

تحلیل خشکسالی مهران و دهلران با استفاده از شاخص‌های میانگین متحرک و PNPI

مسعود گودرزی^{۱*}، سید اسعد حسینی^۲، حمزه احمدی^۳

۱- دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، پست الکترونیک (m.goodarzi@areeo.ac.ir mgoodarzi@scwmri.ac.ir)

۲- دکترای اقلیم‌شناسی از دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دکترای آب و هواشناسی از دانشگاه حکیم سبزواری

چکیده

خشکسالی، حالتی نرمال و مستمر اقلیمی است که دارای مکانیسمی پیچیده بوده و نسبت به تمامی حوادث طبیعی ماهیت آن کمتر شناخته شده است و ممکن است در هر وضعیت اقلیمی رخ دهد. با توجه به خشکسالی‌های اخیر در کشور و مطرح شدن بحران آب بویژه در منطقه مورد مطالعه ضرورت انجام پژوهش در این زمینه آشکار می‌گردد. و ارزیابی و پایش خشکسالی با شاخص‌های معتبر، یک از راه‌های تعدیل و اولین قدم در مدیریت این پدیده محسوب می‌شود. لذا در این پژوهش داده‌های بارش ۲ ایستگاه باران‌سنجی مهران و دهلران در غرب استان ایلام به صورت ماهانه و سالانه با دوره آماری ۳۵ ساله (۱۳۸۸-۱۳۵۳) تهیه و پس از اطمینان از همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون ران تست در سطح ۰/۰۵، جهت بررسی تغییرات بارش از میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله و برای طبقه بندی خشکسالی با استفاده از شاخص PNPI از نرم افزارهای آماری SPSS و Excel استفاده شده است. نتایج حاصل نشان داد که روند بارش در هر دو ایستگاه نزولی است. و شیب خط روند بارش ایستگاه مهران با $4/88-$ نسبت به میانگین دراز مدت، بسیار شدیدتر از ایستگاه دهلران با شیب خط $0/97-$ می‌باشد. که نشان دهنده طولانی‌تر بودن دوره‌های خشک در دهه‌های اخیر در منطقه است. بر اساس شاخص PNPI نیز بیشترین فراوانی خشکسالی در غرب استان مربوط به طبقه متوسط می‌باشد و بیانگر آنست که شدت خشکسالی در منطقه مهران بیشتر از دهلران و از آسیب پذیری، فراوانی، شدت و تداوم شدیدتری نسبت به منطقه دهلران برخوردار است. لذا با شناخت خشکسالی‌های منطقه و روند آن می‌توان تدابیر لازم برای مقابله و مدیریت هرچه بهتر منابع را اتخاذ نمود.

