بررسی و تحلیل فراوانی جریان‌های کمینه با تداوم‌های متفاوت در مناطق خشک و نیمه خشک (حوزه‌های آبخیز استان لرستان)*

مسلم اکبری*[۱]، کریم سلیمانی[۲]، محمد مهدوی[۳]، محمود حبیب نژادروشن[۴]

تاریخ دریافت: ۸۹/ ۶ / ۱۰ تاریخ پذیرش: ۸۹/ ۱۰ / ۲۰

چکیده

تحلیل منحنی‌های فراوانی جریان‌های کمینه روشی برای برآورد خشکسالی‌های هیدرولوژیک است. آنالیز منطقه‌ای از مهم‌ترین روش‌های برآورد دبی‌های کمینه در مناطق فاقد آمار است. به‌منظور تحلیل جریان‌های کمینه در این پژوهش ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب انتخاب و سپس محاسبه سری‌های جریان کمینه سالانه با تداوم‌های ۷، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه صورت گرفت. با انجام تحلیل فراوانی و مقایسه با توزیع‌های مختلف، توزیع لوگ پیرسون تیپ سه، مناسب‌ترین توزیع برای منطقه شناخته شد. با تعیین پارامترهای فیزیوگرافی، اقلیمی و دیگر پارامترهای مورد نیاز برای حوزه‌های منتخب، با استفاده از روش تجزیه و تحلیل عاملی، مهم‌ترین عوامل موثر بر جریان‌های کمینه، بارش متوسط سالیانه، مساحت، تراکم زهکشی و درصد اراضی با پوشش‌گیاهی فقیر تعیین شد. جهت تعیین مناطق همگن از روش آنالیز خوشه‌ای استفاده شد. با انجام تحلیل منطقه‌ای بر روی مناطق همگن و کل منطقه و استفاده از مدل‌های رگرسیون چند متغیره، جریان کمینه با دوره بازگشت‌های مختلف در مناطق همگن برآورد گردید. نتایج نشان داد که مدل‌های ارائه شده در مناطق همگن از دقت بیشتر و خطای استاندارد کمتری نسبت به کل منطقه برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز منطقه ای، خشکسالی هیدرولوژیک، استان لرستان، جریان‌های کمینه.

۱- کارشناس ارشد آبخیزداری بانک کشاورزی.
۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
۴- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
* نویسنده‌ی مسوول: moslem.aki@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر خشکسالی مستمر، خسارت جبران ناپذیری به منابع آبی، کشاورزی و پوشش‌گیاهی استان لرستان وارد نموده و ابعاد گسترده‌ای به خود گرفته است. خشکی و خشکسالی نتیجه اثرات متقابل ویژه بین محیط زیست طبیعی و اجتماعی است. اکوسیستم مناطق خشک و نیمه خشک جهان که بخش چشمگیری از سرزمین ما در آن قرار دارد در مجموع بوم سازه‌های حساس و شکننده‌ای هستند که در برابر عوامل تخریب به سادگی در معرض نابودی و انهدام قرار می‌گیرند(اسکانلون و همکاران،۲۰۰۷). در چنین بوم سازه‌های وقوع خشکسالی را می‌توان به شرایط ریزش‌های جوی کمتر از حد میانگین یک منطقه دانست. خشکسالی اگرچه از نظر زمانی بطور دقیق قابل پیش‌بینی نیست اما همیشه محتمل و قابل انتظار است(سولسبی و همکاران، ۲۰۰۷). اغلب در مسائل هیدرولوژیکی اتفاق می‌افتد که مقدار سیل با توجه به دوره بازگشت وقوع در منطقه‌ای مورد نیاز باشد، اما مشاهدات و داده‌های آماری در آنجا وجود نداشته باشد. راه حل این مساله معمولا به‌وسیله تحلیل منطقه‌ای است(یانگ و همکاران،۲۰۰۴). تحلیل منطقه‌ای[1] در حقیقت ابزاری است که به کمک آن می‌توان این مشکل را حل کرد و به تخمین مناسبی از دبی سیل و یا کم آبی دست یافت. خدری تاژان و وفاخواه(۱۳۸۳) با استفاده از این روش روابطی جهت تحلیل منطقه‌ای خشکسالی تهیه کردند. نتایج تحلیل منطقه‌ای خشکسالی می‌تواند در طراحی دبی سازه‌های انحراف آب، تعیین آستانه کیفیت آب در رودخانه‌ها، تامین آب شهری و صنعتی در منطقه مورد مطالعه، قابل استفاده باشد(سلامت و آل یاسین،۱۳۸۰).

زارعی(۱۳۷۸) با مطالعه ۱۸ ایستگاه هیدرومتری استان مازندران، توزیع لوگ پیرسون نوع سوم را به‌عنوان بهترین توزیع برای تداوم‌های مختلف معرفی کرد.

نصرتی(۱۳۸۱) و زهتابیان(۱۳۸۱) در مطالعاتی در حوزه آبخیز اترک به‌منظور تحلیل فراوانی جریان کمینه، ضمن محاسبه سری‌های جریان کمینه با تداوم های ۷، ۱۵، ۳۰، و۶۰ روزه، توزیع لوگ پیرسون را مناسب‌ترین توزیع منطقه‌ای معرفی کردند.

سمیعی و تلوری (۱۳۸۷) به منظور تعیین رابطه بین شدت خشکسالی هیدرولوژیک با دوره بازگشت ده ساله و تداوم چهار ماهه با استفاده از خصوصیات حوزه‌های آبخیز استان تهران، از مدل رگرسیون چند متغیره استفاده نمود. نتایج نشان داد که مدل‌های حاکم در مناطق همگن از دقت بیشتری نسبت به کل منطقه برخوردار هستند، همچنین عامل مساحت شدت خشکسالی را با دقت خوبی برآورد می نماید.

