طبقه‌بندی مقادیر SPI در جدول ۱ آمده است.

$$SPI = \frac{P - \bar{P}}{\sigma!} \quad (2)$$

SPI: نمایه بارش استاندارد
P̄: میانگین بارش ایستگاه به میلی‌متر
σ!: انحراف معیار داده‌های بارش ایستگاه

جدول ۲ - طبقه‌بندی خشک‌سالی و احتمال وقوع شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد (۲۴)

مقدار spi	بزرگتر از ۲	۱/۵ تا ۱/۹۹	۱ تا ۱/۴۹	۰ تا ۰/۹۹	۰ تا ۰/۹	۰ تا ۰/۱۹	کوچک‌تر از ۲
توصیف واقعه	فرارمربوب خیلی	مربوب	تقریباً نرمال مرطوب	تقریباً نرمال خشک	کم خشک	خیلی خشک	فروخشک
احتمال وقوع	۰/۰۲۸	۰/۰۴	۰/۰۹۱۹	۰/۳۴۱ تا ۰/۳	۰/۰۹ تا ۰/۰۹	۰/۰۴	۰/۰۲۸

دهک‌ها

این روش یک شاخص هواشناسی جهت پایش خشک‌سالی توسط گیبس و ماهر در سال ۱۹۶۷ برای اجتناب از بعضی از نقاط ضعف روش درصد نرمال بارندگی ارائه شد که می‌تواند (۱۱). در این روش، مقادیر توزیع بارش از کوچک‌ترین تا بزرگ‌ترین مرتب شده و به ۱۰ بخش تقسیم می‌گردد. دهک اول معرف ۱۰ درصد بارش‌هاست. و دهک ۱۰ صد درصد بارش‌ها را نشان می‌دهد. جدول ۳ بر اساس این شاخص تدوین شده است.

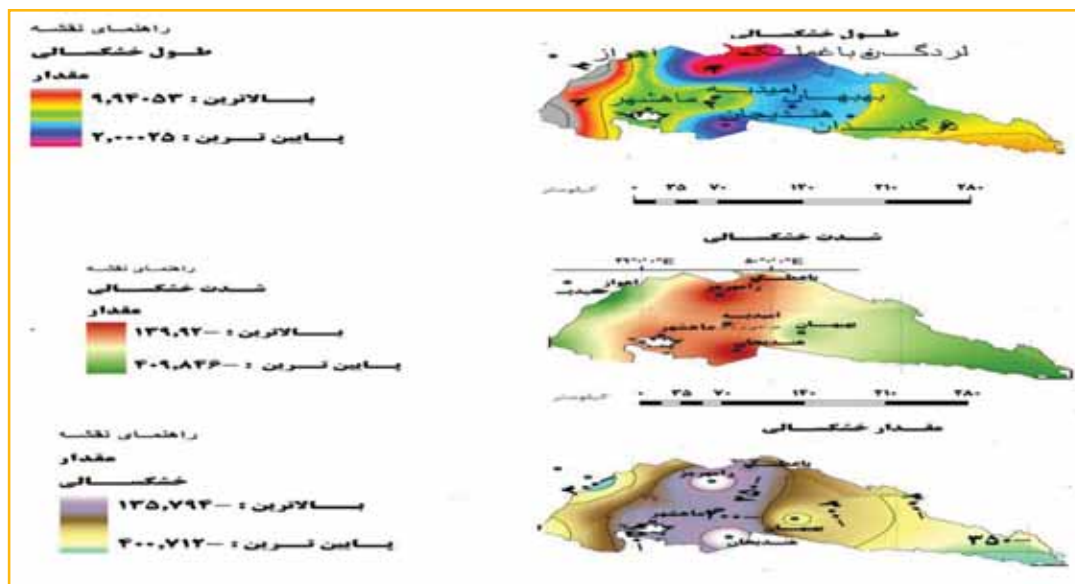
جدول ۳ - طبقه‌بندی خشک‌سالی بر حسب دهک‌ها

طبقه‌بندی دهک‌ها	۱-۲	۳-۴	۵-۶	۷-۸	۹-۱۰
توصیف وضعیت	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی متوسط	وضعیت نرمال	ترسالی متوسط	ترسالی شدید

شاخص Z چینی (CZI) شاخص Z چینی، شاخص عدد ZSI):

شاخص CZI بر اساس تبدیل ریشه سوم ویلسون- هیلفرت شکل گرفته است. با این فرض که داده‌های بارندگی از توزیع پیرسون تیپ سه پیروی می‌کنند، شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شود. ناصرزاده (۱۷).

