

مقدمه

در دهه‌های اخیر کشور ایران به صورت متناوب تحت تاثیر خشکسالی قرار داشته و آثار مخرب آنها بر محصولات کشاورزی، مراتع و به تبع آن دام‌ها و در نهایت در زندگی انسان‌ها بنحوی قابل مشاهده می‌باشد [۷]. کمبود بارندگی و نوسانات شدید آن سبب عدم اطمینان از دریافت حداقل بارش مورد نیاز جهت مصارف کشاورزی، تأمین جریان‌های سطحی و تغذیه آب‌های زیرزمینی و مصارف انسانی می‌شود. [۳] پالمر خشکسالی را به صورت کمبود رطوبت مستمر و غیر طبیعی تعریف کرده است [۱۵]. وی در تعریف خود شرایط کمبود رطوبت را نسبت به شرایط نرمال، دلیل بر آغاز خشکسالی دانست و پایان این کمبود را نشانه اتمام دوره خشکسالی تعریف کرد. با توجه به لزوم بررسی هرچه بهتر و دقیق‌تر خشکسالی و همچنین نبود پهنه خطر خشکسالی مناسب در استان گلستان پژوهش صورت گرفته اهمیت بسزایی در پیشبرد شناخت خشکسالی و خصوصیات آن دارد.

ویلهایت و گلانتز [۱۸]، خشکسالی‌ها را به خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی طبقه‌بندی کرده‌اند. طبق گفته آنها خشکسالی هواشناسی در هنگام کمبود بارندگی سالانه و یا هر بازه زمانی که از میزان متوسط آن کمتر باشد، رخ می‌دهد که در صورت ادامه به خشکسالی هیدرولوژیکی و سپس به خشکسالی کشاورزی و در نهایت به خشکسالی اقتصادی-اجتماعی منجر می‌شود.

خشکسالی به عنوان بلای طبیعی و پدیده‌ای اجتناب‌ناپذیر، از دیرباز در پهنه وسیع کشورهای مختلف به خصوص کشورهای مناطق گرم و خشک به کرات وقوع یافته و می‌یابد [۱۹]. مطالعات و بررسی‌های انجام شده نشانگر آن است که کشور ایران با توجه به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی خود، همچون بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه از لحاظ تأمین آب، همواره با مشکلاتی روبرو بوده است. این امر بیانگر احتمال وقوع خشکسالی‌های بیشتری در آینده نسبت به گذشته می‌باشد. قدر مسلم آنکه در صورت اعمال مدیریت‌های ناکارآمد فنی و استفاده از استراتژی‌های نامناسب، علاوه بر هدررفت منابع موجود و تشدید اثرات خشکسالی، زمینه برای بروز خشکسالی‌های بعدی به طرز فزاینده‌ای فراهم می‌گردد. در دهه‌های اخیر در بین حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند تعداد فراوانی پدیده خشکسالی از نظر درجه شدت، طول مدت، مجموع فضای تحت پوشش، تلفات جانی،

آنالیز الگوهای فضایی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در استان گلستان

سینا سرابی^۱، علی حشمت‌پور^۲، چوقی‌بایرام کمکی^۳ و ابوالفضل طهماسبی^۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۷

چکیده

یکی از ویژگی‌های اقلیمی ایران، کمبود بارندگی و نوسانات زیاد آب و هوایی در مقیاس روزانه، فصلی و یا سالانه است. خشکسالی نیز به عنوان یک پدیده اقلیمی، همه‌ساله در کشور اثرات نامطلوبی برجای می‌گذارد. هدف از این تحقیق، بررسی خصوصیات فضایی خشکسالی در استان گلستان با استفاده از شاخص SPI در مقیاس زمانی ماهانه است. به همین منظور از اطلاعات بارندگی دوره ۳۵ ساله در ۲۳ ایستگاه اقلیمی استفاده گردید. بررسی نمودارهای میانگین‌های متحرک ماهانه نشان داد که با افزایش مقیاس زمانی، از میزان شدت خشکسالی کاسته و بر میزان تداوم خشکسالی افزوده می‌شود. بیشترین شدت و فراوانی خشکسالی مربوط به ایستگاه‌های نوار شمال شرقی استان گلستان بوده است. همچنین بررسی نقشه‌های پهنه خشکسالی نشان داد با افزایش مقیاس زمانی از میانگین‌های متحرک ۳ ماهه به ۲۴ ماهه بر وسعت خشکسالی نیز افزوده می‌شود. واژه‌های کلیدی: اقلیم - شدت خشکسالی - میانگین متحرک - پهنه‌بندی - کریجینگ.

۱. نویسنده مسئول و استادیار دانشگاه گنبد کاووس: رایانامه:

si.sarabii@gmail.com

۲. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳. مربی دانشگاه گنبد کاووس

۴

خسارات اقتصادی و اثرات اجتماعی دراز مدت در جامعه، بیشتر از سایر بلایای طبیعی بوده است [۶].

به طور کلی نوسانات وضعیت رطوبتی در سطح استان گلستان بسیار زیاد می‌باشد و نمی‌توان به طور قطع از وجود یک سیکل مشخص در نوسانات رطوبتی و وقوع خشکسالی مطمئن بود [۹]. خشکسالی مشاهده شده در دهه اخیر در استان گلستان به خصوص در سال‌های ۸۶-۸۷ اثرات قابل توجهی بر پوشش گیاهی مراتع و منابع آبی گذاشته، که یکی از اثرات خشکسالی بر درصد پوشش گیاهی و تولید علوفه مراتع بوده است. تولید علوفه مراتع قشلاقی استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۷۹۶ هزار هکتار با توجه به ترسالی و خشکسالی‌ها متغیر بوده که متوسط تولید سالیانه آن در هر هکتار ۱۲۰ کیلوگرم برآورد شده است. خشکسالی در استان گلستان تأثیرات منفی فراوانی بر تولیدات گیاهی، دامی، منابع طبیعی و انسان نیز گذاشته است. براساس بررسی بعمل آمده، افزایش دما و کاهش بارندگی تقریباً در تمام ماه‌های سال اتفاق افتاده و نشان‌گر یکنواخت بودن افزایش دما و کاهش بارندگی در تمام ایام سال است لذا با توجه به وقوع خشکسالی در سال‌های اخیر و افت آب‌های زیرزمینی و افزایش نیاز آبی گیاهان به دلیل گرم شدن هوا تولید بیوماس گیاهی به شدت کاهش یافته و تأثیرات سوء اقتصادی فراوانی را در منابع طبیعی بر جای گذاشته است.

