Archive of SID

مجله علمی- پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
سال چهارم- شماره ۱۳- زمستان ۱۳۸۹
Vol. 4, No. 13, Winter 2011

تعیین بهترین روش همگن‌بندی آب‌شناختی برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوزه‌های آبخیز غرب کشور

مریم خسروی[۱]، محسن محسنی‌ساروی[۲]، مهدی وفاخواه[۳] و گلاویژ فتحی[۴]

تاریخ دریافت: ۸۸/۰۷/۱۲ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۵/۰۴

چکیده

در این پژوهش برای همگن‌بندی آب‌شناختی برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوزه‌های آبخیز واقع در سه استان غربی کشور (همدان، لرستان و کرمانشاه) از سه روش مبتنی بر ویژگی‌های طبیعی (مرزهای سیاسی سه استان)، ویژگی‌ها و عکس‌العمل آب‌شناختی جریان (آزمون همگنی لانگبین) و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای (روش وارد) استفاده شده برای این منظور ابتدا داده و اطلاعات لازم جمع‌آوری و بعد از تعیین طول دوره آماری مشترک (۲۶ سال) اقدام به بازسازی نقص‌های سری زمانی داده‌های دبی اوج در ۳۰ ایستگاه آب‌سنجی انتخابی گردید. با انتخاب بهترین توزیع آماری منطقه‌ای (لوگ پیرسون نوع۳) دبی‌های اوج با دوره‌های بازگشت مختلف برآورد گردید. منطقه‌های همگن آب‌شناختی در روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به دو منطقه همگن، آزمون همگنی لانگبین، یک منطقه همگن و محدوده‌های جغرافیایی، ۳ منطقه همگن تقسیم شد. سپس معادله‌های مربوط به دبی با دوره‌بازگشت دوسال در منطقه‌های همگن و کل منطقه محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که رابطه‌های به دست آمده در منطقه‌های همگن به روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای دارای کمترین اشتباه استاندارد و بیشترین ضریب همبستگی می‌باشد. بنابراین روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به عنوان بهترین روش همگن‌بندی پیشنهاد می‌گردد.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
mkhosravi.85@gmail.com
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس
۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

واژه‌های کلیدی: همگن‌بندی آب‌شناختی، تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، لانگبین، تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و حوزه‌های آبخیز غرب کشور

مقدمه

یکی از مشکلاتی که در اغلب حوزه‌های آبخیز ایران وجود دارد عدم آمار و اطلاعات کامل و دقیق به دلیل نبود ایستگاه آب‌سنجی می‌باشد. از طرفی در حوزه‌های آبخیز فاقد آمار و یا دارای آمار محدود نمی‌توان از توزیع‌های آماری استفاده نمود. در چنین مواردی یکی از راه حل‌ها برای برآورد دبی سیل با دوره بازگشت موردنظر انجام تجزیه و تحلیل سیلاب منطقه‌ای می‌باشد؛ به طوری که بر مبنای دبی متوسط سیل حوزه آبخیز که از روش‌های مختلفی مانند رابطه سطح حوزه آبخیز و یا روابط بین دبی و بارندگی و ویژگی‌ها فیزیکی حوزه به دست می‌آید دبی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه می‌گردد. گروه‌بندی منطقه‌های در آب‌شناختی اغلب به منظور انتقال اطلاعات از منطقه‌های دارای آمار جریان به منطقه‌های فاقد آمار صورت می‌گیرد. با تقسیم منطقه به بخش‌های همگن انتقال اطلاعات با دقت بیشتری صورت می‌گیرد. تاکنون پژوهش‌هایی در زمینه تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب انجام شده که در هر کدام از این پژوهش‌ها از یکی از روش‌های همگن‌بندی آب‌شناختی استفاده شده است. از جمله آکرمن و سینکلر [۸] در پژوهشی به بررسی اهمیت تعیین منطقه‌های همگن بر اساس ویژگی‌های حوزه آبخیز در تحلیل منطقه‌ای سیلاب در اسکاتلند پرداختند. آنها برای همگن‌بندی از روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای استفاده کردند. از بین پنج منطقه همگن ایجاد شده تنها گروه دو قادر به توضیح تغییرات دبی نبوده است. استامی و هس [۹] مدل‌های منطقه‌ای سیلاب را در ایالت‌های جورجیا و فلوریدا آمریکا، منطقه مورد نظر را بر اساس مساحت به چهار منطقه همگن طبقه‌بندی کردند. تاسکر و همکاران [۱۴] منطقه مورد پژوهش در آرکانزاس را با روش جغرافیایی به چهار منطقه تفکیک نموده و برای هر یک معادله‌ای ارایه شد. اوردا و همکاران [۱۱] در حوزه آبخیز مورد پژوهش در ایالت اونتاریوی کانادا برای تعیین منطقه‌های همگن آب‌شناختی از روش تجزیه و تحلیل همبستگی استاندارد استفاده کردند. جلدسن و همکاران [۱۲] در آفریقای جنوبی برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب از روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به روش برای همگن‌بندی استفاده کردند و منطقه‌های مورد پژوهش را بر اساس نمایه تمرکز بارندگی ماهانه