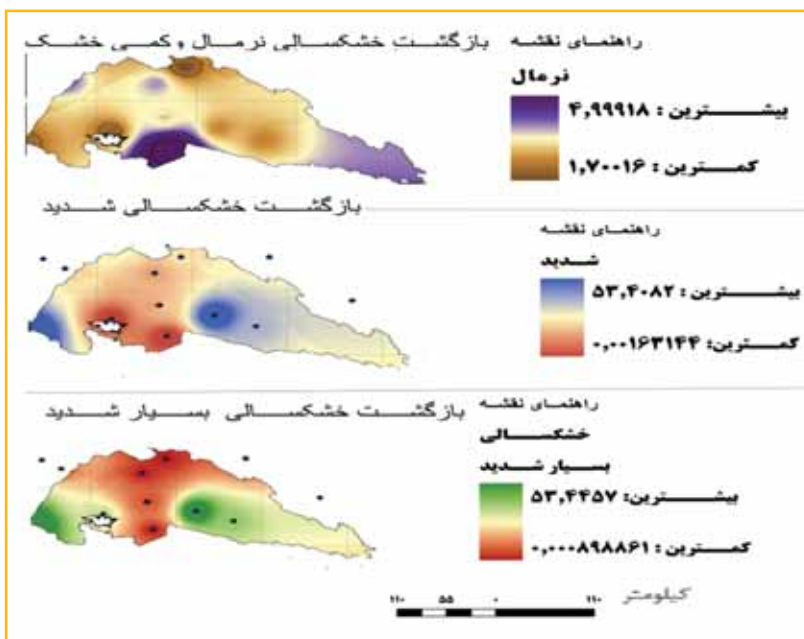
$$CZI = \frac{6}{C_s} \left(\left(\frac{C_s}{2} \cdot \Phi_j + 1 \right)^{\frac{1}{8}} \right) - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (3)$$



شکل شماره ۴ - توصیف ویژگی‌های خشکسالی در حوضه زهره و جراحی

مشکلات یک محقق در بررسی خشکسالی است. مورد دیگری که در خشکسالی باید به آن توجه نمود این است که چندین ایستگاه را باید با هم بررسی نمود، چون خشکسالی وابسته به بارش است و بارش نیز محلی و ناحیه‌ای نیست، زیرا بارش‌های کل ایران وابسته به بادهای غربی است. بنابراین بهترین روش برای بررسی خشکسالی ایجاد پهنه‌بندی و استفاده از آمار چندین ایستگاه با هم است. در پهنه‌بندی یک شبکه درست می‌شود که در این شبکه اطلاعات داخل و خارج شبکه گنجانیده می‌شود. حوضه زهره و جراحی به‌عنوان شبکه‌ای

کدام نوع خشکسالی برگردد، مسلماً خشکسالی‌هایی که بیشتر شایع هستند می‌توانند جزء ذات یک منطقه محسوب شوند. شکل شماره ۳ دوره برگشت انواع خشکسالی‌ها را نشان می‌دهد. به‌طور متوسط هر یک تا چهار سال یک‌بار حوضه یک خشکسالی نرمال و کمی خشک را پشت‌سر می‌گذارد و در شرق و جنوب حوضه مرطوب دوره برگشت طولانی و در بقیه حوضه دوره برگشت کمتر است. دوره برگشت خشکسالی شدید و بسیار شدید بین ۵ تا ۵۳ سال است و طول برگشت آن در مرکز کمتر از غرب و شرق حوضه است.