زرین(۱۳۸۴) با مطالعه ۲۸ ایستگاه هیدرومتری در حوزه‌های کرخه و کارون، مهم‌ترین عوامل موثر بر جریان کمینه را پارامترهای بارش متوسط حوزه، مساحت، ارتفاع متوسط حوزه، ضریب گراویلیوس و شیب آبراهه معرفی کرد.

رئیسی(۱۳۸۶) و سرحدی و همکاران(۱۳۸۷) به‌ترتیب با مطالعه ایستگاه‌های هیدرومتری حوزه‌های آبخیز شمالی استان فارس و شهرستان جیرفت توزیع لوگ پیرسون نوع سوم را به‌عنوان بهترین توزیع برای تداوم‌های مختلف آن مناطق معرفی کردند.

مطالعات تاسکر(۱۹۸۷) نشان داد که تفکیک مناطق مطالعاتی به نواحی همگن باعث دقت بیشتر و خطای کمتر در ارائه مدل‌های رگرسونی برای مناطق فاقد آمار می‌شود. همچنین تاسکر(۱۹۸۲) در مطالعه دیگری در ویرجینیای آمریکا به این نتیجه رسید که توزیع لوگ پیرسون تیپ سه دارای کمترین میانگین مربعات خطا بوده و نیز برتری نسبی در مقایسه با توزیع ویبول دارد.

برایان(۲۰۰۰) با استفاده از فاکتورهای بارش سالانه، پروسیته خاک، درصد اراضی لخت، متوسط شیب و پوشش گیاهی، به مطالعه روش‌های ارزیابی جریان‌های کمینه پرداخت. نتایج نشان داد که مدل‌های رگرسیونی حاصل از روابط بین خصوصیات حوزه و جریان‌های کمینه برتری خوبی نسبت به سایر روش‌ها دارد.

زایدمن و همکاران(۲۰۰۳)، والتر و همکاران(۲۰۰۶) با مقایسه‌ی توابع توزیع مختلف برای شاخص‌های جریان کمینه به این نتیجه رسیدند که برای دوره‌های با تداوم کوتاه مدت توزیع لجستیک تعمیم یافته و توزیع پیرسون تیپ سه، در مجموع برتری نسبی در مقایسه با سایر توزیع‌ها دارد. همچنین ویژگی‌های حوزه آبخیز مانند میانگین بارش سالانه و نفوذ پذیری سازندها می‌تواند از عوامل اثرگذار بر تابع توزیع انتخاب شده باشند.

1 - Regional Analysis

Archive of SID

www.SID.ir

بورگـان و کـانِن(۲۰۰۵) بـا مطالعـه بـه منظـور انتخـاب مناسب‌ترین توابع توزیع برای بررسی جریان‌های کمینه در ایرلند به این نتیجه رسیدند که عموما توزیع های گمبل و لوگ نرمال، جهت بررسی جریان‌های کمینه مناسـب‌تـر و برای تعداد کمی از حوزه‌های آبخیز، استفاده از توزیع‌هـای سه پارامتره مورد نیاز می باشد.

این مطالعه با هدف تحلیل فراوانی جریان‌های کمینه برای مناطقی با دوره‌های آماری کوتاه مدت و یا فاقد آمـار و بـه منظور پایش و انتخاب بهترین تابع توزیـع احتمـال بـرای سری‌های جریان کمینه بـا تـداوم‌هـای متفـاوت و تعیـین روابط بین جریان‌های کمینـه و ویژگـی‌هـای حوضـه‌هـای آبخیـز بـا بـه‌کـارگیری تکنیـک‌هـای آنـالیز خوشـه‌ای و رگرسیون چندمتغیره و تعیین مناسـب‌تـرین تـابع توزیـع احتمال صورت گرفته است.

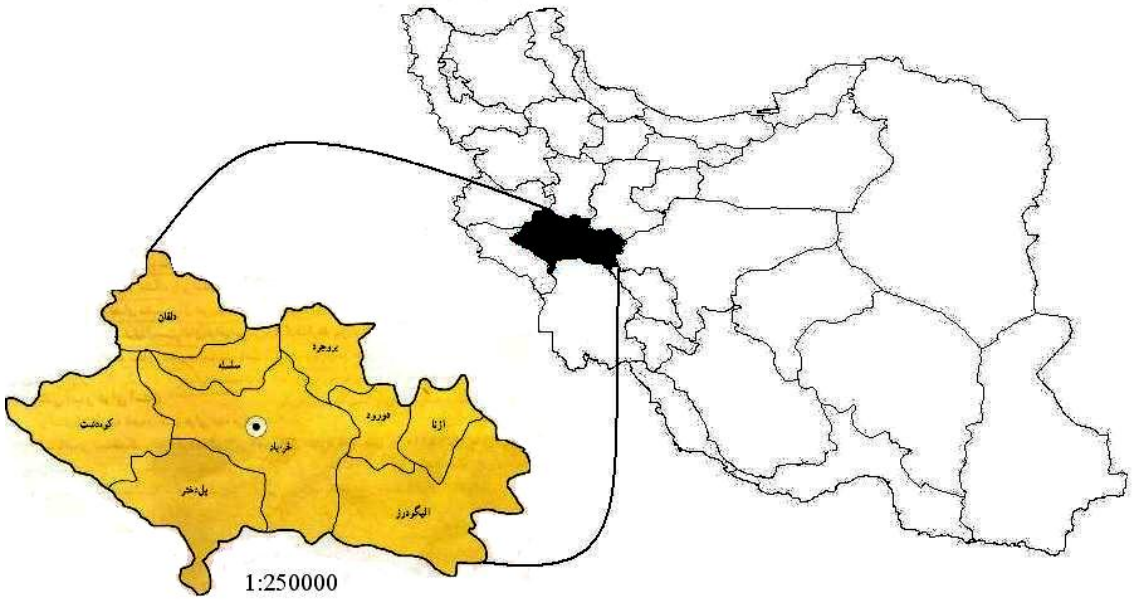
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان لرستان در غرب کشور بـین طـول‌هـای جغرافیـایی ´۵۰ و°۴۶ تا´۰۱ و°۵۰ شرقی و عرض‌های ´۴۰ و°۳۲ تـا ´۲۳ و°۳۴ شمالی قرار دارد(شـکل۱). لرسـتان منطقـه‌ای خشک و نیمه خشک و عمـدتا کوهسـتانی بـا دشـت‌هـای گسترده و حاصلخیزی که ارتفاعات آن ادامه رشته کوه‌های زاگرس بوده و امتداد آن از جهت شمال غربـی بـه جنـوب شرقی است. ارتفاعات برفگیر منطقه نقش مهمی در تامین آب رودخانه ها، چشمه‌ها و دیگر منابع آبی ایفا می‌نماید.

