پهنه بندی خشکسالی‌های اقلیمی و بزرگی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI و روش زمین آمار کریجینگ(مطالعه موردی: استان کرمان)

پیمان معدنچی[۱]، کاکا شاهدی[۲]، محمود حبیب‌نژاد[۳]، کریم سلیمانی[۴] و احمد فاتحی مرج[۵]

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۲/۲۹
تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۶/۱۰

مقاله پژوهشی

چکیده:

خشکسالی تقریبا در تمام مناطق آب و هوایی رخ می‌دهد از جمله مناطق پر بارش و کم بارش و عمدتا به کاهش مجموع بارندگی دریافتی در یک دوره طولانی از زمان مثلا یک فصل یا یک سال مربوط می‌شود. خشکی یکی از ویژگی‌های دائمی آب و هوای مناطق کم بارش است اما خشکسالی اختلالی موقتی است. یکی از مناطقی که در چند سال اخیر به شدت تحت تأثیر پدیده خشکسالی قرار گرفته است استان کرمان بوده، این حقیقت لزوم انجام تحقیقات گسترده‌ای را در این زمینه بیان می‌کند. در این تحقیق از نمایه بارش استاندارد شده بارش SPI با هدف تعیین نقاط حساس به خشکسالی و شناسایی ویژگی‌های خشکسالی در استان کرمان استفاده شده است. پس از جمع آوری داده‌های بارش ۵۹ ایستگاه موجود در استان اعم از باران‌سنجی و سینوپتیک از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۳و حذف ایستگاه‌های دارای آمار ناقص، میزان نمایه SPI در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه بدست آمد، بررسی روش‌های مختلف درون‌یابی برای پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) نشان داده است که روش کرجینگ برای درون‌یابی شدت دوره‌های خشک مناسب است. لذا با استفاده از این روش و با کمک نرم افزار (+GS) مقادیر نقطه‌ای نمایه SPI (اعداد به دست آمده برای هر ایستگاه) به سطح تعمیم داده شد و همین‌طور با تعیین دوره‌های خشک ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی، نقشه‌های هم‌شدت و نقشه‌های هم‌ارزش بزرگی تهیه شد. نتایج حاصل از این تحقیق مشخص می‌کند که قسمت‌هایی از جنوب غربی و غرب استان در محدوده شهرستان‌های بافت، رابر و سیرجان از نظر احتمال وقوع خشکسالی از حساسیت بیشتری برخوردار هستند و هرچه مقیاس زمانی بالاتر می‌رود قدر مطلق مجموع دوره‌های خشک بیشتر می‌شود.

واژه‌های کلیدی: استان کرمان، بزرگی خشکسالی، پهنه بندی، خشکسالی اقلیمی، شاخصSPI، کریجینگ.

[۱] مربی، کارشناس ارشد،مرکز تحقیقات وآموزش کشاورزی ومنابع طبیعی،کرمان،ایران،۰۹۱۳۳۹۹۱۶۱۴/peymanmadanchi@gmail.com
[۲] دانشیار گروه آبخیزداری، دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۳] ستاد گروه آبخیزداری، دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۴] ستاد گروه آبخیزداری، دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران
[۵] دانشیار گروه تغییر اقلیم، دکتری، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

مقدمه

کشور ما در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی واقع شده است. بنابراین در نوار خشک بیابانی کره زمین قرار دارد. مهمترین عامل مؤثر در خشکی آب و هوای کشور ما، فشار زیاد مجاور حاره‌ای است و بعد از آن بادهای آلیزه که نواحی پایین‌تر از عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۳۵ درجه‌ی شمالی کشور را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در خشکی نواحی مرکزی و جنوب شرقی کشور مؤثرند، خشکسالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم کشور ماست، گرچه بسیاری به اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌پندارند اما این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد، اگر چه ممکن است مشخصات آن از یک منطقه به منطقه دیگر کاملاً متفاوت باشد. خشکسالی یکی از مزمن‌ترین و از لحاظ اقتصادی زیان‌بارترین بلایای طبیعی می‌باشد. خشکسالی حادثه‌ای طبیعی و پدیده‌ای آرام و مرموز است که به اعتقاد بسیاری دارای مکانیسمی پیچیده بوده و ماهیت آن نسبت به تمامی حوادث طبیعی کمتر شناخته شده است (بداق-جمالی و همکاران، ۲۰۰۴). از طرف دیگر محققان و پژوهشگران از دیدگاه تخصصی خودشان به خشکسالی می‌نگرند. هواشناسان عموماً خشکسالی را به عنوان دوره‌ای در نظر می‌گیرند که در طول آن بارش به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از میزانی است که به طور متعارف ریزش می‌کند. این تابع موقعیت مکانی و فصلی نیز می‌باشد. دانشمندان علوم کشاورزی، خشکسالی را بیشتر از نقطه نظر حیات گیاهی و نظارت بر مقدار رطوبت خاک در نظر می-گیرند. پس برای آن‌ها یک دورهٔ فاقد بارش در صورتی‌که رطوبت خاک در حد مناسبی باشد، چندان مهم نیست، اما رطوبت خاک و بارش در یک ارتباط تنگاتنگ با هم قرار دارند. از دیدگاه هیدرولوژیست‌ها خشکسالی صرفاً در کاهش جریان رودخانه‌ها و افت سطح آب زیرزمینی تظاهر می‌کند. از یک دیدگاه جامع، می‌توان خشکسالی را معلول یک دوره شرایط آب و هوایی خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی دوام داشته باشد تا عدم تعادل جوی در وضعیت هیدرولوژیکی یک ناحیه ایجاد نماید. هر چند عبارت خشکسالی نشانگر یکسال خشک با انحراف مقدار بارش از متوسط دوره آماری است، ولی این دلیل بر آن نیست که در تمام طول سال، بارش پایین‌تر از حد متعارف باشد، بلکه بیانگر وقوع دوره‌هایی با بارش خیلی کم در طی ماه‌های مرطوب یا فراوانی زیاد دوره‌های کم بارش است و هیچ‌گاه دلیل بر خشکی مطلق نمی‌باشد. بنابراین می‌توان گفت خشکسالی یک دوره با بارش کمتر از حالت متعارف است که به کاهش و کمبود ذخائر آب منجر می‌شود(بداق-جمالی و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به شرایط ویژه جغرافیایی و اقلیمی کشور این مسئله مطرح می‌شود که چگونه می‌توان به ارزیابی دقیق مسئله خشکسالی پرداخت؟ پایش وضعیت خشکسالی امکان ایجاد سیستم پیش‌آگاهی را در راستای اجرای مدیریت ریسک فراهم می‌آورد. در پایش وضعیت خشکسالی نمایه‌های متعددی مورد استفاده قرار می‌گیرد که این نمایه‌ها یا بر اساس تعریف‌های خشکسالی و یا روش‌های محاسبه‌ای که در آن از یک یا چند پارامتر هواشناسی استفاده شده به دست آمده‌اند. از جمله این نمایه‌ها می‌توان به نمایه استاندارد شده بارش SPI[1] اشاره کرد. شاخص بارش استاندارد شده دارای ویژگی‌های متعددی است که سادگی و انعطاف پذیری این روش استفاده از آن را نسبت به شاخص‌های دیگر ارجحیت می‌دهد، بر اساس آمار چهل ساله منطقه سورات هندوستان استفاده از این شاخص نشان داد که ۵۰ درصد متغیرها نرمال به سمت مرطوب و بقیه نرمال به سمت خشک می-باشند (ویاس‌وهمکاران[2]، ۲۰۱۵). در پژوهشی در حوضه رودخانه تاگوس[3] در اسپانیا، تاثیر تغییرات اقلیمی بر متغیر منابع آب در حوضه رودخانه تاگوس با ۲ روش SPI و SPEI[4] مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و شاخص‌ها تایید کردند که از سال ۱۹۷۰ شرایط خشکسالی در سرچشمه رودخانه غالب بوده وقتی که SPEI به جای SPI استفاده شد دبی رودخانه و ذخیره مخزن رودخانه را بالاتر نشان داد، و مشخص می‌کند که اگر چه بارش نقش عمده‌ای در

[1]-standardized precipitation index
[2] -Vyas et al.
[3] - Tagus River
[4] - standardized precipitation evapotranspiration index