شکل شماره ۵، بازگشت انواع خشکسالی در حوضه جراحی و زهره

جدول شماره ۵، سال‌های خشک به ترتیب خشکی از دیدگاه تمام شاخص‌ها

بررسی خشکسالی با نمایه دنباله‌ها

نمودار شماره ۳ با آزمون دنباله‌ها ترسیم شده است. این آزمون بر روی یک هیستوگرام ترسیم می‌شود که مقادیر منفی از خشکسالی حکایت می‌کند و مقادیر مثبت ترسالی را نشان می‌دهد. سال‌های ۱۹۷۷، ۱۹۵۹، ۱۹۵۶، ۱۹۷۹ و ۱۹۷۹ خشک‌ترین سال‌ها در ایستگاه یاسوج می‌باشند. در بقیه ایستگاه‌ها نیز تقریباً همین سال‌ها خشک محسوب می‌شوند.

بحث

بارش‌های مفقود شده ایستگاه‌ها با روش نسبت‌ها بازسازی شد و با روش ران تست همگنی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی خشکسالی، سال‌های آماری طولانی مدت (حداقل ۵۰ سال) باید وجود داشته باشد، و این خود یکی از

جدول شماره ۵ - سال‌های خشک به ترتیب خشکی از دیدگاه تمام شاخص‌ها

	di	pn	spi	zsi	czi	do
۱	سال ۱۹۶۰	سال ۲۰۰۸	سال ۲۰۰۸	سال ۲۰۰۸	سال ۱۹۶۰	سال ۲۰۰۸
۲	سال ۲۰۰۸	سال ۱۹۶۰	سال ۲۰۱۰	سال ۲۰۱۰	سال ۱۹۷۳	سال ۱۹۷۳
۳	سال ۱۹۷۳	سال ۱۹۷۳	سال ۱۹۶۴	سال ۱۹۷۳	سال ۲۰۰۸	سال ۲۰۱۰
۴	سال ۲۰۱۰	سال ۱۹۶۴	سال ۱۹۷۳	سال ۱۹۶۰	سال ۲۰۱۰	سال ۱۹۶۰
۵	سال ۱۹۶۴	سال ۲۰۱۰	سال ۱۹۶۳	سال ۱۹۶۴	سال ۱۹۹۰	سال ۱۹۹۰
۶	سال ۱۹۹۰	سال ۱۹۹۰	سال ۱۹۶۰	سال ۱۹۹۰	سال ۱۹۶۴	سال ۱۹۶۴
۷	سال ۱۹۶۶	سال ۱۹۶۶	سال ۱۹۹۰	سال ۱۹۵۹	سال ۱۹۶۶	سال ۱۹۶۶
۸	سال ۱۹۵۸	سال ۱۹۵۹	سال ۱۹۵۸	سال ۱۹۶۶	سال ۱۹۶۲	سال ۱۹۹۵
۹	سال ۱۹۵۹	سال ۱۹۹۵	سال ۱۹۵۹	سال ۱۹۵۸	سال ۱۹۶۳	سال ۱۹۸۳
۱۰	سال ۱۹۹۵	سال ۱۹۸۳	سال ۱۹۹۵	سال ۱۹۹۵	سال ۱۹۵۹	سال ۱۹۵۹
۱۱	سال ۱۹۶۲	سال ۱۹۵۸	سال ۱۹۶۲	سال ۱۹۸۳	سال ۱۹۹۵	سال ۱۹۸۵
۱۲	سال ۱۹۸۳	سال ۱۹۶۲	سال ۱۹۶۶	سال ۱۹۶۲	سال ۱۹۵۸	سال ۱۹۷۸
۱۳	سال ۱۹۸۵	سال ۱۹۶۳	سال ۱۹۸۳	سال ۱۹۷۸	سال ۱۹۷۸	سال ۱۹۵۸
۱۴	سال ۱۹۷۸	سال ۱۹۷۸	سال ۲۰۰۷	سال ۱۹۸۵	سال ۱۹۸۵	سال ۱۹۶۲
۱۵	سال ۱۹۶۳	سال ۱۹۸۷	سال ۱۹۷۸	سال ۱۹۶۳	سال ۱۹۸۳	سال ۱۹۶۳
۱۶	سال ۲۰۰۷	سال ۱۹۸۵	سال ۱۹۸۵	سال ۱۹۸۷	سال ۲۰۰۷	سال ۱۹۸۷