پیشینه پژوهش

تاکنون پیرامون بررسی خصوصیات خشکسالی و پهنه‌بندی آن تحقیقاتی صورت گرفته است که از میان آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

مکی و همکاران [۱۴]، در مطالعه‌ای به بررسی ارتباط بین فراوانی خشکسالی و زمان در طی مقیاس‌های زمانی متفاوت با استفاده از شاخص SPI در ایالت کلرادو پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شدیدترین خشکسالی در ایالت کلرادو در سال ۱۹۵۰ رخ داده است. ثقیان و همکاران [۱۷]، با بررسی شدت، مدت و فراوانی خشکسالی در منطقه سیستان و بلوچستان، نشان دادند که این استان همواره تحت اثر خشکسالی‌های شدید و خیلی شدید قرار داشته است. پیرمردیان و همکاران [۳]، با پایش و تحلیل پراکندگی مکانی شدت خشکسالی (با استفاده از شاخص SPI) در استان فارس پرداختند و نشان دادند که با طولانی شدن دوره‌ی خشکسالی و تداوم آن، شدت و گستره‌ی خشکسالی افزایش پیدا می‌کند. مساعدی و همکاران [۹]، با بررسی دوره بازگشت خشکسالی در استان گلستان با استفاده از نمایه SPI به این نتیجه رسیدند که خشکسالی‌های مهم با فواصل ۱۱ سال به وقوع می‌پیوند.

بذرافشان و همکاران [۲]، در بررسی وضعیت خشکسالی در استان گلستان با استفاده از شاخص SPI گزارش دادند که وسعت خشکسالی با افزایش مقیاس زمانی کاهش یافته و وضعیت خشکسالی‌ها در پهنه استان از سمت غرب به شرق افزایش می‌یابد. عظیمی‌حسینی

و همکاران [۱۲]، به بررسی و منطقه‌بندی مشخصات خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش در استان لرستان پرداختند. نتایج از این پژوهش نشان داد طولانی‌ترین دوره خشکسالی با فواصل ۵ سال در طول دوره مورد بررسی رخ داده شده است. فتاحی و صداقت کردار [۴]، در مطالعه‌ای با عنوان تحلیل منحنی‌های شدت-مدت و فراوانی خشکسالی، اقدام به بررسی خصوصیات مختلف خشکسالی کردند، آنها با استفاده از سری‌های زمانی حاصل از شاخص بارش استاندارد شده، تداوم، شدت و فراوانی خشکسالی‌ها را برای مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه تعیین و منحنی‌های شدت، تداوم و دوره بازگشت خشکسالی‌ها را رسم کردند. نتایج نشان داد زمانی که شاخص بارش استاندارد شده دارای توالی‌های منفی باشد، خشکسالی رخ می‌دهد و زمانی که مقادیر شاخص ۱- و کمتر شود خشکسالی تشدید می‌شود.

هدف از این پژوهش بررسی خصوصیات مختلف خشکسالی از قبیل شدت، مدت و فراوانی و همچنین ایجاد نقشه‌های پهنه خشکسالی در استان گلستان می‌باشد.

روش پژوهش

خصوصیات منطقه مورد مطالعه

استان گلستان براساس موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی دارای اقلیم‌های متفاوت بوده و تحت تأثیر عوامل مختلف آب و هوایی قرار دارد و به همین علت نیز ریزش‌های جوی در مناطق مختلف استان متفاوت می‌باشد.

- استخراج و آماده‌سازی داده‌ها

در این تحقیق از داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی انتخابی استفاده گردید. از بین ۱۱۰ ایستگاه بارندگی و تبخیرسنجی موجود در استان گلستان ۲۳ ایستگاه انتخاب شدند و مابقی ایستگاه‌ها به دلیل نداشتن آمار طولانی‌مدت و یا داشتن نواقص آماری حذف شدند (شکل ۱).

- انتخاب پایه زمانی مشترک: پایه زمانی ۳۴ ساله (۸۹-۱۳۵۴) انتخاب گردید.

- بررسی همگنی داده‌ها (روش جرم مضاعف و ران تست)، تمامی داده‌ها در سطح ۱٪ همگن بودند.

- محاسبه و کاربرد شاخص SPI

- شاخص بارندگی استاندارد شده (۱۰)

شاخص ۱۰ بر اساس محاسبه احتمال وقوع بارندگی تعریف شده است. این شاخص، تنها از پارامتر بارندگی و صرفاً ماهانه استفاده می‌کند که برای تشخیص خشکسالی در مقیاس‌های زمانی چندگانه به صورت متوسط متحرک ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴، ۴۸ تعریف شده است. برای محاسبه این شاخص نیاز به برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی برای یک ایستگاه معین داریم. $G(X)$ احتمالات تجمعی گاما می‌باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید.

جدول ۱- طبقه‌بندی شاخص SPI

مقدار عددی شاخص	وضعیت
بزرگتر یا مساوی ۲	فرا مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	بسیار مرطوب
۱ تا ۱/۹۹	نسبتاً مرطوب
۰/۹۹ - تا ۰/۹۹	نزدیک نرمال
تا -۱/۴۹	نسبتاً خشک
-۱/۵ تا -۱/۹۹	بسیار خشک
کوچکتر مساوی -۲	فرا خشک

