

## پایش و پیش بینی خشکسالی و ترسالی به کمک شاخص SPI و زنجیره مارکف در حوضه های آبریز استان گلستان

سیدمحمدحسینیه<sup>۱</sup> ، حسن فرازجو<sup>۲</sup> ، محبوبه قلی نژاد<sup>۳</sup> ،

۱- کارشناس گروه مطالعات آبهای سطحی شرکت آب منطقه ای گلستان ، [absathia@yahoo.com](mailto:absathia@yahoo.com)

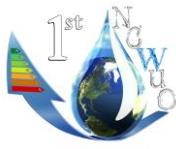
۲- مدیر دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه ای گلستان ، [hassanfarazjoo@yahoo.com](mailto:hassanfarazjoo@yahoo.com)

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد عمران آب دانشگاه لامعی گرگان و کارشناس مطالعات آبهای سطحی شرکت مشاور شمال،

[gholinejad789@yahoo.com](mailto:gholinejad789@yahoo.com)

### چکیده :

افزایش جمعیت زمین و همچنین افزایش گازهای آلاینده در جو و بهره برداریهای بسیار نامطلوب از منابع طبیعی حوضه آبریز ، رفتارهای هیدرولوژیکی حوضه را به سمت خود تخریبی و دور نمودن عملکرد آن از حالت ایده آل سوق میدهد . از جمله آنها وقوع سیلابهای با دبی بالاتر (به دلیل افزایش ضریب رواناب)، بهم خوردن مقدار سالانه نزولات جوی و یا تغییر توزیعهای زمانی و مکانی مقدار نزولات جوی می باشد. حال سوال این است که با توجه به روند موجود، در آینده با چه بزرگی از این بلایای طبیعی یعنی خشکسالیها و کمبود منابع آب و یا طغیانها روبرو خواهیم بود. چرا که انجام هر گونه برنامه ریزی و اقدامات مهندسی موکول به برآورد صحیحی از این اتفاقات در آینده است. کارشناسان از زوایای مختلفی به این پدیده نگریسته اند. پایش، پیش بینی، تحلیل ملی و منطقه ای خشکسالی جنبه هایی است که معمولاً در بررسی آن مد نظر قرار می گیرد. در این خصوص مدلهای بسیاری ارائه شده است. در این تحقیق از شاخص بین المللی و معتبر بارش استاندارد شده ( SPI ) برای تحلیل وضعیت بارندگی حوضه های آبریز استان گلستان استفاده شده است. جهت مقابله با اثرات مخرب خشکسالی، پیش بینی وضعیت بارندگی و رواناب طی زمانهای آینده نقش بسزایی خواهد داشت. مدل زنجیره مارکف از جمله روشهای احتمالی بر آورد تخمین وضعیت آینده با توجه به شرایط گذشته است. با تلفیق نتایج حاصل از محاسبه شاخص بارش استاندارد شده و مدل زنجیره مارکف، وضعیت احتمال وقوع پدیده خشکسالی و ترسالی در طی ماهها و سال آینده بر آورد می گردد. اطلاعات مورد استفاده شامل آمار بارندگی در ایستگاههای باران سنجی شرکت آب منطقه ای گلستان می باشد. علاوه بر تحلیلهای نقطه ای که شامل تعیین شاخص خشکسالی در ایستگاهها می باشد ارزیابی منطقه ای نیز مد نظر قرار گرفته شده و با انتقال و تجزیه و تحلیل اطلاعات حاصله به محیط برنامه Arc GIS ، نقشه های محدوده های خشک و تر حوضه های آبریز استان منطبق بر سال آبی و پیش بینی سال آینده تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. نتایج بدست آمده بیانگر آن می باشد که در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ درحوضه های آبریز استان با بارندگی سالانه ۵۵۶



## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب



۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### The First National Conference of Water Use Optimization

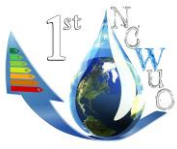
میلیمتر شرایط ترسالی بر منطقه حاکم بوده است ولی توزیع ماهانه بارندگی به گونه ای بوده است که ماه خرداد و همچنین فصل تابستان شرایط خشکسالی و خشکسالی شدید بر منطقه حاکم بوده است. همچنین مطابق پیش بینی های به عمل آمده برای سال آبی ۱۳۹۲-۹۳، شرایط ترسالی و نرمال برای بیشتر مناطق حوضه پیش بینی شده است.

واژه های کلیدی: پایش و پیش بینی خشکسالی، شاخص بارش استاندارد شده، مدل زنجیره مارکف، نرم افزار Arc GIS

#### مقدمه:

مقدار، شدت، پراکنش مکانی و زمانی بارندگی از مهمترین عوامل موثر در منابع آبی حوضه های آبریز می باشند به طوری که کاهش شدید بارندگی موجب وقوع خشکسالی و افزایش مقدار و شدت آن موجب سیلاب خواهد شد. خشکسالی به معنای پدید آمدن یک وضعیت خشک تر از نرمال در یک منطقه وسیع است. گر چه تعاریف متفاوتی برای این پدیده ارائه شده لیکن در کل حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی معمولاً یک فصل یا بیشتر می باشد. پدیده خشکسالی عموماً دارای یک تناوب زمانی بوده و آسیبهای جبران ناپذیری در بخشهای مختلف کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و اجتماع به جای می گذارد. پارامترها و عوامل زیادی نظیر دمای بالا، باد شدید و رطوبت نسبی پایین تر با این پدیده همراه شده و می توانند به طرز قابل ملاحظه بر شدت آن بیفزایند. بدلیل ماهیت پیچیده این پدیده و تاثیر عوامل زیاد، تعیین زمان شروع و خاتمه و دیگر مشخصه های آن دشوار است. کارآموز و همکاران (۲۰۰۲) با مطالعه موردی بر روی حوضه آبریز زاینده رود، پدیده خشکسالی را به طور سیستمیک مورد بررسی جامع قرار داده اند. Barks dale et at (۱۹۹۶) از شاخص آبهای زیر زمینی جهت پیش بینی دوره های کاهش جریان در رودخانه استفاده نموده است. خشکسالی را نباید صرفاً بعنوان پدیده ای کاملاً فیزیکی یا طبیعی در نظر گرفت. تأثیرات آن در جامعه ماحصل ایفا نقشی مابین یک رخداد طبیعی (بارش کمتر از حد مورد انتظار به دلیل تغییرات اقلیمی) و نیاز مردم به منابع تأمین آب می باشد. zaporozee (۱۹۸۰) با بررسی جامع اثرات خشکسالی بر روی آبهای زیر زمینی، رابطه بین شاخص آبهای زیر زمینی و خشکسالی را مورد توجه قرار داده است. در بیشتر تعاریفی که در مورد خشکسالی عنوان میگردد قابلیت انطباق زراعت با شرایط اقلیمی مورد نظر می باشد. عوامل اصلی در ایجاد و گسترش خشکسالی معمولاً تغییرات اقلیمی ناگهانی یعنی کاهش شدید بارش و یا افزایش شدید دما و یا یک رخداد یک دوره بارش کمتر از نرمال و دمای بیشتر از نرمال است. تداوم این وضعیت بر روی منابع آب منطقه و میزان آب در دسترس تاثیر می گذارد و مبین این مطلب می باشد که خشکسالی هیدرولوژیکی در پی خشکسالی اقلیمی پدیدار می شود. از این منظر پایش پارامترها و شاخص های اقلیمی در پیش بینی زود هنگام خشکسالی و تعیین زمان شروع آن اهمیت زیادی دارد.

