در
منابع طبیعی شماره ۷۶، پاییز ۱۳۸۶
پژوهش و سازندگی

تحلیل ناحیه‌ای خشکسالی منطقه اردستان بر اساس دو شاخص خشکسالی

• **مسعود نصری**
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان
• **رضا مدرس**
دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۴ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۸۵
Email: ps_sepahan@yahoo.com

چکیده

خشکسالی مهمترین و مخرب‌ترین پدیده اقلیمی است که اثرات آن معمولاً در مقیاس منطقه‌ای اهمیت بیشتری دارد. به همین دلیل هدف این مطالعه ارائه روشی برای تحلیل منطقه‌ای خشکسالی است. در این مطالعه ابتدا روند بارندگی با استفاده از آزمون من-کندال و آزمون همگنی با استفاده از آزمون توالی بررسی شد و مشخص گردید منطقه مورد مطالعه از نظر بارندگی همگن بوده و بارندگی فاقد روند است. سپس با استفاده از دو شاخص مهم دهک‌ها و استاندارد بارش در ۸ ایستگاه منطقه، وضعیت خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب و در سال‌های مورد بررسی با یکدیگر مقایسه شد و نتایج آن در مقیاس منطقه ای، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این مطالعه نشان داد خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای به طور متوسط بیش از ۶۰ در صد منطقه را فرا می‌گیرد. این مطالعه همچنین نشان داد دهک‌های بارش که وضعیت خشکسالی را نشان می‌دهند فقط با طول جغرافیایی رابطه دارد. به عبارت دیگر خشکسالی با افزایش طول جغرافیایی و حرکت به سمت شرق با تناوب و شدت بیشتر رخ می‌دهد.

کلمات کلیدی: خشکسالی، شاخص دهک، شاخص استاندارد بارش، اردستان، تغییرات مکانی

www.SID.ir

pajouhesh & sazandegi: No 76 pp: 167-176

Regional drought analysis of Ardestan region based on two drought indices

By:M. Nasri. Department of Watershed Management, Islamic Azad University Ardestan Branch, Ardestan. R. Modarres. Faculty of Natural Resources.Isfahan University of Technology

Drought is the most harmful climatic event whose impacts are more important in regional scale. Thus, the aim of this study is to introduce a method for drought regional analysis. In this study, rainfall trend analysis by Mann-Kendal test and homogeneity test by run test were investigated and showed rainfall homogeneity and no significant rainfall trend. Then, using two important deciles and standardized precipitation indices of 8 stations in the region, drought condition for selected stations and period were compared and its results were investigated for the region. The results showed that drought cover 60 percent of the area averagely. The study also showed that rainfall deciles have relationship with longitude only. In other words, drought occurs more frequently and with higher intensities eastward.

Key words: Drought, Deciles Index, Standardized Precipitation Index, Ardestan, Spatial Variations

