نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۳، ص. ۱۰۷۱-۱۰۶۱

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 5, Nov.-Dec. 2014, p. 1061-1071

تعیین نواحی همگن توزیع بارش سالانه در سطح استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای و روش گشتاورهای خطی

نفیسه حسنعلی‌زاده[1*]- ابوالفضل مساعدی[2]- عبدالرضا ظهیری[3]- منوچهر بابانژاد[4]

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۷/۶
تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۷/۷

چکیده

بررسی ویژگی‌های بارندگی و پهنه‌بندی آن نقش عمده‌ای در استفاده بهینه از منابع آب و خاک و مدیریت مخاطرات محیطی دارد. تعیین نواحی همگن بارش به استفاده مناسب‌تر از منابع آب و مدیریت صحیح‌تر مخاطرات محیطی ناشی از بارش کمک می‌نماید. با توجه به اینکه جهت تحلیل پدیده‌های اقلیمی از جمله بارش، می‌بایست تمامی داده‌ها مربوط به یک منطقه همگن باشد، بر این اساس در این مطالعه سعی شده‌است مناطق همگن از نظر بارندگی سالیانه در استان گلستان با استفاده از داده‌های طولانی‌مدت و تعداد متناسب ایستگاه با به‌کارگیری روش‌های جدیدتر تعیین شوند. برای این منظور از داده‌های ماهانه بارش ۲۹ ایستگاه باران‌سنجی و تبخیرسنجی در سطح استان گلستان از سال آبی ۶۲-۱۳۶۱ الی ۹۱-۱۳۹۰ استفاده شد. با انجام آزمون‌های کیفی تعداد ۲۵ ایستگاه جهت تحلیل باقی ماندند. سپس با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی وارد و با کمک متغیرهای مختلف تقسیم‌بندی‌های متفاوت بررسی شد. خوشه‌بندی در حالت ۲ خوشه دارای متوسط عرض سیلهوت بالاتری به میزان ۰/۴۸ بود. بر این اساس منطقه مورد مطالعه به ۲ ناحیه تقسیم شد. سپس همگنی این نواحی مورد بررسی قرار گرفت. از آنجاکه با روش گشتاورهای خطی ضریب چولگی ناحیه‌ای (τ_3^R) از مقدار ۰/۲۳ کوچکتر بود، در نتیجه آزمون از آزمون هاسکینگ-والیس جهت بررسی همگنی ناحیه‌ای استفاده شد. برای هر دو ناحیه مقدار آماره آزمون $H_1<1$ بوده که تأیید بر همگن بودن دو ناحیه می‌باشد. همچنین بالابودن ضریب همبستگی بین ایستگاه‌های یک ناحیه و پائین‌بودن ضریب همبستگی بین ایستگاه‌های دو ناحیه متفاوت، دلیلی دیگر بر تفکیک مناطق هر ناحیه از یکدیگر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی : ناحیه‌بندی، تحلیل خوشه‌ای، گشتاور خطی، استان گلستان

مقدمه

تعداد ناکافی ایستگاه‌ها در بسیاری از مناطق و کمبود داده‌های ثبت شده باعث می‌شود روش منطقه‌ای نمودن برای تعمیم نتایج در مناطق فاقد ایستگاه مورد استفاده قرار گیرد. از مشکلات تعمیم نتایج از یک ایستگاه به یک منطقه، عدم همگنی مناطق مورد استفاده از نظر هیدرولوژیکی می‌باشد. بنابراین، قبل از استفاده از روش تحلیل منطقه‌ای باید از همگنی منطقه اطمینان حاصل شود. یکی از روش‌های مناسب برای بررسی همگنی مناطق استفاده از گشتاورهای خطی است.

با توجه به اینکه محدوده قابل اعتماد یک باران‌سنج حدود ۲۵ کیلومترمربع اطراف آن فرض می‌شود (۷) و اینکه اغلب مساحت‌های حوضه‌های آبریز بیش از این مقدار است، محققین به تحلیل ناحیه‌ای روی آورده‌اند. روش‌های مختلفی برای ناحیه‌ای کردن وجود دارد که عبارتند از: راحتی جغرافیایی[5]، تقسیم‌بندی بر اساس قضاوت شخصی[6]، تعریف حد آستانه بر روی یک یا چند عامل[7] و تحلیل خوشه‌ای[8] (۱۲). مطالعه و بررسی تغییرات آب و هوایی و شناخت رفتار متغیرهای مختلف هواشناسی از جمله بارش در موضوعات مختلفی همچون مدیریت منابع آب، کشاورزی و جغرافیا از اهمیت زیادی برخوردار است. نحوه تغییر مقدار بارندگی از محلی به محل دیگر و از زمانی به زمان دیگر، از مباحثی است که ابهام‌های زیادی در مورد آن وجود دارد. گرچه با گسترش دانش و فناوری، هنوز علت این تغییرات و

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(* - نویسنده مسئول: Email: n_alizadeh2010@yahoo.com)
۲- استاد دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استادیار گروه آمار، دانشگاه گلستان

5- Geographical convenience
6- Subjective partitioning
7- Objective partitioning
8- Cluster analysis

نوسان‌ها کاملاً مشخص نشده‌است، اما تأثیرپذیری شرایط اقتصادی، روابط اجتماعی و سیاسی و حتی فرهنگی مردم از وضعیت بارش‌های جوی امری مسلم است (۱۸).