ماهه، اثرات بارندگی دو ماه قبل را نشان می‌دهد و همچنین میانگین متحرک ۶ ماهه منعکس‌کننده اثرات بارندگی ۵ ماه قبل است. همچنین هر قدر میزان بارندگی نسبت به شرایط نرمال کمتر باشد به همان میزان تاثیر خشک‌سالی نمود عینی بیشتری پیدا می‌کند. علاوه بر این، میزان استمرار خشک‌سالی در یک منطقه نیز گویای شدت خشک‌سالی در همان منطقه است. یعنی در شرایطی که خشک‌سالی تنها برای یک ماه استمرار داشته باشد احتمال دارد بارش ماه بعد میزان کمبود ماه مزبور را جبران نماید، ولی اگر ماه بعدی نیز خود نسبت به شرایط طبیعی کمبود داشته باشد، به مراتب در شدت بخشیدن به خشک‌سالی موثر خواهد بود [۵]. بعد از محاسبه شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ ماهه، با استفاده از مقادیر کمی بدست آمده از این شاخص اقدام به ایجاد نمودارهای مقایسه‌ای در این مقیاس‌های زمانی گردید. به منظور بررسی خصوصیات خشک‌سالی (شدت، مدت، فراوانی) ابتدا تمامی مقادیر بدست آورده شده در نرم‌افزار اکسل وارد شده و در آنجا مقادیر شدیدترین خشک‌سالی‌ها ثبت شد، طولانی‌ترین تداوم‌های خشک‌سالی و همچنین فراوانی خشک‌سالی به تفکیک هر ایستگاه و در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲ و ۲۴ ماهه استخراج گردید.

پهنه‌بندی خشک‌سالی

یکی از تکنیک‌های بسیار مناسب و پیشرفته برای تحلیل فضایی و توزیع منطقی‌های داده‌های مکانی استفاده از روش کریجینگ می‌باشد [۱]. به منظور پهنه‌بندی و شبیه‌سازی پراکندگی خشک‌سالی از روش درون‌یابی کریجینگ استفاده شد، تا تحلیل مناسب‌تری از خشک‌سالی فضایی بدست آورده شود.

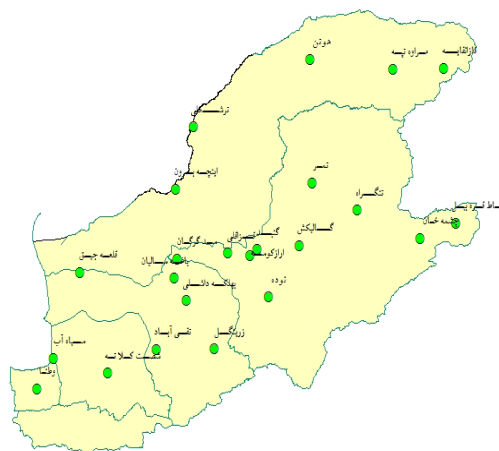
نتایج

آزمون همگنی داده‌ها

همگنی داده‌های بارندگی برای تمامی ایستگاه‌ها به صورت ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد داده‌ها در سطح ۱٪ معنادار بودند. برای نمونه نتایج آزمون همگنی در ایستگاه تنگرا آورده شده است.

تجزیه و تحلیل یافته‌ها

این مطالعه به بررسی خصوصیات فضایی خشک‌سالی (شدت



شکل ۱- محل قرارگیری ایستگاه‌های منتخب اقلیمی

$$G(X) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} X^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad (1)$$

که در آن α مقدار بهینه (پارامتر شکل)، β پارامتر مقیاس، x مقدار بارندگی و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاما می‌باشد. چون تابع گاما برای $x=0$ تعریف نشده است و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، احتمال تجمعی کل در برگزیده مقادیر صفر نیز باشد که از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$H(X) = q + pG(x) \quad (2)$$

که q احتمال صفر بودن مقدار بارندگی و $p=1-q$ می‌باشد. اگر m تعداد داده‌های بارندگی صفر در سری زمانی n تایی باشد آنگاه q از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$q = \frac{m}{n} \quad (3)$$

پس از محاسبه احتمال تجمعی کل $H(X)$ ، مقادیر متغیر تصادفی نرمال استاندارد با احتمال مذکور که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است محاسبه می‌گردد، این مقدار همان نمایه SPI است. میزان Z یا SPI را می‌توان با استفاده از روابط زیر و بر اساس $H(X)$ محاسبه کرد.

$$0 < H(X) < 0.5 \quad \text{برای} \quad (4)$$

$$Z = SPI = -\left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad (4)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(X))^2} \right]} \quad (5)$$

$$Z = SPI = +\left(t - \frac{C_0 + C_1 t + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3}\right) \quad (6)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1-H(X))^2} \right]} \quad (7)$$

ثابت‌های معادلات بالا عبارتند از :

$$C_0 = 2.51517, C_1 = 0.802853, C_2 = 0.010328$$

$$D_1 = 1.432788, D_2 = 0.189269, D_3 = 0.001308$$

بررسی خصوصیات خشک‌سالی

مقیاس‌های مختلف زمانی می‌تواند نشان‌دهنده اثرات بارش در ماه‌های قبل باشد، به طور مثال در مقیاس زمانی میانگین متحرک ۳

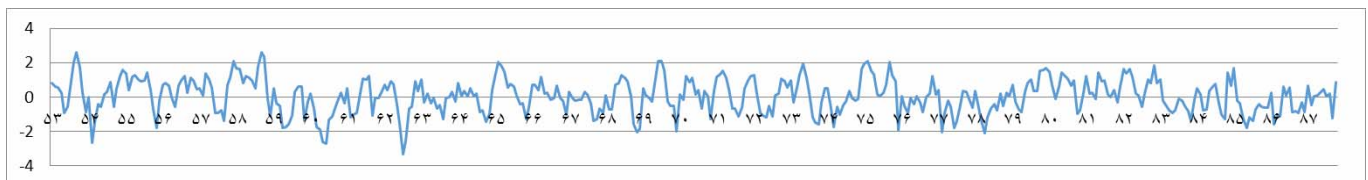
Runs above and below K = 42.6429	
observed number of runs	17
expected number of runs	17.39
observations above K; 22 below 13	P-value = 0.9

خشکسالی، مدت و فراوانی) در استان گلستان پرداخته است. به منظور بررسی خصوصیات خشکسالی، نمودارهای شماره ۲ الی ۵، به ترتیب میانگین‌های متحرک ۳، ۶، ۹ و ۲۴ ماهه ایستگاه هوتن را نشان می‌دهد. با یک نگاه کلی، روند تغییرات ایستگاه هوتن در این نمودارها نشان داد که شدیدترین خشکسالی‌ها در این ایستگاه در خلال سال‌های ۱۳۶۱، ۱۳۶۲ و ۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و همچنین در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۶ رخ داده است. همچنین این ایستگاه در سال‌های ۱۳۵۶ الی ۱۳۶۰ و ۱۳۸۰ الی ۱۳۸۴ سال‌های پربارانی را سپری کرده است.