مقدمه

از اغلب تعاریف خشکسالی چنین بر می‌آید که خشکسالی دوره بلند مدت زمانی است که آب در دسترس به طور معنی دارای زیرحد معمول است. پائین تر بودن میزان آب نسبت به حد معمول در شرایط متفاوت و با توجه به حساسیت یک فرایند نسبت به کمبود رطوبت تعریف می‌شود. تغییرات بارندگی نیز می‌تواند به عنوان یکی از شاخص‌های خشکسالی در نظر گرفته شود؛ بطوریکه Hazen (۷) نشان داد در مناطق غرب آمریکا که در معرض خشکسالی متناوب هستند، تغییرات بارندگی سالانه بیش از ۳۵ درصد است در حالیکه در منطقه شرق که کمتر در معرض خشکسالی هستند، این مقدار به ۱۵ تا ۲۵ درصد می‌رسد(۱۱). بر اساس عناصر بوجود آورنده خشکسالی، می‌توان پنج نوع خشکسالی هواشناسی، هیدرولوژیک، کشاورزی، اقتصادی و ادافیک را دسته بندی کرد (۱۶،۱۲). در این مطالعه منظور از خشکسالی، نوع هواشناسی آن است. این نوع خشکسالی شدت کمتری نسبت به بقیه دارد و در نتیجه کاهش غیر منتظره باران بوجود می‌آید. خشکسالی هواشناسی موقعی پدید می‌آید که بارندگی به طور قابل ملاحظه‌ای زیر حد مورد انتظار باشند(۱۲). کاهش بارندگی به خودی خود خطر محسوب نمی‌شود. چرا که ارتباط بین بارندگی و آب قابل استفاده که آب مورد نیاز را تامین می‌کند، معمولاً غیرمستقیم است. گفته می‌شود بارندگی منبع آبی گیاه محسوب نمی‌شود، بلکه خاک منبع آب برای گیاه است. به همین ترتیب بارندگی آب آبیاری یا مورد نیاز شهری را به طور مستقیم تامین نمی‌کند، بلکه آبهای زیر زمینی و رودخانه‌ها این منابع را تامین می‌کند. از سوی دیگر ویژگی‌های مکانی اثرات خشکسالی به طورگسترده‌ای متفاوت است. خشکسالی بیشتر یک پدیده ناحیه‌ای است، بنابراین در نواحی کوچکتر تمام منطقه تحت تأثیر خشکسالی قرار می‌گیرد اما تنها قسمتی از مناطق بزرگتر ممکن است تحت تأثیر خشکسالی قرار بگیرد. اثر خشکسالی به شدت، مدت و قلمرو زمانی و مکانی آن بستگی دارد (۱۷). اثرات خشکسالی نسبت به اثرات دیگر بلایای طبیعی در نواحی جغرافیائی بزرگتر، کمتر مشاهده شده و پراکنده می‌شود. خسارت ناشی از سیل و زلزله را به ابنیه و ساختمان‌ها بسیار راحت تر از خسارت خشکسالی به اقتصاد، محیط زیست و اکولوژی می‌توان بررسی کرد (۱۶). هدف از این مطالعه تحلیل گستره منطقه‌ای خشکسالی در یک زمان مشخص است. به عبارت دیگر سوال این تحقیق آن است که میزان گسترش همزمان خشکسالی در محدوده مورد مطالعه چگونه است. خشکسالی ناحیه‌ای به صورت درصدی از یک ناحیه که تحت تأثیر خشکسالی قرار دارد تعریف می‌شود (۱۴). معمولاً به منظور مطالعه خشکسالی از شاخص‌های خشکسالی استفاده می‌شود. Paulo و همکاران (۱۴) Sirdsa و Sin (۱۵) با استفاده از شاخص استاندارد بارش و ترکیب آن با تئوری توالی، ناحیه تحت تأثیر خشکسالی و دوره تداوم آن را بدست آوردند. Tsarkis و Vangelis (۱۸) با استفاده از مدل رقومی زمین[1] (DTM) و گرادیان بارندگی، نقشه گستره شاخص استاندارد بارش را به عنوان شاخص خشکسالی ترسیم کردند. مشابه تحقیقات فوق در مقیاس ناحیه‌ای توسط Fowler و Kilsby(۴) در منطقه یورکشایر انجام شد. آن‌ها با استفاده از شاخص خود وضعیت خشکسالی را در مقیاس زمانی و مکانی و با استفاده از آمار بارندگی ایستگاه‌های منفرد بررسی کردند و میزان ریسک وقوع خشکسالی ناحیه‌ای را در منطقه مورد مطالعه خود ارزیابی کردند. همچنین، Vicents و Serrano (۱۹) با استفاده از شاخص SPI در تداوم‌های مختلف، نقشه گستره خشکسالی‌های با تداوم‌های مختلف در اسپانیا ترسیم کرد. وی با تلفیق این نقشه‌ها با نقشه دوره برگشت بارندگی، نقشه دوره برگشت خشکسالی‌ها و گستره هر کدام از آن‌ها را نیز ترسیم کرد. در این مطالعه خشکسالی منطقه اردستان و نواحی اطراف آن با استفاده از دو شاخص دهک‌های بارش و استاندارد بارش مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای رسیدن به سوال فوق در این تحقیق موارد زیر به ترتیب انجام شده است. از آنجا که وجود ایستگاه نا همگن یا ایستگاه دارای روند بارندگی امکان مقایسه منطقه‌ای را از ما می‌گیرد، ابتدا وضعیت همگنی و روند بارندگی سالانه در منطقه مورد آزمون قرار می‌گیرد. سپس وضعیت هر سال به لحاظ وقوع یا عدم وقوع خشکسالی با استفاده از شاخص‌های مورد نظر بررسی می‌شود. در پایان با مقایسه سال‌های آماری در ایستگاه‌های مختلف، میزان متوسط گستره خشکسالی در منطقه محاسبه می‌شود.

www.SID.ir

مواد و روش ها

منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه در شمال شرق اصفهان و در جنوب کویر نمک واقع شده است. این منطقه از شمال به کویر نمک، از جنوب به شهرستان اصفهان، از شرق به شهرستان نائین و از غرب به کاشان و نطنز محدود می‌شود و به طور کلی منطقه‌ای کویری است که قسمت اعظم شمال آن را کویر احاطه کرده است، در قسمت جنوبی آن چند رشته کوه قرار گرفته است.این ناحیه به علت طبیعت خشک و تبخیر زیاد با محدودیت شدید منابع آبی روبرو است.این ناحیه دارای آب و هوای گرم و خشک است. میانگین دمای سالانه هوا ۱۷/۵۴ درجه سانتیگراد است و سردترین ماه سال دی ماه و گرمترین آن تیرماه می‌باشد. همچنین میانگین حداقل درجه حرارت سالانه برابر با ۱۰/۱۴ درجه سانتیگراد میانگین حداکثر درجه حرارت سالانه برابر ۲۵/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد.

متوسط بارندگی سالانه این منطقه طی دوره مزبور ۱۲۲ میلیمتر گزارش شده است. بارندگی معمولاً از ماه آبان شروع و تا پایان اردیبهشت به صورت متناوب ادامه خواهد داشت. حداکثر بارندگی در ماه‌های، دی، بهمن و اسفند اتفاق می‌افتد. میزان رطوبت نسبی شهرستان در تیرماه به حداقل ۲۴/۳ درصد و در ماههای دی و بهمن به میزان حداکثر خود (۵۳/۳ درصد) می‌رسد. همچنین تعداد روزهای یخبندان در شهرستان به طور متوسط ۵۵ روز در سال است که معمولاً مربوط به ماه‌های دی و بهمن می‌باشد.

آزمون همگنی و روند

قبل از پرداختن به تحلیل خشکسالی بر اساس شاخص‌های آن، بهتر است اطلاعات بارش مورد دو آزمون همگنی و روند قرار گیرند.

