

پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی با استفاده از روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW) (مطالعه موردی: حوضه دریاچه نمک)^۱

طاهره انصافی مقدم^{۲*} و عمار رفیعی امام^۳

*۲- نویسنده مسئول، مربی پژوهشی بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، پست الکترونیک: ensafi@rifr-ac.ir

۳- کارشناس ارشد پژوهشی بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

تاریخ پذیرش: ۸۸/۰۴/۰۲

تاریخ دریافت: ۸۷/۰۳/۲۶

چکیده

در این مطالعه منطقه حوضه دریاچه نمک با داشتن شرایط خاص اقلیمی از نظر بروز پدیده خشکسالی مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور بررسی تعیین فراوانی، شدت و مدت وقوع پدیده خشکسالی بر منطقه مورد بررسی از روش SPI و به منظور پهنه‌بندی گستره‌های تحت تأثیر خشکسالی، از روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW) استفاده شده است. در این مطالعه با استفاده از آمارهای ۴۴ ساله داده‌های بارش (۱۹۵۷-۲۰۰۰) در ۳۴ ایستگاه و با بکارگیری روش SPI، اقدام به محاسبه فراوانی، شدت و مدت خشکسالی در منطقه مورد بررسی شد و بعد با طبقه‌بندی میزان تداوم، شدت و مدت خشکسالی، تجزیه و تحلیل سالانه از خشکسالی‌ها به عمل آمد و در نهایت به منظور تجزیه و تحلیل شدت تغییرات مکانی شاخص SPI در طول دوره درازمدت، در محیط برنامه نرم افزاری Arc view با استفاده از روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW) اقدام به تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی از گستره مورد مطالعه شد. نتایج حاصل از ارزیابیها نشان‌دهنده تأثیر حساسیت خشکسالی‌های اقلیمی بر عرصه مورد مطالعه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، پهنه‌بندی، شاخص SPI و روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW).

مقدمه

این پدیده مقاومت کند قحطی به وجود خواهد آمد (Karms Arma, 1990) کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند (Miller, 1991). بنا به اعلام دفتر هواشناسی ایالات متحده خشکسالی آنگاه به وقوع می‌پیوندد که میزان بارندگی برای یک دوره ۲۱ روزه یا بیشتر به میزان ۳۰ درصد میانگین نزول کند (Oliver s.owen, 1995). بررسی شاخص‌های تعیین خشکسالی می‌تواند در جهت پیش‌بینی خشکسالی به

خشکسالی پدیده‌ای است که هر چند سال یکبار و در نتیجه کاهش میزان بارندگی در نقاط مختلف جهان به وقوع می‌پیوندد و چنانچه کشاورزی پایدار نتواند در برابر

۱- این مقاله بخشی از نتایج طرح تحقیقاتی « بررسی و ارزیابی شاخص‌های اقلیمی و تعیین شاخص مناسب پیش‌بینی خشکسالی در حوضه دریاچه نمک» است که اجرای آن در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور در سال ۱۳۸۵ به پایان رسیده و اصل گزارش آن با شماره ثبت ۴۵۱۶ و کد ۰۶-۰۱۷۰۰۰-۴۱۰-۸۲ موجود می‌باشد.

عنوان مهمترین راهکار مقابله و کاهش خسارات ناشی از خشکسالی را می‌توان از مقوله‌های مختلف مانند خشکسالی هیدرولوژیک، خشکسالی اقلیمی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی بررسی نمود و تنها کمبود بارش نمی‌تواند گویای خشکسالی یک منطقه باشد بلکه بارش مؤثر باید در نظر گرفته شود. سازمان یونسکو تأثیر جهت کوهها در افزایش و کاهش خشکسالی را بررسی کرده‌اند و مشخص شده که در مناطق مرتفع و مناطق با ارتفاع متوسط، اختلاف بارندگی بین شیبهای در جهت باد و شیبهای درخلاف جهت باد بسیار متفاوت است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۷۲)، و جهت دامنه‌ها روی تأخیر در ذوب برف ناشی از تفاوت حرارتی، رطوبت خاک و در نتیجه پوشش گیاهی و همچنین نوع فرسایش تأثیر می‌گذارد (سلاجقه، ۱۳۷۳). (خلیقی سیگارودی، ۱۳۷۴)، (MIMKO, 1993) در یونان، (دین پژوه، ۱۳۷۲)، (Liew & Garbrecht, 2001) در فلوریدا، (قاسمپور، ۱۳۷۴) در غرب مازندران، بارندگی متوسط سالیانه را به عنوان عامل مؤثر در جریان حداقل به‌کار برده‌اند (وفاخواه، ۱۳۷۷). با آنالیز منطقه‌ای جریان حداقل برای تعیین خشکسالی حوضه دریاچه نمک، اقدام کرد. (وفاخواه، ۱۳۷۹). حجاری زاده و همکاران، مقاله‌ای با عنوان مدل پیش‌بینی خشکسالی در کرمان، برای بررسی خشکسالی در کرمان از داده‌های بارش کلیه ایستگاههای موجود استفاده کرده و ۴۰ درصد سالهای مورد مطالعه را درگیر پدیده خشکسالی و ۱۶/۷ درصد موارد را دارای مازاد آب دانسته و برطبق مدلسازی بارش و خشکسالی، روند خشکسالی در این استان را رو به افزایش محسوب کرده است (حجاری زاده، ۱۳۷۹). علی حسنی‌ها و

همکاران، وضعیت خشکسالی و روند آن در استان زنجان را بر اساس چهار شاخص آماری (درصد از بارش میانگین، انحراف از میانگین، کلاسه بندی بارش و شاخص توزیع استاندارد) ترسیم کردند. نتیجه بررسی نشان داد شاخص‌های فوق در حالت کلی با همدیگر همخوانی داشته و براساس میانگین‌های متحرک، روند خشکسالی در استان زنجان رو به افزایش بوده که به تدریج بر دوره تداوم و شدت آن افزوده می‌شود (حسنی‌ها، ۱۳۷۹). (قطره‌سامانی، ۱۳۷۹) با ترسیم نقشه توزیع خشکسالی استان چهارمحال بختیاری، نشان داد میزان شدت خشکسالی از شرق به غرب و از شمال به جنوب استان، کاهش می‌یابد. پرهت و همکاران در بررسی روند خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها در حوضه کارون، میزان جریان خروجی و بارندگی درازمدت حوضه را به منظور بررسی روند خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها مد نظر قرار داده و طول دوره‌های خشکسالی و توالی تکرار آنها و نیز شدت خشکسالی با استفاده از روش میانگین متحرک را مورد بررسی قرار دادند (پرهت، ۱۳۷۹). نیکپور در سمینار کارشناسی ارشد با بررسی‌های اجمالی از میانگین‌های متحرک ۵، ۷ و ۹ ساله به مطالعه خشکسالی در چند حوضه آبخیز استان مازندران پرداخت و غرب استان مازندران را دارای یک دوره خشکسالی ملایم و طولانی ولی مرکز و شرق استان را توأم با دوره‌های خشک شدید در چند سال اخیر دانست (نیکپور، ۱۳۸۰). (به نقل از خدیری تازان، ۲۰۰۳)

روش تحقیق

به منظور مطالعه و بررسی خشکسالی از شاخص تحلیل داده‌های بارندگی که در کشور ما به راحتی قابل

تحلیل میزان و تداوم خشکسالی‌های سالانه پرداخته شد. در آخرین مرحله با استفاده از روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW)، به پهنه‌بندی توزیع خشکسالی در سطح حوضه، مبادرت و مشخص شد که میزان شدت خشکسالی از شرق به غرب و از شمال به جنوب استان، کاهش می‌یابد و خشکسالی اقلیمی در غرب حوضه چندان مشهود نیست. در اجرای این تحقیق به منظور بررسی دقیق و کمی‌سازی شدت خشکسالی و برای تعیین تاریخ شروع، خاتمه و طول مدت یا تداوم خشکسالی از لوح فشرده تخصصی، آموزشی (DIP) Drought Indices package استفاده شده است. « برای تحلیل خشکسالی فقط باقیمانده‌های منفی مورد توجه قرار می‌گیرد، و از باقیمانده‌های مثبت می‌توان برای تحلیل‌های ترسالی استفاده کرد» (طایی سمیرمی و همکاران، ۱۳۸۷).