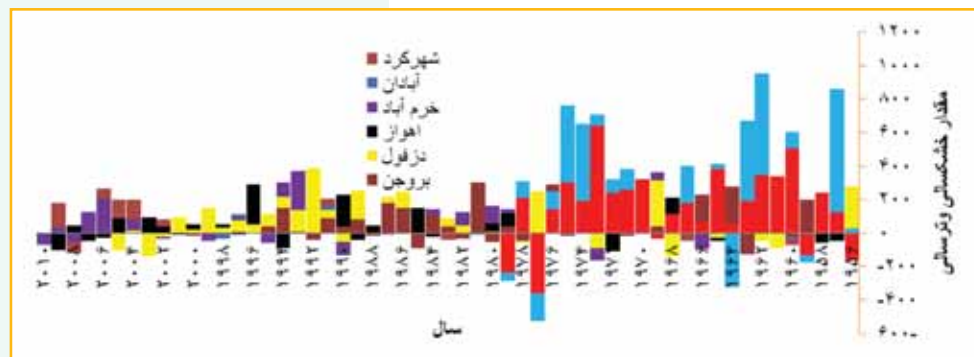
در نظر گرفته شده است که ایستگاه‌های اثرگذار بر بارش و آب و هوای آن نیز در بررسی مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین باید یک ماتریس ترسیم شود. یکی از روش‌های بررسی در اقلیم‌شناسی روش T است که در سطرهای ماتریس مکان و در ستون‌های آن زمان قرار می‌گیرد. منظور از مکان طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه‌های بررسی شده است که تعداد ایستگاه‌ها ۱۲ ایستگاه و زمان نیز تعداد سال‌ها که ۵۴ سال می‌باشند. چون هدف اصلی این مقاله پهنه‌بندی خشک‌سالی بود بنابراین طول، عرض، ارتفاع و نام ایستگاه‌ها اولین پایگاه اطلاعاتی مورد نیاز بود. دومین پایگاه داده، ایجاد بانک اطلاعاتی برای بارش ماهانه تمام ایستگاه‌ها به صورت مجزا بود که هر کدام از این اطلاعات وارد نرم‌افزار DIP شدند و بعد از استخراج وارد پایگاه اصلی اطلاعاتی شدند و در نرم‌افزار ARCGIS به نقشه تبدیل شدند. چون آمار ایستگاه‌ها یکسان نبود و برای پهنه‌بندی به ایستگاه‌های بیشتری نیاز بود بنابراین از سال ۱۹۵۶ تا ۲۰۱۰ پایگاه داده تهیه و یک شبکه اطلاعاتی از بارش ماهانه ۱۸ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی استان خوزستان، چهارمحال، بوشهر و استان کهگیلویه تهیه شد. سال‌های آماری یکسان نبوده و بین سال‌های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۰ این آمارها قرار گرفته‌اند. در این پایگاه میانگین شاخص‌ها گرفته شد و سال‌های خشک مشخص گردید که برای برخی از سال‌ها، که بیشتر آمار موجود بود، نقشه تهیه گردید. همچنین نقشه سال‌های خشک از نظر بعضی شاخص‌ها ترسیم شد. اگرچه همه شاخص‌ها از نظر عددی بدون انجام طبقه‌بندی با یکدیگر ضریب همبستگی بالایی دارند ولی در تحلیل کلاستر، در یک طبقه قرار نمی‌گیرند. این امر نشان می‌دهد طبقات این شاخص‌ها به خوبی تعریف نشده یا با یکدیگر هماهنگ نیستند. در شاخص بارش استاندارد ۸ طبقه‌بندی و در دهک‌ها ۵ طبقه‌بندی وجود دارد و این عامل باعث می‌شود که سال‌های خشک از نظر شاخص‌ها متفاوت باشد.