بارندگی معمولاً دارای نوساناتی در طول زمان است. اگر این نوسانات فقط ناشی از نوسانات اقلیمی باشد، بارندگی همگن فرض می‌شود (۱۰). مهمترین عامل عدم همگنی تغییر در وسایل اندازه گیری، تغییر در محل ایستگاه و تغییرات محیطی مانند توسعه شهری هستند (۸). سازمان هواشناسی جهانی روش آزمون تام (آزمون توالی) را به این منظور پیشنهاد می‌کند (۱۱). سری زمانی xi را در نظر بگیرید که در آن i=۱,۲,...,n و میانه x_{med} باشد. با تبدیل‌کردن این سری به دو سری a و b به طوریکه سری اول مقادیر $x_i > x_{med}$ و سری دوم مقادیر $x_i < x_{med}$ را در خود داشته باشند، هر دسته که بدون تغییر باقی مانده است را یک توالی (run) می‌نامیم. سری مورد مطالعه همگن است اگر تعداد توالی‌ها (R) دارای توزیع نرمال با میانگین و انحراف معیار روابط ۱و۲ است:

رابطه ۱-
$$E(R)=\frac{N+2}{2}$$

رابطه-۲
$$Var(R)=\frac{N(N-2)}{4(N-1)}$$

رابطه-۳
$$Z=\frac{R-E(R)}{\sqrt{Var(R)}}$$

آماره Z نیز به صورت رابطه-۳ تعریف می‌شود:

در این حالت آزمون صفر مبنی بر همگنی سری در سطح ۱٪ و ۵٪ تایید می‌شود اگر مقدار Z به ترتیب باشند. $|Z| \le 1.64$ و $|Z| \le 2.58$

اغلب مطالعات روند با استفاده از روش‌های ناپارامتری صورت می‌گیرد. مطالعات متعددی نیز در زمینه تغییر اقلیم و روند بارش در مناطق خشک و نیمه خشک انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به مطالعه Grammer و همکاران در چین (۵) و در ناحیه مدیترانه لازارو (۱۰) به تحلیل روند بارش در اسپانیا پرداختند. در مناطق خشک و نیمه خشک آمریکای شمالی، Bullock(۲)و در برزیل، Depaulo و همکاران (۳)، روند تغییر اقلیم را مورد مطالعه و بحث قرار دادند. تمام این مطالعات با استفاده از روش‌های ناپارامتری صورت گرفته است. یکی از کاربردی ترین روشهای بررسی روند، آزمون من-کندال است.

آماره من-کندال (MK) به صورت رابطه-۴ محاسبه می‌شود (۱۰).

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\operatorname{sgn}(x_j-x_i)$$ رابطه-۴ :(۲۰۰۱)

که در آن xj داده‌های مرتب شده و n طول دوره آماری است (رابطه۵).

$$\operatorname{sgn}(\kappa)=\begin{cases}1 & \text{if } \kappa>0\\ 0 & \text{if } \kappa=0\\ -1 & \text{if } \kappa<0\end{cases}$$ رابطه-۵

میانگین و واریانس این آماره به صورت رابطه-۶ است:

$$E(S)=0$$

رابطه-۶
$$V(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{n}t_i i(i-1)(2i+5)}{18}$$

که در ان t_i تعداد افزایش‌ها در بازه i است. آماره استاندارد به صورت رابطه-۷ نوشته می‌شود:

$$Z_{MK}=\begin{cases}\dfrac{s-1}{\sqrt{Var(S)}} & S>0\\ 0 & S=0\\ \dfrac{s+1}{\sqrt{Var(S)}} & S<0\end{cases}$$ رابطه-۷

Archive of SID

www.SID.ir

آماره استاتدارد شده دارای توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس یک است. در هر سطح معنی داری، α، اگر احتمال معادل p، Z، کوچکتر از سطح معنی‌داری باشد، $p \leq \alpha$، فرض صفر رد شده و روند وجود دارد.

شاخص‌های خشکسالی هواشناسی

شاخص‌های خشکسالی دارای تنوع و تعدد هستند و هر کدام قابلیت‌ها و نقاط ضعفی دارند. در این مطالعه از بین شاخصهای خشکسالی هواشناسی، از دو شاخص مهم دهک‌ها و شاخص استاندارد بارش استفاده می‌کنیم که در مطالعه Keyantash و Dracup (۹) دارای بالاترین امتیاز نسبت به بقیه شاخص‌ها هستند.

دهک‌های بارش[۲]

میانگین بارندگی به عنوان مهمترین و کاربردی ترین ویژگی آماری در تحلیل‌های خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان یک متغیر جایگزین، میانه سری مورد مشاهده شاخصی برای بررسی تمایل مرکزی مشاهدات مورد استفاده قرار می‌گیرد. مشاهدات اقلیمی را معمولاً به ۱۰ قسمت، دهک، تقسیم می‌کنند. استفاده از روش مبتنی بر دهک‌ها به منظور پایش خشکسالی هواشناسی توسط Gibbs و Mahar (۶) معرفی گردید. روش دهک‌ها با رتبه بندی مشاهدات بارندگی آغاز می‌شود. اگر مقدار بارش در محدوده پایین ترین دهک قرار بگیرد، منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر خشکسالی در نظر گرفته می‌شود. جدول ۱ وضعیت خشکسالی و ترسالی را برای دهک‌های مختلف نشان می‌دهد. مزیت شاخص دهک‌ها آسان بودن محاسبه است. با این حال، این شاخص نیز مشکلاتی دارد. به عنوان مثال، مقدار کم بارش در مناطقی که بارندگی در آن‌ها بسیار پایین است یا در زمان‌هایی که بارندگی اتفاق نمی‌افتد، محقق را در تعیین وجود یا عدم وجود خشکسالی دچار اشتباه می‌کند.