www.SID.ir

Archive of SID

به دو منطقه همگن تقسیم نمودند. موسوی و سپاسخواه [۵] پژوهشی را برای برآورد دبی بیشینه روزانه در حوزه‌های آخیز فاقد آمار استان فارس انجام دادند. با استفاده از آزمون همگنی لانگبین منطقه مورد پژوهش به چهار ناحیه همگن تقسیم‌بندی شد. هنربخش [۶] برای ۳۲ ایستگاه واقع در حوزه آبخیز مرکزی برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف روش همگنی آکرس[1] را به کار برد. با مقایسه روش‌های معادله همبستگی چندگانه و نمایه سیلاب با استفاده از جذر میانگین مربع خطا نشان داد که روش نمایه سیلاب کارآیی بیشتری دارد که اهمیت سیلاب با دوره بازگشت ۲ سال را نشان می‌دهد. روحانی [۱] برای تعیین گروه‌ها از چهار روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای نزدیکترین همسایه، دورترین همسایه، متوسط گروه و وارد استفاده کرد. روش وارد نتیجه بهتری ارایه داد و دو منطقه همگن حاصل شد. عباسی‌زاده [۲] در روش گروه‌بندی نمایه سیلاب از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای استفاده نمود و برای تعیین گروه‌ها از چهار روش نزدیکترین همسایه، دورترین همسایه، متوسط گروه و وارد استفاده کرد. نتایج خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد تطابق بیشتری با واقعیت‌های جغرافیایی طبیعی منطقه مورد پژوهش داشت و دو منطقه همگن حاصل شد. در این پژوهش ضمن استفاده از سه روش همگن‌بندی آب‌شناختی، مناسب‌ترین روش همگن‌بندی برای اجرای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب معرفی می‌گردد. هدف از این پژوهش تعیین بهترین روش همگن‌بندی منطقه‌های از نظر آب‌شناختی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد پژوهش