#### ۱- محدوده مورد مطالعه:



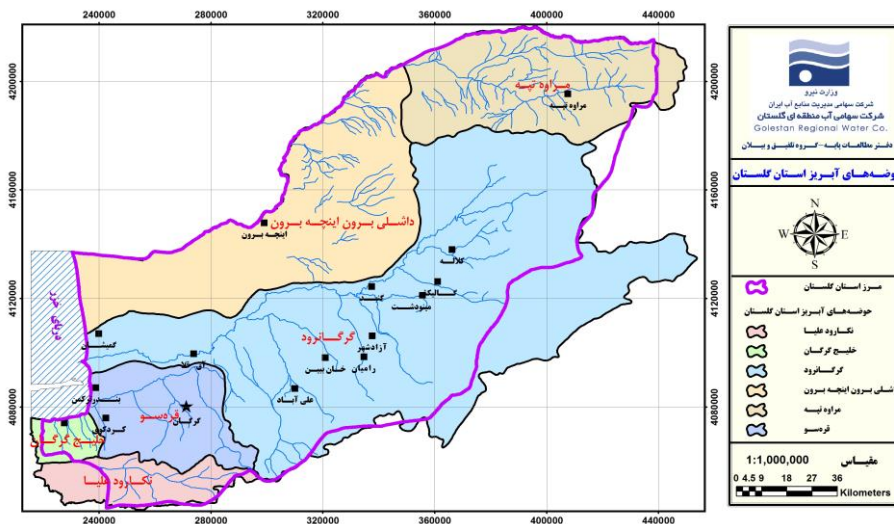
# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب



۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## The First National Conference of Water Use Optimization

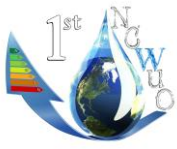
استان گلستان با مساحت ۲۰۴۳۸ کیلومتر مربع حدود ۱/۳ درصد از مساحت کل کشور را تشکیل می دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۳۸ درجه و ۷ دقیقه و ۶ ثانیه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۲۱ دقیقه و ۴ ثانیه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ و در بخش شمالی کشور واقع شده است. از شمال به کشور ترکمنستان، از جنوب به استان سمنان، از شرق به استان خراسان شمالی و از غرب به استان مازندران و دریای خزر محدوده می شود. این استان شامل ۱۴ شهرستان با جمعیت بیش از ۱۶۲۷۰۰۰ نفر در شمال کشور و ضلع شرقی دریای خزر واقع شده است. متوسط بارندگی سالانه استان حدود ۴۶۶ میلیمتر می باشد به طوری که در ارتفاعات جنوبی تا ۹۰۰ میلیمتر و در مناطق دشتی واقع در شمال استان و نوار مرزی در حدود ۲۰۰ میلیمتر تغییر می کند. درجه حرارت متوسط سالانه در مناطق جنوبی حدود ۱۰ درجه سانتیگراد و در شمال استان تا ۱۷/۵ درجه می رسد. حوضه های آبریز گرگانرود، اترک، قره سو، خلیج گرگان و نکارود علیا، مهمترین حوضه های آبریز استان گلستان می باشند. شکل (۱) محدوده حوضه های آبریز استان نشان داده شده است.



شکل (۱) محدوده حوضه های آبریز استان گلستان

مواد و روش ها :

۲- پایش و پیش بینی خشکسالی



## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



### The First National Conference of Water Use Optimization

پایش خشکسالی به منظور بررسی مشخصات خشکسالیهای بوقوع پیوسته در یک منطقه با استفاده از اطلاعات ثبت شده درمحل ایستگاههای باران سنجی طی دوره آماری دراز مدت می باشد بطوری که نتایج بدست آمده یک دیدگاه کلی از وضعیت اقلیمی و هیدرولوژیکی منطقه ارائه داده و در فرایندپیش بینی خشکسالی قابل استفاده می باشد. به کمک این اطلاعات، می توان توزیعهای زمانی و مکانی پارامترهای اقلیمی و هیدرولوژیکی را در محدوده مورد بررسی شناسایی نمود. بدین تریق محدوده های آسیب پذیر و آستانه های ایجاد خسارت تعیین می گردد.

در تحلیلهای بلند مدت، بررسی ها در مقیاس بزرگ و عموما سالانه است و با هدف ارائه دیدگاهی از وضعیت کل منطقه است. نتایج این تحلیلهای مدیریت کلان منطقه و برنامه ریزیهای بلند مدت جهت تطابق با وضعیت کلی منطقه از لحاظ منابع و مصارف مورد استفاده قرار می گیرد. در تحلیلهای کوتاه مدت، بررسیها در مقیاس کمتر از یک سال و با هدف تدوین یک برنامه پیش بینی است. در این مقیاس منطقه بر اساس شرایط هیدرولوژیکی و اقلیمی به زیر حوضه های کوچکتر تقسیم می شود. اطلاعات بدست آمده در اختیار تصمیم گیران قرار می گیرد تا براساس میزان تداوم خشکی و یا تری، سیاستهای لازم را در جهت کاهش خسارت به کار بندند. از آنجا که عوامل و پارامترهای بسیاری در وقوع خشکسالی دخالت دارند، شاخص های مختلفی برای پایش خشکسالی تعریف شده که هر شاخص تنها یک یا چند عامل خشکسالی را می سنجد.