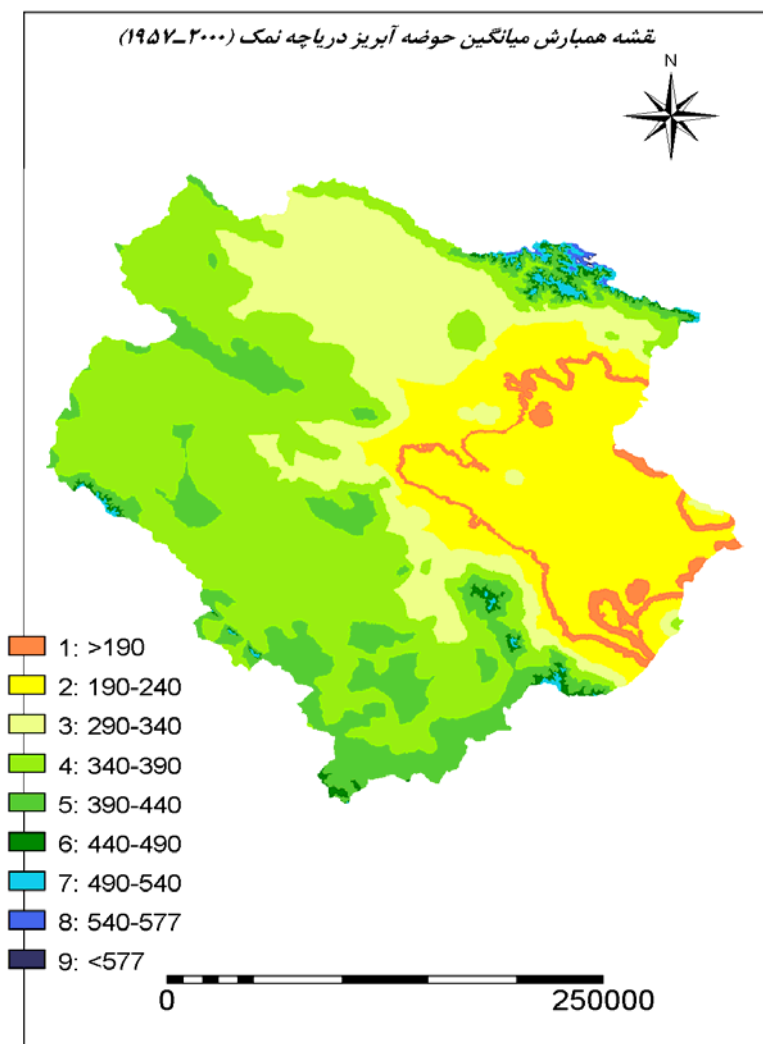
موقعیت جغرافیایی و وضعیت آب و هوایی منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز دریاچه‌نمک بین مختصات جغرافیایی 48° تا 30° و 52° طول شرقی و 33° تا 37° عرض شمالی واقع شده و استانهای تهران، مرکزی، قم، قزوین، زنجان، همدان و بخش‌های بسیار کوچکی از استان‌های مازندران و اصفهان را پوشش داده است. از مهمترین شهرهای این حوضه آبخیز می‌توان تهران، کرج، ورامین، قزوین، تاکستان، خرمدره، همدان، دزگزی، ساوه، قم، تفرش، آشتیان، کاشان، اراک، شمس‌آباد، گلپایگان و خوانسار را نام برد. حوضه آبخیز دریاچه‌نمک، از شمال به دامنه‌های کوهستان البرز، از جنوب و غرب به دامنه‌های کوهستان زاگرس و از شرق به کویر کاشان و دریاچه‌نمک محدود می‌شود. نقشه هم‌بارش حوضه آبخیز دریاچه‌نمک (شکل ۱) تغییر نسبتاً مشخص بارش در

دسترس می‌باشد استفاده می‌شود. (خدیری تاژان، ۲۰۰۳) در این مطالعه از داده‌های بارش ماهانه و سالانه ۳۴ ایستگاه هواشناسی به مدت ۴۴ سال (۱۹۵۷-۲۰۰۰)، استفاده شد و برای تفکیک دوره‌های خشک از مرطوب در مقاطع زمانی (ماهانه، سالانه) با بکارگیری از نرم افزار^۱ DIP (Drought Indices package) بر روی داده‌های بارش، فراوانی دوره‌های خشک و تر، بزرگی، تداوم و شدت آنها از طریق شاخص‌های متعدد محاسبه شد. در مرحله اول این تحقیق به منظور ارزیابی بهتر تغییرات مکانی بارش در انتخاب ایستگاهها علاوه بر کمیت و کیفیت داده‌ها، طول و عرض جغرافیایی و ارتفاع از سطح دریا، و همچنین پایه زمانی ۴۴ ساله (از ۱۹۵۷ تا ۲۰۰۰) به‌عنوان پایه آماری مشترک در بررسی تغییرات زمانی بارش مورد توجه قرار گرفت. سپس صحت و همگنی داده‌های مورد بررسی و داده‌های ناقص هر ایستگاه با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های مجاور از طریق روش همبستگی و روش نسبت نرمال (مهدوی، ۱۳۸۵) مورد بازسازی قرار گرفت. در مرحله دوم با استفاده از روش میانگین متحرک، روند دوره‌های خشک و مرطوب به وسیله آمار درازمدت بارش و دوره‌های تداوم و شدت خشکسالی با استفاده از شاخص‌های متعدد خشکسالی اندازه‌گیری شد. در مرحله بعدی با استفاده از شاخص (SPI) اقدام به تحلیل و طبقه‌بندی شدت و مدت خشکسالی‌ها شد و بعد از تعیین مقادیر SPI ماهانه و سالانه و طبقه‌بندی شدت خشکسالی، به پایش و تجزیه و

(ایستگاه‌های کاشان، گرمسار، اردستان) و در بخش‌های جنوبی حوضه مقدار بارش مجدداً به ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر افزایش می‌یابد. (ایستگاه‌های خوانسار، گلپایگان، دامنه فریدن). بدین ترتیب در این حوضه، توزیع مکانی بارندگی آن از غرب به شرق با کاهش همراه است درحالی‌که توزیع زمانی آن وضعیتی تقریباً منظم دارد. حداکثر بارش در بهار و حداقل آن در تابستان اتفاق می‌افتد (انصافی مقدم، ۱۳۸۱).

بخش‌های مختلف حوضه مخصوصاً نواحی دشتی و ارتفاعات را طی دوره آماری ۴۴ ساله نشان می‌دهد. در ارتفاعات شمالی و غربی حوضه (ایستگاه‌های قزوین، خرمدره، همدان نوژه، فرودگاه همدان، بروجرد و ملایر) مقدار بارش از ۳۰۰ میلی‌متر در سال تجاوز می‌کند. با حرکت از سمت غرب به شرق از مقدار بارش به شدت کاسته شده و در دشت و مناطق نزدیک به دریاچه نمک، میزان آن به مقدار ۱۰۰ میلی‌متر یا کمتر از آن تقلیل می‌یابد