منطقه مطالعاتی واقع در غرب کشور شامل سه استان لرستان، همدان و کرمانشاه با مساحت ۷۳۳۶۷ کیلومتر مربع می‌باشد و در طول جغرافیایی ' ۳۴°۴۷ تا ' ۵۰°۳ شرقی و عرض جغرافیایی ' ۳۲°۳۷ تا ' ۵۹°۳۳ شمالی واقع شده است بدین ترتیب که استان لرستان بین عرض جغرافیایی ' ۳۲°۳۷ تا ' ۳۴°۲۲ شمالی و طول جغرافیایی' ۴۶°۵۱ تا ' ۵۰°۳ شرقی قرار گرفته و وسعت آن حدود ۲۸۵۵۹ کیلومترمربع است استان لرستان دارای آب و هوای متنوعی است؛ در زمستان هنگامی که در شمال لرستان برف و کولاک و سرمای شدید جریان دارد قسمت‌های جنوبی آن از هوای مطبوع و بارانی برخوردار است. استان همدان با مساحت ۲۰۱۷۲ کیلومترمربع بین عرض جغرافیایی ' ۵۹°۳۳ تا ' ۴۹°۳۵ شمالی و طول جغرافیای ' ۳۴°۴۷ تا ' ۳۴°۴۹ شرقی قرار گرفته است. از نظر اقلیمی و بر اساس روش دومارتن، ایستگاه‌های واقع در سطح استان در سه طبقه اقلیمی نیمه‌خشک، نیمه‌مرطوب و مدیترانه‌ای قرار می‌گیرند. استان کرمانشاه با مساحتی معادل ۲۴۶۳۶ کیلومترمربع در میانه ضلع غربی کشور عرض جغرافیایی ' ۳۳°۳۶ تا ' ۳۵°۱۵ شمالی و طول جغرافیایی ' ۴۵°۲۴ تا ' ۴۸°۳۰ شرقی قرار گرفته است و از لحاظ اقلیمی دارای آب و هوای مدیترانه‌ای است [۳]. شکل(۱) موقعیت ایستگاه‌های آب‌شناختی را در منطقه مورد پژوهش نشان می‌دهد.

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های آب‌شناختی منطقه مورد پژوهش

روش پژوهش

1- Acres

www.SID.ir

Archive of SID

مراحل انجام کار به شرح زیر می‌باشد:

۱- جمع‌آوری آمار و اطلاعات

داده‌ها و اطلاعات موردنیاز شامل دبی حداکثر لحظه‌ای، بارندگی متوسط سالانه، مساحت حوزه آبخیز بالادست و ارتفاع متوسط مربوط به ۳۰ ایستگاه آب‌شناختی از سازمان پژوهش‌های منابع آب کشور دریافت شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۱ استفاده گردید.

۲- انتخاب دوره آماری مشترک

تعداد سال‌های آماری حوزه‌های مورد استفاده متفاوت است لذا در ابتدا دوره آماری ۲۶ ساله از سال آبی ۱۳۵۵ تا سال آبی ۱۳۸۰ به عنوان دوره آماری مشترک انتخاب گردید. از ایستگاه‌هایی استفاده شد که آمار بالای ۲۰ سال داشتند. در پژوهش حاضر به دلیل وجود فقط یک ایستگاه کامل و دقت بیشتر روش نسبت معمولی نسبت به روش همبستگی، تا حد امکان از این روش برای بازسازی نقص‌ها آماری استفاده گردید [۳].

۳- تعیین توزیع احتمال منطقه‌ای

برای برازش توزیع‌های مختلف آماری و انتخاب بهترین توزیع فراوانی از نرم افزار HYFA[1] استفاده گردید و هفت توزیع آماری معمولی، لوگ معمولی دو عاملی، لوگ معمولی سه عاملی، گاما دو عاملی، پیرسون نوع سه لوگ پیرسون نوع سه و توزیع گمبل با شش روش ویبول، هیزن، چگودایف، بلوم، توکی، گرینگورتن بر آنها برازش داده شد. در نهایت در آزمون برازش نکویی با توجه به این که هر توزیعی که میانگین انحراف نسبی کمتری (حداقل مربعات) داشته باشد توزیع برتر شناخته می‌شود به آن امتیاز ۱ و به نامناسب‌ترین توزیع امتیاز ۷ داده شد. مشاهده شد که توزیع لوگ پیرسون نوع سه با کمترین حداقل مربعات، با جمع امتیاز ۳۹ و معدل ۲۵/۱ در ۳۳/۷۳ درصد حالت‌ها نسبت به بقیه توزیع‌ها انطباق بهتری بر سری داده‌ها دارد، علاوه بر این از نرم‌افزار SMADA نیز استفاده شد و مشاهده گردید که منحنی مربوط به لوگ‌پیرسون نوع سه تطابق بیشتری با منطقه دارد بنابراین دبی با دوره بازگشت‌های مختلف بر مبنای این توزیع برآورد گردید.