مشخصات ایستگاه‌های موجود در منطقه

بر پایه مطالعات فیزیوگرافی در محدوده مطالعـاتی، حـوزه آبخیز لرستان به دو بخش کرخه و دز تقسیم شـده اسـت. بر پایه نقشه‌هـای توپـوگرافی ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ در حوزه کرخـه تعـداد ۲۱ واحـد هیـدرولوژیکی و تعـداد ۱۶ ایستگاه هیدرومتری و در حـوزه دز تعـداد ۱۷ زیرحـوزه و ۱۷ ایستگاه هیدرومتری موجود است(شکل۲). در بین ۳۳ ایستگاه هیدرومتری موجود، ۲۵ ایستگاه با داشتن شـرایط مناسب و انتخاب پایه زمانی مشترک۳۰ ساله از سال آبـی ۵۸- ۱۳۵۷تا ۸۷-۱۳۸۶ برای تجزیه و تحلیـل در منطقـه موردمطالعه مورد استفاده قرار گرفته است(جدول۱). البته ایستگاه‌های دیگری در فاصله سال‌های ۷۹ تا حال تاسیس شده که به دلیل کوتاه بودن دوره آمـاری در ایـن مطالعـه مورد استفاده واقع نشده‌اند.



شکل۱- موقعیت جغرافیایی استان لرستان در ایران.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- وضعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در حوزه های آبخیز استان لرستان.

حوزه آبخیز	تعداد واحدهای هیدرولوژیک	تعداد ایستگاه	درجه ۱	درجه ۲
کرخه	۲۱	۱۶	۱۲	۴
دز	۱۷	۱۷	۱۷	-
مجموع	۳۸	۳۳	۲۹	۴

تعیین محدوده واحدهای هیدرولوژیکی و ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب مورد مطالعه

منطقه موردمطالعه در این تحقیق به ۳۸ زیرحوزه یا واحد هیدرولوژیکی تقسیم شده است. ایستگاه‌های منتخب مربوط به حوزه‌های آبخیز نورآباد، کشکان، سیلاخور و آفرینه می‌باشند. تعیین مساحت و محدوه جغرافیایی هر زیرحوزه از ایستگاه‌های منتخب توسط نرم افزار Arcveiw در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی(GIS) صورت گرفت. محدوده هر کدام از واحدهای هیدرولوژیک در شکل (۲) آمده است.

استخراج خصوصیات فیزیوگرافی و اقلیمی منطقه

عوامل فیزیکی و مرفولوژیکی حوزه آبخیز را می‌توان در دو گروه خصوصیات حوزه و خصوصیات شبکه زهکشی بررسی نمود. مشخصات و خصوصیات مختلف هر زیرحوزه از قبیل: محیط، شیب، ارتفاع، طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب گراولیوس، زمان تمرکز، عوامل اقلیمی، سازندهای نفوذپذیر و وضعیت پوشش‌گیاهی و غیره، با استفاده از ۱- پایگاه داده‌های علوم زمین، ۲- نقشه‌های رقومی جاماب، ۳- نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰، ۴- مدل رقومی ارتفاعی تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی ارتش و ۵- اطلاعات شرکت مهندسین مشاور جاماب تهیه شده است. همچنین کلیه آمار و اطلاعات اقلیمی توسط بانک اطلاعات سازمان مدیریت منابع آب کشور تهیه گردید. پس از تعیین زیرحوزه‌های آبخیز محدوده هر ایستگاه، عوامل موثر بر رژیم کم آبی در هر یک از ایستگاه ها تعیین شد.

شکل۲- محدوده واحدهای هیدرولوژیکی و موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری و منتخب مورد مطالعه.

بدست آوردن سری زمانی با تداوم‌های مختلف

خشکسالی هیدرولوژیک به دوره‌ای که جریان رودخانه به کمتر از مقدار طبیعی رسیده و رواناب یا ذخیره منابع آبی به شدت کاهش یابد تعبیر می‌شود. در حالیکه جریان کم سالیانه را می‌توان به صورت کمترین جریان متوسط روزانه در طول یک سال تعریف کرد. معمولا جریان‌های کم روزانه تحت اغتشاشات بالا دست هستند، لذا برای رفع این مشکل جریان کم سالانه به‌صورت متوسط کمترین جریان در چند روز پیاپی از قبیل ۳۰،۶۰ و۹۰ روزه در طول یک سال تعریف می‌شود(سمیعی و تلوری،۱۳۸۷). در این تحقیق دبی‌های کمینه با تداوم‌های ۷، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ روزه برای تمام ایستگاه‌های منتخب به‌دست آمد و برای آنالیز فراوانی از این مقادیر استفاده شده است.

انتخاب توزیع آماری مناسب

آنالیز فراوانی منطقه‌ای همواره براساس یک توزیع واحد انجام می‌شود، لذا ضرورت دارد بهترین توزیع فراوانی برای منطقه انتخاب شود. بدین منظور از نرم‌افزار هایفا استفاده شده است. بهترین برازش با استفاده از آزمون میانگین انحراف نسبی صورت می‌گیرد، به‌طوری‌که به کمترین مقدار انحراف نسبی نمره یک و به بیشترین مقدار آن نمره هفت داده می‌شود. همچنین توزیع‌هایی که دارای مقادیر

Archive of SID

www.SID.ir

انحراف نسبی مساوی هستند، نمره یک کسب کرده و در یک گروه قرار می گیرند. سپس امتیازات منظور شده برای هر توزیع جمع می‌شود. این روند برای سایر دبی‌های حداقل با تداوم‌های مختلف نیز صورت می‌گیرد.