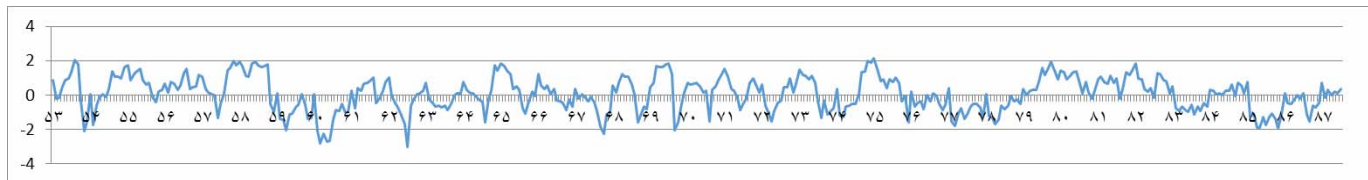
نمودار میانگین‌متحرک ۳ ماهه در ایستگاه هوتن دارای شکستگی‌های زیادی می‌باشد که نشان‌دهنده شدت بالای خشکسالی‌ها و ترسالی‌های رخ داده شده می‌باشد درحالی‌که تداوم در این پدیده‌ها کم می‌باشد (شکل ۲). در نمودار میانگین متحرک شش ماهه کمی از شدت خشکسالی‌های رخ داده شده کم شده و بر

میزان تداوم آنها افزوده شده است (شکل ۳). این روند در میانگین متحرک نه ماهه نیز دیده می‌شود که با افزایش مقیاس زمانی از سه به شش ماهه بر میزان تداوم خشکسالی افزوده می‌شود (شکل ۴). با بررسی نمودار میانگین متحرک ۲۴ ماهه می‌توان مشاهده نمود که شکستگی‌های موجود نسبت به میانگین متحرک سه ماهه دیگر دیده نمی‌شود و نمودار حالت پختری پیدا کرده است (شکل ۵). در نهایت می‌توان مشاهده کرد که وقوع خشکسالی‌ها در ایستگاه هوتن در این میانگین متحرک دارای تداوم‌های طولانی مدت اما با شدت‌های کمتر و خفیف‌تری نسبت به میانگین متحرک‌های سه یا شش ماهه می‌باشد. این آنالیزها نشان داد که رابطه شدت خشکسالی با تداوم خشکسالی رابطه معکوس دارد و هرچه تداوم خشکسالی در منطقه‌ای بیشتر باشد همواره از شدت آن کاسته می‌شود، این نکته حائز اهمیت است که حتی خشکسالی با شدت کم و در طی زمان طولانی مفهومی مشخص دارد.

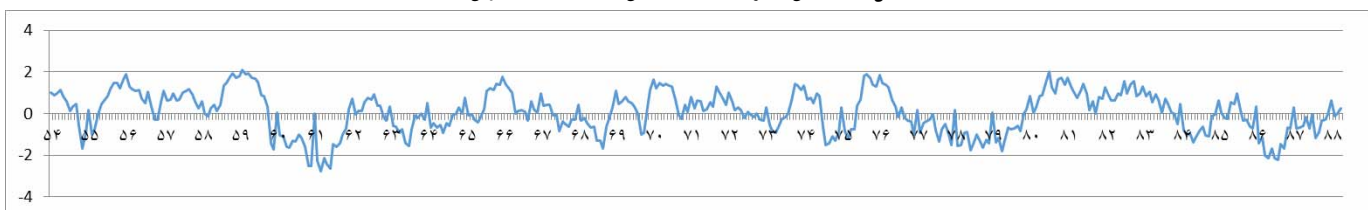
نتایج حاصل از بررسی خصوصیات خشکسالی در میانگین متحرک ۳ ماهه نشان داد که فراوانی خشکسالی در استان گلستان بین ۱۲ الی ۱۷ درصد دوره ۳۵ ساله را در ایستگاه‌های منتخب شامل می‌شود. این در حالیکه بیشترین مقدار فراوانی خشکسالی در ایستگاه اینچه‌برون با مقدار ۱۷/۴۶٪ و کمترین فراوانی خشکسالی



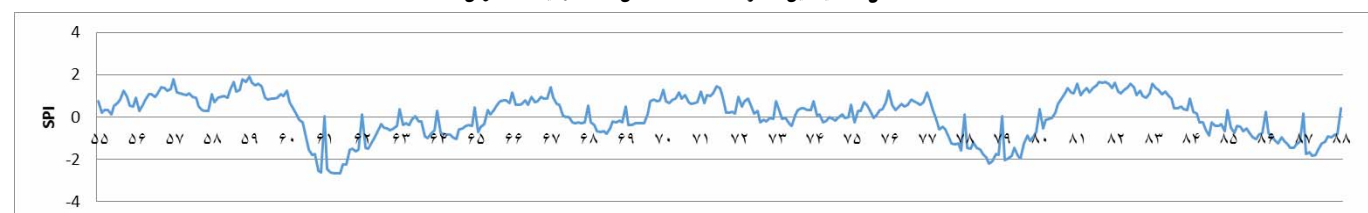
شکل ۲- میانگین متحرک ۳ ماهه شاخص SPI در ایستگاه هوتن



شکل ۳- میانگین متحرک ۶ ماهه شاخص SPI در ایستگاه هوتن



شکل ۴- میانگین متحرک ۹ ماهه شاخص SPI در ایستگاه هوتن



شکل ۵- میانگین متحرک ۲۴ ماهه شاخص SPI در ایستگاه هوتن

برای مشاهده ریز نتایج به "جدول ۳" مراجعه شود.