۴- روش‌های تعیین همگنی در حوزه‌های آبخیز

با توجه به پژوهش‌های انجام شده برا ی تعیین منطقه‌های همگن می‌توان از معیارها و روش‌های مختلفی استفاده کرد که در زیر به آنها اشاره می‌شود:

الف- روش‌های مبتنی بر ویژگی‌های طبیعی

بعضی از پژوهشگران (تاسکر و همکاران، ۱۹۹۶) با استفاده از ویژگی‌ها آب و هوایی، محدوده‌های جغرافیایی، مرزهای سیاسی و وضعیت ارتفاعی منطقه‌های همگن را از یکدیگر جدا می‌نمایند [۱۰ و ۱۵]. در این پژوهش بر مبنای مرزهای سیاسی همگن‌بندی منطقه‌های صورت گرفت و سه منطقه همگن بر اساس مرز هر استان ایجاد شد.

ب- روش‌های مبتنی بر ویژگی‌ها و عکس العمل آب‌شناختی حوزه آبخیز

روش ترسیمی آزمون همگنی لانگبین که توسط سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا ارایه شده برای تعیین منطقه‌های همگن به‌کار می‌رود [۴]. در این روش پس از تعیین توزیع مناسب منطقه‌ای، جریان سیلابی با دوره بازگشت ۲ و ۱۰ سال برای هر ایستگاه محاسبه شده سپس نسبت Q_{10}/Q_2 برای هر ایستگاه محاسبه شده و مقدار متوسط آن برای کلیه ایستگاه‌ها به‌وسیله رابطه (۱) تعیین می‌شود (n تعداد ایستگاه‌ها):

$$K = 1/n \sum_{i=1}^{n} \left(Q_{10} / Q_2 \right) \qquad (۱)$$

سپس دبی یکنواخت شده برای هر ایستگاه از رابطه (۲) محاسبه می‌گردد.

$$Q_k = K Q_2 \qquad (۲)$$

پس از تعیین دبی یکنواخت شده، دوره بازگشت دبی‌های یکنواخت شده برای هر ایستگاه تعیین می‌گردد. با انتقال این دوره بازگشت و تعداد سال‌های آماری موجود در دوره نمایه (بدون بازسازی) روی کاغذ مخصوص آزمون همگنی نقاط مختلفی به دست می‌آید چنانچه این نقاط در محدوده بین دو منحنی رسم شده قرار داشته باشند حوزه‌های آبخیز آنها همگن و در غیر این صورت ناهمگن می‌باشند و باید از محاسبه حذف گردند [۱۵].

ج- تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

این روش بر مبنای ویژگی‌های فیزیکی حوزه آبخیز (مساحت و ارتفاع) و ویژگی‌های جریان (دبی ویژه) با استفاده از عامل‌های مستقل، کار همگن‌بندی گروه‌ها را انجام می‌دهد. قبل از انجام تجزیه و تحلیل خوشه‌ای داده‌ها با استفاده از رابطه (۳) برای کاهش خطا استاندارد می‌شوند.

$$n = \frac{x - x_i}{s} \qquad (۳)$$

در این رابطه x_i مقدار عددی هر متغیر، x میانگین متغیرها، S انحراف معیار و n مقدار استاندارد شده متغیر می‌باشد.