تجزیه و تحلیل عاملی[1]

تجزیه و تحلیل عاملی برای متغیرهای اندازه‌گیری شده در حوزه‌های منتخب این مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS انجام شد. متغیرها شامل خصوصیات مختلف حوزه، محیط، شیب متوسط حوزه، جهات حوزه در چهار جهت اصلی، ارتفاع حداکثر، متوسط و حداقل، طول آبراهه اصلی، تراکم زهکشی، ضریب گراولیوس، طول و عرض مستطیل معادل، زمان تمرکز، عوامل اقلیمی(متوسط بارش، دما و تبخیر سالیانه)، درصد سازندهای نفوذپذیر و وضعیت پوشش گیاهی است. پس از انتخاب متغیرهای ضروری(۱۵ عامل)، تجزیه عاملی بر اساس این متغیرها صورت می گیرد.

تعیین مناطق همگن

در این مطالعه تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی تجمعی انجام شده است. معیارهای که برای گروه‌بندی در نظر گرفته می شود، همان فاکتورهای حاصل از نتایج تحلیل عاملی است که به‌عنوان خصوصیات متمایز کننده مناطق همگن استفاده می‌شود.

نتایج و بحث

مطابق با مراحل مختلف ارائه شده در این پژوهش، امتیازهای تعیین شده برای توزیع‌های آماری مختلف منطقه‌ای برای کل ایستگاه‌ها محاسبه و استخراج گردید. در جدول (۲) آمار دبی حداقل ۹۰ روزه در دوره آماری برای ایستگاه‌های منتخب ارائه شده است. مطابق با این جدول امتیاز هرکدام از توزیع ها به‌صورت جداگانه محاسبه و براساس آن اولویت کاربرد هر توزیع نیز تعیین شده است. بررسی امتیازات به‌دست آمده نشان داد که توزیع لوگ پیرسون تیپ سه با داشتن کمترین امتیاز در بین سایر توزیع‌ها به عنوان مناسب‌ترین توزیع آماری برای تداوم‌های موردنظر در منطقه است(جدول۳).

نتایج تجزیه عاملی براساس ۱۵ متغیر نشان داد که بر اساس چهار فاکتور اصلی در مجموع ۸۴/۶٪ از تغییر در داده‌های اصلی توجیه می‌شود (جدول۴). درصد هر یک از عامل‌های چهارگانه به ترتیب عبارتند از: ۳۷/۳۷، ۳۰/۵۹، ۹/۲۱، ۷/۴۶. با توجه به جدول ماتریس دورانی واریماکس (جدول۵) بارندگی با بیشترین بار وزنی (۰/۹۷۹) روی عامل اول و توجیه بیشترین درصد از کل واریانس یعنی ۳۷/۳۷، به‌عنوان فاکتور اول انتخاب شد. همچنین عامل دوم باتوجه به بار وزنی ۰/۸۷۷ و ۳۰/۵۹ درصد از واریانس کل، مساحت شناخته شد. به این ترتیب عوامل دیگر یعنی تراکم زهکشی و درصد اراضی فقیر حوزه به‌عنوان عامل‌های سوم و چهارم انتخاب می‌گردند. لذا با انجام تجزیه و تحلیل عاملی، علاوه بر محدود نمودن تعداد متغیرها در حد منطقی، متغیرهایی که حداقل همبستگی را با یکدیگر داشته باشند انتخاب می‌شود.

تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به روش طبقاتی برای تعیین مناطق همگن انجام شد. برای تعیین گروه‌ها نیز از چهار روش نزدیک‌ترین همسایه، دورترین همسایه، متوسط گروه و روش واردز[2] استفاده شد که نتایج روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی واردز تطابق بیشتری با واقعیات جغرافیایی طبیعی منطقه مورد مطالعه دارد. با بررسی دندوگرام و در نظر گرفتن حداکثر ضریب مشابهت ۱۷(نمودار درختی، شکل۳) دو گروه ممکن حاصل می‌گردد. حوزه‌هایی که در هر گروه قرار گرفتند به‌صورت زیر می‌باشند. گروه همگن یک شامل: نورآباد، کشکان، خرم آباد(چم انجیر)، مادیان رود، الشتر، هفت چشمه، چهول، هرود، تیره، سرآب جهانگیر، کمندان، ماربره. و گروه همگن دو شامل: سیلاخور، آب سرده، شاماش، ضرون، ازنا، نوژیان، سراب سفید، گراب، بیاتون، آب رودبار، خرم آباد و سبزه.

روش رگرسیون چندگانه در تحلیل منطقه‌ای، معمولا برای تعیین روابط ویژگی‌های جریان کم و خصوصیات منطقه استفاده می‌شود(پنگ و همکاران،۲۰۱۰). در این راستا مدل‌های به منظور برآورد جریان ارائه می شود. بدین صورت که ابتدا از طریق رگرسیون گام به گام متغیرهای انتخاب شده توسط تجزیه و تحلیل عاملی(فاکتورهای مساحت، بارندگی متوسط سالیانه، تراکم زهکشی، پوشش گیاهی فقیر) که امکان ورود به مدل را دارند، مشخص و در مرحله بعد دو دسته مدل ریاضی ارائه می‌شود که دسته اول شامل مدل‌های برآورد دبی حداقل با دورهٔ بازگشت‌های۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۴۰ و ۵۰ ساله برای کل

1- Factor Analysis

2-Vardez

Archive of SID

www.SID.ir

منطقه (جـدول۵) و دسـته دوم بـرای دو منطقـه همگـن حوزه‌های مورد مطالعه ارائه شده است(جداول ۶ و۷)

جدول۲- انتخاب بهترین توزیع برای جریان‌های حداقل ۹۰ روزه درحوزه های آبخیز لرستان.