توضیح تغییرات زمانی در تجزیه و تحلیل پارامترها دارد اما تاثیر درجه حرارت قابل چشم پوشی نیست (لورنزو لاکروز و همکاران[1]، ۲۰۱۰). در تحقیق دیگری شاخص جدید آب استاندارد شده SWI[2] محاسبه و با دو روش شاخص خشکسالی هواشناسی و کشاورزی برای سال آبی، پاییز، زمستان و بهار برای پریود ۱۵ ساله در مقیاس زمانی و مکانی مقایسه شد. نتیجه نشان داد که بین شاخص‌های خشکسالی پوشش و شاخص‌های خشکسالی هواشناسی تعدیل شده، SPI در پاییز و زمستان با SWI هماهنگ‌تر است و اعتبار سنجی شاخص‌ها نشان می‌دهد که منطقه تحت شرایط خشکسالی با توجه به SWI ارتباط رضایت بخشی با SPI محلی دارد (ازین و همکاران[3]، ۲۰۱۴). شاخص بارندگی استاندارد شده برای هر منطقه‌ای با سابقه طولانی مدت بارش برای دوره زمانی مورد نظر محاسبه می‌شود این رکورد طولانی مدت به توزیع احتمال گاما برازش شده و سپس به توزیع نرمال تبدیل می‌شود (میشرا و سینگ[4]، ۲۰۱۱). قدرت اصلی SPI این است که می‌توان آن را برای مقیاس‌های زمانی متفاوت محاسبه کرد این تطبیق پذیری به کاربران SPI اجازه میدهد برای منابع آب کوتاه مدت مانند رطوبت خاک که برای تولید محصولات کشاورزی بسیار مهم است، و منابع آب بلند مدت از قبیل منابع آب‌های زیرزمینی، جریان‌های سیلابی، دریاچه‌ها و سطوح مخزن برنامه ریزی کنند(میشرا و سینگ، ۲۰۱۰). در تحقیق دیگری در اتیوپی اثر ۵ داده مدل پیش بینی بلند مدت خشکسالی در حوضه رودخانه آواش مقایسه شد، شاخص بارش استاندارد شده SPI12و SPI24 با استفاده از یک مدل آماری خطی با روش شبکه عصبی مصنوعی ANNS[5]و مدل رگرسیون SVR6 مقایسه شد. نتایج پیش بینی نشان داد که شبکه عصبی مصنوعی بهتر از سایر مدل‌ها SPI12 و SPI24 را پیش بینی می‌کند(بلینی و همکاران[7]، ۲۰۱۴). هدف این پژوهش در راستای مطالعه‌های جامع خشکسالی، محاسبهٔ نمایهٔ SPI برای استان کرمان به صورت نقطه‌ای و سپس پهنه‌بندی آن بوده است. محاسبه‌ها براساس داده‌های پارامترهای اقلیمی استخراج شده، از شبکه ایستگاه‌های هواشناسی وابسته به سازمان هواشناسی کشور و ایستگاه‌های بارانسنجی وابسته به اداره آب منطقه‌ای در استان کرمان می‌باشد. این روش با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، و جریان آبراهه ارائه شده است(مک‌کی و همکاران[8]، ۱۹۹۳).

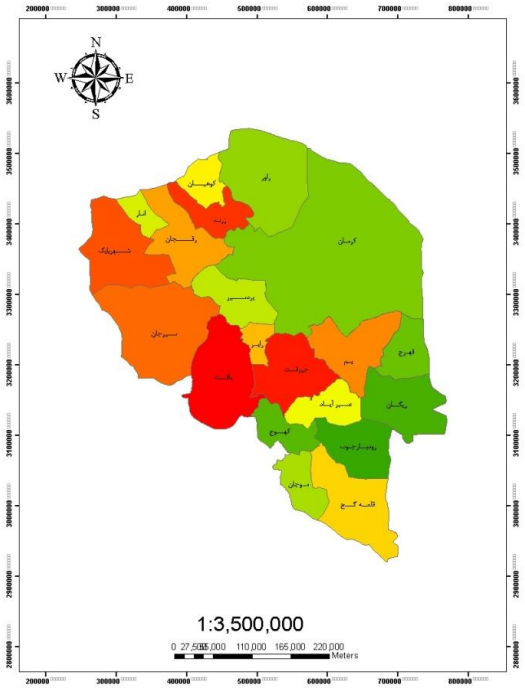
مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های طبیعی استان کرمان

استان کرمان با مساحت ۱۸۲۳۰۱ کیلومتر مربع در جنوب شرقی ایران بین ۵۳ درجه و ۲۶ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۲ درجه عرض شمالی قرار دارد که پهناورترین استان از نظر وسعت است، حد شمالی استان به استان‌های خراسان و یزد، حد جنوبی آن به استان هرمزگان، حد شرقی به استان سیستان و بلوچستان و حد غربی آن به فارس محدود است. استان کرمان در طیف ارتفاعی ۱۹۰ متر در دشت لوت تا ۴۴۶۵ متر از سطح دریا در کوه هزار راین به عنوان چهارمین قله بلند ایران واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه استان ۱۴۵ میلی متر می‌باشد که حدود ۵۸ درصد متوسط بارش سالانه کشور و حدود ۱۹ درصد میانگین بارش کره زمین می‌باشد. مساحت باغات استان معادل ۲۲ درصد مساحت باغات کشور و رتبه نخست کشوری با ۷۹۵۰۹۲ هکتار مساحت اراضی را به خود اختصاص داده است. مساحت مراتع عمدتاً از نوع مراتع فقیر و متوسط با ۷۷۰۰۰۰۰ هکتار و مساحت جنگل‌ها ۲۵۰۰۰۰۰ هکتار عمدتاً از نوع جنگل‌های تنک، مساحت مناطق کویری و بیابانی استان ۶۳۰۰۰۰۰ هکتار که در هم‌جواری یکی از بزرگترین کویرهای دنیا (کویر لوت) قرار دارد. این استان با در برگرفتن حدود ۱۱ درصد از مساحت کشور بخش وسیعی

[1] - Lorenzo-Lacruz et al.
[2] -standardized water index
[3]- Ezzine et al.
[4] - Mishra and Sing
[5] - Artificial neural networks
[6]- support vector regression
[7] - Belayneh et al.
[8] - Mckee et al.

از پیکره جنوب شرقی فلات مرکزی ایران را می‌پوشاند و بدان واسطه کلیه فعل و انفعالات پیچیده و خشن طبیعی مربوط به شرایط آب و هوایی خشک و شدید کویری را دارد. اما از آنجایی که دو سوم این سرزمین را کوه‌ها می‌پوشانند، وجود گستره وسیع ارتفاعات از نفوذ و تسلط کامل شرایط سخت کویری بر پهنه استان تا حد قابل ملاحظه‌ای کاسته است. در این پژوهش به منظور کمی نمودن تأثیر کمبود بارندگی در دوره‌های زمانی مختلف از روش SPI و جهت پهنه‌بندی پتانسیل خطر خشکسالی در استان از روش زمین آماری کریجینگ استفاده شد که در ادامه توضیح مختصری در رابطه با موارد فوق ارائه می‌گردد. در شکل زیرنقشه استان به تفکیک شهرستان‌ها آورده شده است.



شکل ۱- نقشه استان به تفکیک شهرستان‌ها

محاسبه شاخص استاندارد شده بارش

بسیاری از برنامه ریزان خشکسالی به قابلیت شاخص SPI اذعان دارند. شاخص SPI شاخصی است که بر اساس احتمال وقوع بارش برای هر دوره زمانی مورد نظر در هر منطقه استفاده می‌شود. شاخص SPI را می‌توان برای دورههای زمانی مختلف محاسبه نمود. این شاخص می‌تواند امکان هشدار وقوع خشکسالی را فراهم نماید و در ارزیابی شدت خشکسالی کمک کند و نهایتاً اینکه پیچیدگی شاخص‌های دیگر نظیر پالمر را ندارد (میشرا و سینگ ، ۲۰۱۰). این روش با توجه به بررسی تأثیرات متفاوت کمبود بارش بر روی آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک، و جریان آبراهه ارائه شده است. با توجه به خصوصیات SPI این نمایه در سرتاسر دنیا برای پایش دوره‌های خشکی مورد استفاده قرار گرفته است. دوره‌های زمانی مختلف تأثیرات خشکسالی بر در دسترس بودن منابع آبی مختلف را انعکاس می‌دهند. شرایط رطوبتی خاک نسبت به بارش غیر معمول در دوره نسبتاً کوتاهی واکنش نشان می‌دهد و آبخوان‌ها و مخازن ذخیره آب تأثیرات بارش‌های غیر معمول در دوره طولانی‌تر را انعکاس می‌دهند. بدین دلایل ابتدا مک‌کی و همکاران در سال ۱۹۹۳ شاخصSPI را برای دوره‌های ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه نمودند. محاسبه SPI برای هر محل بر اساس آمار طولانی مدت بارش (حداقل ۳۰ ساله) برای دوره زمانی

مورد نظر استوار است (ادوارد[1] و مک‌کی،۱۹۹۷). بر این دوره طولانی مدت آماری یک توزیع آماری برازش داده می‌شود و سپس این توزیع به توزیع نرمال انتقال داده می‌شود به گونه‌ای که متوسط (SPI) برای یک موقعیت و دوره زمانی مورد نظر صفر است (میشرا و سینگ، ۲۰۱۰). جهت

$$SPI = -\left[t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right] \qquad 0 < H(x) \leq 0.5 \qquad (۲)$$

$$\text{SPI} = +\left[\text{t} - \frac{\text{C}_0 + \text{C}_1\text{t} + \text{C}_2\,\text{t}^2}{1 + \text{d}_1\,\text{t} + \text{d}_2\text{t}^2 + \text{d}_3\text{t}^3}\right] \qquad 0.5 < H(x) \leq 1$$

در معادله (۱):

$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{H(x)^2}\right]}$$

در معادله (۲):

$$t = \sqrt{ln\left[\frac{1}{\left(1 - H(X)\right)^2}\right]}$$

در این معادلات c_0، c_1، c_2، d_1، d_2 و d_3 مقادیر ثابت و H(X) احتمال تجمعی است.