برای تعیین فواصل بین افراد از طریق اندازه و مشابهت بین افراد از رابطه اقلیدسی و برای تعیین گروه‌ها از روش سلسله مراتبی و به طریق تجمعی برای تعیین همگنی استفاده گردید [۱۳]. روش‌های نزدیکترین همسایه، دورترین همسایه، همبستگی بین گروهی و وارد برای تعیین نزدیکی گروه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. بعد از تعیین یک دوره ۲۶ ساله به عنوان پایه آماری مشترک و انتخاب توزیع لوگ پیرسون نوع سه به عنوان بهترین توزیع فراوانی اقدام به برآورد دبی با دوره بازگشت‌های مختلف شد و منطقه‌های از نظر آب‌شناختی با استفاده از سه روش مبتنی بر ویژگی‌های طبیعی

1- Hydrological Frequency Analysis

www.SID.ir

Archive of SID

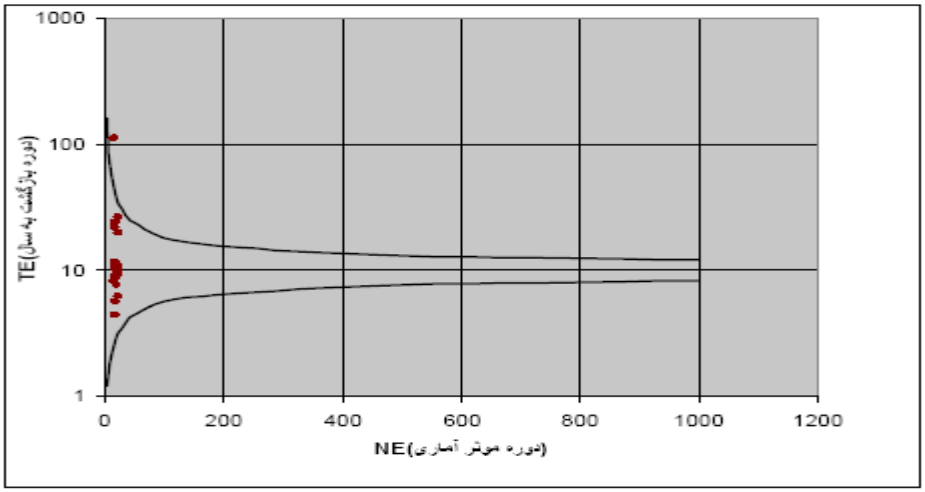
(مرزهای سیاسی)، مبتنی بر ویژگی‌ها و عکس‌العمل آب‌شناختی جریان (لانگبین) و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای با روش وارد به عنوان بهترین روش نزدیکی گروه‌ها برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب همگن‌بندی شد.

نتایج

جدول (۱) چگونگی به دست آوردن حدود همگنی را نشان می‌دهد. شکل (۲) نشان می‌دهد که فقط یک ایستگاه خارج از حدود همگنی بوده و در نتیجه بقیه ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه همگن می‌باشند. شکل (۳) تجزیه و تحلیل خوشه‌ای را نشان می‌دهد که در این پژوهش نسبت به سایر روش‌ها دقت بیشتری داشته است. چنانچه ملاحظه می‌گردد در اینجا دو منطقه همگن به صورت زیر ایجاد شده است. گروه همگن۱ شامل حوزه‌های آبخیز کشکان۱، کشکان۲، زمکان۲، دره دزد، چهلول، سرخاب، گاماسیاب۲، آب سبزه، خرم آباد، کنگیر، زمکان۱، صالح آباد، بادآور، زهتران، خمیگان، دره‌تخت، مریانج، کمندان، آبشینه و گروه همگن۲ شامل حوزه‌های آبخیز قره‌سو۲، قره‌سو۳، گاماسیاب۱، سیمره، قره‌چای، خرم‌رود، سیمینه، آب‌مرگ، قره‌سو۱، تویسرکان و سیلاخور می‌باشد. بعد از تفکیک منطقه‌های همگن برای برآورد دبی متوسط سیلاب از رابطه سطح حوزه استفاده شد.