توابع احتمال	نرمال	اولویت	لوگ نرمال ۲پارامتره	اولویت	لوگ نرمال ۳پارامتره	اولویت	گاما ۲پارامتره	اولویت	گمبل	اولویت	لوگ پیرسون تیپ۳	اولویت	پیرسون تیپ۳	اولویت
مجموع امتیازات	۱۱۲	۶	۱۰۵	۵	۸۳	۲	۹۲	۳	۹۸	۴	**۶۶**	۱	۱۴۱	۷

جدول۳- امتیاز های محاسبه شده برای توزیع‌های آماری با تداوم‌های مختلف(توزیع منطقه ای).

تداوم جریان (روز) توزیع	نرمال	لوگ نرمال دو پارامتری	لوگ نرمال سه پارامتری	گامای دو پارامتری	گمبل	لوگ پیرسون نوع سوم	پیرسون تیپ سوم
۷	۱۰۷	۱۱۵	۱۰۶	۷۱	۹۳	۶۳	۱۳۵
۱۰	۱۰۱	۱۲۰	۹۱	۷۹	۱۰۲	۶۱	۱۴۲
۱۵	۹۶	۱۱۷	۹۱	۷۹	۹۹	۶۳	۱۴۷
۳۰	۱۰۷	۱۱۲	۱۱۰	۸۱	۱۰۷	۶۹	۱۱۰
۶۰	۹۶	۱۱۸	۹۶	۷۳	۱۰۶	۷۱	۱۳۷
۹۰	۱۱۲	۱۰۵	۸۳	۹۲	۹۸	۶۶	۱۴۱

جدول۴- مقادیر ریشه پنهان ماتریسی و درصد واریانس عوامل .

مقادیر ویژه اولیه			عامل					
درصد واریانس تجمعی	درصد واریانس	کل	درصد واریانس تجمعی	کل	درصد واریانس	درصد واریانس تجمعی	کل	ضریب
۳۷/۳۷۵	**۳۷/۳۷۵**	۵/۶۰۶	۴۲/۶۸	۶/۴۰۲	۴۲/۶۸	۴۲/۶۸	۶/۴۰۲	۱
۶۵/۹۷۳	**۳۰/۵۹۸**	۴/۵۹۰	۶۹/۷۲۹	۴/۰۵۷	۲۷/۰۵۰	۲۷/۰۵۰	۴/۰۵۷	۲
۷۷/۱۸۴	**۹/۲۱۱**	۱/۳۸۲	۷۷/۷۳۴	۱/۲۰۱	۸/۰۰۵	۸/۰۰۵	۱/۲۰۱	۳
۸۴/۶۸۴	**۷/۴۶۳**	۱/۱۱۹	۸۴/۶۸۴	۱/۰۳۷	۶/۹۱۳	۶/۹۱۳	۱/۰۳۷	۴
			۹۰/۳۰۴			۵/۶۵۶	۰/۸۴۸	۵
			۹۴/۱۶۱			۳/۸۵۷	۰/۵۷۸	۶
			۹۶/۱۶۱			۲/۴۹۷	۰/۳۷۴	۷
			۹۸/۱۶۲			۱/۵۰۵	۰/۲۲۶	۸
			۹۹/۲۳۶			۱/۰۷۴	۰/۱۶۱	۹
			۹۹/۶۷۶			۰/۴۴۰	۰/۰۶۶	۱۰
			۹۹/۸۸۷			۰/۲۱۱	۰۳۲	۱۱
			۹۹/۹۷۹			۰/۰۹۲	۰/۰۱۴	۱۲
			۱۰۰			۰/۰۲۱	۰/۰۰۳	۱۳
			۱۰۰			۰۰۰	۰/۰۰۰۰۲۸	۱۴
			۱۰۰			/۰۰۰۰۷۸	۰/۰۰۰۰۱۱	۱۵

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۵- ماتریس دورانی به روش دورانی واریماکس

متغییر	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
مساحت	./۱۴۴	./۸۷۷	./۱۷۱	./۱۵۴
ضریب گراویلیوس	./۲۱۱	./۷۴۰	-./۴۲۶	-./۲۴۵
ارتفاع حداکثر	-./۶۳۴	./۴۱۹	./۴۶۹	-./۰۱۸
ارتفاع متوسط	-./۹۵۲	-./۱۴۷	./۱۷۸	./۰۷۹
ارتفاع حداقل	-./۸۸۸	-./۲۶۸	./۱۸۰	./۱۲۸
آبراهه اصلی	./۲۳۶	./۹۴۶	-./۱۰۹	-./۰۱۵
بارندگی	-./۹۷۹	-./۰۹۳	./۱۰۳	./۰۳۰
شیب	./۰۶۰	-./۸۵۳	-./۰۰۳	./۰۵۰
تبخیر	./۹۷۹	./۰۹۵	-./۱۰۳	-./۰۳۲
دما	./۹۷۹	./۰۹۹	-./۱۰۵	-./۰۲۸
جهت غربی	./۵۹۸	-./۰۰۵	./۴۱۲	./۳۱۱
تراکم زهکشی	./۳۰۸	-./۰۲۶	-./۷۹۵	./۱۲۴
محیط	./۲۰۵	./۹۵۱	./۰۵۴	./۰۳۷
درصدنفذپذیری متوسط	-./۰۶۲	./۶۷۰	./۱۷۸	-./۰۸۶
درصداراضی فقیر	-./۱۰۹	-./۰۳۶	-./۰۷۶	./۹۴۱

جدول۶- مدل‌های لگاریتمی چند متغیره دبی حداقل ۳۰ روزه برای کل منطقه.