شاخص استاندارد بارش[۳]

این شاخص مهمترین و کاربردی ترین شاخص خشکسالی است که توسط Mekee همکاران (۱۳) ابداع شد. این شاخص، هر مقدار بارندگی را به عنوان انحراف استاندارد از تابع توزیع احتمال بارش در نظر می‌گیرد. در این روش داده‌های بارش دارای توزیع نرمال (یا خانواده توزیع نرمال مانند نرمال ۲ پارامتری) فرض می‌شوند. این شاخص بدون بعد بوده و از بی نظمی داده‌های گسسته و تبدیل شده بارش که بر انحراف معیار بارندگی تقسیم شده است، محاسبه می‌شوند (۱). این شاخص به صورت رابطه۸ نوشته می‌شود:

$$SPI = \frac{P_i - \overline{P}}{\sigma}$$

رابطه-۸

که در آن P_i مقدار بارندگی در زمان i، $\overline{P}$ متوسط بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه و σ انحراف استاندارد بارندگی در دوره زمانی موردنظر است. جدول ۲ طبقه بندی شدت خشکسالی بر اساس این شاخص را نشان می‌دهد.

تحلیل مکانی خشکسالی

به منظور تحلیل خشکسالی‌های بوقوع پیوسته و همچنین تحلیل منطقه‌ای خشکسالی‌ها، رابطه همبستگی شاخص‌های فوق با تغییرات ارتفاعی و طول و عرض جغرافیایی ایستگاه‌ها و ضریب همپوشانی شرایط اقلیمی ایستگاه‌ها محاسبه و به منظور تحلیل به کار گرفته شد.

نتایج

آمار توصیفی

در تحلیل داده‌های اقلیمی قبل از پرداختن به هر موضوع دیگری بهتراست برخی آماره‌های توصیفی محاسبه شوند. مهمترین این آماره‌ها شامل آماره‌های پراکنش مرکزی یعنی میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات است. جدول۳ آماره‌های توصیفی بارندگی سالانه ایستگاههای مورد مطالعه در دوره آماری ۱۳۵۳-۱۳۷۸ را نشان می‌دهد.

تعیین رابطه همبستگی آماره‌های توصیفی با مختصات فیزیکی ایستگاه‌ها مانند طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه نحوه تغییرات مکانی این پارامترها به ویژه میانگین بارش سالانه و گرادیان بارش را نشان می دهد. جدول ۴ این ضرایب را نشان می‌دهد. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود تنها دو پارامتر میانگین بارندگی و ضریب تغییرات بارش به ترتیب با عرض و طول جغرافیایی رابطه منفی و مثبت معنی دار دارند. این موضوع نشان‌دهنده کاهش بارندگی در جهت شمال و افزایش بی نظمی بارش در جهت شرق (به طرف مناطق ایران مرکزی) است که با خصوصیات اقلیمی منطقه تطابق دارد. از سوی دیگر گرادیان بارندگی سالانه و حداکثر و حداقل بارندگی سالانه رابطه معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. بنابر این می‌توان نتیجه گرفت عامل ارتفاع در پراکنش بارندگی این منطقه نقشی ندارد و صرفا طول و عرض جغرافیایی در پراکنش بارندگی موثر هستند.

آزمون روند و همگنی

جدول ۵ نتایج آزمون همگنی را برای ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. با توجه به اینکه تمام مقادیر Z محاسبه شده در دامنه $|Z| \leq 1.64$ قرار دارد، فرض همگنی سری بارندگی مشاهداتی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح ۹۹٪ مورد قبول واقع می‌شود.

به عبارت دیگر بارش سالانه در منطقه همگن بوده و مکانیسم‌های موثر بر بارش یا خطای انسانی تاثیری در بارندگی ثبت شده نداشته اند.

آزمون روند برای بارندگی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد. نتایج تحلیل روند در جدول۶ آمده است. همانطور که این جدول نشان می‌دهد، بارندگی سالانه در منطقه مورد مطالعه فاقد هرگونه روند کاهشی و افزایشی است. به عبارت دیگر پدید آمدن خشکسالی واثرات ناشی از آن را نمی‌توان به تغییر اقلیم در منطقه ارتباط داد اما به دلیل کم بودن اطلاعات موجود برای رسیدن به چنین نتیجه‌ای باید احتیاط کرد. با این وجود می‌توان گفت تأثیر خشکسالی‌ها در منطقه بیش از هر چیز به مدیریت منابع آب و فعالیت انسانی مرتبط است.

شاخص دهک‌ها

شاخص دهک‌ها برای ایستگاههای مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار SPSS محاسبه گردید. بر اساس مقایسه مقدار بارندگی سالانه و

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- دهک‌های بارش بر اساس تقسیم بندی Gibbs و Mahar

وضعیت بارندگی	دهکهای بارش	کلاس (طبقه)	شدت رطوبت و خشکی
خیلی بالاتر از میانگین	بالاترین ده درصد	۱۰	رطوبت خیلی شدید[۱]
بالاتر از میانگین	ده درصد بعدی	۹	رطوبت شدید[۲]
بیشتر از میانگین	ده درصد بعدی	۸	رطوبت معمولی[۳]
کمی بیش از میانگین	ده درصد بعدی	۷	نرمال[۴]
میانگین	بیست درصد میانی	۵ و ۶	نرمال
کمی پائینتر از میانگین	ده درصد پائینی	۴	نرمال
زیر میانگین	ده درصد پائین تر	۳	خشکسالی معمولی[۵]
پائین تر از میانگین	ده درصد پائین تر	۲	خشکسالی شدید[۶]
خیلی پائین تر از میانگین	پائینترین ده درصد	۱	خشکسالی خیلی شدید[۷]

۱-Extremely wet, ۲-Very wet, ۳-Moderately wet, ۴-Near normal,
۵-Moderately dry, ۶-Severely dry, ۷-Extremely dry