جدول ۱- تعیین حدود اطمینان بالا و پایین در آزمون همگنی

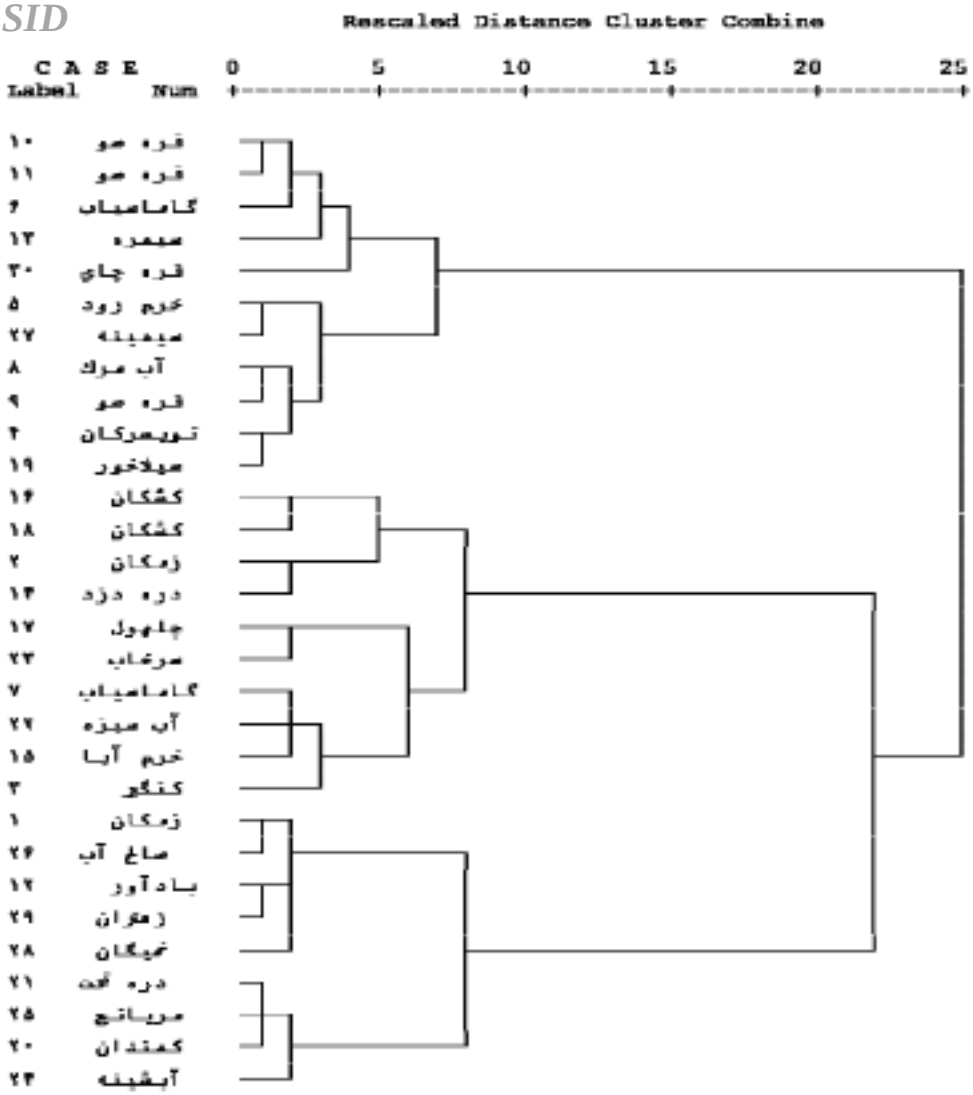
تعداد نمونه n	Y۱۰	$2SE=\frac{6.3}{\sqrt{n}}$	حد پایین		حد بالا	
			Y10-2SE	TL	Y10+2SE	TU
۵	۲۵/۲	۸۳/۲	-۵۸/۰	۲/۱	۰۸/۵	۱۶۰
۱۰	۲۵/۲	۲	۲۵/۰	۸۵/۱	۲۵/۴	۷۰
۲۰	۲۵/۲	۴۲/۱	۸۳/۰	۸/۲	۶۷/۳	۴۰
۳۰	۲۵/۲	۱۶/۱	۰۹/۱	۵/۳	۴۱/۳	۳۰
۴۰	۲۵/۲	۱	۲۵/۱	۰۵/۴	۲۵/۳	۲۶
۵۰	۲۵/۲	۹۰/۰	۳۵/۱	۴/۴	۱۵/۳	۲۴
۱۰۰	۲۵/۲	۶۳/۰	۶۲/۱	۶/۵	۸۸/۲	۱۸
۲۰۰	۲۵/۲	۴۵/۰	۸۰/۱	۵/۶	۷۰/۲	۵/۱۵
۵۰۰	۲۵/۲	۲۸/۰	۹۷/۱	۷/۷	۵۳/۲	۱۳
۱۰۰۰	۲۵/۲	۲۰/۰	۰۵/۲	۳/۸	۴۵/۲	۱۲