مدل	S_E	R^2	دورهٔ بازگشت
A Log۰/۶۶۹+۲/۰۰۸=-۲Q Log	۰/۲۰	۰/۷۵۴	۲
A Log۰/۶۷۱+۲/۲۱۰=-۵Q Log	۰/۱۷	۰/۷۴۲	۵
A Log۰/۶۶۸+۲/۳۲۱=-۱۰Q Log	۰/۱۹	۰/۶۸۲	۱۰
A Log۰/۶۶۳+۲/۳۲۰=-۲۰Q Log	۰/۱۸	۰/۵۸۵	۲۰
A Log۰/۶۰۰+۲/۳۱۸=-۴۰Q Log	۰/۲۰	۰/۵۱۸	۴۰
A Log۰/۵۸۸+۲/۳۱۳=-۵۰Q Log	۰/۲۳	۰/۴۲۸	۵۰

A: مساحت (کیلومترمربع) و Q: دبی (مترمکعب بر ثانیه)

جدول۷- مدل‌های لگاریتمی رگرسیون چند متغیره دبی حداقل ۳۰ روزه برای منطقه همگن یک

مدل	S_E	R^2	دورهٔ بازگشت
P Log۰/۱۳۵H+ Log۳۱/۹۴۶+۱۰۷/۷۰۴=-۲Q Log	۰/۱۰۹	۰/۹۸۵	۲
H Log۲۹/۵۱۳+۹۹/۴۰۹=-۲Q Log	۰/۱۹۵	۰/۹۴۲	
CC Log۱۴/۳۶۵P+ Log۳۵/۲۸۷+۹۸/۷۹۴=-۲Q Log	۰/۱۳۰	۰/۸۸۴	
P Log۰/۱۸۸H+ Log۳۴/۶۶۷+۱۱۷/۱۲=-۵Q Log	۰/۱۴۷	۰/۹۷۶	۵
H Log۳۱/۲۸۳+ ۱۰۵/۸۶۲=-۵Q Log	۰/۱۵۵	۰/۹۰۶	
P Log۰/۱۹۰H+ Log۳۲/۰۵+۱۱۱/۷۸۵=-۱۰Q Log	۰/۱۰۵	۰/۹۵۹	۱۰
H Log۲۹/۶۲۷+۱۰۰/۱۱۳=-۱۰Q Log	۰/۱۹۹	۰/۸۸۱	
H۰/۰۳E-۵/۶۶۲+۱۳/۶۰۷=-۲۰Q Log	۰/۲۰۵	۰/۸۷۸	۲۰
H Log۲۷/۸۰۸+۹۴/۰۹۴=-۲۰Q Log	۰/۲۰۵	۰/۸۴۵	
H۰/۰۳E-۵/۲۸۴+۱۲/۸۳۹=-۴۰Q Log	۰/۲۲۰	۰/۸۰۲	۴۰
H Log۲۵/۸۸۹+۸۷/۷۴۴=-۴۰Q Log	۰/۲۵۳	۰/۷۶۸	
H۰/۰۳E-۵/۱۶۵+۱۲/۵۹۶=-۵۰Q Log	۰/۲۵۰	۰/۷۷۵	۵۰

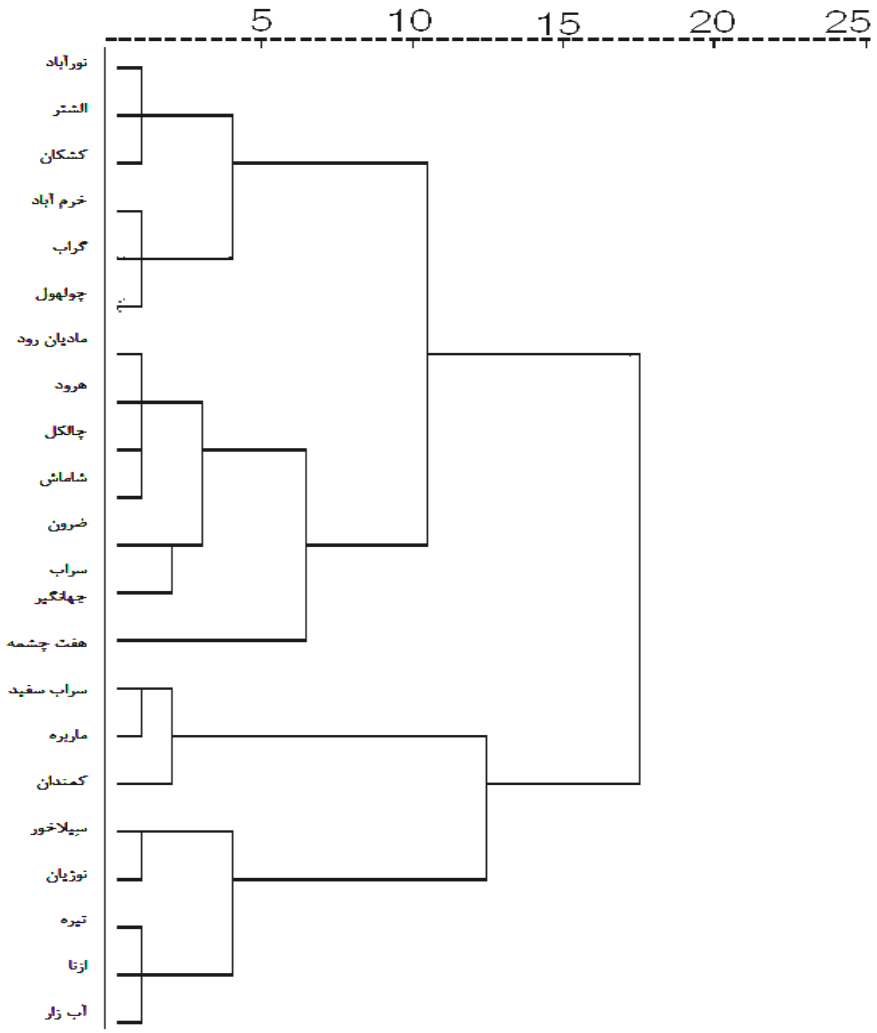
P: درصد اراضی باپوشش گیاهی فقیر و CC: تراکم زهکشی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۸- مدل‌های لگاریتمی رگرسیون چند متغیره دبی حداقل ۳۰ روزه برای منطقه همگن دو