محاسبه این نمایه از تابع توزیع گاما برای برازش داده‌های بلندمدت بارش استفاده می‌شود که پس از انجام محاسبه‌های لازم و تعیین پارامترهای مربوطه، نمایه SPI با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ محاسبه می‌گردد(جمالی و همکاران، ۲۰۰۴). (۱)

c_0= ۲/۵۳۵۵۳۷	d_1= ۳/۴۳۲۷۸۸
c_1= ۰/۸۰۲۸۵۳	d_2= ۰/۱۸۹۲۶۹
c_2= ۰/۰۳۰۳۲۸	d_3= ۰/۰۰۳۳۰۸

نمایه استانداردشده بارش، یک ابزار قوی در آنالیز داده‌های بارندگی می‌باشد. هدف SPI اختصاص ارزش عددی به بارندگی می‌باشد که بتوان نواحی با آب و هوای کاملاً متفاوت را با هم مقایسه نمود (مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳).

مک‌کی جدول شماره ۱ را برای توصیف مقادیر SPIارائه داد.

[1] - Edward

جدول ۱: کلاس‌بندی خشکسالی بر اساس شاخص بارش استاندارد شده(مک‌کی و همکاران، ۱۹۹۳)

توصیف وضعیت	مقادیر SPI
ترسالی خیلی شدید	بیشتر از ۲+
ترسالی شدید	۱/۵+ تا ۲+
ترسالی متوسط	۱+ تا ۱/۵+
ترسالی ملایم	۱+ تا ۰
خشکسالی ملایم	۰ تا ۱-
خشکسالی متوسط	۱- تا ۱/۵-
خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۲-
خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۲-

روش کریجینگ

کلمه "کریجینگ" به معنی پیش بینی بهینه است. کریجینگ یک روش تخمین زمین آماری است که با استفاده از مقادیر معلوم و یک تغییرنما مقادیر مجهول را برآورد می‌کند. این روش بر منطق "میانگین متحرک وزن دار" استوار می‌باشد، گریجینگ علاوه بر تخمین مقادیر مجهول، خطای مرتبط با آن تخمین را نیز حساب می‌کند. بنابراین می‌توان برای هر مقدار برآورد شده دامنه اطمینان آن تخمین را محاسبه کرد. معادله کلی تخمین کریچینگ به صورت معادله (۳) است:

(۳)

$$Z*(Xi) = \sum_{i=1}^{n} \lambda i \; Z(Xi)$$

Z*(Xi) = مقدار مشاهده شده z در نقطه Xi

λi =وزن یا اهمیت نسبت داده شده به مقدار z در نقطه xi و Z(Xi) = مقدار تخمین زده شده z در نقطه x می-باشد.

بزرگی خشکسالی

برای محاسبه بزرگی خشکسالی ابتدا باید دورهای خشک برای هر ایستگاه محاسبه شود و سپس قدر مطلق مجموع SPI یا پارامتر دیگر مورد مطالعه، در بزرگترین دوره خشک هر ایستگاه ارزش بزرگی خشکسالی است.

جمع آوری و انتخاب آمار و ایستگاه‌های مناسب

اولین قدم در این مطالعه تهیه اطلاعات هواشناسی مانند آمار بارندگی می‌باشد. داده‌های مورد نیاز به صورت ماهانه و سالانه بودند که از سازمان هواشناسی استان کرمان جمع آوری شد و سپس مورد تجزیه و تحلیل آماری جهت رسیدن به اهداف تحقیق قرار گرفت. لازمه تصحیح آماری این است که آمار جمع آوری شده دارای سه ویژگی تناسب، کیفیت و صحت باشد. منظور از تناسب داده‌ها این است که آمار جمع آوری شده در ارتباط نزدیک با مسئله مورد نظر باشد. کیفیت داده‌ها در ارتباط با طول دوره آماری مورد نظر می‌باشد که هر اندازه طول مدت آماری بیشتر باشد دقت کار بیشتر خواهد بود، صحت داده‌ها نیز مربوط به همگن یا نا همگن بودن داده‌ها می‌باشد(مهدوی، ۱۳۸۴). لذا با در نظر گرفتن این شروط از بارش‌های سالانه ایستگاه-ها برای بررسی خشکسالی استفاده شد. ملاک انتخاب ایستگاه‌های مناسب در این تحقیق به شرح زیر است:۱- ایستگاه‌هایی انتخاب شوند که دارای آمار طولانی بوده تا شرایط کفایت داده‌ها را تامین کند.۲- نواقص آماری در ایستگاه حداقل باشد.۳- ایستگاه‌ها دارای پراکنش مناسبی در سطح استان باشد تا نقشه‌ها از دقت کافی برخوردار باشند(تاج‌الدینی، ۱۳۸۹)، با توجه به طول مدت، کیفیت و قابلیت گسترش و بازسازی آمار و سایر معیارهای گزینش ۵۹ ایستگاه انتخاب شد.

انتخاب در پایه مشترک زمانی

ایستگاه‌های مختلف در استان کرمان در سال‌های مختلف تاسیس شده‌اند و دارای آمار یکنواخت نیستند در حالیکه برای آنالیز آماری باید دوره‌های آماری دارای طول دوره یکسان باشند. با در نظر گرفتن موارد فوق و انتخاب ایستگاه‌های مناسب دوره آماری ۳۰ ساله از سال آبی ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۳ که اکثر ایستگاه‌ها در آن زمان بیشترین تعداد هستند بعنوان دوره مشترک آماری انتخاب شد. اساس شاخص‌های خشکسالی محاسبه انحراف از وضعیت نرمال است، چنانچه دوره آماری کوتاه انتخاب شود تصمیم گیریدر مورد رخدادخشکسالی با شک همراه خواهد بود. اگرچه سازمان هواشناسی جهانی(WMO) استفاده از یک دوره ۳۰ ساله را برای بررسی‌های اقلیمی کافی می‌داند ولی بسیاری از دانشمندان استفاده از نرمال ۳۰ ساله را در محاسبات خشکسالی قابل قبول نمی‌دانند زیرا معتقدند یک دوره ۳۰ ساله قابلیت نمایش تغییرات بلند مدت اقلیمی را ندارد(صفدری، ۱۳۸۲). در شکل ۲ نقشه موقعیت ایستگاه-ها در استان کرمان و در جداول ۳ و ۴ مشخصات ایستگاه-های سینوپتیک و باران‌سنجی نشان داده شده است.

شکل۲- پراکنش ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در تحقیق در سطح استان کرمان

بررسی صحت و همگنی داده‌ها و آزمون توالی

قبل از هر گونه تجزیه و تحلیل لازمست از کیفیت داده-ها و همینطور کامل بودن آن‌ها اطمینان حاصل نمود جهت انجام همگنی داده‌ها از روش آزمون توالی استفاده شد. در این روش داده‌های به دست آمده به ترتیب صعودی یا نزولی مرتب می‌شوند و بعد میانه آن‌ها بدست می‌آیدکه مقدار آن عددی است که در وسط سری آماری ما قرار دارد، حال هر یک از مقادیر سری اگر بزرگتر از میانه بود با علامت A و هر کدام که کوچکتر بود با علامتB معین شد و برای ارقامی که با میانه برابر بودند علامتی درنظر گرفته نشد. حد اپتیمم مجموع تعداد دنباله‌ها را میتوان با استفاده از جدول در سطح اعتماد ۵ درصد بدست آورد که بر مبنای تعداد سال‌ها با علامت A و B تعیین می‌گردد و چنانچه جمع تعداد دنباله‌ها بین دو عدد بدست آمده از جدول قرار بگیرد آن سری داده همگن است.