#### ۱-۲ - پایش خشکسالی اقلیمی

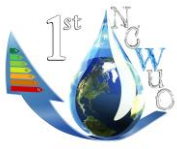
خشکسالی اقلیمی در اثر کمبود بارش است، یعنی کمبود بارش عامل اصلی ایجاد خشکسالی است و سایر تعاریف خشکسالی شامل خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی زراعی از تبعات این پدیده است. لذا در نظر گرفتن عوامل اقلیمی در تعیین زمان شروع خشکسالی از اهمیت زیادی برخوردار می باشد.

#### ۱-۱-۲ - شاخص اقلیمی میانگین متحرک

با استفاده از شاخص میانگین متحرک می توان دوره های خشک و تر یک سری زمانی را در مقیاس زمانی سالانه مشخص نمود. ویژگی این روش در نظر گرفتن اثر تجمعی مقادیر سری زمانی در سالهای قبل است که با ماهیت خشکسالی سازگار است. میانگین متحرک  $n$  ساله یک سری زمانی از رابطه زیر بدست می آید:

$$MA(n) = \frac{1}{n+1} \sum_{j=i-n+1}^i x_j \quad (1)$$

در رابطه فوق،  $x_j$ : مقدار سری زمانی مورد نظر در سال  $j$  است.



# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## The First National Conference of Water Use Optimization

### ۲-۱-۲ - شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI)

درک این موضوع که کاهش مقدار بارندگی اثرات متفاوتی بر آبهای زیرزمینی، ذخیره مخازن، رطوبت خاک، برف ریخته و جریانهای سطحی دارد، مک کی و همکاران را به سمت ابداع روش استاندارد شده بارندگی در سال ۱۹۹۳ سوق داد. قیاسهای زمانی مختلف اثر خشکسالی را بر روی منابع مختلف آبی نشان میدهند. برای مثال رطوبت خاک به کمبود بارندگی در یک بازه کوتاه زمانی حساس می باشد. آبهای زیر زمینی، جریانهای سطحی و ذخیره مخازن به کاهش بارندگی در بلند مدت واکنش نشان می دهند. به همین دلیل مک کی و همکاران از این شاخص برای سری های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، و ۴۸ ماهه استفاده کردند.

در روش SPI ابتدا داده های ثبت شده در یک دوره زمانی نسبتا طولانی (حداقل ۳۰ ساله) با توزیع آماری گاما برازش داده شده و سپس به توزیع نرمال استاندارد (با میانگین صفر و واریانس ۱) انتقال می یابند. مقدار Z قرائت شده همان مقدار شاخص می باشد. مقادیر مثبت شاخص نشان دهنده بارندگیهای بیش از میانگین و مقادیر منفی بارشهای کمتر از میانگین را نشان میدهند.

مطالعات تام در سال ۱۹۶۶ نشان میدهد داده های بارندگی از توزیع گاما تبعیت می کند، این توزیع به صورت تابع چگالی احتمال زیر بیان می شود:

$$g(x) = \frac{1}{B^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/B} \quad \text{برای } x > 0 \quad (2)$$

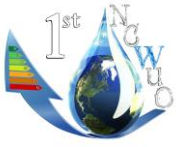
که:  $\alpha$ : پارامتر نمودار،  $\beta$ : پارامتر مقیاس و  $x$ : مقدار بارندگی می باشد.

$\Gamma(\alpha)$ : تابع گاما بوده و از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (3)$$

در روش شاخص بارندگی استاندارد شده توزیع فراوانی بارندگی در هر ایستگاه به توزیع گاما برازش داده شده و مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  برای هر ایستگاه در هر مقیاس زمانی و برای هر ماه از سال برآورد می شود. برای برآورد بهینه مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  از معادلات زیر که در سال ۱۹۶۶ توسط تام ارائه گردید استفاده می شود، اساس این معادلات روش حداکثر درستنمایی می باشد:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \cdot \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (4)$$



# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## The First National Conference of Water Use Optimization

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (5)$$

که در آن :

$$A = \bar{\ln(x)} - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (6)$$

$\hat{\alpha}$  : مقدار بهینه  $\hat{\beta}$  : مقدار بهینه  $\beta$  ، مقدار بارندگی  $x$  ، میانگین بارندگی و  $n$  : تعداد داده های مربوط به بارندگی می باشد.

با داشتن مقادیر  $\hat{\alpha}$  و  $\hat{\beta}$  ، تابع احتمال تجمعی بارندگی برای هر سری زمانی معین در ماه و ایستگاه مورد نظر بدست می آید . این تابع به صورت زیر تعریف می شود.

$$G(x) = \int_0^x g(x) \cdot dx = \frac{1}{\hat{\beta} \cdot \Gamma(\hat{\alpha})} \cdot \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} \cdot e^{-x/\hat{\beta}} \cdot dx \quad (7)$$

با قرار دادن  $t = x/\hat{\beta}$  ، معادله بالا به صورت تابع گامای ناقص در خواهد آمد:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \cdot \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} \cdot e^{-t} \cdot dt \quad (8)$$

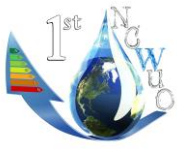
از آنجا که تابع گاما برای مقادیر صفر تعریف نشده و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر نیز باشد ، تابع تجمعی احتمال با در نظر گرفتن مقادیر صفر به صورت زیر می باشد:

$$H(x) = q + (1-q) \cdot G(x) \quad (9)$$

$q$  : احتمال صفر بودن مقدار بارندگی می باشد.

$$q = \frac{m}{n} \quad (10)$$

و در آن  $m$  : تعداد داده های بارندگی صفر و  $n$  : تعداد داده های سری زمانی است.



# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## The First National Conference of Water Use Optimization

در مطالعاتی که توسط ادواردز و مک کی (۱۹۹۷) صورت گرفت، دوره سه ماهه به عنوان دوره کوتاه مدت، دوره ۱۲ ماهه به عنوان دوره میان مدت و دوره ۴۸ ماهه به عنوان دوره بلند مدت جهت بررسی خشکسالی با استفاده از SPI تعریف شد.