شکل ۲- نمودار تجانس داده‌های سیلاب

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- دندروگرام تجزیه و تحلیل خوشه‌ای

(۴)	α=۰/۰۱	SE=۰/۳۰	R^2=۰/۷۹	Q=۰/۲۶A۸۰/۸۹	:منطقه همگن۱ (روش تجزیه و تحلیلخوشه‌ای)
(۵)	α=۰/۰۱	SE=۰/۲۰	R^2=۰/۷۸	Q=۰/۱۵A۸۰/۸۸	:منطقه همگن۲
(۶)	α=۰/۰۱	SE=۰/۳۶	R^2=۰/۶۱	Q=۰/۹۴A۸۰/۷۸	:منطقه همگن۱ (روش لانگبین)
(۷)	α=۰/۰۳	SE=۰/۳۱	R^2=۰/۴۱	Q=۲/۱۷A۸۰/۶۴	:منطقه همگن۱ (مرزهای سیاسی)
(۸)	α=۰/۰۱	SE=۰/۳۳	R^2=۰/۷۹	Q=۰/۶۰A۸۰/۸۹	:منطقه همگن۲
(۹)	α=۰/۰۱	SE=۰/۱۸	R^2=۰/۷۹	Q=۱/۸۷A۸۰/۸۹	:منطقه همگن۳
(۱۰)	α=۰/۰۱	SE=۰/۳۶	R^2=۰/۶۱	Q=۰/۹۲A۸۰/۷۸	::کل منطقه

معادله‌های مربوط به روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به‌صورت روابط (۴) و (۵)، معادله‌های مربوط به روش لانگبین به‌صورت روابط (۶) و (۷)، معادله‌های مربوط به روش جغرافیایی به‌صورت روابط (۸) و (۹) و معادله‌های مربوط به کل منطقه به‌صورت رابطه (۱۰) ارایه گردید.

بحث و نتیجه‌گیری

www.SID.ir

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل سیلاب منطقه‌ای نشان می‌دهد که روش آزمون همگنی لانگبین با توجه به کمترین ضریب تعیین (۰/۶۱) و بیشترین اشتباه استاندارد (۰/۳۶) کمترین دقت را نسبت به دو روش دیگر داشته است؛ به طوری که حذف یک ایستگاه به عنوان داده ناهمگن تاثیری نداشته و جواب حاصل به طور کامل مشابه با زمانی است که از تمامی ایستگاه‌ها برای تجزیه و تحلیل سیلاب منطقه‌ای استفاده شده است. روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای در سطح خطای یک درصد دارای کمترین اشتباه استاندارد و بیشترین ضریب تعیین برای منطقه‌های همگن ایجاد شده می‌باشد. معمولاً در بیشتر پژوهش‌های انجام شده برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب فقط از یکی از روش‌های تعیین همگن‌بندی استفاده شده است که ملاحظه می‌گردد بیشتر افراد از روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای استفاده نموده و بهترین روش نزدیکی گروه را روش وارد معرفی کرده‌اند. روحانی، عباسی‌زاده، آکرمن و سینکلر و جلدسن و اسمیترز از روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، موسوی و سپاسخواه از روش آزمون همگنی لانگبین، هنربخش از روش همگنی آکرس، استامی و هس بر اساس مساحت، تاسکر و همکاران با استفاده از روش جغرافیایی و اوردا و همکاران از روش تجزیه و تحلیل همبستگی استاندارد برای همگن‌بندی منطقه‌های استفاده نمودند. پژوهشی که در آن روش‌های مختلف همگن‌بندی برای تعیین بهترین روش همگن‌بندی آب‌شناختی مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند، مشاهده نشد بنابراین مبنی بر دقت و سهولت بیشتر، روش همگن‌بندی تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به عنوان روش مناسب‌تر برای تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب پیشنهاد می‌گردد.