جدول ۲- طبقه بندی شاخص SPI

مقدار شاخص استاندارد بارش	طبقه بندی
>۲	مرطوب بسیار شدید
۹۹/۱ تا ۱/۵	خیلی مرطوب
۴۹/۱ تا ۱/۰	تا حدی مرطوب
۰/۹۹ تا ۰/۹۹-	نزدیک به نرمال
۱/۰ - تا ۱/۴۹-	تا حدی خشک
۱/۵ - تا ۱/۹۹-	خیلی خشک
< - ۲	خشکی بسیار شدید

جدول۳- آماره‌های توصیفی بارندگی سالانه در ایستگاههای مورد مطالعه

ایستگاه	اندازه نمونه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	ضریب تغییرات
ورزنه	۲۵	۳۷	۱۵۳	۹۱/۳	۲۹/۱۱	۳۱/۸۸
زفره	۲۵	۶۰	۲۴۹/۵	۱۵۶/۲۸	۴۵/۵۲	۲۹/۱۳
کوهپایه	۲۵	۵۴	۱۶۲/۵	۱۰۴/۰۸	۳۲/۴۷	۳۱/۲
نیستانک	۲۵	۵۱	۱۸۷	۱۱۳/۵۱	۴۶/۷۵	۴۱/۱۸
مهاباد	۲۵	۲۹	۲۰۵/۵	۱۰۱/۲۶	۵۲/۶۳	۵۱/۹۷
هریزه	۲۵	۶۳	۲۷۳/۵	۱۷۰/۰۶	۴۹/۱۷	۲۸/۹۱
اردستان	۲۵	۴۵/۴	۲۰۴/۳	۱۱۳/۲۷	۴۱/۱۴	۳۶/۳۲
زواره	۲۵	۲۰	۱۵۸	۸۴/۷۳	۳۷/۳	۴۴/۰۲
نطنز	۲۵	۵۷/۵	۲۷۲/۸	۱۶۴/۵۸	۵۷/۱۷	۳۴/۷۴

Archive of SID

www.SID.ir

دهک‌های محاسبه شده برای هر ایستگاه، وضعیت دوره‌های خشک و تر در هر ایستگاه در دوره آماری مورد نظر تعیین گردید. شکل ۱ وضعیت بارندگی سالانه ایستگاه‌ها را نسبت به دهک‌های مختلف برای دو ایستگاه اردستان و نطنز نشان می‌دهد. در این شکل عدد ۱ به سال آبی ۱۳۷۷-۱۳۷۸ و عدد ۲۵ به سال آبی ۱۳۵۳-۱۳۵۴ نسبت داده شده است.

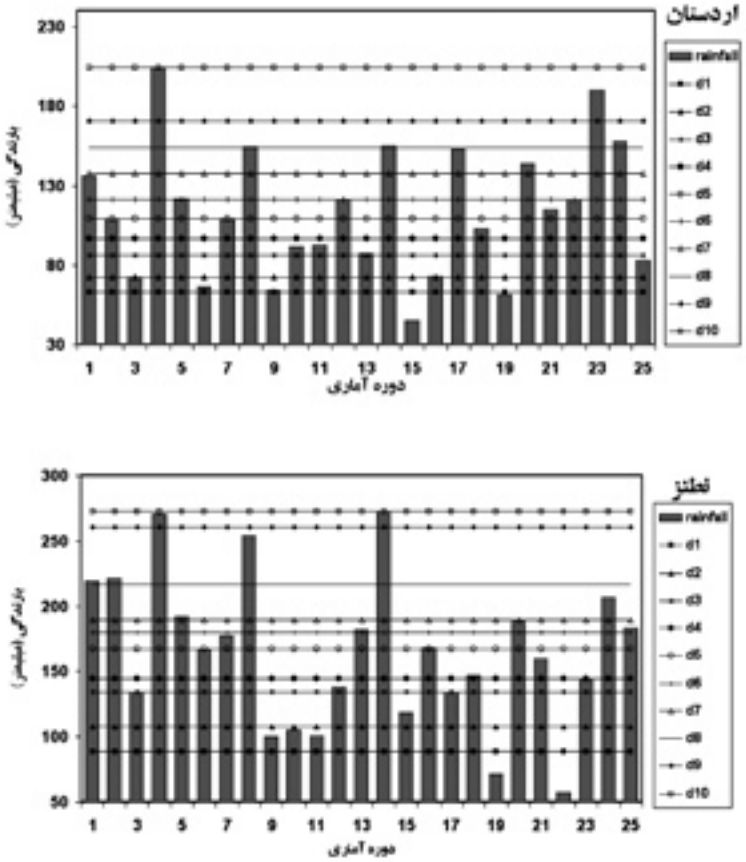
ضریب همبستگی مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها و دهک‌های بارش (جدول ۷) نیز نشان دهنده تأثیر طول جغرافیایی بر وقوع خشکسالی‌ها (دهک‌های اول تا پنجم) در منطقه است به طوریکه با افزایش طول جغرافیایی، مقدار بارندگی کاهش و به سمت دهک‌های اول تا پنجم (به ترتیب خشکسالی بسیار شدید تا بارندگی نزدیک به نرمال) حرکت می‌کند. به عبارت دیگر با حرکت به سمت شرق منطقه (نزدیک شدن به مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی ایران) شدت و احتمال وقوع خشکسالی‌ها افزایش می‌یابد.