### ۲-۲- زنجیره مارکف

زنجیره مارکف یک روش ریاضی برای مدل بندی فرایندهای احتمالاتی است. زنجیره مارکف حالت خاصی از مدل‌هایی است که در آنها حالت فعلی یک سیستم به حالت‌های قبلی آن بستگی دارد. در تعیین حالت سیستم با استفاده از مدل مارکف باید دو عامل را مشخص نمود. این دو عامل عبارتند از حالت سیستم در زمان مشخص و احتمالات تغییر حالت خاص به حالت‌های ممکن دیگر، که اصطلاحاً احتمالات انتقال نامیده می‌شوند. ماتریس احتمال انتقال ماتریسی است که درایه‌های آن احتمالات مختلف وقوع فضای حالت می‌باشد. معمول ترین شکل زنجیره مارکف، زنجیره مارکف مرتبه اول نامیده می‌شود که در آن احتمالات انتقال که حالت بعد را کنترل می‌کنند، منحصر به حالت فعلی سیستم بستگی دارد. این خاصیت به صورت زیر بیان می‌گردد:

$$P_r \{X_{t+1}/X_t, X_{t-1} \dots X_1\} = P_r \{X_{t+1}/X_t\} \quad (1)$$

زنجیره مارکف می‌تواند برای نمایندگی کردن همبستگی زمانی متغیرهای گسسته که بیش از دو مقدار را اختیار می‌کنند، نیز بکار رود. در زنجیره مارکف S حالت، جمع احتمالات انتقال برای S انتقال که از هر یک از حالات حاصل می‌آید، برابر واحد خواهد بود. به عبارت دیگر برای هر مقدار I داریم

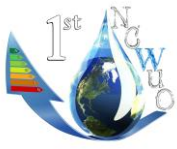
$$\sum_{j=i}^s p_{ij} = 1 \quad (2)$$

هر کدام از این احتمالات انتقال به سادگی از فراوانی‌های نسبی شرطی انتقال به شرح زیر بدست می‌آیند:

$$p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{i+}}; i, j = 1, 2, \dots, s \quad (3)$$

که S تعداد حالات زنجیره است و اندیس ((+)) دلالت بر تمامی اندیس‌های جایگزین شده دارد.

### ۳- تحلیل وضعیت خشکسالی - ترسالی حوضه‌های آبریز



## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



### The First National Conference of Water Use Optimization

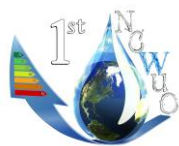
#### ۳-۱- تحلیل خشکسالی و ترسالی نقطه ای :

در این تحقیق برای تحلیل آمار ریزشهای جوی و پایش و پیش بینی های اقلیمی از بین ۶۱ باران سنج شبکه سنجش مستقر در ایستگاههای باران سنجی و تبخیر سنجی دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه ای گلستان، تعداد ۴۰ ایستگاه دارای دوره آمار بلند مدت مشخص و سپس دوره آماری مشترک مشخص گردید که مطابق آمار موجود سال آبی ۴۸-۱۳۴۷ به عنوان سال شاخص انتخاب و نسبت به تکمیل و تطویل و کنترل آمار ها برای دوره آماری ۴۰ ساله به کمک مدلها و روابط همبستگی در مرحله اول اقدام شد. در ابتدا میزان بارندگی ماهانه ایستگاه (حوضه) مورد نظر طی دوره آماری موجود جمع آوری و در مرحله بعد با استفاده از شاخص SPI و زنجیره مارکف وضعیت خشکسالی و ترسالی مشخص گردید که اطلاعات سالانه شاخص SPI و وضعیت اقلیمی برای سال آبی ۹۲-۹۱ در جدول (۱) ارائه شده است .

جدول (۱) اطلاعات سالانه شاخص SPI و وضعیت اقلیمی در سال آبی ۹۲-۹۱

ردیف	حوضه آبریز	رودخانه	ایستگاه	کد ایستگاه	مقدار شاخص	وضعیت ایستگاه
1	اترک	اترک	فازانقایه	11-045	0.3	نرمال
2		اترک	داشلی برون	11-069	1.26	ترسالی متوسط





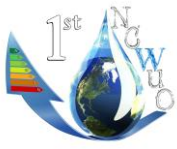
# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب



۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## The First National Conference of Water Use Optimization

3	اترک	هوتن	11-073	0.8	ترسالی ضعیف
4	اترک	اینچه برون	11-026	0.93	ترسالی ضعیف
5	اترک	مراوه تپه	11-047	-0.1	نرمال
6	اترک	قلعه جیق	11-028	1.01	ترسالی متوسط
7	اترک	ترشکلی	11-057	0.94	ترسالی ضعیف
8	اترک	دده الوم چات	11-902	0.95	ترسالی ضعیف
9	جعفرآباد	تقی آباد	12-033	1.1	ترسالی متوسط
10	دوغ	تنگراه	12-001	1.78	ترسالی شدید
11	زرینگل	زرینگل	12-071	-0.45	نرمال
12	محمدآباد	سرمو	12-083	0.03	نرمال
13	اوغان	گالیکش	12-007	1.07	ترسالی متوسط
14	گرگانرود	گنبد	12-011	1.25	ترسالی متوسط
15	خرمالو	نوده	12-017	1.75	ترسالی شدید
16	گرگانرود	قزاقلی	12-023	0.89	ترسالی ضعیف
17	کیودوال	کیودوال	12-073	0.06	نرمال
18	گرگانرود	بهلکه داشلی	12-014	0.32	نرمال
19	تیل آباد	تیل آباد	12-067	0.25	نرمال
20	قره سو	باغہ سالیان	12-031	1.72	ترسالی شدید
21	دوغ	رباط قره بیل	12-002	-0.23	نرمال
22	دوغ	چشمه خان	12-004	0.51	ترسالی ضعیف
23	گرگانرود	سد گرگان	12-025	1.08	ترسالی متوسط
24	گرگانرود	تمر	12-005	1.06	ترسالی متوسط
25	گرگانرود	آق فلا	12-037	0.05	نرمال
26	محمدآباد	فاضل آباد	12-531	0.32	نرمال



## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



### The First National Conference of Water Use Optimization

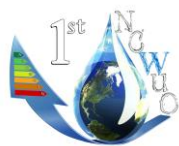
ترسالی شدید	2.13	12-019	ارازکوسه	قره سو	27
نرمال	0.37	12-539	غفار حاجی	گرگانرود	28
ترسالی شدید	1.98	12-021	رامیان	قره چای	29
نرمال	0.07	12-046	لزوره	چهل چای	30
ترسالی ضعیف	0.92	12-045	شصت کلا ته	شصت کلا ته	31
ترسالی متوسط	1.01	12-049	غاز محله	کردکوی	32
ترسالی ضعیف	0.86	12-085	پل اردوگاه	گرمادشت	33
ترسالی متوسط	1.38	12-097	سیاه آب	قره سو	34
نرمال	0.23	12-043	نهارخوران	زیارت	35
ترسالی متوسط	1.23	12-200	محوطه امورگران	زیارت	36
ترسالی متوسط	1.25	12-052	باغو	باغو	37
ترسالی متوسط	1.21	12-053	وطنا	گز	38
نرمال	-0.17	13-002	شاه کوه پایین	نکا	39

### ۳-۲- تحلیل خشکسالی منطقه ای و تعیین سوابق دوره های خشکسالی و ترسالی

در جدول (۲) دوره های ترسالی و خشکسالی استان گلستان در طی دوره آماری ارائه شده است همان طور که در جدول مذکور مشاهده می شود در ۳۷ سال اخیر ، ۱۰ سال خشک و بسیار خشک تشخیص داده شده است. آخرین خشکسالی استان نیز سال آبی ۸۷-۸۶ می باشد که پس از آن شرایط ترسالی بر منطقه حاکم می باشد.

جدول (۲) - دوره های ترسالی و خشکسالی استان گلستان در طی دوره آماری

سال آبی	فصل پاییز	فصل زمستان	فصل بهار	فصل نایستان	۶ ماهه اول سال آبی	۹ ماهه اول سال آبی	سالانه
1354-55	نرمال	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی



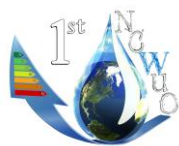
# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب



۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

## The First National Conference of Water Use Optimization

1355-56	خشکسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال
1356-57	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
1357-58	نرمال	خشکسالی	ترسالی	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال
1358-59	خشکسالی	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی	خشکسالی
1359-60	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1360-61	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی
1361-62	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی
1362-63	نرمال	خشکسالی	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
1363-64	ترسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی
1364-65	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی	خشکسالی
1365-66	ترسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1366-67	نرمال	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1367-68	نرمال	ترسالی	خشکسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	نرمال
1368-69	نرمال	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	خشکسالی
1369-70	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
1370-71	خشکسالی	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	ترسالی
1371-72	خشکسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
1372-73	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	نرمال	نرمال
1373-74	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
1374-75	ترسالی	خشکسالی	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
1375-76	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال	نرمال
1376-77	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1377-78	خشکسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی
1378-79	ترسالی	ترسالی	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال



## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

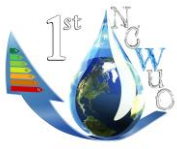


۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

### The First National Conference of Water Use Optimization

1379-80	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی
1380-81	خشکسالی	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	خشکسالی	نرمال	نرمال
1381-82	ترسالی	نرمال	ترسالی	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1382-83	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی
1383-84	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1384-85	ترسالی	نرمال	نرمال	خشکسالی	نرمال	نرمال	نرمال
1385-86	ترسالی	نرمال	ترسالی	خشکسالی	نرمال	ترسالی	نرمال
1386-87	نرمال	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی	خشکسالی
1387-88	نرمال	نرمال	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	ترسالی
1388-89	ترسالی	ترسالی	نرمال	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1389-90	خشکسالی	ترسالی	خشکسالی	ترسالی	خشکسالی	خشکسالی	نرمال
1390-91	ترسالی	ترسالی	نرمال	ترسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی
1391-92	ترسالی	ترسالی	نرمال	خشکسالی	ترسالی	ترسالی	ترسالی

همچنین نمودار تغییرات بارندگی استان و میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله به همراه دوره های تر و خشک در طی دوره آماری در شکل (۲) ارائه شده است. همانطور که مشاهده می شود تواتر دوره های خشک و تر در نمودار میانگین متحرک قابل مشاهده است و بازه زمانی سال آبی ۶۰-۶۱ لغایت ۶۴-۶۵، ۷۷-۷۸ لغایت ۸۰-۷۹ و ۸۴-۸۵ لغایت ۸۷-۸۸ دوره های خشک قابل تفکیک می باشند.