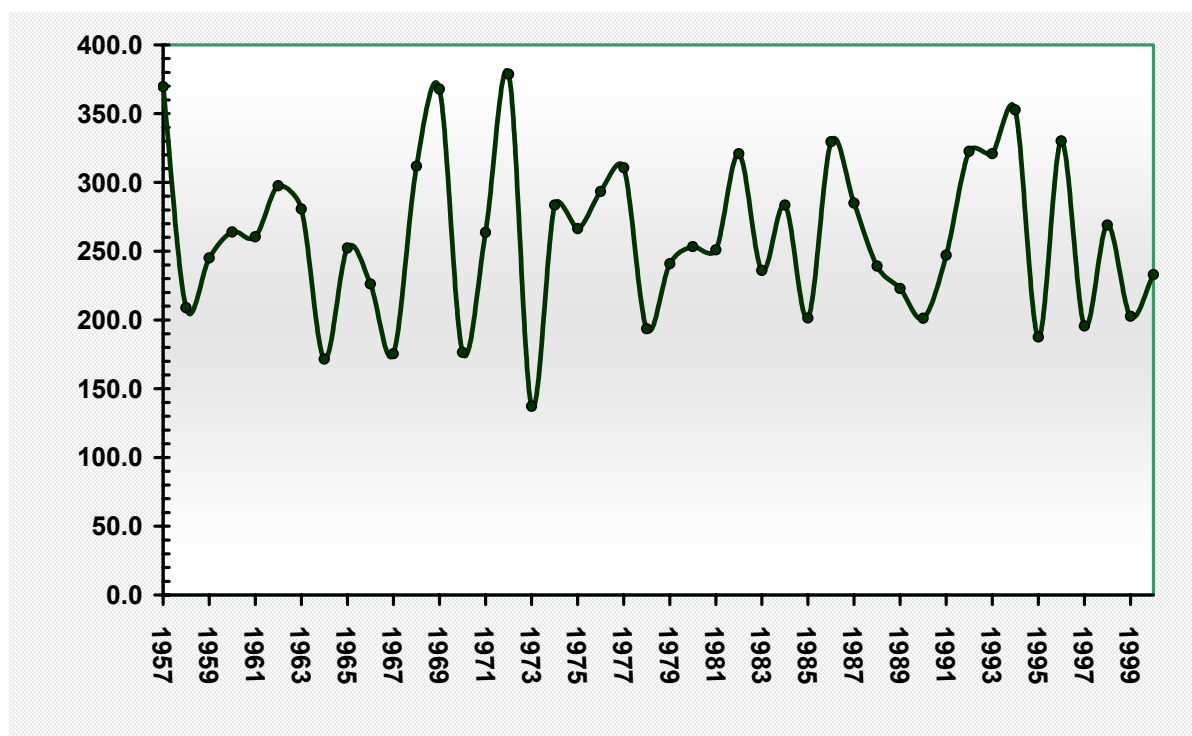


شکل ۱- نقشه هم‌بارش میانگین حوضه دریاچه نمک (۱۹۵۷-۲۰۰۰)

دریاچه‌نمک، سری زمانی میانگین بارش کل ایستگاه‌های حوضه و میانگین متحرک پنج و هفت ساله در طی دوره محاسبه و نمودارهای مربوط به هر ایستگاه به طور جداگانه ترسیم شده است. سری زمانی میانگین بارش کل ایستگاه‌های حوضه دریاچه‌نمک در شکل ۲، در طول دوره درازمدت نشان داد که بیشترین تغییرات زمانی در طی دوره در سال ۱۹۷۳ رخ داده است.

الگوی زمانی تغییرات خشکسالی در طول دوره درازمدت در طی دوره و در منطقه مورد بررسی

به اعتقاد آپایدین و همکاران، (۲۰۰۶)، داده‌های بارندگی ماهانه، کل بارندگی سالانه و میانگین بارندگی سالانه می‌توانند جهت استخراج اطلاعاتی از میزان تغییرپذیری باران و نیز تعیین اقلیم بکار روند (به نقل از کلاستاقی، ع. و همکاران، ۱۳۸۷). به منظور لزوم اطلاع از وضعیت دوره‌های خشک و مرطوب درحوضه آبخیز



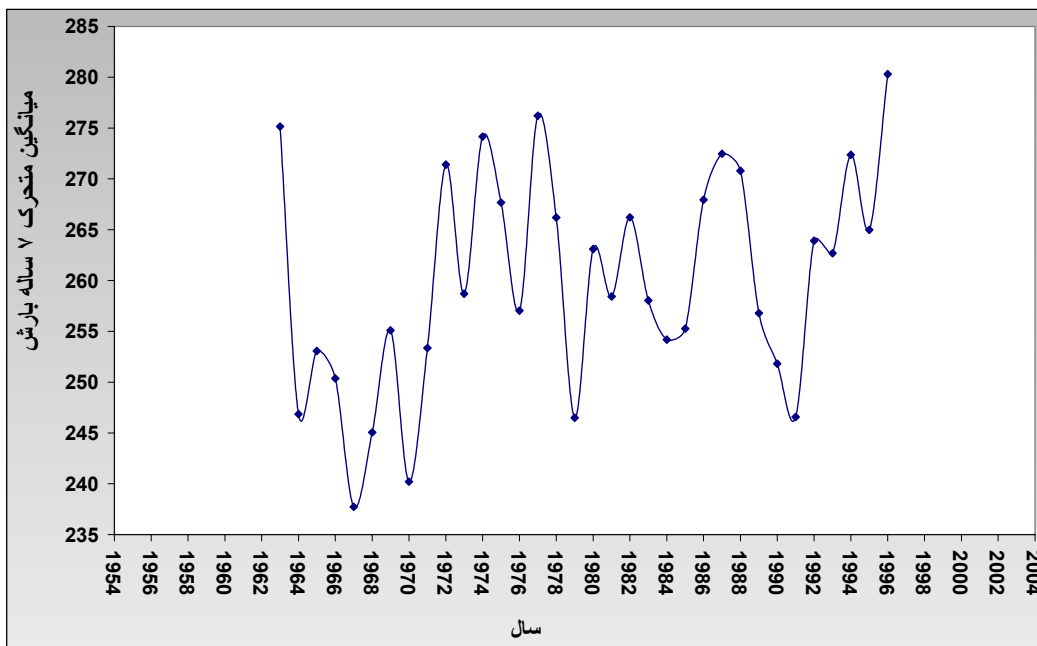
شکل ۲- سری زمانی میانگین بارش کل ایستگاه‌های حوضه دریاچه‌نمک در طول دوره مورد بررسی (۱۹۵۷-۲۰۰۰)

ساده‌کردن و نمایش بهتر تغییرات مشاهده‌شده از روند واقعی بارش در دوره طولانی مدت، نمودار میانگین متحرک ۵ و ۷ ساله بارش ترسیم شد (شکل ۳ و ۴). در شکل ۳ میانگین متحرک ۷ ساله تغییرات زمانی در دوره زمانی ۴۴ ساله، دارای روند صعودی بوده است. در شکل ۴ خط میانگین کل دوره با رقم میانگین (۲۶۰/۵ میلی‌متر) در محور عرضی

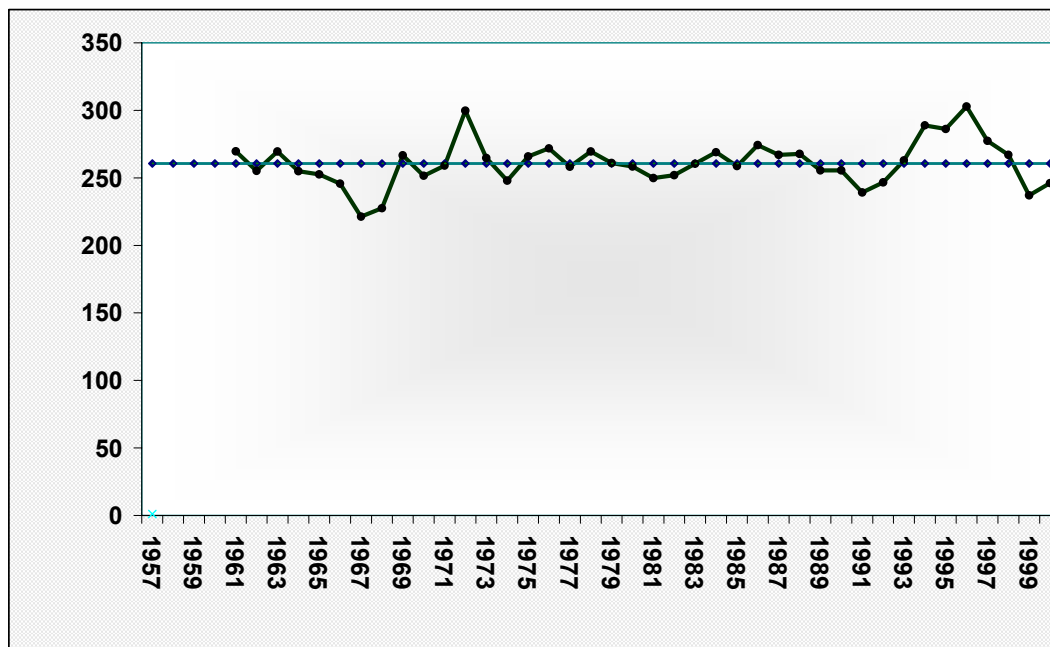
مطابق شکل ۲، رخداد مرطوب‌ترین و خشک‌ترین سال‌ها طی دوره آماری (۱۹۵۷-۲۰۰۰) به ترتیب در سال ۱۹۷۲ و ۱۹۷۳ به‌وقوع پیوسته است. خشک‌ترین سال، یعنی سال ۱۹۷۳ با بارش ۱۳۷/۲ میلی‌متر و مرطوب‌ترین سال یعنی سال ۱۹۷۲ با بارش ۳۷۸/۷ میلی‌متر از میانگین کل دوره یعنی ۲۶۰/۵ میلی‌متر پراکندگی زیادی داشته است. به منظور

بزرگ در اواسط و انتهای روند، در منطقه مورد مطالعه رخ داده است. اولین دوره خشکسالی مربوط به اواسط روند، بزرگتر و مشهودتر می باشد.