واژه‌های کلیدی: ایلام، توزیع زمانی، خشکسالی، میانگین متحرک، PNPI

مقدمه

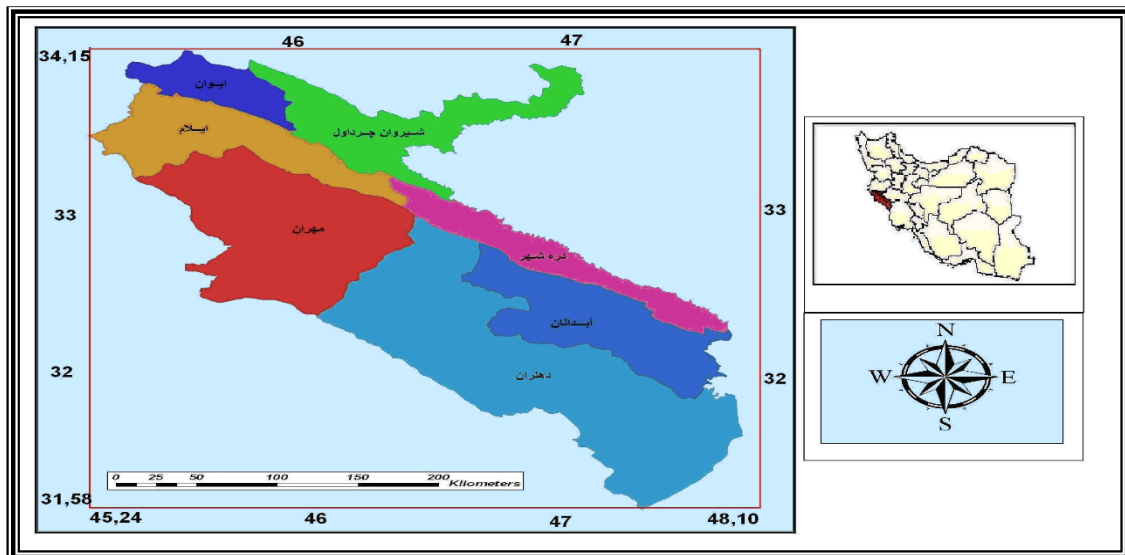
امروزه بحران آب در جهان به مسئله بسیار جدی بدل گردیده است، لذا براهمیت ضرورت منابع آبی کشور بیش از پیش افزوده شده، که مسلماً اجرای صحیح آن بدون شناخت و آگاهی دقیق و جامع از مسایل طبیعی حوضه‌های آبی کشور امکان پذیر نیست (منتظری و غیور، ۱۳۸۸). خشکسالی، حالتی نرمال و مستمر اقلیم است. اگر چه بسیاری به اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌دانند. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد گرچه مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً متفاوت است (احمدی، ۱۳۸۸). خشکسالی وابسته به عوامل و پارامترهای متفاوتی است که در این میان تحلیل داده‌های بارش از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که بارندگی مهمترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی، تغییرات مخازن زیر زمینی آب و غیره منعکس می‌شود. از طرف دیگر در میان متغیرهای اقلیمی، بارش خصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک جزء بی ثبات‌ترین آنها محسوب می‌شود (لشنی‌زند، ۱۳۸۰). در بین بلایایی طبیعی، بنا به عللی مانند گستردگی وسیع‌تر، در برگیرنده جمعیت بیشتر و دوره تداوم زیادتر از اهمیت بیشتری برخوردار است و ممکن است اثرات آن تا چندین سال پس از خاتمه آن نیز ادامه داشته باشد. خشکسالی یکی از پدیده‌های محیطی و بخش جدایی ناپذیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. این پدیده در واقع از ویژگی اصلی و تکرار شونده اقلیم‌های مختلف بشمار می‌رود (زابل عباسی و همکاران، ۱۳۸۶). کشور ایران در عین گستردگی، در منطقه خشک و نیمه خشک جهان قرار رفته

است و خشکسالی با شدت و ضعف‌های مختلف از ویژگی اصلی آب و هوایی آن محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر آثار زیان بار خشکسالی بر منابع آبی بسیار زیاد بوده است و پیش‌بینی می‌شود در خشکسالی‌های گسترده، بیش از ۶۰ درصد جمعیت روستاهای کشور، محل زندگی خود را ترک و به شهرها مهاجرت کنند (احمدی، ۱۳۸۸). زارع ایپانه و همکاران (۱۳۸۳) وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان را بر اساس شاخص‌های آماری مطالعه نمودند. و فراوانی و شدت خشکسالی را در مقیاس فصلی و سالانه نشان دادند. مرید و همکاران (۱۳۸۴) در طراحی سیستم پایش خشکسالی استان تهران، به منظور تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت فعال از تعدادی از شاخص‌های خشکالی استفاده نموده‌اند که یکی از این شاخص‌ها، شاخص درصد از بارش نرمال (PNPI) می‌باشد. فرج‌زاده (۱۳۸۴) با بررسی نمایه درصد از بارش نرمال (PNPI)، آن را به علت سادگی، جامعیت و انعطاف پذیری به عنوان نمایه مناسب انتخاب نموده و خشکسالی در کل کشور را بر پایه آن بررسی نموده است. انصافی‌مقدم (۱۳۸۶) در پژوهشی به ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک پرداخت. و مناسب‌ترین شاخص‌ها را به ترتیب spi و zsi و pn معرفی نمود. مزیدی و همکاران (۱۳۸۸) در پژوهشی با استفاده از روش دما و بارش استاندارد و درصد نرمال خشکسالی نیمه غربی استان کرمان را بصورت فصلی و سالانه مورد بررسی قرار داده‌اند. نتایج حاصل بیانگر نشان داد که بیشتر خشکسالی‌های منطقه از نوع ضعیف بوده است. حسینی و همکاران (۱۳۹۰) به پایش خشکسالی و روند آن در شهرستان سنندج پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که خشکسالی‌های با شدت خیلی زیاد در منطقه رخ نداده و خشکسالی شدید فقط یکبار در طول دوره آماری مورد بررسی (۲۰۰۵-۱۹۶۰) رخ داده است. لذا با توجه به بحران خشکسالی در سال‌های اخیر در کشور بویژه استان ایلام و اثرات آن بر تولید گندم در مناطق مهران و دهلران که یکی از قطب‌های تولید گندم در کشور محسوب می‌شود، به عنوان مهمترین تجربه در زمینه خشکسالی به این پدیده مخرب در سطح منطقه با توجه به داده‌های بارش پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهرستان‌های مهران و دهلران در استان ایلام از ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵ دقیقه عرض جغرافیایی و از ۴۵ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول جغرافیایی را در بر می‌گیرد. (شکل ۱)