نتیجه‌گیری

یکی از مباحث مهم در جهان امروزی تغییر اقلیم است. اولین اثر تغییر اقلیم طولانی شدن و شدت یافتن خشک‌سالی در برخی از نواحی جهان است. کشور ما ایران که بر روی کمربند خشک جهان قرار گرفته است و کمبود منابع آبی یک تهدید جدی است که ما را ملزم می‌کند به منابع آبی توجه ویژه‌ای داشته باشیم. در این مقاله نتایج زیر حاصل شد:

بین شاخص‌های خشک‌سالی ضریب تعیین همبستگی بسیار بالا

شکل شماره ۸ آزمون دنباله‌ها در چند ایستگاه منتخب



ست. ضریب تعیین همبستگی در ایستگاه بهبهان کمتر از دزفول و آغاچاری کمتر از شهرکرد است ولی در همه ایستگاه‌ها بالای ۹۰ درصد است. شدت و مقدار خشک‌سالی در استان خوزستان بیشتر از شهرکرد و خرم‌آباد و ایستگاه‌های اطراف است. در سال‌های اخیر بر مقدار و طول خشک‌سالی افزوده شده است. سال‌های ۲۰۰۸ و ۲۰۱۰ از دهه اخیر و ۱۹۷۳ از دو دهه پیش و ۱۹۶۰ از سه دهه پیش خشک‌ترین سال‌های ایستگاه هستند. البته تمام شاخص‌ها در نشان دادن خشک‌ترین سال متفق نیستند ولی سال ۲۰۰۸ از دیدگاه بیشتر شاخص‌ها سال خشک محسوب می‌شود.

منابع

۱. آسیایی، م. ۱۳۸۵. پایش خشک‌سالی در مشهد با استفاده از شاخص خشک‌سالی پالمر. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۷، صص ۱۶۸-۱۶۷.
۲. انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۶. ارزیابی چند شاخص خشک‌سالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک. فصل‌نامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۴، شماره ۲، صص ۲۸۸-۲۷۱.
۳. رضیعی، طیب و همکاران (۱۳۸۶). بررسی خشک‌سالی‌های هواشناسی (اقلیمی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره‌ای مارکوف، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره یک، صص ۲۵-۲۵.
۴. زارع ابیانه، حمید و محبوبی، ع. ۱۳۸۳. بررسی وضعیت خشک‌سالی و روند آن در مناطق همدان براساس شاخص‌های آماری. خشک‌سالی پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۴ پاییز.
۵. سلطانی، سعید و سعادت، سید سارا. پهنه‌بندی خشک‌سالی در استان اصفهان با استفاده از نمایه بارش استاندارد. مجله علوم و آبخیزداری ایران، سال اول، شماره ۲، صص ۶۷-۶۴.
۶. صداقت کردار، ع و فتاحی، ا. ۱۳۸۷. شاخص‌های پیش‌آگاهی خشک‌سالی در ایران. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، صص ۷۶-۵۹.
۷. علیزاده، امین. ۱۳۸۷. اصول هیدرولوژی کاربردی. مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی، صص ۲۷۸ و ۲۷۹.
۸. عزیززی، ق. ۱۳۷۸. ال‌نینو و دوره‌های خشک‌سالی- ترسالی در ایران. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، صص ۸۴-۷۱.
۹. فرج زاده، حسن. ۱۳۸۶. تحلیل و تعیین خشک‌سالی و ترسالی. رشد آموزش جغرافیا، دوره بیست و دوم، شماره ۱، پاییز.
۱۰. کارآموز، محمد و کراچیان، رضا. ۱۳۸۴. برنامه‌ریزی برای تدوین طرح‌های جامع کاهش آلودگی آب سیستم‌های رودخانه‌ای مطالعه موردی: سیستم رودخانه‌های کارون و دز. تحقیقات منابع آب ایران، سال یکم شماره ۱ بهار.
۱۱. کارآموز، مهر، ر. کراچیان، ۱۳۸۲، برنامه‌ریزی و مدیریت کیفی سیستم‌های منابع آب، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
۱۲. کریمی، ولی‌الله؛ حبیب‌نژاد روشن، محمود و آبکار، علی جان. ۱۳۹۰، بررسی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در ایستگاه‌های سینوپتیک مازندران فصل‌نامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب سال دوم، شماره ۵، ۲۵-۲۵.
۱۳. لشتی زنده، وتلوری، ع. ۱۳۸۳، تداوم و فراوانی خشک‌سالی‌های اقلیمی در شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب کشور، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۲ صفحه ۷۵-۸۶.
۱۴. مساعدی، ابوالفضل، خلیلی زاده، مجتبی و محمدی استاد کلاهی، امین. ۱۳۸۷، پایش خشک‌سالی هواشناسی در سطح استان گلستان، فصل‌نامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۶. ۱۷۶-۱۸۲.
۱۵. منتظری، مجید. ۱۳۸۷. شناسایی، تحلیل روند خشک‌سالی‌های اقلیمی زیر حوضه‌های زاینده‌رود در نیم سده گذشته. فصل‌نامه تحقیقات