پهنه‌بندی خشکسالی

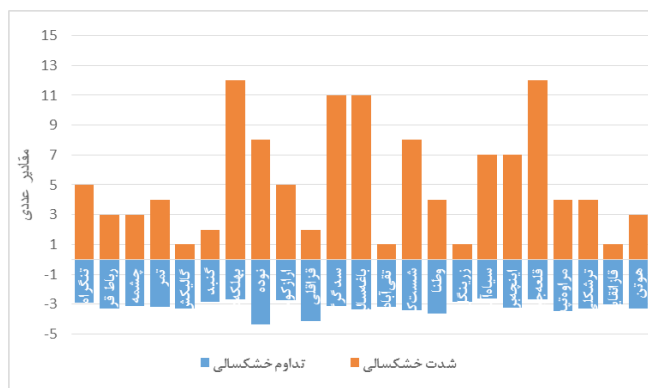
شکل ۹ نشان‌دهنده سه میانگین متحرک یک، سه و شش ماهه در سه ماه مهر، آبان و آذر در سال ۱۳۸۶ که خشکسالی در استان گلستان حاکم بوده است می‌باشد. همان‌طور که از این شکل مشخص است با افزایش مقیاس زمانی از میانگین متحرک یک به سمت سه و شش ماهه از شدت خشکسالی کاسته و بر میزان وسعت آن افزوده می‌شود. این نوع روند در تمامی میانگین‌های متحرک ادامه داشته، شکل نشان داده شده تنها به عنوان نمونه آورده شده است.

نتیجه‌گیری

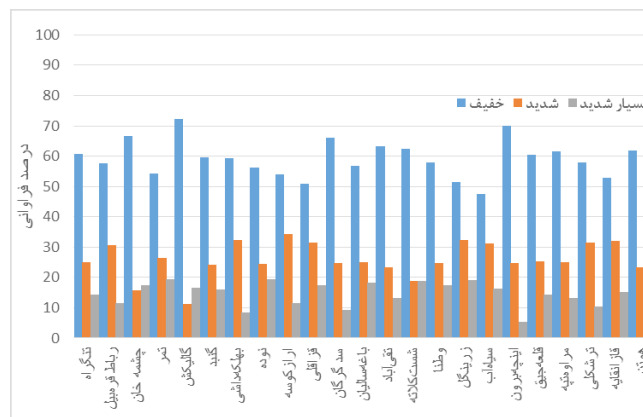
این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات فضایی خشکسالی ماهانه در استان گلستان بر روی ۲۳ ایستگاه اقلیمی در یک دوره زمانی ۳۴ ساله مورد بررسی قرار گرفت. بررسی نمودارهای میانگین‌های متحرک ماهانه نشان داد، با افزایش مقیاس زمانی از میزان شدت خشکسالی کاسته شده و همزمان بر میزان تداوم آن نیز افزوده می‌شود، این موضوع با پژوهش مساعدی [۹] و پژوهش پیرمردیان و همکاران [۳] تطابق دارد. نواسانات در میانگین متحرک ۳ ماهه بسیار زیاد بوده و نمودار

در ایستگاه رباط‌قره‌بیل با مقدار ۱۲/۴۴٪ بدست آمده است (شکل ۶). همچنین فراوانی نوع خشکسالی‌های رخ داده شده نشان داد که خشکسالی از نوع خفیف بین ۵۴ الی ۷۰٪ خشکسالی‌ها و شدید بین ۱۱ الی ۳۴٪ و خشکسالی بسیار شدید بین ۸ الی ۱۹٪ خشکسالی‌های رخ داده شده را تشکیل می‌دهد. در این بین ایستگاه اینچه‌برون با مقدار ۶۹/۸۸٪ بیشترین خشکسالی خفیف و ایستگاه ارازکوسه ۳۴/۴۲٪ بیشترین خشکسالی شدید و ایستگاه نوده و زرینگل با مقدار ۱۹/۳۲٪ بیشترین مقادیر خشکسالی بسیار شدید را به‌خود اختصاص داده‌اند (شکل ۷).

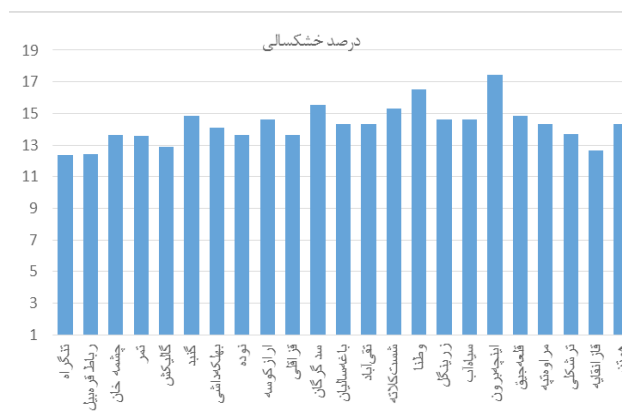
در بحث شدت خشکسالی ایستگاه نوده با ثبت مقدار ۴/۳۷- در ماه آبان سال ۱۳۵۶ شدیدترین خشکسالی رخ داده شده را در این مقیاس ثبت کرد. با توجه به این موضوع که میانگین‌های متحرک منعکس‌کننده وضعیت خشکسالی در ماه‌های قبل خود هستند این شدت خشکسالی حاکی از این موضوع است که در ماه‌های مرداد و شهریور و مهر ۱۳۵۶ منطقه نوده خشکسالی بسیار شدیدی مستولی شده است. در قسمت تداوم و بزرگی خشکسالی، بیشترین تداوم مربوط به ایستگاه تمر می‌باشد که ۱۱ ماه متوالی در طی دوره آماری ۳۵ ساله دچار خشکسالی بوده است. همچنین بیشترین بزرگی خشکسالی نیز مربوط به همین ایستگاه با مقدار ۱۷/۸۸٪ است. اما بیشترین متوسط بزرگی مربوط به ایستگاه مراوه تپه با مقدار ۲/۴۴- می‌باشد (شکل ۸).