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان ایلام

جهت انجام پژوهش حاضر از داده‌های بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی مهران و دهلران با دوره آماری بلند مدت ۳۵ ساله (۱۳۸۸-۱۳۵۳) بصورت ماهانه و سالانه استفاده شده است. ابتدا همگنی داده‌ها در سطح ۰/۰۵ درصد براساس آزمون (Run test) تایید گردید. سپس به منظور بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص PNPI، از محیط نرم افزارهای آماری spss و Excel کمک گرفته شد. شاخص درصد از نرمال (PNPI) یکی از ساده‌ترین روش‌های پایش خشکسالی برای هر مکان می‌باشد. مقادیر حاصل از این شاخص قابلیت انعطاف پذیری جهت سایر محاسبات را دارد و می‌تواند در توزیع‌های آماری جهت پیش‌بینی وارد شود و ارقام حاصل از این شاخص انحراف

نسبت به میانگین را به خوبی نشان می‌دهد. چنانچه مقدار بارندگی در یک دوره مشخص را بر مقدار نرمال (میانگین) بارندگی آن دوره تقسیم و عدد حاصله را در ۱۰۰ ضرب کنیم شاخص درصد نرمال بدست می‌آید. درصد نرمال نشان‌دهنده درجه خشکسالی یا ترسالی آن دوره می‌باشد. اگر از ۱۰۰ کمتر باشد نشان‌دهنده خشکسالی و اگر از ۱۰۰ بیشتر باشد نشان‌دهنده ترسالی می‌باشد. محاسبه مقادیر بارشها نسبت به میانگین دراز مدت منطقه که بعنوان درصد بیان می‌شود به علت سادگی، جامعیت و قابلیت انعطاف پذیری زیاد به عنوان شاخص مهم مورد توجه محققان است و از رابطه ذیل بدست می‌آید (علیزاد، ۱۳۸۶):

$$pn = \frac{pi}{\bar{p}} \times 100$$

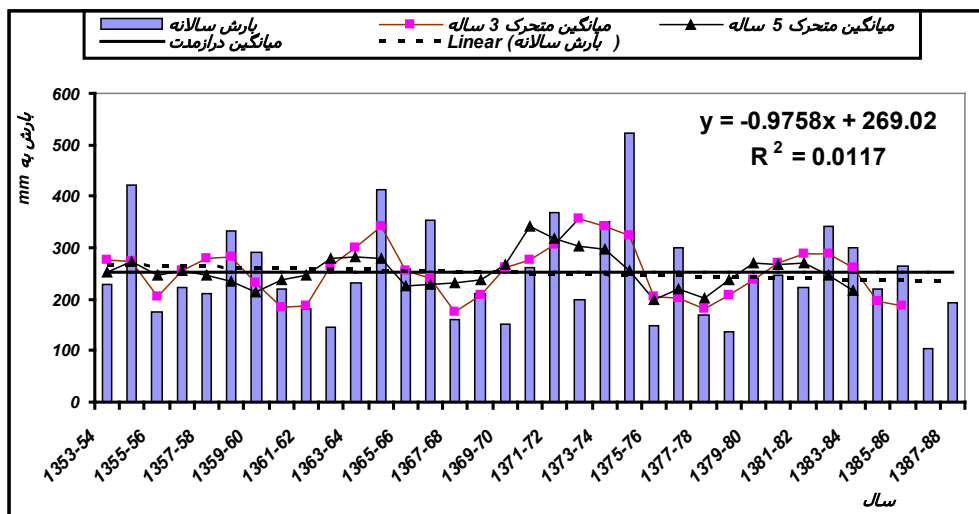
Pi مقدار بارش در سال مفروض \bar{P} میانگین طولانی بارش و pn شاخص درصد نرمال می‌باشد.