نمودار، به شکل خط نقطه چین رسم شده تا مقایسه مقادیر میانگین متحرک با میانگین کل دوره به راحتی امکان پذیر باشد. در هر دو نمودار ۳ و ۴ مشاهده می شود که ابتدا و انتهای روند در ترسالی قرار دارد، اما دو دوره خشکسالی



شکل ۳- میانگین متحرک ۷ ساله بارش در ایستگاه‌های حوضه دریاچه نمک در کل دوره (۱۹۵۷-۲۰۰۰)



شکل ۴- ترسیم خط میانگین بارش کل دوره بر روی میانگین متحرک ۵ ساله بارش در ایستگاه‌های حوضه دریاچه نمک (۱۹۵۷-۲۰۰۰)

ارزیابی شاخص و تعیین آستانه وقوع خشکسالی بر

اساس شاخص SPI

براساس تعریف ارائه شده برای وقوع خشکسالی در ایالات متحده آمریکا، بارش کمتر از $\frac{2}{5}$ میلی‌متر در ۴۸ ساعت، و یا بارش کمتر از ۷۵٪ متوسط بلندمدت، حد آستانه وقوع خشکسالی تعیین شده است» (Holechek. *et al.*, 1990). به نقل از بدری پور، (۱۳۸۲). بدین ترتیب حد آستانه تعیین شده به عنوان شروع یک

خشکسالی، که اغلب ۷۵ درصد بارش متوسط در طول یک دوره زمانی مشخص بوده، معمولاً بیشتر به صورت قراردادی انتخاب می‌شود تا براساس رابطه دقیق تأثیرات خاص آن بر محیط (طرح جامع امداد و نجات کشور، ۱۳۸۲). در این تحقیق برای تعیین حد آستانه به عنوان شروع یک خشکسالی، از اصلاحات انجام شده لشنی‌زند بر روی طبقه‌بندی SPI از دیدگاه MACKEE استفاده شده است.

جدول ۱- درجه‌بندی شدت و احتمال وقوع شاخص SPI (MACKEE *et al.*, 1993)، به نقل از لشنی‌زند، (۱۳۸۳)

حدود SPI	توصیف رخداد
بزرگتر از یا مساوی ۲	فرا مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	بسیار مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	نسبتاً مرطوب
۰ تا ۹۹	تقریباً نرمال
۰ تا ۰/۹۹	تقریباً نرمال
۱ تا ۱/۴۹	نسبتاً خشک
۱/۵ تا ۱/۹۹	بسیار خشک
کوچکتر یا مساوی ۲	فراخشک

استفاده در ایران انجام شده که نتایج آن به صورت جدول ۲ ارائه می‌شود» (لشنی‌زند، ۱۳۸۳).

اصلاحاتی در طبقه‌بندی MACKEE از نظر درجه‌بندی شدت و احتمال وقوع شاخص SPI جهت

جدول ۲- مقیاس طبقه‌بندی برای مقادیر SPI (با اقتباس از لشنی‌زند، ۱۳۸۳)

مقادیر SPI	طبقه
بزرگتر از یا مساوی ۲	بسیار بسیار مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	بسیار مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
۰/۵ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰/۴۹ تا ۰/۴۹	تقریباً نرمال
۰/۵ تا ۰/۹۹	خشک ملایم
۱ تا ۱/۴۹	خشک متوسط
۱/۵ تا ۱/۹۹	بسیار خشک
کوچکتر یا مساوی ۲	بسیار بسیار خشک

پایش خشکسالی‌ها از نظر شدت، مدت و فراوانی وقوع در ایستگاههای مورد مطالعه

در جدول ۳، ویژگیهای خشکسالی‌های ایستگاه‌های حوضه دریاچه‌نمک، به همراه سال وقوع آن، طولانی‌ترین تداوم از نظر طول دوره خشکسالی و شدیدترین تداوم از نظر بزرگی مقادیر SPI و فراوانی وقوع خشکسالی ایستگاهها را نشان می‌دهد. مطابق جدول یاد شده شدیدترین مقدار مشاهده‌شده به ایستگاه همدان (نوزده)، بالاترین رقم فراوانی نسبی وقوع خشکسالی، به ایستگاه‌های آوج، دوشان‌تپه و کاشان و پایین‌ترین رقم فراوانی نسبی وقوع خشکسالیها، به ایستگاه گلپایگان تعلق دارد.

براساس اصلاحات انجام شده لشنی‌زند بر روی طبقه‌بندی SPI از دیدگاه MACKEE، محدوده نرمال از (۰/۹۹ تا ۰/۹۹) به (۰/۴۹ تا ۰/۴۹) تغییر داده شده و دامنه (۰/۵ تا ۰/۹۹) نیز به طبقات خشکسالی افزوده شده است. از اصلاحات انجام شده لشنی‌زند بر روی طبقه‌بندی SPI، بدین لحاظ استفاده شده است که محدوده مورد مطالعه در این تحقیق به لحاظ موقعیت جغرافیایی به محدوده غرب و شمال غرب کشور (منطقه مورد مطالعه لشنی‌زند) نزدیک است. براساس جدول ۲ SPI(۰/۵) به‌عنوان آستانه وقوع خشکسالی تعیین-گردیده است.

جدول ۳- جدول تعیین شدت، مدت و فراوانی خشکسالی به وسیله شاخص SPI (۱۹۵۷-۲۰۰۰)

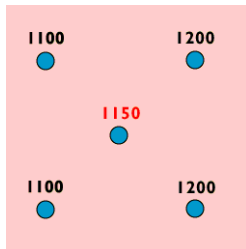
ایستگاه	شدیدترین مقدار مشاهده شده		تداوم	فراوانی
	مقدار SPI	سال		
امین آباد	-۱/۶۷	۱۹۹۷	۴	۳۱/۸
اراک	-۲/۴۵	۱۹۷۳	۳	۳۱/۸
اردستان	-۲/۶۸	۱۹۷۳	۵	۳۱/۸
آوج	-۲/۱	۱۹۷۳	۵	۳۸/۶
بروجرد	-۳/۰۱	۱۹۷۳	۲	۲۵
دامنه فریدن	-۳/۰۶	۱۹۶۷	۲	۲۹/۵
درگزین	-۳/۰۳	۱۹۶۴	۴	۳۴
دودهک	-۲/۱۹	۱۹۷۰	۵	۲۹/۵
دوشان تپه	-۱/۸۲	۱۹۹۵	۴	۳۸/۶
دوزج	-۲/۵۸	۱۹۷۸	۴	۲۹/۵
اصفهان	-۲/۰۶	۱۹۶۰	۵	۳۱/۸
گرکان آشتیان	-۳/۱	۱۹۷۳	۳	۳۱/۸
گرمسار	-۲/۸۱	۱۹۷۳	۳	۲۷/۲

ادامه جدول ۳- جدول تعیین شدت، مدت و فراوانی خشکسالی به وسیله شاخص SPI (۱۹۵۷-۲۰۰۰)