شکل ۷- فراوانی انواع خشکسالی در میانگین متحرک ۳ ماهه



شکل ۶- درصد رخداد خشکسالی در میانگین متحرک ۳ ماهه



شکل ۸- تداوم و شدت خشکسالی در میانگین متحرک ۳ ماهه

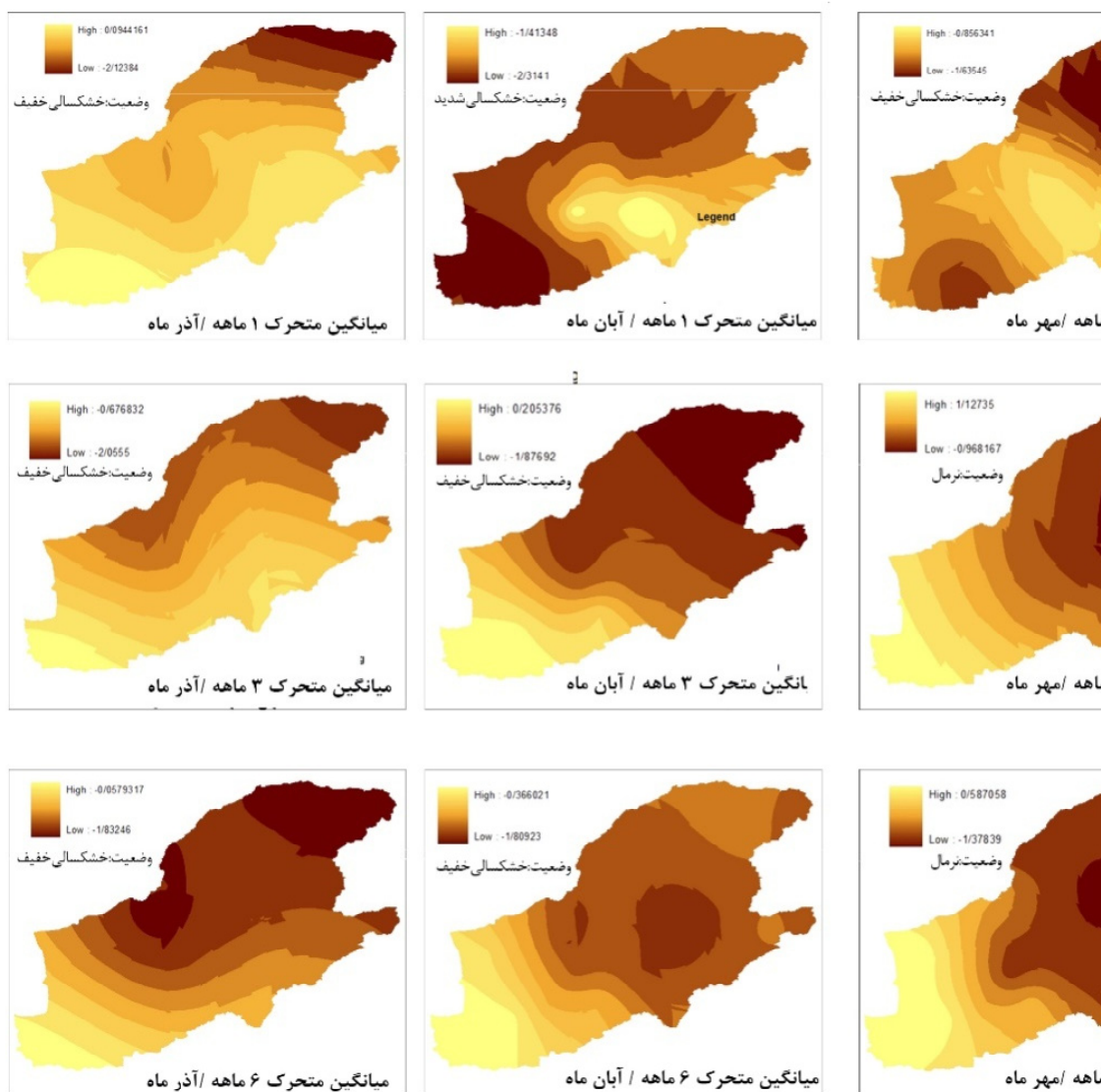
جدول ۳- خصوصیات خشکسالی در دوره زمانی متوسط ۳ ماهه در ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	شدت		طولانی‌ترین تدام				درصد		درصد فراوانی	
		سال	ماه	مقدار	مدت	DM ^۱	ADI ^۲	خشکسالی	عظیم	شدید	خفیف
۱	وطنا	۱۳۵۸	۴	- ۳/۶۱	۸	- ۱۳/۷۶	- ۱/۷۲	۱۶/۵	۱۷/۳۹	۲۴/۶۲	۵۷/۹۸
۲	سیاه آب	۱۳۵۶	۷	- ۲/۶	۴	- ۷/۷۸	- ۱/۹۴۵	۱۴/۵۹	۱۶/۳۹	۳۱/۱۴	۴۷/۵۳
۳	شصت کلاته	۱۳۵۷	۸	- ۳/۳۸	۵	- ۶/۹۸	- ۱/۳۹۶	۱۵/۳۱	۱۸/۷۵	۱۸/۷۵	۶۲/۵
۴	تقی آباد	۱۳۵۹	۱	- ۳/۱۸	۷	- ۱۱/۶۹	- ۱/۶۷	۱۴/۳۵	۱۳/۳۴	۲۳/۳۴	۶۳/۳۲
۵	زرینگل	۱۳۶۳	۱	- ۲/۸۲	۷	- ۱۴/۳۴	- ۲/۰۴	۱۴/۰۳	۱۹/۳۲	۳۲/۲۵	۵۱/۵۷
۶	باغه سالیان	۱۳۶۰	۱۱	- ۳/۳۷	۸	- ۱۸/۵۱	- ۲/۳۱۳	۱۴/۳۵	۱۸/۳۴	۲۵	۵۶/۶۶
۷	بهلکه داشلی	۱۳۸۵	۱۲	- ۲/۶۶	۷	- ۱۱/۸۹	- ۱/۶۹۸	۱۴/۱۲	۸/۴۷	۳۲/۲	۵۹/۳۳
۸	سد گرگان	۱۳۶۰	۱۱	- ۳/۱	۷	- ۱۰/۴۸	- ۱/۴۹۷	۱۵/۵۵	۹/۲۳	۲۴/۶۱	۶۶/۱۶
۹	نوده	۱۳۵۶	۸	- ۳/۳۷	۴	- ۱۰/۰۲	- ۲/۵۰۵	۱۳/۶۳	۱۹/۲۹	۲۴/۵۶	۵۶/۱۵
۱۰	قزاقلی	۱۳۷۹	۲	- ۴/۱۴	۵	- ۷/۷۵	- ۱/۵۵	۱۳/۶۳	۱۷/۵۴	۳۱/۵۷	۵۰/۸۹
۱۱	ارازکوسه	۱۳۵۷	۵	- ۲/۷۵	۵	- ۶/۸۶	- ۱/۳۷۲	۱۴/۵۹	۱۱/۴۳	۳۴/۴۲	۵۴/۱۱
۱۲	گنبد	۱۳۷۹	۲	- ۲/۸۶	۶	- ۱۰/۰۵	- ۱/۶۷۵	۱۴/۸۳	۱۶/۱۲	۲۴/۱۹	۵۹/۶۹
۱۳	گالیکش	۱۳۶۳	۱	- ۳/۳۲	۵	- ۸/۸۳	- ۱/۷۶۶	۱۲/۹۱	۱۶/۶۷	۱۱/۱۲	۷۲/۲۱
۱۴	ثمر	۱۳۶۳	۴	- ۳/۱۶	۸	- ۱۳/۸۸	- ۱/۷۲۵	۱۳/۶۰	۱۹/۳۰	۲۶/۳۲	۵۴/۳۹
۱۵	تنگراه	۱۳۸۸	۵	- ۲/۹۲	۵	- ۸/۷۷	- ۱/۷۴۵	۱۳/۳۹	۱۴/۲۸	۲۵	۶۰/۷۲
۱۶	چشمه خان	۱۳۷۸	۳	- ۳/۱۳	۵	- ۱۱/۵۳	- ۲/۳۰۶	۱۳/۶۳	۱۷/۵۴	۱۵/۷۸	۶۶/۶۸
۱۷	رباط قره بیل	۱۳۷۸	۳	- ۳/۲۹	۵	- ۷/۳۶	- ۱/۴۷۲	۱۲/۴۴	۱۱/۵۳	۳۰/۷۶	۵۷/۷۱