روش مورد مطالعه در این پژوهش به صورت آماری - تحلیلی بوده و در جهت دستیابی به اهداف تعیین شده از آمار ایستگاه‌های هواشناسی بارانسنجی و سینوپتیک در منطقه مورد مطالعه استفاده شده است. آمار مورد نیاز از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و سپس در محیط نرم افزار اکسل به صورت مجموعه داده لازم تنظیم شد و وضعیت روزهای همراه با گردوغبار به صورت میانگین و مجموع کل دوره برای هر ایستگاه در قالب نمودار مشخص شد. جهت بررسی توزیع مکانی روزهای گردوغباری از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) بهره گرفته شد. در این راستا در محیط نرم افزار ArcGIS10.2 براساس روش‌های درون یابی مختلف برآورد ایستگاهی توزیع مکانی در قالب هر پهنه مشخص گردید و در نهایت روش‌های درون یابی IDW و کریجینگ با همدیگر مقایسه شده و هر کدام از روش‌ها که از خطای کمتری برخوردار بودند برای توزیع مکانی آن متغیر استفاده شد.

نتایج و بحث

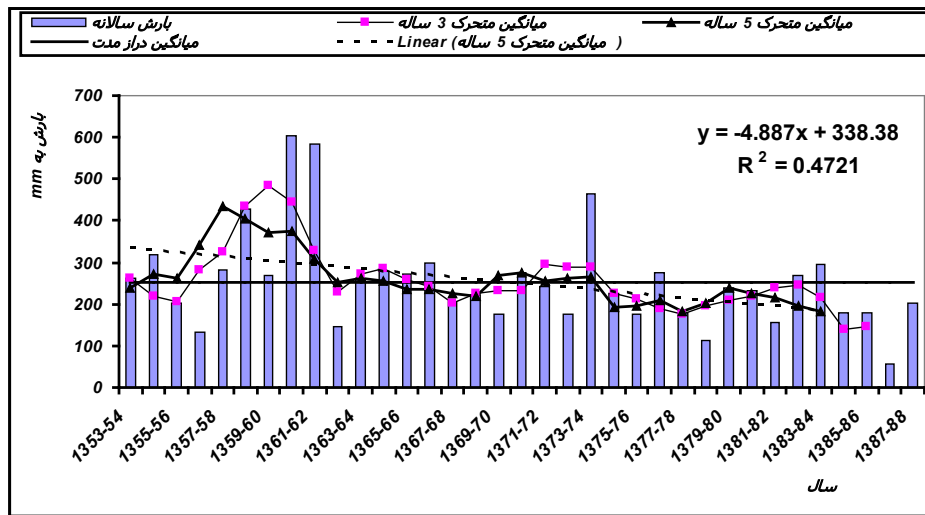
۱- بررسی تغییرات بارش و میانگین متحرک

به منظور بررسی دقیق خشکسالی ابتدا داده‌های بارش و نوسانات آن براساس میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که در منطقه دهلران ۵ دوره خشکسالی اتفاق افتاده است (شکل ۲). با این تفاوت که در دهه‌های اخیر طول دوره خشکسالی طولانی‌تر بوده است. و روند بارش در منطقه نیز نزولی و با شیب خط ۰/۹۷- دارای تغییرات کمتری نسبت به میانگین بلندمدت می‌باشد. و نشان دهنده این است که ماهیت منطقه دهلران بیشتر خشک است و بارش در این منطقه از تغییرات کمتری برخوردار می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۲- بررسی تغییرات بارش سالانه با میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله ایستگاه باران‌سنجی دهلران