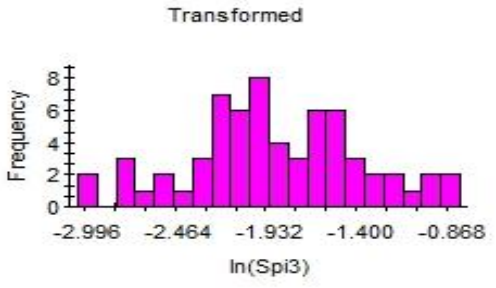
بازسازی و تطویل آماری

از آنجایکه اکثر ایستگاه‌های هواشناسی بدلیل عدم ثبات مقادیر، توسط متصدی ایستگاه یا خرابی دستگاه دارای خلا آماری می‌باشند لذا ضروری است تا این کمبود داده با استفاده از روش مناسب آماری تکمیل شود. برای تکمیل داده‌ها روش‌های مختلفی توسط هیدرولوژیست‌ها ارائه گردیده است که مهمترین آن‌ها شامل روش همبستگی بین ایستگاه‌ها، روش ایستگاه معرف، روش محور مختصات و روش نرمال می‌باشد(مهدوی، ۱۳۸۴). در این تحقیق از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS و تشکیل ماتریس همبستگس استفاده شد.

تهیه نقشه هم شدت خشکسالی استان کرمان

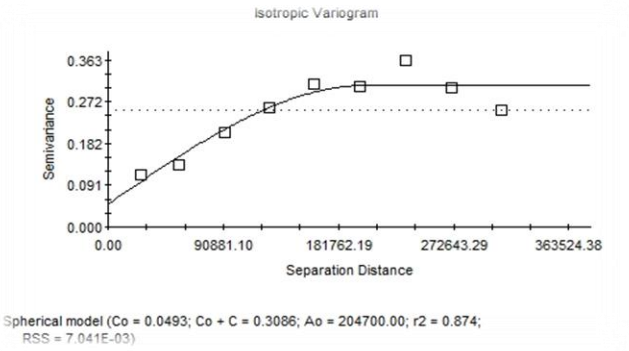
نرمال کردن داده‌ها

برای پهنه بندی خشکسالی استان کرمان بعد از بدست آوردن عدد SPI ۱، ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه ایستگاه‌های سینوپتیک و باران سنجی استان از سال ۱۳۵۳ تا ۱۳۸۳ به صورت ماهانه و سپس متوسط‌گیری سالانه، برای هر ایستگاه ۵ عدد SPI جداگانه محاسبه شد. ابتدا با استفاده از نرم افزار GS^+ ویژگی‌های آماری هر سری از SPI ها بررسی شد و از نظر نرمال بودن بهترین حالت داده‌ها در نظر گرفته شد و با توجه به عدد (Z) و موقعیت نقاط ایستگاه‌ها (X و Y)، به فرض اینکه در جهات مختلف تغییرات یکسانی دارند واریوگرام مربوطه برای هر کدام از سری‌ها تهیه شد که مبنا و شالوده پهنه‌بندی خشکسالی بر آن استوار است به همین دلیل کمال دقت در نرمالیزه کردن داده‌ها مبذول گردید. در شکل ۳ به عنوان نمونه نمودار میله‌ای حاصل از داده‌های نرمال شده SPI سه ماهه آورده شده است



شکل۳- نمودار میله‌ای حاصل از داده‌های نرمال شده SPI سه ماهه

که در آن محور افقی مقدار SPI سه ماهه نرمال شده و در محور عمودی فراوانی آن‌ها نمایش داده شده است.در واریوگرام بدست آمده مهمترین عناصر، قرار گرفتن نقاط روی منحنی و هر چه نزدیک‌تر بودن آن‌ها به مبدا مختصات است که نشان دهنده تهیه بهترین مدل برای بازسازی نقاط مراحل بعدی پهنه‌بندی می‌باشد(که برای مثال واریوگرام حاصل از داده‌های SPI سه ماهه در شکل ۴آورده شده است). برای استفاده از نرم افزار GS^+ به مختصات UTM هر ۵۹ ایستگاه نیاز بود که تهیه شد. به طور کلی استفاده از این نرم افزار به کاربر کمک می‌کند تا به این درک برسد که تغییرات متغیر در حال بررسی در منطقه یا محدوده تحقیق از مدل خاصی پیروی می‌کند؟ و آیا می‌شود یک مدل ریاضی برای آن تعریف کرد؟ متغیرها در تحقیقات مختلف متفاوت هستند که در تحقیق حاضر مقدار عددی SPI به عنوان متغیر و در نرم افزار به عنوانZ وارد شده است.



شکل۴: نمودار واریوگرام تهیه شده از داده‌های SPI سه ماهه توسط نرم افزارGS^+ به همراه فرمول وبهترین برازش

پهنه بندی شدت خشکسالی استان کرمان با استفاده از روش کریجینگ

برای انتخاب بهترین روش درون‌یابی ۲ راه موجود می-باشد، اول اینکه بر اساس مطالعات قبلی مشخص شده باشد که کدام روش درون‌یابی برای تحقیقی که در دست اجرا داریم بهتر است و روش دوم اینکه بین روش‌های مختلف با استفاده از معیارهای ارزیابی مانند: نش- ساتکلیف، میانگین خطای مطلق، مربع میانگین خطای مطلق و غیره مشخص شود که کدام روش بهتر است. طبق مطالعات انجام گرفته روش کریجینگ یک روش پیش‌بینی بهینه است که برای

متغیرهای ژئوفیزیکی با توزیع پیوسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. متغیرها در این روش تا حدودی تصادفی بوده، اما تغییرات آن‌ها را نمی‌توان با یک تاندسی تعریف کرد. در این مدل تحلیل، از یک روش میانگین وزنی برای توزیع متغیرها استفاده می‌شود به این ترتیب که هر چه متغیر به مرکز و مبدا مختصات نزدیک‌تر، وزن آن بیشتر و هر چه دورتر، وزن آن کمتر خواهد بود. در این روش ابتدا داده‌های مربوط به انحراف آماری متغیرها در فواصل در جهات متفاوت نسبت به نقطه کنترل به صورت مجموعه‌هایی از فاکتورهای وزن‌دار که حداقل خطا در تخمین مقادیر نقطه-ای را دارد تولید می‌شود (بداق‌جمالی، ۲۰۰۴). با توجه به کامل بودن روش فوق، جهت پهنه‌بندی استان از این مدل استفاده شده است. به دلیل اینکه در مدل خطی، شعاع تاثیر تعریف ندارد، از بین مدل‌های گوسین، دایره‌ای و نمایی هر کدام که RSS کمتر و r^2 بیشتری داشتند انتخاب شد.و در انتها با فراخوانی نقشه تهیه شده از نرم افزار GS^+ و نقشه استان کرمان در محیط نرم افزار GIS و از انطباق این دو نقشه نقشه‌های هم شدت خشکسالی استان و هم ارزش بزرگی استان حاصل شد.

تهیه نقشه هم‌ارزش بزرگی در استان کرمان

برای محاسبه بزرگی خشکسالی ابتدا باید دوره‌های خشک هر ایستگاه را محاسبه کرد، که برای تمام ایستگاه-های مورد مطالعه با متوسط گیری سالانه از مقدار SPI به دست آمده برای آن ایستگاه برای دوره های زمانی مختلف محاسبه شد به این صورت که در انتها برای هر ایستگاه در هر سال ۵ عدد SPI در دوره‌های زمانی مختلف به دست آمد، سپس با قدر مطلق گرفتن از مجموع SPIهای دوره-های خشک هر ایستگاه با ارزشترین بزرگی در هرایستگاه در هر دوره زمانی محاسبه شد که در نرم افزار GS^+ مورد استفاده قرار گرفت. در مورد مقیاس زمانی ۱ ماهه تعداد ایستگاه‌هایی که در وضعیت خشکسالی بودند به حدی نبود که نرم افزار جواب دهد(حداقل ۳۰ ایستگاه) به همین خاطر تهیه نقشه هم‌ارزش بزرگی خشکسالی در مقیاس زمانی ۱ ماهه مقدور نشد بقیه مراحل مانند مراحل قبل جهت تهیه نقشه هم‌ارزش بزرگی انجام شد.