تحلیل گستره مکانی خشکسالی

نکته حائز اهمیت در مطالعه خشکسالی‌ها مطالعه پراکنش مکانی و زمانی بارش در یک منطقه است. همزمانی رخداد خشکسالی در نواحی مختلف یک منطقه تأثیر مهمی بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی یک منطقه دارد و نکته بسیار مهمی در مدیریت مکانی خشکسالی است. به منظور پاسخ به این سوال، همپوشانی شرایط خشکسالی در ایستگاه‌های مختلف بر اساس هردو شاخص به صورت یک ماتریس همبستگی نشان داده می‌شود (جداول ۸ و ۹). به عنوان مثال برای شاخص دهک‌ها، ایستگاه‌های ورزنه و زفره در ۶۴ درصد سال‌ها (۱۶ سال) از وضعیت اقلیمی یکسانی برخوردار بوده‌اند. در حالیکه این میزان برابر ۷۲ درصد یعنی ۱۸ سال برای ایستگاههای ورزنه و کوهپایه می‌باشد. حداکثر ضریب همپوشانی شرایط خشکسالی مربوط به ایستگاه‌های کوهپایه و نیستانک، کوهپایه و ورزنه و زواره با اردستان و برابر ۷۲ درصد و کمترین همبستگی مربوط به ایستگاه‌های مهاباد و ورزنه برابر ۲۰ و مهاباد و زواره برابر ۲۴ درصد می‌باشد. متوسط همپوشانی برای تمام ایستگاه‌ها برابر ۴۹ درصد (۱۲ سال) و انحراف استاندارد ۱۴ درصد (۳/۵) است. به عبارت دیگر در هر دوره آماری بین ۶۳ تا ۳۵ درصد سال‌ها کل منطقه تحت شرایط خشکسالی قرار دارند. این موضوع ویژگی منطقه‌ای بودن خشکسالی را تائید می‌کند.

به عبارت دیگر خشکسالی معمولاً یک منطقه نسبتاً وسیع را در بعد زمان تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (۱۶).

در مورد شاخص استاندارد بارش، به عنوان مثال، جدول ۹نشان می‌دهد ایستگاه‌های کوهپایه با زواره و کوهپایه و نیستانک در ۶۴ درصد سال‌ها (۱۶ سال) از وضعیت اقلیمی یکسانی برخوردار بوده‌اند. در حالیکه این میزان برابر ۶۰ درصد یعنی ۱۵ سال برای ایستگاههای ورزنه و کوهپایه می‌باشد. حداکثر ضریب همپوشانی شرایط خشکسالی مربوط به ایستگاههای کوهپایه و نیستانک، زواره و ورزنه و مهاباد با هریزه و برابر ۶۴ درصد و کمترین همبستگی مربوط به ایستگاه‌های مهاباد و نطنز برابر ۴۰ و مهاباد و زواره برابر ۳۶ درصد می‌باشد. نکته جالب توجه اینکه ضریب همپوشانی ایستگاه مهاباد با زواره و نطنز بر اساس شاخص دهک‌ها نیز کمترین مقدار را نشان داد (جدول ۸) متوسط همپوشانی برای تمام ایستگاه‌ها برابر ۵۲ درصد (۱۳ سال) و انحراف استاندارد ۹ درصد (۲/۵ سال) است. به عبارت دیگر و بر اساس شاخص استاندارد بارش، در هر دوره آماری بین ۶۲ تا ۴۳ درصد سال‌ها کل منطقه تحت شرایط خشکسالی قرار دارند. نتایج این تحلیل نیز مانند شاخص دهک‌ها بر منطقه‌ای بودن پدیده خشکسالی دلالت دارد(۱۶). رابطه همبستگی حداکثر و حداقل شاخص SPI محاسبه شده نیز با مختصات جغرافیایی ایستگاه‌ها نیز محاسبه شده که در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار نیست.



شکل ۱- مقایسه بارندگی سالانه و دهک‌های محاسبه شده برای ایستگاه‌های اردستان و نطنز (d۱ تا d۱۰، دهک‌های اول تا دهم)

www.SID.ir

جدول ۴- ضرایب همبستگی پارامترهای آماری بارندگی و مختصات مکانی ایستگاه

	عرض جغرافیایی	طول جغراقیایی	ارتفاع
میانگین	- ۰/۶*	- ۰/۲۷	۰/۵۶
حداکثر	۰/۵۴	- ۰/۰۸	۰/۵۶
حداقل	- ۰/۴۸	- ۰/۴۸	۰/۵۹
انحراف معیار	- ۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۵۷
ضریب تغییرات	۰/۵۳	۰/۶۹**	- ۰/۱

*: سطح معنی داری=۱۰٪، **: سطح معنی داری=۵٪

جدول ۵- نتایج آزمون همگنی بارندگی در ایستگاههای مورد مطالعه

	ورزنه	زفره	کوهپایه	نیستانک	مهاباد	هریزه	اردستان	زواره	نطنز
مقدار آماره	۹۲	۱۵۸/۵	۹۶	۱۰۲	۹۶	۱۶۷	۱۰۹/۵	۸۴	۱۶۷/۲
تعداد مقادیر بزرگتر از آستانه	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
تعداد مقادیر کوچکتر از آستانه	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳	۱۳
تعداد توالیها	۱۱	۱۸	۱۶	۱۴	۱۲	۱۴	۱۴	۱۴	۱۱
مقدار Z	- ۰/۸۱	۱/۶۴	۰/۸۲	۰/۰۰۸	- ۰/۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	- ۰/۸۱
سطح معنی داری	۰/۴۱	۰/۰۹	۰/۴	۰/۹۹	۰/۶۸	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹

جدول ۶- نتایج تحلیل روند بارندگی در ایستگاههای مورد مطالعه

	ورزنه	زفره	کوهپایه	نیستانک	مهاباد	هریزه	اردستان	زواره	تطتز
مقدار آماره	۱/۳۱	۱/۵۹	۰/۳۷	۰/۴۴	۰/۰۹	۱/۴۷	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۸۴
سطح معنی داری	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۷۱	۰/۶۶	۰/۹۳	۰/۱۴	۰/۷۴	۰/۷۶	۰/۴۰

جدول ۷- ضریب همبستگی مختصات جغرافیایی ایستگاهها و دهکهای بارندگی

ایستگاه	دهک اول	دهک دوم	دهک سوم	دهک چهارم	دهک پنجم	دهک ششم	دهک هفتم	دهک هشتم	دهک نهم	دهک دهم
طول جغرافیایی	- ۰/۶***	- ۰/۶***	- ۰/۶۶**	-۰/۶۷**	- ۰/۶۴***	- ۰/۵۵	- ۰/۵۷	- ۰/۴۴	- ۰/۵۷	- ۰/۵۴
عرض جغرافیایی	- ۰/۴۸	- ۰/۴۶	- ۰/۳۹	- ۰/۲۹	- ۰/۲۴	- ۰/۲۵	- ۰/۲۸	- ۰/۱۲	۰/۰۲	- ۰/۰۸
ارتفاع	۰/۵۱	۰/۵۳	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۵	۰/۵۶	۰/۷۰**	۰/۶۲۰***	۰/۵۶

***: سطح معنی داری۹۰=٪، **: سطح معنی داری=۹۵٪

Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

خشکسالی یک پدیده اقلیمی است که در مقیاس ناحیه‌ای بر منابع آب و فعالیت‌های مرتبط با آن تأثیر می‌گذارد. بنابر این تحلیل و بررسی خشکسالی‌ها به صورت محلی و نقطه‌ای اطلاعات زیادی در مورد خشکسالی و ریسک ناشی از آن به ما نمی‌دهد. در این مطالعه که به منظور بررسی خشکسالی در منطقه اردستان در شمال شرق استان اصفهان انجام گرفت، علاوه بر تحلیل خشکسالی در ایستگاه اردستان، خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در چند ایستگاه منطقه اردستان نیز انجام شد. اولین تحلیل در مورد همگنی منطقه مورد مطالعه نشان داد بارندگی در منطقه مورد مطالعه همگن بوده دارای منشاء یکسان هستند. تحلیل روند بارندگی در ایستگاه‌های منطقه نیز از عدم وجود روند کاهش برندگی در سری‌های زمانی بارندگی حکایت می‌کند. این موضوع در وهله اول این نکته را به ذهن می‌رساند که وقوع خشکسالی و خسارات ناشی از آن به ویژه در سال‌های آخر دهه ۱۳۸۰ را نمی‌توان به تنهایی ناشی از تغییر اقلیم و روند کاهشی بارندگی دانست بلکه ممکن است به تغییرات عمومی جو و پدیده انسو مرتبط باشد. گرچه بررسی این ارتباط به مطالعات جداگانه‌ای نیاز دارد.

مطالعه خشکسالی‌های پدید آمده در منطقه مورد بررسی با استفاده از دو شاخص مهم که بیانگر سه ویژگی مهم خشکسالی یعنی شدت، مدت و فراوانی است انجام شد. نتایج حاصل از دو شاخص مهم استاندرد بارش وشاخص دهک‌ها از وجود همپوشانی شرایط خشکسالی در منطقه اردستان حکایت می‌کند به طوریکه این ایستگاه به طور متوسط در ۵۰ درصد مواقع با شرایط دیگر ایستگاه‌ها دارای شرایط یکسانی است. این مقایسه برای سایر ایستگاه‌ها نیز شرایط مشابهی را نشان می‌دهد. به عبارت دیگر پراکنش شرایط خشکسالی در منطقه مورد مطالعه به طور منطقه‌ای عمل کرده و نمی‌توان یک ایستگاه را از دیگر ایستگاه‌ها و یک منطقه را از نواحی دیگر جدا دانست. نکته قابل توجه این است که با حرکت به شرق و نزدیک شدن به شرایط اقلیمی خشک تر، ریسک خشکسالی نیز افزایش می‌یابد.

گرچه این مطالعه بر اساس یک دوره ۲۵ ساله صورت گرفت، می‌توان گفت بررسی دقیق تر خشکسالی در منطقه اردستان اولاً نیاز به استفاده از دوره آماری بلند مدت تر است. ثانیا، عدم وجود اطلاعات مربوط به رطوبت خاک به منظور محاسبه شاخص خشکسالی پالمر که مستقیما با شرایط رطوبت خاک در ارتباط است، تحلیل ارتباط مکانی و زمانی اثرات خشکسالی در مقیاس منطقه‌ای و بررسی خسارت خشکسالی را به ویژگی در بخش کشاورزی با مشکل مواجه کرده است. لذا در مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود اولا تحلیل روند با دوره آماری بلند مدت و بر اساس تحلیل سری‌های سالانه و ماهانه صورت گیرد. ثانیا با در نظر گرفتن عوامل دیگری نظیر تبخیر و تعرق، تغییرات رطوبتی نیز در مقیاس منطقه‌ای صورت گیرد. ثالثاً اطلاعات مربوط به شرایط رطوبت خاک و شاخص‌های پوشش گیاهی به وسیله روش‌های جدیدی مانند روشهای سنجش از دور صورت گیرد. جمع آوری اطلاعات بلندمدت و تحلیل سری‌های زمانی شاخص‌های خشکسالی به منظور پیش بینی خشکسالی از دیگر مواردی است که به ایجاد سیستم پایش خشکسالی و سیستم هشدار خشکسالی کمک می‌کند.