در این نواحی از استان دارای ریسک خطر بیشتری است. با توجه به این نتایج، بطور کلی شدیدترین خشکسالی‌های رخ داده شده در ایستگاه‌های شمال شرقی استان رخ داده است که این نتایج با پژوهش بذرافشان و همکاران [۲]، در تناقض است. همچنین شدیدترین مقدار در ایستگاه قزاقلی ثبت شده است و ایستگاه‌های سیاه‌آب و بهلکه‌داشی جزء مرطوب‌ترین ایستگاه‌ها بوده‌اند. در بحث مربوط به طولانی‌ترین تداوم‌های موجود در استان گلستان (در میانگین متحرک ۳ ماهه) بیشترین تداوم مربوط به ایستگاه اینچه‌برون با تداوم ۹ ماه متوالی می‌باشد، بعلاوه بیشترین تداوم‌های خشکسالی در نوار مرزی استان گلستان ثبت شده است. با توجه به دور بودن از تاثیر رطوبت دریای خزر و همچنین الگوهای بارشی متأثر از رشته‌کوه‌های البرز، انتظار این موضوع می‌رود که تداوم خشکسالی در این نواحی نسبت به مناطق دیگر استان بیشتر باشد. این نتیجه با یافته‌های بذرافشان و همکاران [۲]، تطابق دارد.

بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی نشان داد که با افزایش مقیاس زمانی بر میزان وسعت و شدت خشکسالی در نواحی

دارای شکستگی‌های بیشمار می‌باشد که در پژوهش‌های مک‌کی [۱۴]، پیرمردیان و همکاران [۳]، نیز اشاره شده است. فراوانی خشکسالی در استان گلستان به طور متوسط بین ۱۲ الی ۱۷ درصد از کل دوره زمانی مورد بررسی را تشکیل می‌دهد. بیشترین فراوانی خشکسالی در ایستگاه‌های نوار شمالی و کمترین فراوانی خشکسالی در ایستگاه‌های نواحی مرکز و غرب استان ثبت شدند. در بررسی صورت گرفته در مورد نوع خشکسالی رخ داده در سراسر ایستگاه‌های استان گلستان مشخص شد که به طور متوسط حدود ۵۹٪ از خشکسالی‌ها از نوع خفیف و حدود ۲۷٪ شدید و ۱۴٪ از نوع بسیار شدید می‌باشد. فراوانی خشکسالی‌ها در تمامی ایستگاه‌ها یکسان نیست به طوری که بیشترین خشکسالی‌های خفیف در ایستگاه‌های مرطوب‌تر و بیشترین خشکسالی‌های شدید در ایستگاه‌های کم‌باران نواحی شمال و شمال شرق رخ داده شده است. این روال در مورد شدت بزرگی خشکسالی نیز صدق می‌کند و همواره ایستگاه‌های نوار شمالی استان تحت تاثیر شدیدترین خشکسالی‌ها با بزرگی‌های متفاوت قرار دارند، این موضوع نشان‌دهنده این است که خشکسالی



شکل ۹- میانگین متحرک سه، شش و نه ماهه شاخص SPI در سال ۱۳۸۶

بارندگی سالیانه بسیار بالا هستند نیز صدق می‌کند با مساعدی و همکاران [۱۰] و بذرافشان و همکاران [۲] در پژوهش‌های خود در استان گلستان نیز به این مسائل اشاره نمودند. با توجه به بروز خشکسالی‌های بزرگ و کوچک در استان گلستان، برای مقابله با این پدیده نیازمند یک برنامه جامع و تمام عیار است. همچنین به منظور مقابله هرچه بهتر با این پدیده در استان گلستان نیاز است که مدیریت ریسک را جایگزین مدیریت بحران کرد.