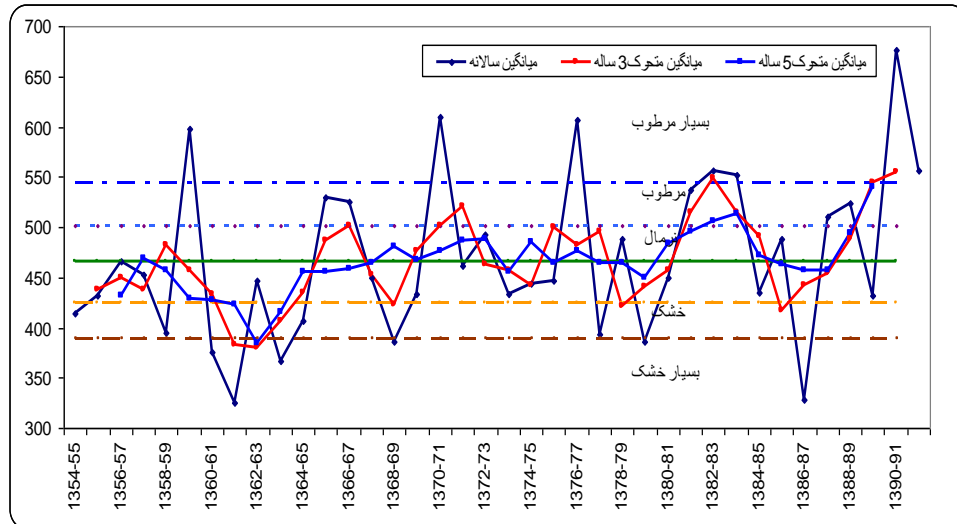


# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب



۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

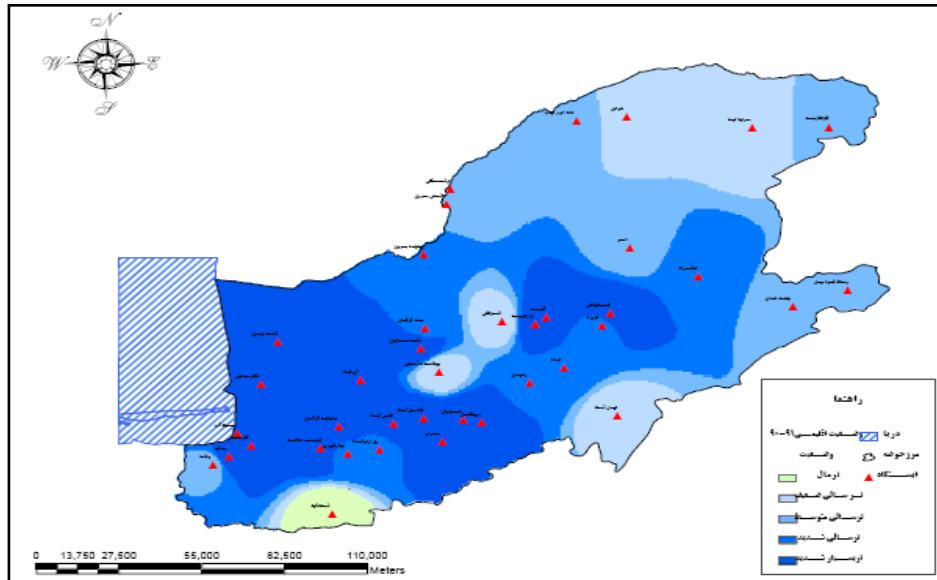
## The First National Conference of Water Use Optimization



شکل ۲- نمودار تغییرات بارندگی استان در سالهای مختلف و دوره های خشکسالی و ترسالی

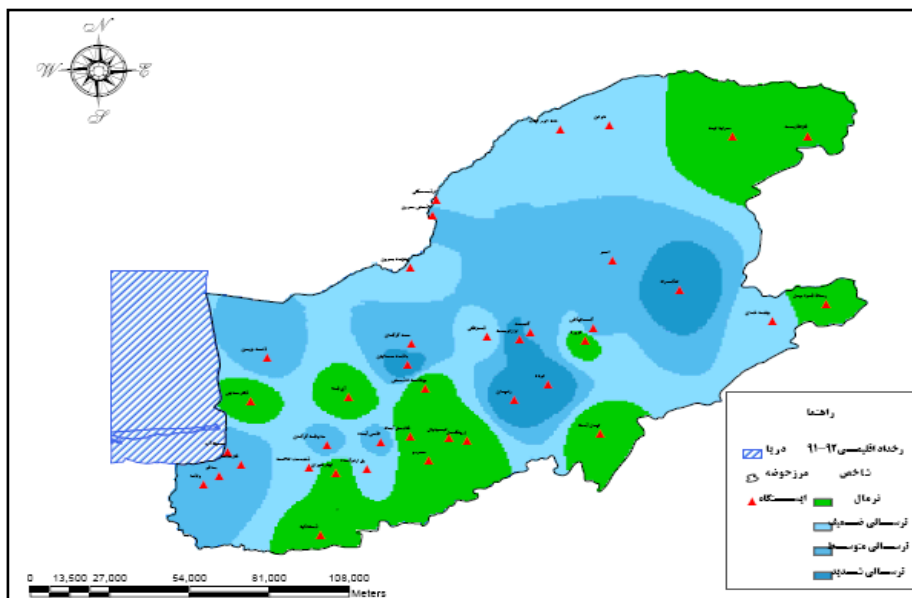
### ۳-۳- بررسی وضعیت خشکسالی- ترسالی سال آبی ۹۰-۹۱ و مقایسه با سال آبی ۹۱-۹۲:

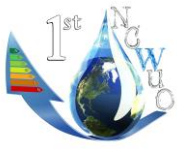
سال آبی ۹۰-۹۱ با افزایش بارندگی و کاهش دما، همچنین افزایش نزولات جوی به صورت برف همراه بود به گونه ای که در فصل پاییز شاهد ترسالی شدید، فصل زمستان ترسالی بسیار شدید، فصل بهار نرمال و فصل تابستان ترسالی شدید و در مجموع برای سال آبی ۹۰-۹۱ روند ترسالی بسیار شدید بر منطقه حاکم بوده است. پاسخ هیدرولیکی حوضه های آبریز به بارشهای صورت یافته سیلابهای عظیم رخ داده در اسفند و فروردین ماه که ناشی از بارندگی به همراه ذوب برف و همچنین سیلابهای خردادماه به همراه سیلابهای فصل تابستان می باشد که در مجموع در سال آبی اخیر افزایش منابع آبهای سطحی و زیر زمینی را شاهد بودیم. و همچنین سال آبی ۹۰-۹۱ با بارندگی سالانه ۶۷۶ میلیمتر دارای بیشترین مقدار بارش در طی دوره آماری نیز می باشد که بارش های سالانه سالهای ۷۰-۷۱ با بارش ۶۱۰ میلیمتر و ۷۶-۷۷ با بارش ۶۰۶ میلیمتر در رتبه های دوم و سوم قرار دارند. در شکل (۳) نقشه وضعیت اقلیمی مذکور در سیستم نه طبقه ای شاخص spi ارائه شده است، مشاهده می شود که به جز حوضه آبریز نکا رود که دارای شرایط نرمال می باشد در کل حوضه آبریز شرایط ترسالی حاکم می باشد.



شکل (۳) نقشه وضعیت اقلیمی حوضه های آبریز استان گلستان در سال آبی ۹۰-۹۱

برای سال آبی ۹۱-۹۲ نیز همانگونه که پیش بینی شده بود با بارندگی سالانه ۵۵۶ میلیمتر شرایط ترسالی بر منطقه حاکم بوده است ولی توزیع ماهانه بارندگی به گونه ای بوده است که ماه خرداد و همچنین فصل تابستان شرایط خشکسالی و خشکسالی شدید بر منطقه حاکم بوده است. در شکل (۴) نقشه وضعیت اقلیمی مذکور در سیستم سه طبقه ای شاخص  $s_{pi}$  ارائه شده است، همانگونه که مشاهده می شود شرایط ترسالی و نرمال بر کل منطقه حاکم می باشد.





# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## The First National Conference of Water Use Optimization

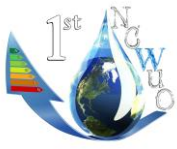
شکل (۴) نقشه وضعیت اقلیمی حوضه های آبریز استان گلستان در سال آبی ۹۱-۹۲

۴- پیش بینی وضعیت خشکسالی - ترسالی محدوده حوضه های آبریز استان گلستان در سال آبی ۹۲-۹۳

پیش بینی وضعیت اقلیمی ایستگاههای معرف انتخابی برای سال آبی ۹۲-۹۳ مطابق جدول (۳) و به کمک زنجیره مارکف از بررسی احتمال وقوع حالات مختلف پدیده در بازه های زمانی تعریف شده، تهیه گردید.

جدول (۳) اطلاعات پیش بینی اقلیمی بارندگی سالانه سال آبی ۹۲-۹۳

ردیف	حوضه آبریز	رودخانه	ایستگاه	کد ایستگاه	وضعیت ایستگاه
1	اترک	اترک	قازانقابه	11-045	نرمال
2		اترک	داشلی برون	11-069	ترسالی
3		اترک	هوتن	11-073	نرمال
4		اترک	اینچه برون	11-026	ترسالی
5		اترک	مراوه تپه	11-047	خشک
6		اترک	قلعه جیق	11-028	نرمال
7		اترک	ترشکلی	11-057	ترسالی
8		اترک	دده الوم چات	11-902	ترسالی
9	اترک	جمنفرآباد	تقی آباد	12-033	ترسالی
10		دوغ	تنگراه	12-001	نرمال
11		زربنگل	زربنگل	12-071	خشک
12		محمدآباد	سرمو	12-083	ترسالی
13		اوغان	گالیکش	12-007	ترسالی
14		گرگانرود	گنبد	12-011	ترسالی
15		خرمالو	نوده	12-017	ترسالی
16		گرگانرود	فزاقلی	12-023	نرمال



# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

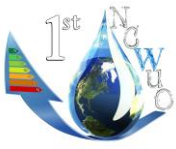
۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲ - دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



## The First National Conference of Water Use Optimization

نرمال	12-073	کیودوال	کیودوال		17
نرمال	12-014	بهلکه داشلی	گرگانرود		18
نرمال	12-067	تیل آباد	تیل آباد		19
ترسالی	12-031	باغچه سالیان	قره سو		20
ترسالی	12-002	رباط قره بیل	دوغ		21
ترسالی	12-004	چشمه خان	دوغ		22
نرمال	12-025	سد گرگان	گرگانرود		23
ترسالی	12-005	تمر	گرگانرود		24
نرمال	12-037	آق فلا	گوگانرود		25
نرمال	12-531	فاضل آباد	محمدآباد		26
نرمال	12-019	ارازکوسه	قره سو		27
نرمال	12-539	غفارحاجی	گرگانرود		28
نرمال	12-021	رامیان	قره چای		29
خشک	12-046	لزوره	چهل چای		30
ترسالی	12-045	شصت کلا نه	شصت کلا نه	قره سو	31
نرمال	12-049	غاز محله	کردکوی		32
ترسالی	12-085	پل اردوگاه	گرمابدشت		33
ترسالی	12-097	سیاه آب	قره سو		34
خشک	12-043	نهارخوران	زیارت		35
ترسالی	12-200	محوطه امورگران	زیارت		36
ترسالی	12-052	باغو	باغو	خلیج	37
ترسالی	12-053	وطننا	گز		38
نرمال	13-002	شاه کوه پایین	نکا	نکا رود	39





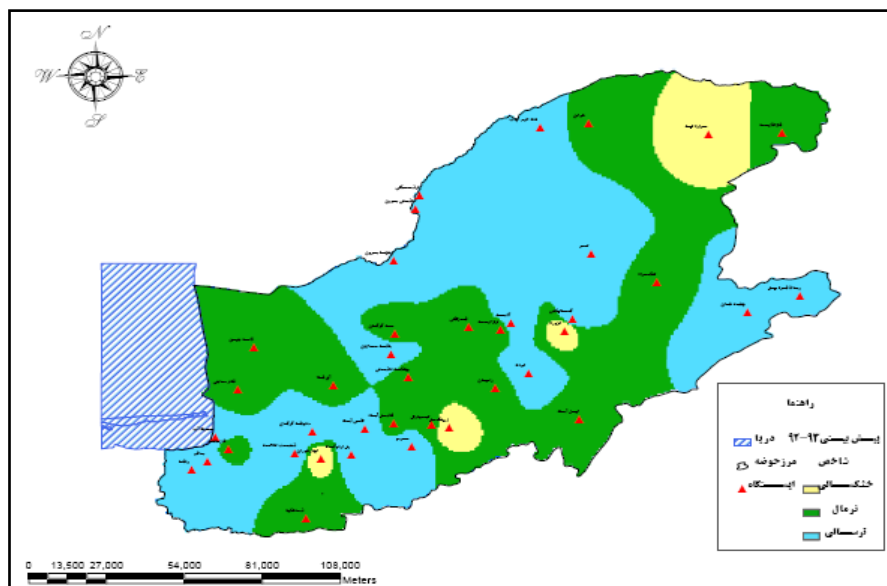
# اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب



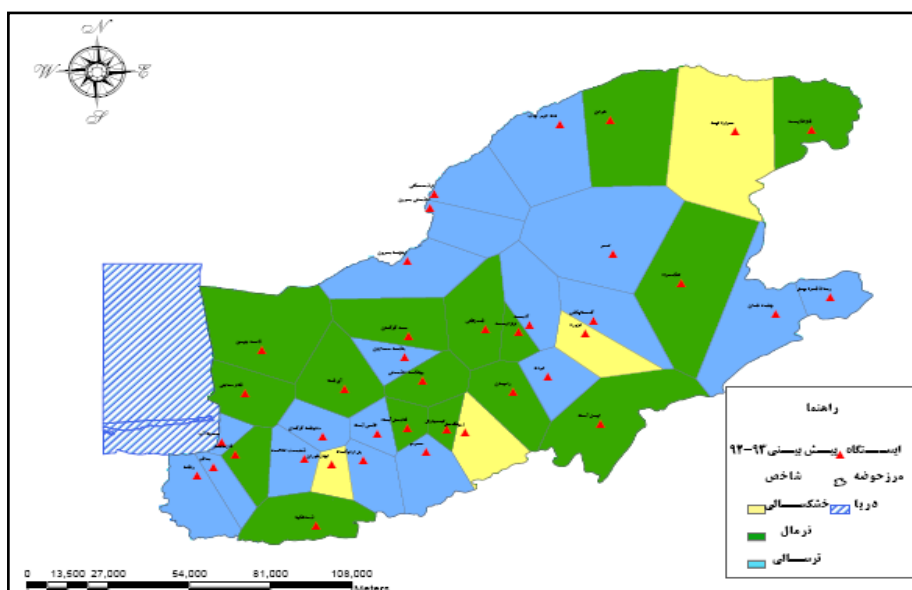
۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