نتایج

باروگراف ایستگاه‌های مورد استفاده در تحقیق

ایستگاه‌های مختلف در استان کرمان در سال‌های مختلف تاسیس شده‌اند و دارای آمار یکنواخت نیستند در حالیکه برای آنالیز آماری باید دوره‌های آماری دارای طول دوره یکسان باشند. به همین منظور باروگراف ایستگاه‌ها تهیه شد و به علت بزرگی جدول در این مقاله آورده نشد.

تعیین مقدار SPIها در مقیاس‌های زمانی مختلف

با استفاده از نرم افزار مقدار SPIها برای تهیه نقشه پهنه بندی خشکسالی‌ها اقلیمی در استان کرمان به دست آمد که به دلیل تعداد زیاد ایستگاه آمار SPIایستگاه‌های سینوپتیک در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول۲: مقدار SPIهای مختلف ایستگاه‌های سینوپتیک

نام ایستگاه	SPI1	SPI3	SPI6	SPI9	SPI12
کرمان	۰/۴۳۰۲	۰/۱۱۱۲	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۲۰	۰/۰۰۰۷
سیرجان	۰/۰۳۸۸	۰/۱۰۵۵	۰/۰۰۶۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۴
بم	۰/۵۸۵۰	۰/۲۱۸۴	۰/۰۲۸۸	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۱۲
جیرفت	۰/۳۲۰۶	۰/۰۷۷۳	۰/۰۰۴۷	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۸
کهنوج	۰/۴۱۱۶	۰/۱۲۲۱	۰/۰۱۵۷	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳
بافت	۰/۲۳۳۱	۰/۰۴۹۶	۰/۰۰۵۴	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۲
شهربابک	۰/۳۶۹۳	۰/۱۰۴۶	۰/۰۱۰۲	-۰/۰۰۸	-۰/۰۰۱
رفسنجان	۰/۵۷۸۵	۰/۲۳۴۵	۰/۰۳۸۴	۰/۰۰۳۳	۰/۰۰۲۱
انار	۰/۴۶۴۸	۰/۱۷۹۳	۰/۰۳۶۵	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۳

تعیین مقدار بزرگی خشکسالی

به دلیل اینکه در برخی از ایستگاه‌ها در مقیاس‌های زمانی متفاوت دارای دوره خشک نبودند و از جهت اینکه آوردن دوره‌های خشک تعیین شده برای هر ایستگاه در جدول مقدور نبود در جدول ۳ بالاترین مقدار قدر مطلق بزرگی خشکسالی ایستگاه‌های سینوپتیک استان آورده شده است.

جدول۳: حداکثر ارزش بزرگی خشکسالی ایستگاه‌های سینوپتیک

نام ایستگاه	BO3	BO6	BO9	BO12
کرمان	۱/۳۰۸	۵/۱۲۵	۶/۸۶۴	۸/۵۸۱
سیرجان	۱/۰۸۱	۲/۴۰۴	۵/۹۸۲	۷/۶۴۹
بم	۱/۱۲۸	۳/۰۷۷	۳/۸۱۷	۴/۲۷۶
جیرفت	۲/۵۰۲	۳/۳۷۳	۴/۶۰۷	۶/۱۴۴
کهنوج	۱/۴۹۲	۲/۶۰۵	۲/۹۲۳	۳/۹۶۸
بافت	۱/۵۶	۳/۴۱۲	۸/۲۱۳	۸/۹۶۴
شهربابک	۱/۰۵۹	۲/۸۷۶	۷/۱۱۷	۹/۵۴۷
رفسنجان	۱/۰۴۳	۳/۲۵۹	۵/۱۱۶	۶/۵۸۸
انار	۰/۸۴۸	۲/۸۲۷	۷/۸۹۵	۹/۵۲

آنالیز زمین آماری داده‌ها

پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها و بررسی ویژگی‌های آماری نسبت به آنالیز زمین آماری اقدام شد. جدول ۴و ۵ نتایج حاصل از آنالیز زمین آماراعداد به دست آمده شاخص (SPI) در دوره‌های زمانی مختلف برای تهیه نقشه پهنه بندی خشکسالی‌های اقلیمی و قدر مطلق مجموع دوره‌های خشک هر ایستگاه برای تهیه نقشه پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی استان کرمان را نشان می‌دهد.

بر اساس این آنالیز مدل واریو گرام یا مدل ریاضی برازش شده بر ساختار فضایی داده‌ها برای دوره‌های ۱، ۳، ۹ و ۱۲ ماهه مدل کروی و برای ۶ ماهه مدل گوسین مناسب است. از نکات قابل توجه می‌توان به RSS و r^2 اشاره نمود که این دو معیار نشان می‌دهند مدل انتخابی جهت ساختار فضائی داده‌ها مدل بسیار مناسبی است. به طوری که هر چه میزان RSS کمتر و میزان r^2 بیشتر باشد مدل از دقت بالاتری جهت درون‌یابی برخوردار است.

جدول ۴: ویژگی‌های مدل‌های زمین آماری دوره‌های زمانی مختلف برای تهیه نقشه هم شدت خشکسالی

دوره	مدل	CO	CO + C	AO	R^2	RSS
۱ ماهه	کروی	۰/۰۱۵۵	۰/۰۷۴	۱۷۰۹۰۰	۰/۸۴	۴×۱۰^{-۴}
۳ ماهه	کروی	۰/۰۴۹۳	۰/۳۰۸	۲۰۴۷۰۰	۰/۸۷	$۷/۰۴\times۱۰^{-۳}$
۶ ماهه	گوسین	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۳۶۲۱۰۰	۰/۹۲	$۱/۸۹\times۱۰^{-۴}$
۹ ماهه	کروی	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۵	۳۰۷۰۰۰	۰/۹۲	$۶/۹۴\times۱۰^{-۵}$
۱۲ماهه	کروی	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۲۳۵۰۰۰	۰/۸۵	$۱/۶۴\times۱۰^{-۵}$

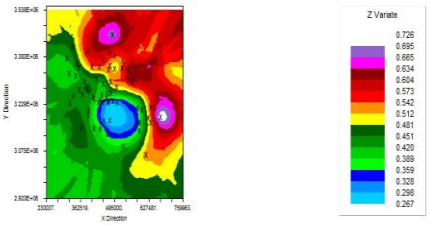
در مورد جدول ۵ باید اشاره کرد که به دلیل عدم دوره‌های خشک مناسب در ایستگاه‌های مورد تحقیق نرم افزار در مورد مقیاس زمانی یک ماهه پاسخ نداد و همانطور که مشخص است بهترین مدل ریاضی برای مقیاس‌های زمانی ۶و ۹ ماهه نمایی، ۳ ماهه کروی و دوازده ماهه گوسین می‌باشد.

جدول ۵- ویژگی‌های مدل‌های زمین آماری دوره‌های زمانی مختلف برای تهیه نقشه هم ارزش بزرگی خشکسالی

دوره	مدل	CO	CO + C	AO	R^2	RSS
۳ ماهه	کروی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۷	۹۸۲۰۰	۰/۷۵	$۶/۰۹\times۱۰^{-۴}$
۶ ماهه	نمایی	۰/۰۱۷	۰/۰۳	۸۱۱۰۰	۰/۶۵	$۱/۱۴\times۱۰^{-۴}$
۹ ماهه	نمایی	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳	۳۳۷۰۰	۰/۷۸	$۷/۳۱\times۱۰^{-۵}$
۱۲ماهه	گوسین	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۵۱۶۰۰	۰/۹۵	$۱/۹۲\times۱۰^{-۷}$

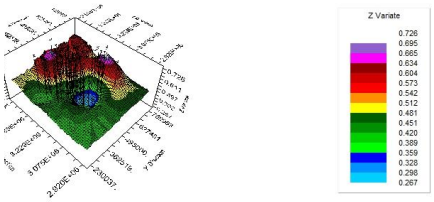
تهیه نقشه هم شدت خشکسالی در مقیاس‌های زمانی مختلف

به طور خلاصه مراحل تهیه نقشه هم شدت پس از تهیه اطلاعات هواشناسی و طی مراحلی و به دست آوردن اعداد شاخص بارش استاندارد شده، از این قرار است که داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار GS^+ به نقشه تبدیل می‌شود که در محیط نرم افزار GIS قابل دریافت است. در این فرایند نرمال کردن داده‌ها از اهمیت خاصی برخوردار است چون تمامی مراحل از آن به بعد که منجر به تهیه مدل ریاضی می‌شود به آن بستگی دارد. پهنه بندی طبق روش کریجینگ در نرم افزار GS^+ انجام می‌شود که حاصل آن را می‌توان به صورت نقشه‌های دو بعدی و سه بعدی نمایش داد که برای مثال شکل‌های ۵ و ۶ حاصل عملیات پهنه بندی به روش کریجینگ در مقیاس زمانی یک ماهه در نرم افزار GS^+ است.