- جغرافیایی، شماره ۲۲، صص ۱۴۴-۱۲۵.
۱۶. محمودی، الف، ۱۳۸۰، هیدرولوژی کاربردی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران
 ۱۷. مهدوی، م. ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی. دانشگاه تهران.
 ۱۸. ناصرزاده، محمدحسین و احمدی، اسماعیل. ۱۳۹۱، بررسی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی در ارزیابی خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال دوازدهم، شماره ۲۷: ۱۴۱-۱۶۲.
 ۱۹. هدایت دزفولی، اکرم. ۱۳۸۴، بررسی خشک‌سالی و روند آن در استان کهگیلویه و بویراحمد. مجله نیو آر شماره‌های ۵۹ و ۵۸.

۲۰. Celine Herweijer, Richard Seager, Edward R. Cook, and Julien Emile-Geay North American Droughts of the Last Millennium from a Gridded Network of Tree-Ring Data, Lamont-Doherty Earth Observatory, Columbia University, Palisades, New York, Drying Technology: An International Journal, Volume ۳۱, Issue ۱۵, ۲۰۱۳
۲۱. Hong; Jonathan Loopert; Rachel Riley; Bin Yong Lu Liu; ۲۰۱۳ Yang Climatology Drought Analyses and Projection Using SPI and PDSI: Case Study of the Arkansas Red River Basin J. Hydrol. Eng. ۱۸۸۰۹-۸۱۶.
۲۲. Khan, M. A., M. S. Gadiwala. ۲۰۱۳, A Study of Drought over Sindh (Pakistan) Using Standardized Precipitation Index (SPI) ۱۹۵۱ to ۲۰۱۰. Pakistan Journal of Meteorology Vol. ۹, Issue ۱۸: ۱۵-۲۲
۲۳. Lu Liu, Yang Hong, Christopher N. Bednarczyk, ۲۰۱۱, Hydro-climatological Drought Analyses and Projection Using Meteorological and Hydrological Drought Indices: A Case Study in Blue River Basin, Oklahoma. Science and Technology Infusion Climate Bulletin ۳: ۲۵-۲۹
۲۴. Mackee, B., T. Nolan, J. Kleist. ۱۹۹۵. Drought monitoring with multiple timescales. conferences on Applied Climatology. ۱۵-۲۰ January, Boston, Massachusetts. ۲۲۳-۲۳۶ drought assessment and monitoring in Greece.
۲۵. McKee, T. B. Doesken, N. J. and Kleist, J., ۱۹۹۳. The relationship of drought frequency and duration to time scales, Eight Conf. On Applied Climatology, Anaheim, CA, American Meteorological Society, ۱۷۹-۱۸۴.
۲۶. Moumita Palchadhuri, Sujata Biswas. ۲۰۱۳, Analysis of Meteorological Drought Using Analysis of Meteorological Drought Standardized Precipitation Index A Case Study of Puruliya District, West Bengal, India, International Journal of Environmental, Ecological, Geological and Mining Engineering Vol: ۷, ۱۱۹-۱۲۶
۲۷. Rooy, M. P. and Van, A., ۱۹۶۵. Rainfall Anomaly Index Independent of time and space, Notos ۱۴ (۴۳). Vicente-Serrano, S. M. and Lopez-Moreno, J. I., ۲۰۰۵. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the standardized precipitation index in a mountainous mediterranean basin Hydrology and Earth System Sciences Discussions, No ۲, ۱۲۲۱- ۱۲۴۶.