دورهٔ بازگشت	R^2	S_E	مدل
۲	۰/۸۷۵	۰/۱۸	A Log۰/۶۷۸+۲/۰۱۹=-۲Log Q
۵	۰/۸۸۰	۰/۱۲	A Log۰/۶۵۷+۲/۱۳۹=-۵Log Q
۱۰	۰/۷۵۰	۰/۱۶	A Log۰/۶۶۲+۲/۲۸۵=-۱۰Log Q
۲۰	۰/۷۹۰	۰/۱۷	A Log۰/۶۰۲+۲/۲۰۳=-۲۰Log Q
۴۰	۰/۷۳۱	۰/۱۹	A Log۲۸/۲۰+۴/۴۴۳=-۴۰Log Q
۵۰	۰/۷۱۲	۰/۲۱	A Log۲/۸۰۷+۴/۴۵۵=-۵۰Log Q



شکل۳- خوشه ایجاد شده بر اساس بارش، مساحت، تراکم زهکشی و درصد اراضی فقیر

نتایج جدول نشان می‌دهد که روابط ارائه شده در مناطق همگن دارای مقادیر R2 بالاتر و SE کمتر نسبت به رابطه ارائه شده برای کل منطقه می‌باشد. همچنین علاوه بر مقایسه R2 و SE مدل‌ها، جهت ارزیابی مدل‌ها از روش ایستگاه‌های شاهد نیز استفاده شد. در این روش یک سری ایستگاه‌ها را به‌عنوان شاهد کنار گذاشته و در استخراج مدل‌ها وارد نمی‌کنند تا بعداً در ارزیابی مدل‌ها به کار گرفته شوند. بدین منظور علاوه بر ۳۳ ایستگاه منتخب در منطقه، ۴ ایستگاه به عنوان ایستگاه مناسب(کشکان، نوژیان، سیلاخور و دوآب) شناسایی شد. سپس مقادیر دبی با دوره بازگشت‌های مختلف با توزیع لوگ پیرسون تیپ سه برای هر ایستگاه محاسبه شده و مقادیر ۴ عامل به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل عاملی نیز برای

www.SID.ir

ایستگاه‌های ذکر شده استخراج می‌شود. سپس مقادیر دبی برآوردی برای این حوزه‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف از طریق دو دسته مدل، به دست می‌آید. مقادیرخطای نسبی برای حوزه فوق و براساس مدل‌های کلی منطقه و مدل‌های گروه‌های همگن در دوره برگشت‌های مختلف ارائه شده است(جدول ۸). با مقایسه خطای نسبی ایستگاه‌های شاهد در مدل مناطق همگن و کل منطقه مشخص می‌شود که مقدار خطای مدل در منطقه همگن کمتر است.

جدول۹- مقایسه مقادیر خطای نسبی مدل در کل منطقه و مناطق همگن با استفاده از ایستگاه‌های شاهد برای دبی کمینه ۳۰روزه

دوره بازگشت مناطق	۲ سال	۵ سال	۱۰ سال	۲۰ سال	۴۰ سال	۵۰ سال
کل منطقه	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۵۰۳
همگن دو	۰/۱۳۵	۰/۱۴	۰/۱۴۶	۰/۲۶	۰/۲۹	۰/۴۹۸
کل منطقه	۰/۵۵	۰/۷	۰/۹۲	۰/۸۸	۱/۰۱	۰/۸۴
همگن دو	۰/۵۴۳	۰/۶۳	۰/۹۸	۰/۸۰۵	۱/۱۱	۰/۸۸
کل منطقه	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۴	۰/۴۸۵	۰/۵۰۶	۰/۷۹۸
همگن دو	۰/۳۱	۰/۴	۰/۳۸	۰/۴۰۳	۰/۵۰۲	۰/۷۳
کل منطقه	۰/۱۷۸	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۳۷۱	۰/۴۹	۰/۵۷۹
همگن یک	۰/۱۷۲	۰/۱۹	۰/۴۱۴	۰/۸۹۲	۰/۴۹۸	۰/۲۱۲

مقایسهٔ مقادیر دبی برآوردی و مشاهده‌ای نشان می‌دهد که با افزایش دورهٔ بازگشت میزان خطا نیز افزایش می‌یابد. همچنین نتیجه می‌شود که در مناطق همگن میزان خطای برآورد در تمامی دوره بازگشت‌ها کمتر از میزان خطای برآوردی در کل منطقه می‌باشد. در بررسی‌های مختلف که توسط محققین صورت گرفته، اهمیت مناطق همگن هیدرولوژیک در افزایش دقت انتقال اطلاعات از مناطق دارای آمار به مناطق بدون آمار و همچنین افزایش دقت و کارآیی مدل تحلیل منطقه‌ای بیان و اثبات شده است(دورانز و تامی، ۱۹۹۶). البته باید توجه داشت که قابلیت اعتماد یک مدل منطقه‌ای و اعتبار آن مدل در یک منطقه خاص بستگی به طول دوره آماری، داده‌های آب‌سنجی، تعداد ایستگاه‌های مورد استفاده، اختلافات زمین‌شناسی حوزه‌ها که سبب ایجاد اختلاف در میزان نفوذپذیری و حرکت آب‌های زیرزمینی منطقه می‌گردد و در نهایت به همگنی و صحت داده‌ها دارد (لوگانتان و همکاران، ۱۹۸۶).

نتیجه گیری

نظر به اینکه ویژگی‌های مختلف حوزه‌های آبخیز بر چرخه هیدرولوژیک تاثیر می‌گذارند، لذا بهتر است که همگنی حوزه‌ها از جنبه‌ها و معیارهای مختلف بررسی شوند (زهتابیان و همکاران، ۱۳۸۳). پس می‌توان با اضافه نمودن معیارهای مانند شاخص پوشش گیاهی و خصوصیات خاک بر دقت تعیین مناطق همگن افزود. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که ویژگی‌های مساحت، بارندگی متوسط سالیانه، تراکم زهکشی و پوشش گیاهی فقیر در فراوانی جریان کمینه و به دنبال آن در ظهور خشکسالی هیدرولوژیک موثرند.