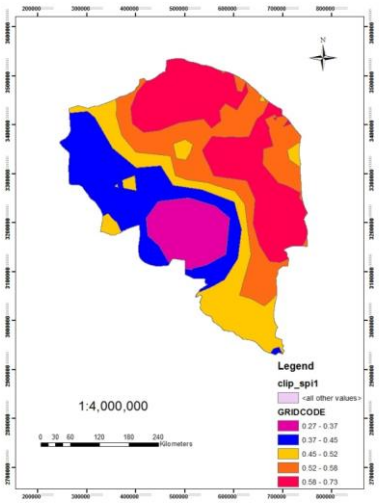
شکل ۵- نقشه دوبعدی شدت خشکسالی با استفاده از نرم افزار GS^+ استان کرمان در مقیاس زمانی یک ماهه

منظور از Z variate همان مقدار عددی SPI می‌باشد.

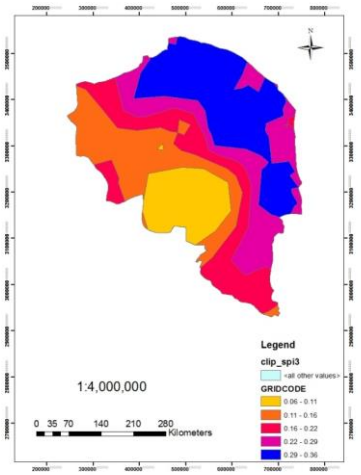


شکل ۶- نقشه سه بعدی شدت خشکسالی با استفاده از نرم افزار GS^+ استان کرمان در مقیاس زمانی یک ماهه

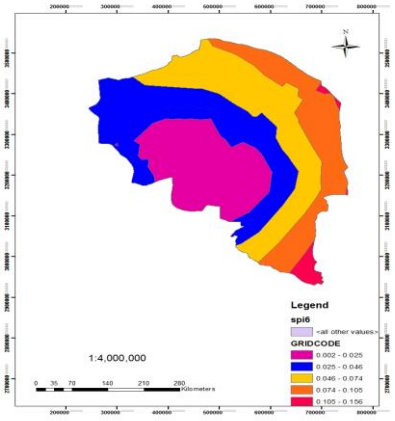
شکل‌های۵ و ۶ به عنوان مثال از نتایج نرم افزار GS^+ آورده شده است و در ادامه نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی‌های اقلیمی در مقیاس‌های زمانی مختلف از شکل ۷ تا ۱۱ آورده شده است



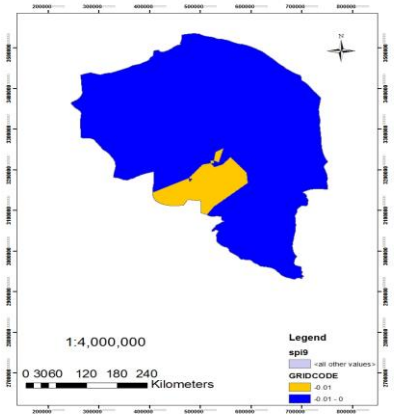
شکل ۷- نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی یک ماهه



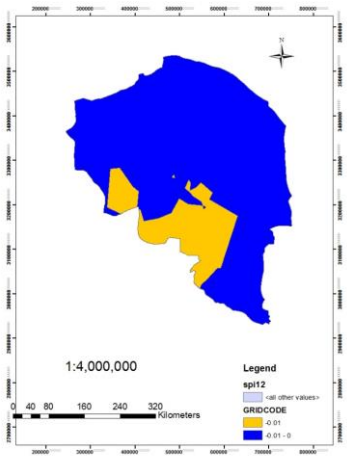
شکل ۸- نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی سه ماهه



شکل ۹- نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی شش ماهه



شکل ۱۰- نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی نه ماهه



شکل ۱۱- نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی دوازده ماهه

بحث و نتیجه‌گیری در مورد نقشه‌های پهنه بندی خشکسالی‌های اقلیمی در استان کرمان

همان‌طور که در راهنمای شکل شماره ۷، نقشه پهنه بندی نمایه استاندارد شده بارش در مقیاس زمانی یک ماهه مشخص است، SPI در سطح استان در محدوده ۰/۲۷ تا ۰/۷۳ متغیر است و بر طبق جدول شماره ۱ در وضعیت تر سالی ملایم قرار می‌گیرد و مشخص است که در قسمت جنوب غربی استان محدوده شهرستان‌های بافت، جیرفت، کهنوج و رابر، با اینکه از نظر میانگین بارندگی در وضعیت بهتری نسبت به بقیه نواحی استان قرار دارند، از نظر شاخص استاندارد شده بارش کمترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند و آن به این مفهوم است که گر چه این نواحی از مقدار بارندگی بیشتری برخوردار هستند اما از نظر احتمال وقوع خشکسالی در اثر کمتر شدن بارندگی ماهانه از میانگین دراز مدت آن نسبت به بقیه مساحت استان حساسیت بیشتری نشان خواهند داد. سطوحی از استان که کویر لوت در آن واقع شده است قسمت‌هایی از شهرستان‌های کرمان، راور، ریگان و بم بالاترین مقدار SPI را دارند که گویای این مطلب است که اگر مقدار بارندگی در یک ماه از میانگین دراز مدت آن کمتر بود حساسیت کمتری نسبت به قرار گرفتن در وضعیت خشکسالی از خود نشان می‌دهند و به ترتیب این وضعیت در قسمت‌های مرکزی، شرقی و شمالی و سپس قسمت‌های جنوبی و نواری از مرکز تا شمال در محدوده شهرستان‌های رودبار جنوب، زرند، کوهبنان و قسمت-هایی از از شهرستان‌های کرمان، جیرفت، منوجان و قلعه گنج و در آخر غرب و شمال غرب استان در محدوده شهرستان‌های شهربابک و قسمت‌هایی از شهرستان سیرجان به ترتیب نسبت به بروز خشکسالی حساسیت نشان خواهند داد. بر طبق شکل شماره ۸، راهنمای نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی در مقیاس زمانی سه ماهه نشان میدهد که که در این مقیاس زمانی مقدار عددی SPI بین اعدا ۰/۰۶ تا ۰/۳۶ متغیر می‌باشد که بر اساس جدول شماره ۱ در وضعیت ترسالی ملایم قرارمی‌گیرد و عینا حالتی که در مقیاس زمانی یک ماهه در سطح استان حاصل می-شود در مقیاس زمانی سه ماهه نیز تکرار شده است.

بر طبق شکل شماره ۹، راهنمای نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی در مقیاس زمانی شش ماهه نشان می‌دهد که مقدار عددی SPI بین اعداد ۰/۰۲ تا ۰/۱۵۶ متغیر است و بر اساس جدول شماره ۱در وضعیت تر سالی ملایم قرار می‌گیرد و از نظر حساسیت به وقوع خشکسالی قسمت‌های بیشتری از جنوب غربی استان محدوده شهرستان‌های بافت، رابر، جیرفت، بردسیر، سیرجان و قسمت‌هایی از شهرستان شهربابک که بارندگی بیشتری دارند از نظر احتمال وقوع خشکسالی حساسیت بیشتری نشان میدهند و بعد قسمت‌های شرقی و جنوب شرقی و سپس قسمت‌هایی از استان که کویر لوت در آن واقع است با امتداد از مرکز به سمت شمال(زرند و کوهبنان) و جنوب تا جنوب غربی(منوجان) و سپس در آخر نواحی از شمال غربی، مرکز و جنوب غربی استان در محدوده شهرستان‌های شه بابک،قسمت‌هایی از سیرجان و رودبار جنوب را شامل می‌شود.

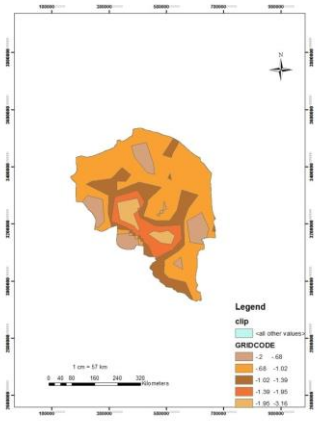
تا این مرحله که مقیاس‌های زمانی ۱، ۳ و ۶ ماهه مورد بحث قرار گرفت از نظر خشکسالی هواشناسی و کشاورزی که در مقیاس زمانی کوتاه‌تری از نظر نمایه بارش استاندار شده بررسی می‌شودمعلوم شد که سطح استان از نظر مقدار عددی SPI و بر اساس تعریف این نمایه توسط مک‌کی در وضعیت تر سالی ملایم واقع می‌شود، یعنی SPI بالاتر از صفر و کمتر از یک. محدوده SPIهای به دست آمده به ما نشان می‌دهد که همین-طور که مقیاس زمانی بیشتر می‌شود محدوده تغییر نمایه به صفر نزدیکتر می‌شود و از مقیاس زمانی شش ماهه به بعد(خشکسالی هیدرولوژیکی) محدوده تغییرات مقدار عددی SPI منفی می‌شود.