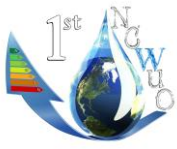
## The First National Conference of Water Use Optimization

همچنین به منظور تهیه نقشه پیش بینی وضعیت اقلیمی سال آبی ۹۳-۹۲، مرز محدوده های خشک و تر پیش بینی شده ایستگاههای منتخب در محیط نرم افزاری ArcGIS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. در شکلهای (۵) و (۶) نقشه پیش بینی وضعیت خشکسالی یا ترسالی حوضه های آبریز استان گلستان در سال آبی ۹۳-۹۲ ارائه شده است. مطابق نقشه تهیه شده پیش بینی ها نشان دهنده سالی تر برای منطقه می باشند و به جز مناطقی شامل محدوده ایستگاههای مراوه تپه، لزوره در مینودشت، زرینگل در علی آباد و نهارخوران در گرگان در سایر مناطق شرایط ترسالی و نرمال حاکم می باشد.



شکل (۵) نقشه پیش بینی اقلیمی حوضه های آبریز استان گلستان در سال آبی ۹۳-۹۲





## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



### The First National Conference of Water Use Optimization

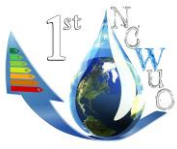
شکل (۶) نقشه شبکه تیسن پیش بینی وضعیت اقلیمی حوضه های آبریز استان گلستان در سال آبی ۹۳-۹۲

#### ۵- نتیجه گیری :

در این مقاله روشهای محاسبه شاخصهای اقلیمی میانگین متحرک و بارش استاندارد شده اراده گردیده است. این دو شاخص در پایش خشکسالی اقلیمی بکار می رود. محدوده مورد مطالعه حوضه های آبریز استان گلستان می باشد. محاسبات میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله سری زمانی بارش متوسط استان انجام شد. این شاخص بدلیل در بر داشتن اثر تجمعی بارش در پایش خشکسالی اقلیمی مفید است، بر اساس نتایج بدست آمده سه دوره خشکسالی در بازه زمانی سال آبی ۶۰-۶۱ لغایت ۶۵-۶۴، ۷۸-۷۷ لغایت ۸۰-۷۹ و ۸۵-۸۴ لغایت ۸۸-۸۷ قابل تفکیک می باشند. در مبحث شاخص SPI هم در بعد نقطه ای و هم در بعد منطقه ای پایش خشکسالی صورت پذیرفت. مطابق نتایج بدست آمده تمامی ایستگاههای مورد بررسی در طی دوره آماری به دفعات و با شدت و ضعف کمتر یا بیشتر دستخوش پدیده خشکسالی بوده اند. در مقایسه بین سال آبی ۹۰-۹۱ و سال آبی ۹۱-۹۲، سال آبی ۹۰-۹۱ با افزایش بارندگی و کاهش دما، همراه بود به گونه ای که در فصل پاییز شاهد ترسالی شدید، فصل زمستان ترسالی بسیار شدید، فصل بهار نرمال و فصل تابستان ترسالی شدید و در مجموع برای سال آبی ۹۰-۹۱ روند ترسالی بسیار شدید بر منطقه حاکم بوده است. پاسخ هیدرولیکی حوضه های آبریز به بارشهای صورت یافته سیلابهای عظیم رخ داده در اسفند و فروردین ماه که ناشی از بارندگی به همراه ذوب برف و همچنین سیلابهای خردادماه به همراه سیلابهای فصل تابستان می باشد که در مجموع در سال آبی اخیر افزایش منابع آبهای سطحی و زیر زمینی را شاهد بودیم. و همچنین سال آبی ۹۰-۹۱ با بارندگی سالانه ۶۷۶ میلیمتر دارای بیشترین مقدار بارش در طی دوره آماری نیز می باشد که بارش های سالانه سالهای ۷۰-۷۱ با بارش ۶۱۰ میلیمتر و ۷۶-۷۷ با بارش ۶۰۶ میلیمتر در رتبه های دوم و سوم قرار دارند. برای سال آبی ۹۱-۹۲ نیز همانگونه که پیش بینی شده بود با بارندگی سالانه ۵۵۶ میلیمتر شرایط ترسالی بر منطقه حاکم بوده است ولی توزیع ماهانه بارندگی به گونه ای بوده است که ماه خرداد و همچنین فصل تابستان شرایط خشکسالی و خشکسالی شدید بر منطقه حاکم بوده است.

همچنین مطابق پیش بینیهای به عمل آمده برای سال آبی ۹۲-۹۳، پیش بینی ها نشان دهنده سالی تر برای منطقه می باشند و به جز مناطقی شامل محدوده ایستگاههای مراوه تپه، لزوهر در مینودشت، زرینگل در علی آباد و نهارخوران در گرگان در سایر مناطق شرایط ترسالی و نرمال حاکم می باشد.

منابع:



## اولین همایش ملی بهینه سازی مصرف آب

۱۴-۱۵ اسفند ماه ۱۳۹۲- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان



### *The First National Conference of Water Use Optimization*

---

۱- اصغر زاده. د، کار آموز. م، پایش و تعیین روند خشکسالی با استفاده از شاخص های اقلیمی. ۸. صفحه

۲ - دفتر مطالعات پایه شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۷، دستورالعمل استفاده از برنامه پایش و پیش بینی خشکسالی. ۲۵ صفحه

۳ - علیزاده، امین، ۱۳۸۳، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات آستان قدس رضوی

4- Barksdale H. C., D. O Brayan, and Schneideret W. J., 1966, Effect of drought on water resources planning in the Northeast, U.S. Geol. Survey Hydrologic Inv. Atlas HA-243

5- Karamouz M., S. Torabi, Sh. Araghi Nejad, and D. Asgharzadeh. "Analysis of droughts: Application to Isfahan region in Iran" 2002 EWRI Conference on Water Resources Planning and Management.

6- Zaporozee A., 1980, Drought and groundwater levels in Northern Wisconsin, Geoscience Wisconsin, 5:92