در منطقه مهران وضعیت تغییرات بارش شدیدتر از دهلران می‌باشد. در این منطقه در اوایل دوره آماری یک تر سالی شدید و یک تر سالی خیلی ضعیف اتفاق افتاده است و تقریباً از دهه ۶۰ به بعد بارش کمتر از میانگین دراز مدت داشته است. روند بارش در منطقه نزولی یا کاهشی می‌باشد. شیب تغییرات بارش نسبت به میانگین درازمدت $-4/88$ با ضریب تعیین $0/47$ درصد نشان دهنده وضعیت کاهش شدید بارش در سال‌های اخیر در منطقه است. در واقع منطقه مهران از نظر بارش در دهه‌های اخیر از تغییرات شدیدتری برخوردار بوده است. (شکل ۳).



شکل ۳- بررسی تغییرات بارش سالانه با میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله ایستگاه باران‌سنجی مهران

بررسی ویژگی‌های آماری ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه نشان دهنده این واقعیت است که ضریب تغییرات بارش ایستگاه مهران بیشتر از دهلران بوده است. در واقع نوسانات بارش در منطقه مهران شدیدتر و با تغییرات زیادی همراه است. منطقه دهلران و مهران هر دو جزء مناطق گرمسیر و خشک استان و کشور محسوب می‌شوند و تغییرات شدید بارش در این مناطق زمینه ساز خشکسالی‌های مختلف بوده و خسارات زیادی را از جوانب مختلف بر منطقه متحمل کرده است. و می‌توان اظهار داشت منطقه غرب استان ایلام (مهران و دهلران) یکی از بحرانی‌ترین مناطق از لحاظ وضعیت کم آبی و خشکسالی در غرب کشور می‌باشد. ویژگی‌های آماری بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه مورد مطالعه در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های آماری بارش ایستگاه‌های مهران و دهلران

ویژگیهای آماری ایستگاه	میانگین بارش	حداکثر بارش	حداقل بارش	انحراف معیار	ضریب تغییرات	میانه
دهلران	۲۵۱/۴۵	۵۲۷/۷۱	۱۰۵	۹۲/۳۲	۳۶/۷۱	۲۳۰
مهران	۲۵۳/۶۴	۵۲۷/۱	۱۰۵	۱۱۵/۸۱	۴۵/۶۵	۲۳۰

۲- ارزیابی خشکسالی منطقه با شاخص PNPI

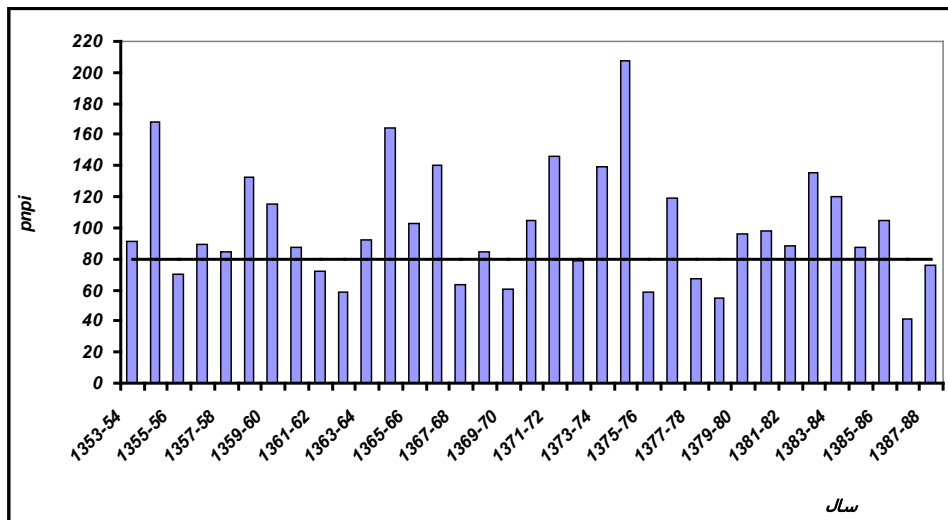
از ویژگی‌های عمومی خشکسالی بررسی شدت، فراوانی و تداوم خشکسالی در هر منطقه می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه در ایستگاه دهلران شدیدترین خشکسالی با مقدار $41/46$ در سال آبی $87 - 1386$ رخ داده است. و در ایستگاه مهران با مقدار $22/67$ در سال $88 - 1387$ رخ داده است. و نشان می‌دهد که شدیدترین خشکسالی‌های منطقه در سال‌های اخیر رخ داده است و این نیز می‌تواند نشانه‌ای از نزولی بودن بارش و تغییرات شدید بارش در منطقه باشد. از دیگر ویژگی‌های خشکسالی بررسی فراوانی خشکسالی می‌باشد، در هر دو ایستگاه بیشترین فراوانی براساس این شاخص مربوط به طبقه متوسط می‌باشد. خشکسالی در منطقه مهران هم شدیدتر و هم از فراوانی