منابع

۱- روحانی، ح. ۱۳۸۰. تحلیل فراوانی منطقه‌ای سیلاب به روش هیبرید در منطقه‌های خشک و نیمه خشک (مطالعه موردی: خراسان). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۱۳۲ ص.

۲- عباسی زاده، م. ۱۳۸۲. تحلیل منطقه‌ای سیلاب به روش هیبرید (در البرز جنوبی). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۱۰۷ ص.

۳- فتحی، گ. ۱۳۸۶. انتخاب مناسبترین توزیع فراوانی سیلاب در غرب ایران. سمینار کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۷۳ ص.

۴- مهدوی، م. ۱۳۷۸. آب‌شناختی کاربردی (جلد اول و دوم). انتشارات دانشگاه تهران. ۳۶۴ و ۴۷۳ ص.

۵- موسوی، ه. و سپاسخواه، ع. ۱۳۶۸. برآورد دبی بیشینه روزانه در حوزه‌های آبخیز فاقد آمار در استان فارس. مجموعه مقالات اولین کنفرانس آب‌شناختی. دانشگاه تهران.

۶- هنربخش، ا. ۱۳۷۴. تجزیه و تحلیل منطقه‌ای سیلاب در حوزه آبخیز فلات مرکزی. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران. ۱۰۰ ص.

۷- وزارت نیرو. ۱۳۶۹. معاونت بهره برداری و مدیریت منابع آب. اطلس منابع آب ایران. سازمان پژوهش‌های منابع آب کشور.

8- Acreman, M.C. and Sinclair, C.D. 1986. Classification of drainage basins according to their physical characteristics for flood frequency analysis in Scotland. Journal of Hydrology, 84:365-384.

9- Astamy, T.C. and Hess, G.W. 1993. Techniques for estimating magnitude and frequency of floods in rural basins in Georgia. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations Report. 93-4016, 94p.

10- Murphey, D.E., Wallance, E. and Lane, L.J. 1977. Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the southwest. Water Resources Bulletin, 13(1): 217-238.

11- Ourada, B.M.J., Claude, G., George, S., Cavadias and Bobee, B. 2001. Regional flood frequency estimation with canonical correlation analysis. Journal of Hydrology 254:157-173.

12- Kjeldsen, T.r. and Smithers, J.C. 2002. Regional flood frequency analysis in the KwaZulu-Natal provinces, South Africa, using the index-flood method. Journal of Hydrology, 255:194-211.

13- Tasker, G.D. 1982. Comparing methods of hydrologic regionalization. Water Resources Bulletin, 18(6): 965-970.

14- Tasker, G.D. and Hadge, S.A. and Sbarker, C. 1996. Region of influence regression for estimating the 50-year flood at ungaged sites. Water Resources Bulletin, 32(1):163-170.

15- Wiltshire, S.E. 1986. Regional flood frequency analysis II: Homogeneity statistics. Hydrological (Sciences) journal. 31(3): 321-333

Archive of SID

www.SID.ir