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردستان، در اجرای طرح پژوهشی مصوب دانشگاه تحت عنوان بررسی خشکسالی‌های اقلیمی و پیامدهای ناشی از آن در شهرستان اردستان قدردانی می‌شود.

جدول ۸ - ماتریس ضریب همپوشانی شرایط خشکسالی ایستگاههای منطقه طرح بر اساس شاخص دهک ها

ایستگاه	ورزنه	زفره	کوهپایه	نیستانک	مهاباد	هاریزه	اردستان	زواره	نطنز
ورزنه	۱۰۰								
زفره	۶۴	۱۰۰							
کوهپایه	۷۲	۵۸	۱۰۰						
نیستانک	۶۸	۵۲	۷۲	۱۰۰					
مهاباد	۲۰	۳۶	۲۵	۴۴	۱۰۰				
هاریزه	۷۲	۶۸	۷۲	۶۸	۳۶	۱۰۰			
اردستان	۶۰	۵۶	۴۰	۴۰	۳۲	۴۸	۱۰۰		
زواره	۵۶	۴۴	۴۸	۴۴	۲۴	۴۰	۷۲	۱۰۰	
نطنز	۶۰	۶۰	۵۲	۶۴	۳۶	۵۲	۴۸	۴۸	۱۰۰

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۹- ماتریس ضریب همپوشانی شرایط خشکسالی ایستگاههای منطقه طرح بر اساس شاخص استاندارد بارش

ایستگاه	ورزنه	زفره	کوهپایه	نیستانک	مهاباد	هاریزه	اردستان	زواره	نطنز
ورزنه	۱۰۰								
زفره	۵۶	۱۰۰							
کوهپایه	۶۰	۵۲	۱۰۰						
نیستانک	۶۰	۴۸	۶۴	۱۰۰					
مهاباد	۳۶	۳۲	۳۶	۵۶	۱۰۰				
هاریزه	۵۲	۵۲	۵۲	۵۶	۶۴	۱۰۰			
اردستان	۵۶	۵۶	۴۰	۵۲	۴۴	۵۶	۱۰۰		
زواره	۶۴	۵۲	۶۴	۴۸	۳۶	۵۲	۶۴	۱۰۰	
نطنز	۴۸	۶۰	۴۴	۵۲	۴۰	۵۲	۵۲	۵۲	۱۰۰

پاورقی‌ها

1-Digital Terrain Model

2-Standardized Precipitation Index

3-Rainfall deciles

منابع مورد استفاده

1- Agnew, C. T., 2000; Using SPI to identify drought. Drought Network News, 12, 6-11.

2- Bullock, S. H., 2003; Seasonality, spatial coherence and history of precipitation in a desert region of the Baja California peninsula. Journal of Arid Environments, 53:169-183.

3- De Paulo, V., Da Silva, R., 2004; On climate variability in northeast of Brazil. Journal of Arid Environment, 58: 575-596.

4- Fowler, H. J., Kilsby, C. G.,1998; A weather-type approach to analyzing water resources drought in the Yorkshire region from 1881 to 1998. J. Hydrol., 262, 177-192.

5- Germmer, M., Becker, S., Jiang. T. 2004; Observed monthly precipitation trends in China 1951-2002. Theoretical and Applied Climatology, 77: 39-45.

6- Gibbs, W. J., Maher, J. V., 1967; Rainfall deciles as drought indicators. Australian Bureau of Meteorology, Bull. 48, 37 pp.

7-Hazen, A., 1917; Storage to be provided in impounding reservoirs for municipal water supply, Trans. ASCE, Vol. 77, Paper 1308, ASCE, N.Y, 1914.

8- Jones, P., 1995; The instrumental record: its accuracy and use in attemots to identify the CO_2 signals. In: Von Storch, H., &Navarra, A. (Eds), Analysis of Climate Variability. Applications of Statistical Techniques, pp. 54-75. Berlin: Springer. 334p.

9- Keyantash, J., Dracup, J. A., 2002; The quantification of drought: An evaluation of drought indices. American Meteorological Society, 1167-1180.

10- Lazaro, R., Rodrigo, F. S., Gutierrez, L., Domingo, F., Puigdefabregas, J. (2001); Analysis of a 30-year rainfall record (1967-1997) in semi-arid SE Spain for implications on vegetation. Journal of Arid Environments, 48:373-395.

11- Loucks, D. P. and J. S Gladwell,1999; Sustainability Criteria for Water Resources System, Cambridge Universit,

12- Mainguet, M.,1999; Aridity, drought and human development, Springer, Berlin,

13- Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993; Drought monitoring with multiple timescales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc., 179-184.

Archive of SID

www.SID.ir

14- Paulo, A.A., Pereira, L.S. and Matias, P.G., 2001; Analyses of local and regional droughts in southern Portugal. In: Proceedings Workshop on Drought Mitigation for the Near East and the Mediterranean, ICARDA, Aleppo, Syria.

15- Sirdas, S., Sen, Z., 2003; Spatio-temporal drought analysis in Trakya region, Turkey. Hydrological Science Journal, 48, 809-820.

16- Smith, K.,2000; Environmental hazards, assessment risk and reduction disasters, Routledge, London.

17- Thompson, S. A. .1999; Hydrology for water management A. A. Balkema, Rotterdam.

18- Tsakiris, G., Vangelis, H., 2004; Towards a drought watch system based on spatial SPI. Water Resources Management, 18, 1-12.

19- Vicente-Serrano, S. M., 2006; Differences in spatial patterns of drought on different time scales: An analysis of the Iberian Peninsula. Water Resources Management, 20, 37-60.

Archive of SID

www.SID.ir