بالتری نسبت به منطقه دهلران برخوردار است. بطوری که حتی در منطقه مهران یک مورد خشکسالی بسیار شدید نیز اتفاق افتاده است. جدول (۲) طبقات خشکسالی، فراوانی و درصد خشکسالی در ایستگاه‌های دهلران و مهران را نشان می‌دهد.

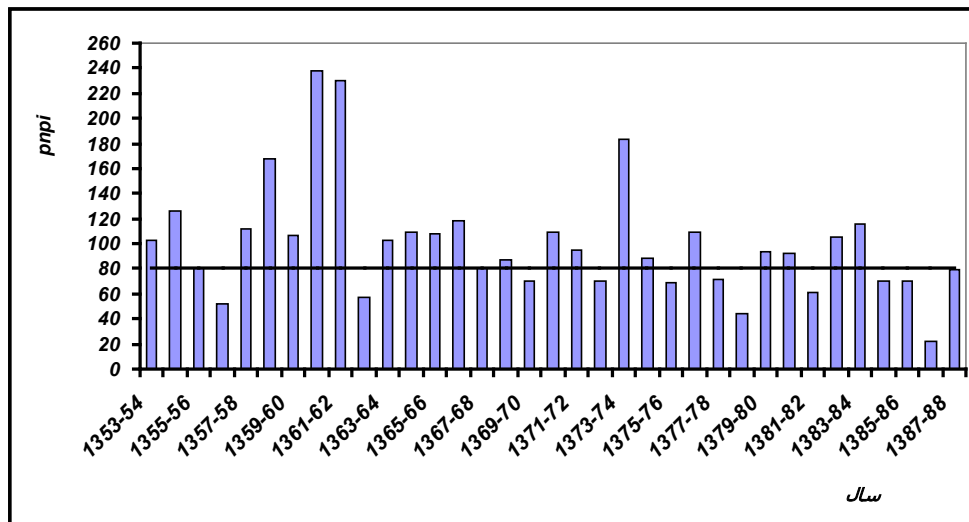
جدول ۲- طبقات خشکسالی بر اساس شاخص PNPI

خشکسالی بسیار شدید		خشکسالی شدید		خشکسالی متوسط		خشکسالی ضعیف		نوع شاخص
< 40		40 تا 55		55 تا 70		70 تا 80		
درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	
-	-	۰/۵۰	۲	۰/۸۰	۵	۰/۷۰	۳	دهلران
۰/۲۵	۱	۰/۵۰	۲	۰/۸۰	۵	۰/۷۵	۴	مهران

از لحاظ تداوم خشکسالی در منطقه دهلران تداوم خشکسالی اکثراً یکساله است فقط ۲ مورد ۲ ساله در آن اتفاق افتاده است. در منطقه مهران نیز تداوم خشکسالی بیشتر یکساله است و فقط یک تداوم ۴ ساله در ۴ سال اخیر دوره آماری اتفاق افتاده است. نتایج خشکسالی ایستگاه‌های دهلران و مهران بر اساس شاخص PNPI در شکل‌های (۴ و ۵) آورده شده است.