ایستگاه	شدیدترین مقدار مشاهده شده		مدت به سال	تداوم	فراوانی		
	مقدار SPI	سال			فراوانی وقوع	فراوانی نسبی	
قزوین	-۲/۰۳	۱۹۶۴	۳	(۶۱-۶۰-۵۹)	۱۹۶۰	۱۳	۲۹/۵
قم	-۲/۹	۱۹۷۹	۳	(۸۰-۷۹-۷۸)	۱۹۷۹	۱۴	۳۱/۸
گلپایگان	-۱/۶۱	۱۹۷۳	۲	(۷۴-۷۳)	۱۹۷۳	۸	۱۸/۱
فرودگاه همدان	-۲/۷۱	۱۹۷۰	۲	(۶۵-۶۴)	۱۹۶۴	۱۲	۲۷/۲
همدان (نوزه)	-۳/۲۵	۱۹۶۴	۲	(۶۵-۶۴)	۱۹۶۴	۱۲	۲۷/۲
همند آبسرد	-۳/۱۲	۱۹۸۸	۳	(۹۰-۸۹-۸۸)	۱۹۸۸	۱۵	۳۴
کرج (دانشکده)	-۲/۸۳	۱۹۶۱	۲	(۶۱-۶۰)	۱۹۶۱	۱۲	۲۷/۲
کرج (سینوپتیک)	-۲/۹۱	۱۹۶۷	۲	(۶۷-۶۶)	۱۹۶۷	۱۴	۳۱/۸
کاشان	-۲/۵۱	۱۹۷۳	۵	(۹۱-۹۰-۸۹-۸۸-۸۷)	۱۹۸۸	۱۷	۳۸/۶
خوانسار	-۲/۰۷	۱۹۸۵	۲	(۷۴-۷۳)	۱۹۷۳	۱۲	۲۷/۲
خنداب	-۲/۹۸	۱۹۷۶	۲	(۹۹-۲۰۰)	۱۹۹۹	۱۲	۲۷/۲
خرمدره	-۲/۹۹	۱۹۷۰	۳	(۹۰-۸۹-۸۸)	۱۹۸۹	۱۲	۲۷/۲
ملایر	-۲/۵۳	۱۹۷۳	۴	(۶۷-۶۶-۶۵-۶۴)	۱۹۶۷	۱۶	۳۶/۳
نظنز	-۲/۲۸	۱۹۶۶	۲	(۶۷-۶۶)	۱۹۶۶	۱۲	۲۷/۲
ساوه	-۲/۲۱	۱۹۷۳	۲	(۶۷-۶۶)	۱۹۶۶	۱۴	۳۱/۸
شمس آباد	-۲/۸۶	۱۹۸۳	۲	(۷۴-۷۳)	۱۹۷۳	۱۵	۳۴
تفرش	-۲/۴۲	۱۹۹۹	۴	(۸۱-۸۰-۷۹-۷۸)	۱۹۸۱	۱۴	۳۱/۸
تاکستان	-۲/۳۵	۱۹۶۷	۴	(۲۰۰-۹۹-۹۸-۹۷)	۱۹۹۷	۱۵	۳۴
تهران	-۲/۱	۱۹۶۷	۴	(۶۱-۶۰-۵۹-۵۸)	۱۹۶۱	۱۶	۳۶/۳
ورامین	-۲/۹۸	۱۹۷۳	۲	(۸۶-۸۵)	۱۹۸۵	۱۵	۳۴
شدیدترین مقدار مشاهده شده در طول دوره	-۳/۲۵	۱۹۶۴	۵		۱۹۷۳ و ۱۹۶۷	۱۷	۳۸/۶

نتایج

مرکزی و نقاط همسایه ۱/۴۱ باشد، نقطه مرکزی مقدار ۱۱۵۰ برآورد می‌گردد.



شکل ۵- ارزش گذاری نقاط یا پیکسل‌های موجود در روش (IDW)

نحوه اجرای روش معکوس فاصله برای میان‌یابی مقادیر بارش در منطقه مورد مطالعه

برای اجرای روش معکوس فاصله با ایجاد فایل داده‌های بارش در محیط Excel و ذخیره فایل در فرمت DBF3 داده‌های ورودی لازم در محیط GIS تهیه گردید. با فراخوانی فایل بارش (ایجادشده به کمک نرم‌افزار Excel) در نرم افزار Arc view لایه نقطه‌ای مربوط به ایستگاه‌های بارش ایجاد گردید. در این مرحله می‌توان با اضافه کردن فایل اطلاعات بارش در محیط Arc Map، لایه ایستگاه‌های هواشناسی را ایجاد کرد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷) و با اجرای روش میان‌یابی معکوس فاصله و با توجه به داده‌های موجود توزیع مکانی معنی‌داری برای تهیه نقشه درون‌یابی بدست آورد. سپس محدوده نهایی تعیین شده مرز حوضه دریاچه نمک بر نقشه‌های بدست‌آمده منطبق شد و با تعریف طبقات شاخص SPI نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی تهیه شد.

روش میان‌یابی معکوس فاصله (IDW: inverse distance weighted)

روش‌های مختلفی برای برآورد متغیرهایی که تغییرات زمانی و مکانی دارند، وجود دارد. تفاوت این روش‌ها مربوط به نحوه محاسبه وزنی است که به نقاط مشاهده‌شده اطراف نقطه مجهول داده می‌شود. (خلیقی سیگارودی و همکاران، ۱۳۸۷). IDW که مخفف عبارت Inverse Distance Weighted می‌باشد مبین روش میان‌یابی است که بر اصل فاصله معکوس استوار است. «در این روش فرض بر این است که نقاط نمونه‌ای از مکان تأثیر می‌پذیرند. در واقع نقاط نمونه‌ای اثر وزنی دارند. به بیان دیگر پیکسل‌های نزدیک به نقاط نمونه اثر بیشتری نسبت به پیکسل‌های دورتر از این نقاط می‌گیرند. پس این روش در شرایطی مناسب است که با افزایش فاصله از نقاط نمونه، وزن سلول‌ها کاهش یابد» (وبلاگ مهندسی آبخیزداری). در این روش فاصله هر نقطه یا پیکسل با پیکسل مجاور سنجیده شده و سپس بر حسب مقدار فاصله به آن سلول، ارزش یا ضریب وزن داده می‌شود و در نهایت ارزش سلول مرکزی ماتریس با جمع ارزش‌های نقاط همسایه و میانگین وزنی آنها بدست می‌آید. الگوریتم این روش بصورت زیر

$$x = \sum_{i=1}^n (Z_i / D_i) / \sum_{i=1}^n (1 / D_i)$$

x ارزش برآورد شده از روش درون‌یابی

Z_i ارزش نقاط موجود (نقاط یا پیکسل‌های همسایه)

D_i فاصله بین X و هر نقطه موجود

به عنوان مثال اگر نقاط همسایه دارای ارزش‌هایی همانند شکل ۵ باشند (Z_i)، مقدار ارزش نقطه برآورد شده یا پیکسل مرکزی (x) بوده و اگر فاصله (D_i) بین نقطه

رنگهای متفاوت از سبز تیره به سبز روشن و از زرد به سمت قهوه‌ای تیره و قرمز و در نهایت زرشکی به ترتیب بر طبقات بسیار بسیار مرطوب، بسیار مرطوب، مرطوب متوسط، مرطوب ملایم، تقریباً نرمال، خشک ملایم، خشک متوسط، بسیار خشک و بسیار بسیار خشک، دلالت دارد.