منابع

- ۱- انصاری، حسین. داوری، کامران (۱۳۸۶). پهنه‌بندی دوره خشک با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده بارش (SPI). پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۰.
- ۲- بذرافشان، ام‌البنین. محسنی، محسن. ملکیان، آرش. معینی، ابوالفضل. (۱۳۹۰). بررسی وضعیت خشکسالی استان گلستان با

مختلف افزوده می‌شود. این مسئله با پژوهش‌های پاتل و همکاران [۱۶]، مرادی و همکاران [۸] و بذرافشان و همکاران [۲] تطابق دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان بیان کرد که خشکسالی در استان گلستان از الگوی خاصی پیروی نکرده و همچنین الگوی ثابتی برای وقوع خشکسالی در استان گلستان وجود ندارد، اما برخی مناطق در این استان نسبت به مناطق دیگر از حساسیت بیشتری نسبت به خشکسالی برخوردار می‌باشند. همچنین عدم دستیابی به یک روند مشخص برای بروز خشکسالی در پژوهش‌های مرادی و همکاران، [۸] و پاتل و همکاران [۱۶] و دالزیوس^۱ و همکاران، [۱۳]. با توجه به نتایج بدست آمده در بررسی مشخصات خشکسالی و همچنین پهنه خطر خشکسالی، هیچ یک از مناطق مورد بررسی در استان گلستان از خشکسالی در امان نبوده و همواره تحت تاثیر این پدیده قرار داشته است. این مسئله حتی در مناطقی که دارای میانگین

1. Dalezios

- 12- Azimi Hosseini, M. Arab, J. Hashemi, MT. 2009. Assessment and zoning Drought Characteristics by Standardized Precipitation Index (SPI) in Lorestan Province. International conference on environmental Science and Technology. Chaina, Crete, Greece.
- 13- Dalezios, N. 2000. Severity- duration- frequency analysis of droughts and wet periods in Greece, Hydrological Scinces-Jornal, Vol 45(5),
- 14- Mackee, Tomas B. Doesken, Nolan J. 1993. The Relationship of drought frequency and duration to time scales, Eighth Confrenxe on Applied Climatology, California.
- 15- Palmer W.C 1965 . Meteorological Drought. Research Paper. NO.45,.
- 16- Patel, N. R.Chopra,P. and Dadhwala ,V.K. 2007. Analyzing spatial patterns of meteorological drought using standardized precipitation inde Meteorological Applications Meteorol. Appl. 14: 329-336.
- 17- Saghafian, B. Shokoohi, A. Raziei, T. 2003. Drought spatial analysis and development of severity duration-frequency curver for and arid region. IAHS Publ. no. 278.
- 18- Wilhite, D. Glantz, M. 1985. Understanding the drought phenomenon: the roleof definitions. WaterInternational, 10(3): 111-120.
- Wilhite, D.1997. The enigma of drought,Chapter 1, In: Wilhite D., Drought assessment, management, andplanning: Theoryand case studies, KluwerAcademic Publishers,Boston, MA, pp. 3-17.
- استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI)، فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۸، شماره ۳، صفحه ۳۹۵-۴۰۷.
- ۳- پیرمردیان، نادر. شمش نیا، سید امیر. بوستانی، فردین. شاهرخ نیا، محمدعلی. (۱۳۸۷). ارزیابی دوره بازگشت خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش (SPI) در استان فارس. مجله دانش کشاورزی، سال چهارم، شماره ۱۳.
- ۴- تاحی، الف. صداقت‌کردار، ع. (۱۳۸۶). تحلیل منحنی‌های شدت-مدت و فراوانی خشکسالی، مجله جغرافیا و توسعه، بهار و تابستان.
- ۵- فرج‌زاده، م.، موحددانش، ع. و قائمی، م. (۱۳۷۴). خشکسالی در ایران (با استفاده از برخی شاخص‌های آماری). دانش کشاورزی، ۵ (۱ و ۲): ۳۱-۵۱.
- ۶- کردوانی، پ. (۱۳۸۶). خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۹۲ ص.
- ۷- شمسی‌پور، ع. علوی‌پناه، س، محمدی، ح. (۱۳۸۹). بررسی کارایی شاخص‌های گیاهی حرارتی ماهواره NOAA-AVHRR در تحلیل خشکسالی منطقه کاشان. مجله تحقیقات مرتع و بیابان، ۱۷ (۳): ۴۴۵-۴۶۵.
- ۸- مرادی، ح. رجبی، م. فرج‌زاده، م. (۱۳۸۶). تحلیل روند و خصوصیات مکانی شدت خشکسالی‌های استان فارس. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان. جلد ۱۴، شماره ۱، ص ۹۷-۱۰۹.
- ۹- مساعدی، ابوالفضل. خلیلی‌زاده، مجتبی. محمدی‌استادکلایه، امین. (۱۳۸۷). پایش خشکسالی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد پانزدهم، شماره دوم.
- ۱۰- مساعدی، ابوالفضل. شریفیان، م. (۱۳۸۶). مدیریت ریسک خشکسالی با شناخت میکرو کلیماهای استان گلستان. ۱۷۱ ص.
- ۱۱- مرید، س. مقدسی، م. پایمزد، ش. قائمی، ه. (۱۳۸۴). طراحی سیستم پایش خشکسالی استان تهران؛ پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس و شرکت سهامی مدیریت منابع آب، تهران، ۱۹۵ ص.

*Abstract***Analysis of Spatial Drought Patterns Using the SPI Index in Golestan Province**S. Sarabi¹, A. Heshmatpur², B. Komaki³ and A. Tahmasebi⁴

Recived: 2014.04.05 Accepted: 2014.10.29

Scarcity in precipitation along with great variability is the most feature of climate in Iran. Drought as a phenomenon of climate, leaving behind undesirable effects every year in Iran. The purpose of this study was investigation of the spatial characteristics of drought using SPI index in monthly scale in Golestan province. Therefore, the 35-year rainfall data from 23 climate stations were used. Monthly Moving Average chart reviews showed that withincreasing time scales, the severity of the drought is reduced while the drought duration is increased. The highest intensity and frequency of droughts were occurred in the northeast stations in Golestan province. Zoning map was also showed the drought prone zone increases while changing time scales from 3-month to 24-month.

Keywords: Climate, Drought intensity, Moving average, Zoning, Kriging

-
1. M.Sc Graduated Student of watershed management, University of Gonbad Kavoods. Corresponding Author Email, si.sarabii@gmail.com.
 2. Assistant Prof, University of Gonbad Kavoods.
 3. Assistant Prof, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
 4. Instructor, University of Gonbad Kavoods.