بر طبق شکل شماره ۱۰راهنمای نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی در مقیاس زمانی نه ماهه نشان

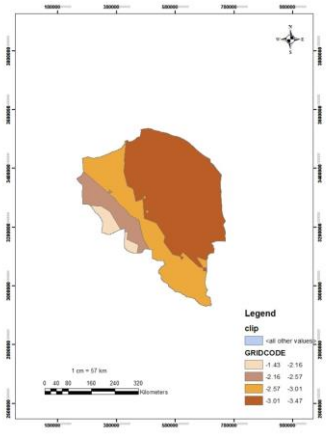
می‌دهد که مقدار عددی SPI بین اعداد صفر تا ۰/۰۱- متغیر است و سطح استان بر اساس جدول شماره ۱ در وضعیت خشکسالی ملایم قرار می‌گیرد که در قسمت‌های کمتری از جنوب غرب استان محدوده کوچکی از شهرستان‌های بافت و بیشتری از جیرفت از نظر احتمال وقوع خشکسالی در شرایط حساس‌تری قرار دارند و بقیه استان تقریبا در وضعیت نرمال قرار می‌گیرند و در آخر برطبق شکل شماره ۱۱ راهنمای نقشه پهنه بندی هم شدت خشکسالی در مقیاس دوازده ماهه نشان می‌دهد که مقدار عددی SPI بین اعداد صفر تا ۰/۰۱- متغیر است و سطح استان بر اساس جدول شماره ۱ در وضعیت خشکسالی ملایم قرار می‌گیرد اما قسمت‌های بیشتری از جنوب غربی استان در محدوده شهرستان‌های بافت، کهنوج و قسمت‌هایی از شهرستان‌های منوجان، جیرفت، عنبرآباد، بم و بردسیر و قسمتی از غرب استان در محدوده شهرستان سیرجان از نظر احتمال وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی در شرایط حساس‌تری نسبت به بقیه استان قرار دارند.

تهیه نقشه پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی:

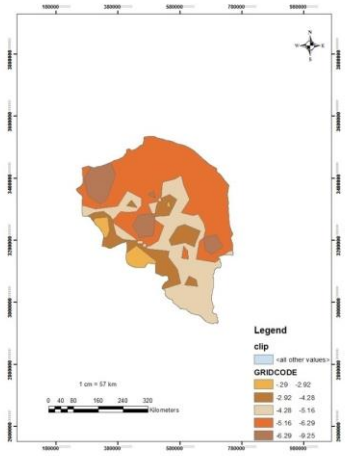
مراحل تهیه نقشه پهنه بندی مانند قبل است با این تفاوت که اطلاعات ورودی قدر مطلق مجموع دورهای خشک هر ایستگاه است. نقشه‌های دوبعدی، سه بعدی حاصل از نرم افزار GS^+ و نقشه هم ارزش بزرگی استان کرمان در مقیاس‌های زمانی مختلف تهیه شد که در زیر نقشه‌های نهایی مناطق هم ارزش بزرگی در استان کرمان از شکل ۱۲ تا ۱۵ آورده شده است.



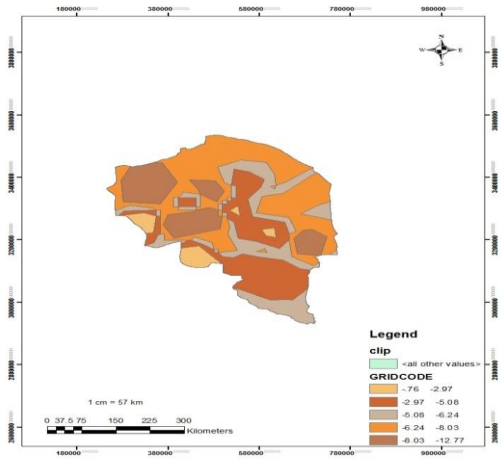
شکل ۱۲- نقشه پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی سه ماهه



شکل ۱۳- نقشه پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی شش ماهه



شکل ۱۴- نقشه پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی نه ماهه



شکل ۱۵- نقشه پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی استان کرمان در مقیاس زمانی دوازده ماهه

بحث و نتیجه‌گیری در مورد نقشه‌های پهنه بندی هم ارزش بزرگی خشکسالی در استان کرمان

بر طبق راهنمای شکل شماره ۱۲ مشخص می‌شود که بیشترین مقدار مجموع دوره‌های خشک در مقیاس زمانی سه ماهه ۳/۱۶- می‌باشد که در قسمت‌هایی از مرکز به سمت غرب و جنوب غربی در محدوده شهرستان‌های بردسیر و عنبرآباد به وقوع پیوسته است و کمترین مقدار مجموع دوره‌های خشک در مقیاس سه ماهه ۰/۲- است که در قسمت‌هایی از غرب، جنوب غربی، جنوب غربی و شمال استان در محدوده شهرستان‌های بافت، سیرجان، زرند، کوهبنان، ریگان و رودبار جنوب به وقوع پیوسته است و مقایسه دو نقشه هم شدت خشکسالی و هم ارزش بزرگی خشکسالی هم این مطلب را تایید می‌کند که آن منطقه‌ای که کمترین مجموع قدر مطلق ارزش بزرگی را در این مقیاس زمانی دارا می‌باشد از نظر مقدار عددی SPI نیز جزء مناطقی است که کمترین مقدار مثبت نزدیک به صفررا دارد، از تحلیل این وضعیت متوجه می‌شویم که اگر چه این مناطق از نظر بارندگی وضعیت بهتری از بقیه مناطق استان دارند و دوره خشکی در ایستگاه‌های آن مناطق ثبت نشده یا کمتر ثبت شده ولی این مطلب نباید ما را فریب دهد که بارندگی خوبی در دوره آمار برداری ما داشته‌اند SPI مثبت کم در نزدیکی صفر نشان دهنده این مطلب است که مقدار بارندگی در حدود میانگین درازمدت بوده است و منطقه از نظر احتمال خشکسالی حساسیت بالایی دارد.

بیشترین مجموع دوره‌های خشک در مقیاس زمانی شش ماهه ۳/۴۷- است در قسمت‌هایی از استان که پهنه کویر لوت در آن واقع شده است که به این معنی است که در آن محدوده دوره‌های خشک با اختلاف بیشتری از میانگین بارندگی به وقوع پیوسته است که قسمت‌هایی از مرکز، شمال شرقی و جنوب شرقی استان در محدوده شهرستان‌های کرمان، بم، فهرج، ریگان و قسمت‌هایی از شهرستان‌های رودبار جنوب، جیرفت، رابر، بردسیر، رفسنجان، زرند و کوهبنان را شامل می‌شود و کمترین قدار مجموع دوره‌های خشک در مقیاس شش ماهه ۱/۴۳- است که در غرب و جنوب غربی استان در محدوده شهرستان‌های بافت و سیرجان

به وقوع پیوسته است که در شکل ۱۳ مشخص شده است.

در شکل ۱۴، مقیاس زمانی نه ماهه بیشترین مقدار مجموع دوره‌های خشک ۹/۲۵- است و در قسمت‌های شمال غربی و مرکز به سمت غرب و جنوب شرقی استان در محدوده شهرستان‌های بردسیر، انار، شهربابک و ریگان به وقوع پیوسته است و کمترین مقدار مجموع دوره‌های خشک در این مقیاس۰/۲۹- است که در غرب و جنوب غربی استان به وقوع پیوسته است.

در مقیاس زمانی دوازده ماهه نیز بیشترین مقدار مجموع دوره‌های خشک ۱۲/۷۷- است که در شمال غربی، مرکز و جنوب شرقی استان و کمترین مقدار مجموع دوره‌های خشک در این مقیاس ۰/۷۶- است که در قسمت‌هایی از غرب و جنوب غربی استان در محدوده شهرستان‌های بافت و سیرجان به وقوع پیوسته است که در شکل ۱۵ مشخص شده است.