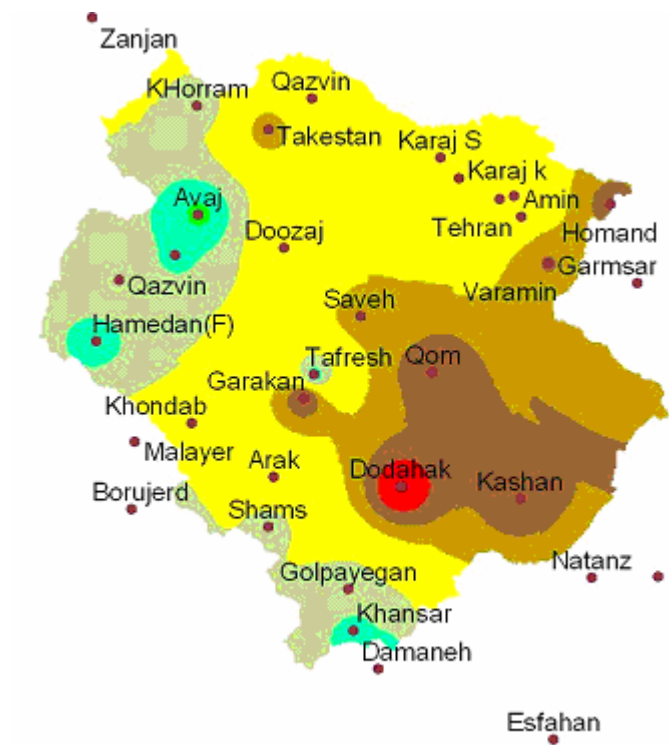
پهنه‌بندی گستره خشکسالی‌های مشاهده‌شده در حوضه دریاچه‌نمک در سالهای مختلف دوره (۱۹۵۷-۲۰۰۰) اشکال (۶ تا ۱۵) نمونه‌هایی از نقشه‌های سالانه پهنه‌بندی خشکسالی‌ها را در حوضه دریاچه‌نمک در طول دوره چهل و چهار ساله نمایش می‌دهد. شایان ذکر است طیف‌های



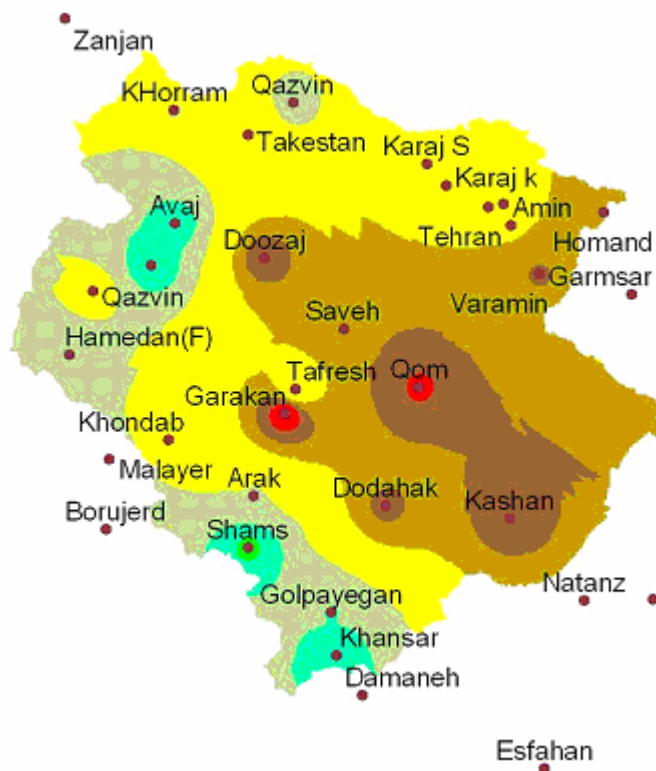
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۵۷



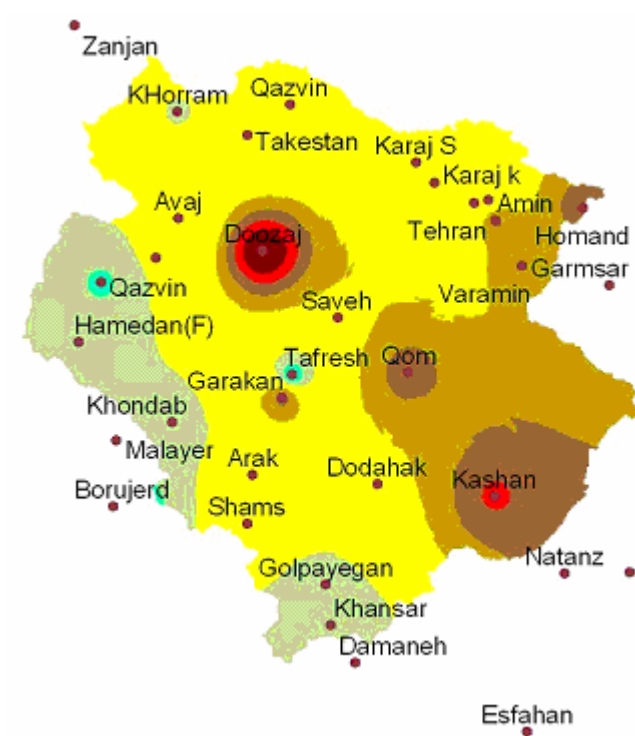
شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۵۸



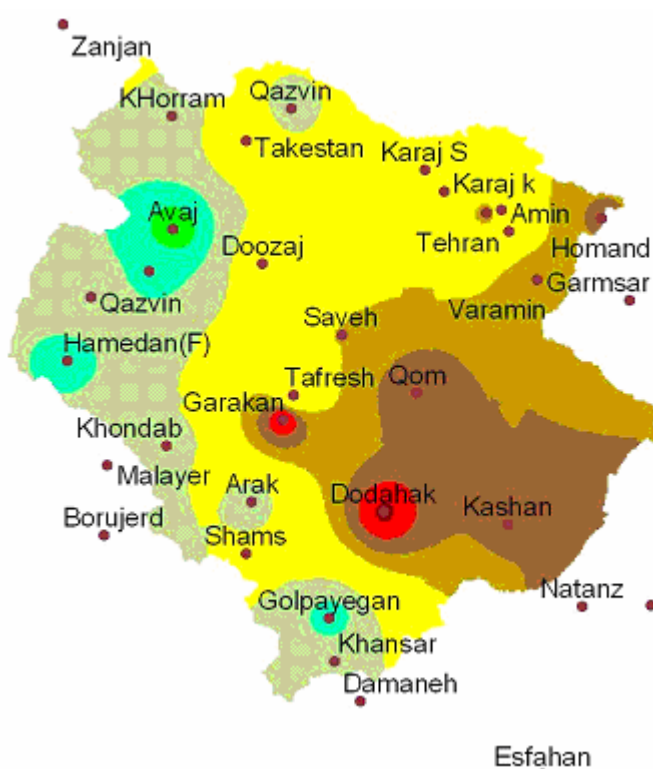
شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۵۹



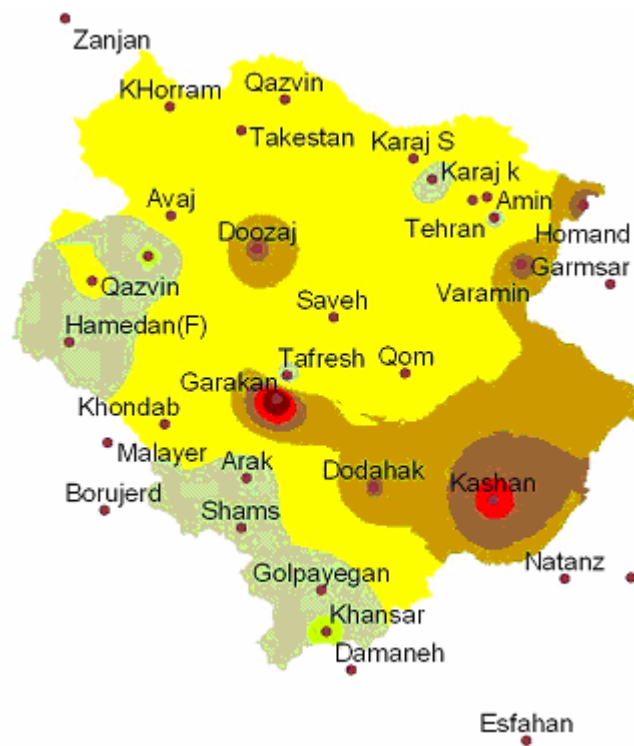
شکل ۹- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۶۰