شکل ۴- نتایج خشکسالی ایستگاه دهلران بر اساس شاخص pnpi



شکل ۵- نتایج خشکسالی ایستگاه مهران بر اساس شاخص PNPI

در مجموع می‌توان ادعان نمود منطقه مهران از نظر خشکسالی آسیب پذیرتر بوده و هم از فراوانی و شدت و هم از تداوم شدیدتری نسبت به منطقه دهلران برخوردار است. در این بررسی شاخص PNPI به علت سادگی و انعطاف پذیری و توان بالا در نشان دادن خشکسالی‌های با شدت و ضعف مختلف به عنوان شاخص محاسبه کننده خشکسالی منطقه مورد استفاده قرار گرفت. منطقه مهران و دهلران قطب تولید گندم غرب کشور می‌باشند و با توجه به تغییرات شدید بارش در دهه‌های اخیر، منبع اصلی تامین آب جهت آبیاری مزارع آبهای زیر زمینی می باشد که در سال‌های اخیر بشدت سطح آبهای زیرزمینی پایین رفته و با توجه به بحران آب در منطقه بسیار خطرناک و قابل توجه مسئولان امر می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

خشکسالی در قالب هدف‌های تحقیق انواع متعددی دارد که در این تحقیق به خشکسالی اقلیمی تاکید شده است. خشکسالی در اکثر مناطق یک پدیده طبیعی، اقلیمی است و در طول سالیان متمادی اثرات جبران ناپذیری را به دنبال دارد. از جمله، تامین آب برای کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی است و می تواند از اثرات خفیف بر زندگی شخصی تا مصایب بزرگ در سطح ملی انجامد. و بطور مستقیم یا غیر مستقیم تاثیر می گذارد. با مطالعه و برنامه‌ریزی‌های دقیق می‌توان احتمال رخداد خشکسالی را برای سال‌های آینده پیش بینی نمود و تا حدودی اثرات و تبعات ناشی از آن را کاهش داده و یا خود را برای مقابله با آن آماده نمود. برای حفظ منابع ارزشمند آب به عنوان گنجینه‌ای بی نظیر در معیشت مردم منطقه قلمداد می‌گردد و همچنین برای حفظ و نگهداری آن برای نسل‌های آینده، لزوم شناخت این پدیده اقلیمی و مدیریت صحیح ایجاب می‌کند که مطالعات جامعی بر روی پدیده خشکسالی صورت گیرد. در این پژوهش داده‌های بارش بصورت سالانه برای دوره آماری ۳۵ ساله در سطح ایستگاه‌های بارانسنجی دهلران و مهران به منظور پایش خشکسالی غرب استان ایلام براساس شاخص PNPI و تغییرات بارش با میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله بررسی گردید. در این پژوهش به عنوان مهمترین تجربه در زمینه خشکسالی در غرب استان ایلام با توجه به مطالعات دقیق صورت گرفته در مناطق مختلف کشور، سعی گردید ابتدا به بررسی نوسانات و تغییرات بارش منطقه پرداخته شود و سپس داده‌های بارش با رابطه PNPI محاسبه گردد. بررسی تغییرات بارش نشان می‌دهد که در منطقه دهلران تغییرات یا شیب خط نسبت به میانگین درازمدت ۰/۹۷- و ضعیف می‌باشد. و روند بارش نزولی است که نشان می‌دهد در دهه‌های اخیر بارش در منطقه کمتر از میانگین دراز مدت بوده است. در منطقه مهران نیز شیب خط ۴- می‌باشد و روند کلی بارش در این منطقه نیز نزولی است. مقایسه دو منطقه نشان می‌دهد که منطقه دهلران نسبت به مهران از تغییرات و نوسانات کمتری برخوردار بوده است. براساس میانگین‌های متحرک در منطقه مهران بجز یک دوره ترسالی شدید در اوایل دوره آماری مورد بررسی بقیه سال‌ها جزء دوره‌های خشک محسوب می‌گردد. نتایج حاصل نشان داد که در غرب استان بارش از تغییرات بسیار شدیدی برخوردار است و دوره‌های خشک بسیار طولانی‌تر از دوره‌های ترسالی می‌باشد. غرب استان ایلام به دلیل ارتفاع کمتر و همسایگی با دشت‌ها و بیابان‌های خشک کشور عراق از توده هواهای غربی و جنوب‌غربی بهره‌چندانی نمی‌برند و جزو مناطق کم باران استان محسوب می‌گردند. نتایج شاخص PNPI نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی خشکسالی در منطقه مربوط به طبقه متوسط می‌باشد و خشکسالی‌های منطقه مهران شدیدتر از دهلران است. تداوم خشکسالی‌ها در هر دو ایستگاه یکساله و دو ساله می‌باشد ولی در منطقه مهران یک تداوم ۴ ساله در سال‌های اخیر اتفاق افتاده است. و شاخص PNPI توانسته است وضعیت و طبقه‌بندی خشکسالی در غرب استان را به خوبی نشان دهد.