پیشنهادات:همانطور که می‌دانید خشکسالی در مناطق خشک باعث ازدیاد آفات و در مناطق مرطوب باعث ازدیاد امراض گیاهی می‌شود، در این مطالعه مشخص شد که مناطقی از جنوب غربی و غرب استان از نظر احتمال خشکسالی در شرایط حساسی قرار دارد پیشنهاد می‌شود که مدیران باغبانی و زراعت استان لوازم و مواد مورد نیاز برای دفع آفات نباتی در آن مناطق را در الویت نسبت به مناطق دیگر استان قرار دهند.

منابع

بداق جمالی، ج، جوانمرد، س، شیر محمدی ، ر.(۱۳۸۱). پایش و پهنه بندی وضعیت خشکسالی لستان خراسان با استفاده از نمایه استاندارد شده بارش. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ۶۷، ص ۴ تا ۲۴ .

تاج‌الدینی، م. (۱۳۸۹). بررسی ارتباط بین سیگنال‌های اقلیمی(SOI,MEI,NINO,NAO) و خشکسالی هواشناسی در استان کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد

ثنایی نژاد، س.(۱۳۷۹). بررسی شاخص خشکسالی و ارزیابی شاخص های SPI و درصد از نرمال در چند ایستگاه سینوپتیک در استان خراسان. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی.۹ و ۱۰ اسفند، کرمان دانشگاه شهید باهنر، ایران،۹۴۴-۹۵۱.

حسنی ها، ح و صالحی، ز.(۱۳۷۹) . بررسی وضعیت خشکسالی بر اساس تعدادی از شاخص های آماری در استان زنجان. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی، ۹و۱۰ اسفند، کرمان دانشگاه شهید باهنر، ایران، ۹۵۲-۹۶۰.

خلیلی، ع و بذر افشان، ج.(۱۳۸۲) . ارزیابی کارایی چند نمایه خشکسالی هواشناسی در نمونه های اقلیمی مختلف ایران. نیوار ، ۴۹ و ۴۸، ۷۳ تا ۷۹ .

رضیی، ط، شکوهی، ع، ثقفیان، ب و دانش کاراسته ، پ.(۱۳۸۲). پایش پدیده خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI .سومین کنفرانس منطقه ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم ، اصفهان دانشگاه اصفهان، ایران، ۲۰۶-۲۱۶.

سازمان هواشناسی کشوری www.irimo.ir

قطره سامانی، س.(۱۳۷۹). بررسی روند خشکسالی در استان چهار محال و بختیاری. اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با کم آبی و خشکسالی ، ۹ و ۱۰ اسفند، کرمان دانشگاه شهید باهنر، ایران، ۹۳۰-۹۳۶.

لشنی زند، م و تلوری، ع.(۱۳۸۳). بررسی خشکسالی اقلیمی و امکان پیش بینی آن در شش حوزه واقع در غرب و شمال غرب ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی،۷۲، ص ۷۵- ۸۶ .

مرکز ملی تعدیل خشکسالی www.ndmd.org

Aghakouchak A., 2014, A multivariate approach for persistence-based drought prediction: Application to the 2010-2011 East Africa drought. J Hydrology,519:1310-1317.

Hao Z., and Aghakouchak, 2013, Multivariate standardized drought index: A parametric multi-index model,J Advances in water resources. 57:12-18

Belayneh, A., Adamowski, J., Khalil, B., Ozga-zielinski, B. 2014. Long-term SPI Drought Forecasting in the Awash River Basin in Ethiopia Using Wavelet Neural Network and Wavelet Support Vector Regression. Journal of Hydro... 508: 418-429.

Bussay, A., Szinell,C.and Szentimery,T.(1999).Investigation and measurements of droughts in Hungry.Hungarian metorological service.Budapest.91 pp.

Edvard, D. C, Mckee, T. B. 1997. Characteristics of 20Th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales Climatology ReportNumber 97-2. Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins.

Ezzine, H., Bouziane, A., Ouazar, D. 2014. Seasonal Comparisons of Meteorological and Agricultural Drought Indices in Morocco Using Open Short Time-Series Data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 26: 36-48.

Eltahir, E.A.B., Yeh, P.J.F., 1999. On the asymmetric response of aquifer water level to floods and droughts in Illinois. Water Resour. Res. 35 (4), 1199-1217

Guttman, N.B. (1998). Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index.J.Am.water resours.Assoc.vol.34(1):113-121.

Hayes,M.(2000).Drought indices.National drought mitigation center.

Khalili, D., Farnoud, T., Jamshidi, H. 2011. Comparability Analyses of the SPI and RDI Meteorological Drought Indices in Different Climatic Zones. W R M 25: 1737-1757.

Liyd-Hughes,B.(2002).The long-range predictability of European drought.Thesis submitted for the degree of doctor of philosophy of the university of London

Linsely Jr., R.K., Kohler, M.A., Paulhus, J.L.H., 1959. Applied Hydrology. McGraw Hill, New York

Loukas,A.,Vasiliades,L.,and Dalezios,N.R.(2003).Inter comparison of meteorological drought indices for drought assessment and monitoring in Greece.8th international conference on Environmental science and technology lemons Island.8-10 september: 484-491.

Lorenzo- Lacruz, J., Vicente- Serrano, S. M., Lopez- Moreno, J. I., Begueral, S. 2010. The Impact of Drought and Water Management on Various Hydrological Systems in the Headwaters of the Tagus River. J of Hydro.. 386:13-26.

Mckee, T.B., Doesken,N.J., and Kleist,J.(1993).Therelationship of drought frequency and duration to time scales.8th conference on applied climatology.17-22. january. Anaheim, CA.pp.176-184.

Mckee, T. B, Doesken, N. J, Kleist, J. 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scale. 8Th Congress on Applied Climatology. United States.

Mckee, T. B, Doesken, N.J, Kleist, J. 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. 9Th Congress on Applied Climatology. United States.

Mishra, A. K., Singh, V. P. 2010. A Review of Drought Concepts. J of Hydro... 391: 202-216.

Mishra, A. K., Singh, V. P. 2011. Drought Modeling- A Review. J of Hydro... 403: 157-179.-

Tabari, H., Nikbakht, J., Hosseinzadeh Talaee, P. 2013. Hydrological Drought Assessment in Northwestern Iran Based on Stream Flow Drought Index. W.R.M 27: 137-151.

Vyas, S. S., Bhattacharya, B. K., Nigam, R. 2015. A Combined Deficit Index for Regional Agricultural Drougt Assessment Over Semi- Arid Tract of India Using Geostationary Meteorological Satellite Data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 39: 28-39.

White, I., Falkland, T., Scott, D., 1999. Droughts in Small Coral Islands: Case Study, South Tarawa, Kiribati. Technical Documents in Hydrology, No. 26, IHP-V (International Hydrological Programme

Zoning Climatic Drought and Drought Magnitude Using SPI Index and Kirijing Geostatistical Method (Case Study: Kerman Province)

Peyman madanchi[1],kaka Shahdi[2],Mahmud Habibnejad[3],Karim soleymani[4], Ahmad fatehi marj[5]

ABSTRACT

Drought occurs in all climatic zones including areas with low and high rainfall. It is related to amount of rainfall decrease in a long time period such as a season or year. Dryness is one of the permanent features of climatic zones with low rainfall, but the drought is a temporary disturbance. One of the areas severely affected by drought in recent years is Kerman Province. This fact reveals need to carry out extensive research in this area. In this study, the standardized precipitation index (SPI) was applied in order to the drought zoning in Kerman province. After collecting data from 59 stations including synoptic and rain-gauge in the province from 1974 to 2004 and removing incomplete statistics, the SPI index computed in scales 1, 3, 6, 9 and 12 months. Evaluation of different interpolation methods for drought zoning using Geographic Information System (GIS) showed that Kriging method is suitable for interpolation of the drought severity. Therefore, using this method and by applying GS + software, local values of SPI index used for drought periods monitoring were extended to the areal values. We have produced maps of intensity and the same value magnitude with determination a period of dry in stations in time scale. The results showed that have more sensitivity for drought accurence a portion of west souther and west earas of kerman province, located in baft, sirjan and rabor towns. Whatever time scale goes higher then, absolute related with dryness periods get more.

Keywords: Climatic Drought, Drought Magnitude, Kerman Province,Kirijing, SPI Index, Zoning.

[1] * Faculty Member, Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Corresponding author email address: peymanmadanchi@gmail.com

[2] Associate Professor, Watershed Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
[3] Professor, Watershed Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4 Professor, Watershed Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

[5]Associate Professor, Department of Climate Change, PhD, Institute of Soil Conservation and Watershed Management, Agricultural Education and Promotion Research Organization, Tehran, Iran