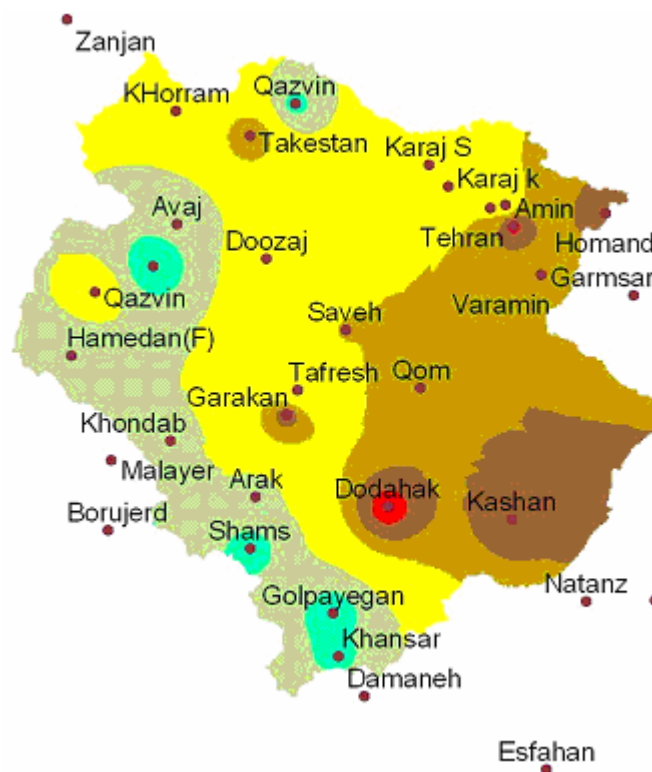
شکل ۱۰- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۶۶



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۸۹



شکل ۱۲- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۹۳



شکل ۱۳- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۹۸



شکل ۱۴- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۱۹۹۹



شکل ۱۵- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی براساس شاخص SPI در سال ۲۰۰۰

بحث

از آنجایی که در میان عناصر اقلیمی، بارش بیشترین نوسان را دارد، مشاهده خشکسالی و ترسالی‌ها با شدت‌های مختلف براساس داده‌های بارش در مطالعات اقلیمی امری طبیعی و تقریباً متداول می‌باشد.

در این تحقیق با هدف برآورد تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی‌ها ابتدا روند خشکسالی و ترسالی‌ها با استفاده از روش میانگین متحرک مورد ارزیابی و درمقایسه با میانگین‌های متحرک ۵، ۷ و ۱۰ ساله مدنظر قرار گرفت. سپس با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) اقدام به تحلیل و طبقه‌بندی شدت و مدت خشکسالی‌ها کرده و بعد از تعیین مقادیر SPI ماهانه و سالانه و طبقه‌بندی شدت خشکسالی، و بکارگیری روش معکوس فاصله (IDW) برای میان‌یابی مقادیر بارش، اقدام به تهیه نقشه پهنه‌بندی خشکسالی‌های اقلیمی از گستره مورد مطالعه شد. سپس به تجزیه و تحلیل میزان و تداوم خشکسالی‌های سالانه پرداخته شد. برای تحلیل خشکسالی فقط باقیمانده‌های منفی مورد توجه قرار گرفته و از باقیمانده‌های مثبت برای تحلیل‌های ترسالی استفاده می‌شود. زمان توالی مقادیر پیوسته، تداوم یک دوره‌ی خشکسالی را تعیین می‌کند. مجموع انحرافات منفی، سختی خشکسالی یا شدت خشکسالی را اندازه‌گیری می‌کند. در آخرین مرحله با پهنه‌بندی توزیع خشکسالی حوضه، مشخص شد که میزان شدت خشکسالی از شرق به غرب و از شمال به جنوب حوضه مورد مطالعه، کاهش می‌یابد درحالی‌که این پدیده در غرب حوضه چندان مشهود نیست. چراکه شاخص خشکسالی رابطه مستقیم با ارتفاع دارد، بدین‌گونه که با افزایش ارتفاع، ارقام شاخص افزایش یافته و با کاهش ارتفاع، ارقام شاخص کاهش چشم‌گیری می‌یابد. بدین صورت با اشاره مجدد به توضیحات شکل ۱، می‌توان

گفت در ارتفاعات شمالی و غربی حوضه، مقدار بارش از ۳۰۰ میلی‌متر در سال تجاوز کرده و با حرکت از سمت غرب به شرق از مقدار بارش کاسته شده و در دشت و مناطق نزدیک به دریاچه نمک، میزان آن به مقدار ۱۰۰ میلی‌متر یا کمتر از آن، تقلیل و در بخش‌های جنوبی حوضه مقدار بارش مجدداً به ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر افزایش یافته است. بدین ترتیب در مناطق شرقی حوضه مورد مطالعه با وجود ارتفاع کمتر، وجود خشکسالی قابل مشاهده بوده و نقاط غربی حوضه به تناسب افزایش ارتفاع با عدم وجود خشکسالی مواجه می‌باشد.

همان‌طور که انتظار می‌رفت، از جنبه بررسی شاخص سالیانه بارش در مرطوب‌ترین سال، شاخص در نقاط جنوبی و جنوب‌غربی حوضه، دارای بیشترین مقدار عددی است که نشانگر عدم وجود خشکسالی در این مناطق می‌باشد. در نهایت با بررسی شاخص ناهنجاری بارش در خشک‌ترین سال، مشاهده شد که مقدار این شاخص در قسمتهای مرکزی و شرقی مقادیر منفی تری دارد و با فاصله گرفتن از مرکز به حواشی جنوب، غرب و شمال حوضه، شاخص SPI مقادیر کمتری از ناهنجاری را نشان می‌دهد.

در این مطالعه، طول دوره‌های خشکسالی و توالی تکرار آنها و نیز شدت خشکسالی با بکارگیری نرم افزار DIP بر روی داده‌های بارش، مورد محاسبه قرار گرفت. جدول ویژگی خشکسالی‌ها از نظر شدت، مدت و فراوانی وقوع ایستگاه‌ها نشان داد رخداد خشکسالی اقلیمی در جنوب و غرب حوضه بجز یک مورد استثناء که مربوط به شدیدترین مقدار مشاهده شده در ایستگاه همدان (نوزه) می‌باشد چندان مشهود نبوده و غرب، جنوب و شمال حوضه از جنبه شدت و تداوم خشکسالی از مطلوبیت بیشتری برخوردار است و روند آن در بعضی سالها، خشکسالی معمولی را نشان می‌دهد.

مدرس و دست‌اندرکاران محترم دفتر مطالعات منابع آب دانشگاه تربیت مدرس برای تهیه و توزیع رایگان لوح فشرده تخصصی Drought Indices Package (شبکه شاخص‌های خشکسالی) که محاسبات و تحلیل شاخص‌های خشکسالی با حجم گسترده آمار را آسان نمود، قدردانی شود. همچنین از جناب آقای دکتر مهران لشنی‌زند به خاطر ارائه رهنمودهای علمی در انجام کاملتر تحقیق، مراتب سپاس و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع مورد استفاده

-انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۱، بررسی فرآیند بیابانی‌شدن حوضه مرکزی ایران با توجه به معیارهای آب و هوایی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۲۳۶ صفحه.

-انصافی مقدم، ط. ۱۳۸۵، بررسی و ارزیابی شاخص‌های اقلیمی و تعیین شاخص مناسب پیش‌بینی خشکسالی در حوضه دریاچه‌نمک، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۱۴۵ص.

-بدری پور، ح. ۱۳۸۲، سازمان جنگلها و مراتع کشور، خشکسالی، تأثیرات آن بر اکوسیستم مرتع و راهکارهای مدیریت و تقلیل اثرهای آن بر مرتع و بهره‌برداران، تهران، دفتر امور مراتع.

-بری ابرقویی، ح. و همکاران، ۱۳۸۵، « شاخص‌های ارزیابی روند و شدت خشکسالی در استان یزد»، <http://www.yazdmet.ir/a1.html>

-پرهمت، ج. ۱۳۷۹، بررسی خشکسالی و ترسالیها، کنفرانس خشکسالی کرمان، اسفند ۱۳۷۹.

-جهانبخش، س. و همکاران، ۱۳۸۵، بررسی اثر خشکسالی در کشاورزی منطقه پارس‌آباد مغان، اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ۲۵ و ۲۶ اریهشت ۱۳۸۷، ساری.

-حجازی زاده، ز. ۱۳۷۹، مدل پیش‌بینی خشکسالی در کرمان، کنفرانس خشکسالی کرمان، اسفندماه ۱۳۷۹.