منابع

- ۱- احمدی، ح (۱۳۸۸) تحلیل خشکسالی در شهر ایلام براساس شاخص توزیع استاندارد و درصد نرمال، اولین همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی، آبان ۱۳۸۸.
- ۲- انصافی مقدم، ط، (۱۳۸۲) ارزیابی چند شاخص خشکسالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک، فصلنامه علمی پژوهشی



چهارمین کنفرانس ملی حفاظت خاک و آبخیزداری با محوریت گرد و غبار

تهران- پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری

۱۸ و ۱۹ آذر ماه ۱۳۹۹



- تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ج ۱۴، ش ۲.
- ۳- حسینی، الف، س.، ارغوانی، الف.، آزادی مبارکی، م.، محمدپور، ک (۱۳۹۰) پایش خشکسالی و روند آن در شهرستان سنندج، پنجمین همایش منطقه‌ای یافته‌های پژوهشی کشاورزی، دانشگاه کردستان، ۶ ص.
- ۴- زابل عباسی، ف.، و همکاران (۱۳۸۶) بررسی و مقایسه شاخص‌های خشکسالی در مشهد، اداره کل هواشناسی استان خراسان رضوی.
- ۵- زارع ابیانه، ح و همکاران (۱۳۸۳) بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان براساس شاخص‌های آماری خشکسالی، پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ش ۶۴.
- ۶- علیزاده، الف (۱۳۸۶) اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ ۲۲.
- ۷- فرج زاده، م (۱۳۸۴) خشکسالی از مفهوم تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۸- لشنی زند، م.، تلوری، ع (۱۳۸۰) بررسی خشکسالی اقلیمی و امکان پیش‌بینی آن در شش حوضه واقع در غرب و شمالغرب ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۷۲.
- ۹- مرید، س و همکاران (۱۳۸۴) طرح پایش خشکسالی استان تهران، شرکت سهامی مدیریت منابع آب، معاونت پژوهش و مطالعات پایه (طرح تحقیقات کاربردی).
- ۱۰- مزیدی، الف و همکاران (۱۳۸۸) بررسی سالانه و فصلی خشکسالی در نیمه غربی استان کرمان، همایش منطقه‌ای بحران آب و خشکسالی، ۳۰ و ۳۱ اردیبهشت دانشگاه آزاد اسلامی رشت.
- ۱۱- منتظری، م.، غیور، ح (۱۳۸۸) تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه‌ی خزر، مجله جغرافیا و توسعه، ش ۱۶.
- 12- Kilsby, C.G., Jones, P.D., Burton, A., Ford, A.C., Fowler, H.J., Harpham, C., James, P., Smith, A., Wilby, R.L. 2007. A daily weather generator for use in climate change studies. *Environmental Modelling and Software*, 22: 1705–1719.
- 13- Dibike, Y.B., Coulibaly, P. 2005. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay Watershed: Comparison of downscaling Methods and Hydrologic Models. *Journal of Hydrologic*, 307: 145–163.
- 14- Hay, L.E., Wilby, R.L., Leavesley, G.H. 2000. A comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States. *Journal of the American Water Resources Association*, 36: 387-397.