در این پژوهش همانند تحقیقات و یافته‌های علمی دورانز و تامی(۱۹۹۶)، تاسکر(۱۶۸۷)، زارعی(۱۳۷۸)، رئیسی(۱۳۸۶) و سرحدی و همکاران(۱۳۸۷)، توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ به‌عنوان توزیعی کارا برای سری جریان کمینه با تداوم‌های متفاوت و بهترین توزیع منطقه‌ای شناخته شد. با انجام تجزیه و تحلیل عاملی برای متغیرهای اندازه‌گیری شده در حوزه‌های منتخب با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، نتایج پژوهش نشان داد که بر اساس چهار فاکتور اصلی مساحت، بارندگی متوسط سالیانه، تراکم زهکشی، پوشش گیاهی فقیر در مجموع ۸۴/۶٪ از تغییر در داده‌های اصلی توجیه می‌شود. مدل‌های ارائه شده بر اساس تجزیه تحلیل عاملی و تحلیل خوشه‌ای در این پژوهش نشان داد که روابط ارائه شده برای مناطق همگن دارای مقادیر R^2 بالاتر و S_E کمتر نسبت به روابط ارائه شده برای کل منطقه می‌باشد. این نتایج با تحقیقات تاسکر(۱۹۸۲) و سمیعی و تلوری(۱۳۸۷) همخوانی دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

از سویی نتیجه‌ای که می‌توان از مدل‌های به دست آمده در کل منطقه و مناطق همگن گرفت این است که همگن بندی باعث می‌شود که تأثیر عوامل مؤثر در جریان خود را بهتر و بیشتر نشان داده و تأثیر عوامل دیگر ناچیز گردد لذا در بهبود دقت نتایج مدل‌ها اثر گذار باشد.

در نهایت مطابق با نتایج نصرتی و همکاران(۱۳۸۳) با تعیین مناسب‌ترین تابع توزیع منطقه می‌توان با استفاده از ایجاد رابطه میان جریان کمینه و ویژگی‌های حوضه، پارامترهای توزیع احتمال، جریان‌های کمینه را مورد تحلیل منطقه‌ای قرار داد. نتایج این پژوهش می‌تواند در پیش بینی خشکسالی‌های هیدرولوژیک آینده، برنامه‌ریزی مناسب جهت آبیاری در خشکسالی ها و در مدیریت بهینه منابع آب به کار رود.

منابع

۱- خدری تاژان ب، وفاخواه م. ۱۳۸۳. انتخاب مناسب‌ترین توزیع آماری برای برآورد خشکسالی هیدرولوژیک در استان گلستان. کنفرانس آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک. دانشگاه باهنرکرمان. ۱۱ص.

۲- زارعی ع. ۱۳۷۸. ارزیابی آنالیز منطقه ای جریان کم در استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد عمران. دانشکده عمران دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۲۲ص.

۳- زرین ه. ۱۳۸۴. بررسی جریان‌های کمینه در حوزه‌های کرخه و کارون به‌منظور برآورد رواناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تربیت مدرس.

۴- زهتابیان غ، نصرتی ک، شهبازی ا. ۱۳۸۳. تعیین مناطق همگن برای تحلیل منطقه‌ای فراوانی جریان کمینه در مناطق خشک و نیمه خشک مجله بیابان. ۹ (۱): ۱۲۴-۱۱۱.

۵- رئیسی م. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل فراوانی جریان‌های کمینه با تداوم‌های متفاوت. مطالعه حوزه‌های آبخیز استان فارس. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه مازندران. ۱۳۰ص.

۶- سرحدی ع، سلطانی س، مدرس ر. ۱۳۸۷. تحلیل فراوانی جریان کم در منطقه جیرفت با استفاده از روش گشتاورهای خطی. مجله پژوهش آب ایران. ۲(۳):۵۴-۴۵.

۷- سلامت ع، آل یاسین م. ۱۳۸۰. راهنمای مقابله با خشکسالی. کمیته ملی آبیاری و زهکشی. شماره ۴۹. ۶۰ص.

۸- سمیعی م، تلوری ع. ۱۳۸۷. بررسی شدت و تداوم خشکسالی هیدرولوژیک در حوزه‌های آبخیز استان تهران. مجله پژوهش و سازندگی. ۷۹ (۱): ۲۷-۲۱.

۹- نصرتی ک، زهتابیان غ، محسنی ساروی م، مهدوی م. ۱۳۸۳. تعیین مناطق همگن برای تحلیل فراوانی جریان کمینه. مجله منابع طبیعی ایران. ۵۷(۱):۵۷-۴۵.

11- Brian S C. 2000. Evaluation of low flow frequency analysis methods. Journal of Hydrology. 39(1): 19-47.

12- Brogan L, C Cunnane. 2005. Low Flows and Low Flow Distributions for Ireland. National Hydrology Seminar. 17-19 April 2005:12p.

13- Duran's S R, Tomie S. 1996. Regionalization of Lowflow frequency estimated: an Alabama ease study. Water Resource Bulletin. 32(1): 23-37.

14- Logantan G V, Mattegat P, Kuo C Y, Diskin M H. 1986. Frequency analysis of low flows: hypothetical distribution methods and a physically based approach. Nordic Hydro. 285. 187-197.

15- Peng S, Xi C, Si-min Q, Zhi-cai Z and Jian-liang M. 2010. Regional Frequency Analysis of Low Flow Based on L Moments: Case Study in Karst Area, Southwest China. J. Hydrol. 15(5):370-377.

16- Scanlon B R, Jolly I Sophocleous, M Zhang L. 2007. Global impacts of onversion.

Archive of SID

www.SID.ir