-حسینیها، ح. ۱۳۷۹، بررسی وضعیت خشکسالی، ۱۳۷۹.

-خدری‌تازان، ب. ۲۰۰۳، مروری بر خشکسالی، <http://hydnotebooks.blogspot.com>

اگرچه یکی از کوتاه‌ترین مدتهای دوام خشکسالی (۲ سال) در این حوضه رخ داده است اما ایستگاه‌های آوج، دوشان تپه و کاشان از حیث دوام خشکسالی بیشترین مدت تدوام را با ۵ سال دارند که در این زمینه باید بالا بودن دامنه تغییرات و انحراف معیار داده‌های بارش را دخیل دانست. از نتایج این تحقیق مشخص شد از نظر اقلیمی ایستگاه‌های جنوب حوضه دارای یک دوره خشکسالی ملایم ولی طولانی مدت بوده است درحالی‌که ایستگاه‌های مرکزی و شرقی حوضه، دوره‌های خشک شدید در طی دوره دراز مدت را پشت سر گذاشته‌اند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل مقادیر بارش توسط شاخص SPI، وجود خشکسالی‌ها را با شدت و ضعف و تدوام مختلف در حوضه مورد بررسی نشان داده است.

پهنه‌بندی خشکسالی حوضه دریاچه‌نمک با شاخص SPI و میانبایی آن با روش IDW در محیط GIS و استفاده از بارش سالانه دوره آماری ۴۴ ساله نشان داد که صرف نظر از چند سال شرایط نرمال برای بعضی ایستگاه‌ها، خشکسالی بویژه در مناطق مرکزی و شرقی حوضه با تدوام و شدت همراه بوده است و نقشه گستره خشکسالی‌ها در سالهای مختلف دوره در این تحقیق نشان داد که حوضه دریاچه‌نمک از پتانسیل حساسیت زیادی نسبت به خشکسالی برخوردار می‌باشد.

برنامه‌ریزی صحیح و بهینه منابع آب موجود در کشور، ارائه مدل آماری مستقل و مناسب برای هریک از حوضه‌های آبریز کشور و تلاش برای تدوین متدولوژی تهیه نقشه‌های بحران خشکسالی کشور از پیشنهادات مقاله حاضر می‌باشد.

سپاسگزاری

در اینجا لازم است از جناب آقای دکتر سعید مرید رئیس محترم گروه آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت

- مازندران، اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ۲۵ و ۲۶ اریبشت ۱۳۸۷، ساری.
- لشنی‌زند، م. ۱۳۸۳، بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران و راهکارهای مقابله با آن (مطالعه موردی شش حوضه واقع در غرب و شمال غرب ایران)، گروه جغرافیای دانشگاه اصفهان، اصفهان، ص ۶۲ الی ۶۵.
- مرید، س. و همکاران، ۱۳۸۴، «طراحی سیستم پایش خشکسالی استان تهران»، پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس و شرکت سهامی مدیریت منابع آب، تهران، ۱۹۵ صفحه.
- مهدوی، م. ۱۳۸۱، هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه تهران، تهران، جلد اول.
- نیکپور، ع. ۱۳۸۰، بررسی خشکسالی در چند حوزه آبخیز استان مازندران، سمینار کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰، ۴۲ص.
- وفاه خواه، م. ۱۳۷۹، شناخت عوامل مؤثر در خشکسالی، کنفرانس خشکسالی کرمان، اسفند ۱۳۷۹.
- وبلاگ مهندسی آبخیزداری <http://abkhiz.blogfa.com/8708.aspx>
- Miller, G.T. 1997, Environmental Sciences, Wods Worth Pob, Belment, California.
- Karen arms, 1990, Nvironmental Sciences, Staunders College Pub Florida.
- Oliver.S . Owen & Daniel D. Chiras, 1995, Natural Resouces , Aimon & schuster. publications Co 1995.
- Thornthwaite, C.W. 1947, Climate & Moisture Conservation Annal So of Assoc Amer, Geogrs, 37 (2): 87-100.
- HAYES, M. 2000, Drought Indices, National Drought Mitigation Center, University of Nebraska, Linclon.
- Liew, V. and Garbrecht, J. 2001, Sensitivity of hydrologic response of an experimental watershed to changes in annual precipitation amounts. ASAE Meeting Paper Number: 01-2001. ASAE, St. Joseph, Michigan.
- MACKEE , DOESKEN, T.B.J. and KLEIST, J. 1993, The Relationship of Drought Ferquency and Duration to time Scales, 8th cang. On Applied Climatology, Anaheim, CA, Amer. Meteor. Soc. 179. 184.
- MİMKO, 1993, Altınyıldız-Waste Water Treatment Plant Project Design-1993 - 05/1994 MIMKO Const. Co., Besiktas/ Istanbul, TURKEY
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1997, Climate Drought and Desertification, Geneva, Switzerland, No: 869, Page:5.
- خلیقی سیگارودی، ش. و همکاران، ۱۳۸۷، تعیین بهترین روش زمین‌آماری در تهیه نقشه خطوط همباران (مطالعه موردی استان مازندران)، اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ۲۵ و ۲۶ اریبشت ۱۳۸۷، ساری.
- خلیلی، ع. و همکاران، ۱۳۸۲، ارزیابی کارآیی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه‌های اقلیمی مختلف ایران، نشریه نیوار، ۴۸ و ۴۹، بهار و تابستان، تهران، ص ۷۹ تا ۹۳.
- دین‌پژوه، ی. ۱۳۷۲، بررسی و پیشبینی خشکسالی با توجه به توزیع بارشهای ماهانه (آذربایجان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۸۳، برنامه اقدام ملی بیابان‌زدایی و کاهش اثرهای خشکسالی جمهوری اسلامی ایران، نشر پونه، تهران، ص ۷.
- سلاجقه، ع. ۱۳۷۳، برآوردهای دبیهای پیک سیلابی در حوزه‌های کوچک ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی کرج.
- سیوف، س. ۱۳۸۵، تغییر اقلیم و خشکسالی، دانشگاه هرمزگان www.saeed@cloudysky.ir
- طایی سمیرمی، م. و همکاران، ۱۳۸۷، شبیه‌سازی و تحلیل ارتباط خشکسالی‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی با استفاده از مدل‌های احتمالاتی (مطالعه موردی: جلگه بابل)، اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ۲۵ و ۲۶ اریبشت ۱۳۸۷، ساری.
- قاسمپور، ف. ۱۳۷۴، تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در غرب مازندران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۴.
- قطره سامانی، س. ۱۳۷۹، بررسی خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری، اسفند ۱۳۷۹.
- کریمی، ب. و همکاران، ۱۳۸۷، مطالعه بارش سالانه استان کرمان و تحلیل خشکسالی به کمک روش‌های زمین‌آماری با استفاده از GIS ARC، اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاهشناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ۲۵ و ۲۶ اریبشت ۱۳۸۷، ساری.
- کلارستاقی، ع. و همکاران، ۱۳۸۷، بررسی تغییرهای زمانی و مکانی شاخص فرسایش فورنیه در حوزه‌های آبخیز مرکزی استان

Climatic Droughts Zoning using Inverse Distance Weighted Method

Ensafi Moghadam, T.^{1*} and Rafiei Emam, A.²

1*-Corresponding Author, Research Instructor of Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

2- Research Senior Expert of Desert Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran.

Received: 15.06.2008

Accepted: 23.06.2009

Abstract

The present study firstly sets out the procedure for the generation of climatic files for localities with climatic records and secondly, The process of obtaining maps of the climatic zones for all of the localities in the Salt Lake Basin of Iran. For the generation of the climatic records such as rainfall periods and intensity, provided by the 34 climatology stations for a total of 44 years data from (1957-2000), was used as a source of information. These data was then subjected to a statistical analysis, using SPI method for the calculation of the frequency, intensity and duration of drought process. Finally for the mapping drought zoning in all localities of the Salt Lake Basin for the long term period, the Inverse Distance Weighted Method(IDV) was used in the Arc view software environment. The results showed that the study area is very sensitive to climatic drought.

Key Words: drought, climatic zoning, SPI index, Inverse Distance Weighted