در بررسی‌های اقلیم‌بندی (مشخص کردن ناحیه‌های همگن) در پروژه‌های آب و هواشناسی به بررسی دما، بارش، سیلاب، رواناب و سایر پدیده‌های آب و هواشناسی مورد نیاز می‌پردازند. پدیده‌های فوق را در صورتی می‌توان تحلیل کرد که همگی مربوط به یک منطقه همگن باشند، به‌عبارتی رفتار احتمالی این پدیده‌ها از یک الگوی مادر پیروی کند (۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۹). در سال‌های اخیر، پژوهش‌گران به استفاده از روش‌های آماری و ریاضی نوین در طبقه‌بندی داده‌های اقلیمی توجه نموده‌اند. با رشد روز افزون شاخه‌های مختلف علوم، بویژه آمار و ریاضیات، شیوه‌های جدیدی در خصوص ناحیه‌بندی ابداع شده‌است. این روش‌ها برای هر پدیده به‌طور مجزا و یا چند پدیده با هم در نظر گرفته شده و ناحیه‌بندی را انجام می‌دهند. هاسکینگ روش ناحیه‌بندی به کمک گشتاورهای خطی را گسترش داده است (۱۳ و ۱۴). امروزه محققان رشته‌های هواشناسی و هیدرولوژی از روش گشتاورهای خطی برای ناحیه‌بندی، تحلیل فراوانی و غیره بهره می‌برند. مزایای این روش نسبت به روش گشتاورهای معمولی این است که به داده‌های پرت حساسیت کمتری داشته و تخمین پارامترهای توزیع احتمالی منتخب به صورت مطمئن‌تری قابل انجام است. تمامی ایستگاه‌های واقع در یک ناحیه همگن دارای جامعه گشتاورهای خطی یکسانی هستند (۱۳). هاسکینگ گشتاورهای خطی[1] را به صورت ترکیب خطی از گشتاورهای وزن‌دار احتمالی[2](PWM) معرفی کرده است (۱۲). کاربرد گشتاورهای خطی آسان‌تر از گشتاورهای وزن‌دار احتمالی است. زیرا می‌توان آن‌ها را به طور مستقیم و به عنوان اندازه‌هایی از پارامترهای موقعیت، مقیاس و شکل یک تابع توزیع تفسیر نمود (۳).

دین‌پژوه و همکاران (۸) به منظور طبقه‌بندی بارش در ایران با استفاده از روش گشتاورهای خطی، به بررسی همگنی ۷۷ ایستگاه ایران پرداخته‌اند. آن‌ها در مطالعه خود جهت تعیین مناطق همگن در ایران از بین ۵۷ متغیر، تعداد ۱۲ متغیر که شامل متوسط بارش سالانه، مجموع بارش در خشک‌ترین ماه تابستان، بارش در ماه‌های مرداد، آبان و آذر، تعداد روزهای بارندگی در ماه‌های مهر، آبان و شهریور، حداکثر بارش ۲۴ ساعته در ماه‌های آبان و آذر، میزان بارش در خشک‌ترین ماه سال و مجموع بارش فصل زمستان می‌باشد، را به روش PA[3] استفاده نمودند. خام چین مقدم و همکاران (۱) در پژوهشی برای پهنه‌بندی حداکثر بارش در ایران از روش‌های آماری تحلیل خوشه‌ای و آزمون‌های همگنی گشتاورهای خطی استفاده نمودند. ایشان با این روش ایران را به هفت ناحیه تقسیم نمودند. دودانگه و همکاران (۲) جهت تحلیل فراوانی منطقه‌ای و پهنه‌بندی بادهای فرساینده در ایران با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی، ۴ گروه مختلف سرعت باد در ایران را مشخص کرده و از روش گشتاورهای خطی برای بررسی همگنی این گروه‌ها استفاده کردند. گاتمن (۱۰) در ایالات متحده برای تعیین نواحی همگن با استفاده از ۷ متغیر آب و هوایی و جغرافیایی شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، میانگین بارش سالانه، نسبت کمترین میانگین بارش دو ماه متوالی به بیشترین مقدار آن در دو ماه متوالی، شروع ماه کمترین میانگین دو ماه بارندگی و شروع ماه بیشترین میانگین دو ماه بارندگی و با روش خوشه‌بندی، طبقه‌بندی ناحیه‌ای را انجام داده و با استفاده از گشتاورهای خطی همگنی مناطق را تأیید نمود.

وفونگ و لیوهسین (۱۱) در مطالعه‌ای سه روش SOM[4]، K-mean و Wards را جهت تعیین مناطق همگن به منظور تجزیه و تحلیل فراوانی منطقه‌ای روی داده‌های بارش در تایوان مورد آزمایش قرار دادند. متغیرهای مورد استفاده شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، انحراف معیار بارش سالانه، میانگین بارش ماهانه و سالانه بوده و به این نتیجه رسیدند که با توجه به متفاوت بودن واحدهای متغیرها باید تبدیلاتی روی داده‌ها صورت گیرد و با استفاده از روابط مختلف این تبدیل را انجام داده و برای متغیرها دامنه تغییرات یکسانی تعریف نمودند. نتایج بدست آمده نشان داد که SOM با دقت بیشتری نسبت به دو روش دیگر، اعضای خوشه را تعیین نموده و در نهایت با انجام آزمون همگنی هاسکینگ-والیس صحت تقسیم‌بندی منطقه مورد مطالعه به ۸ ناحیه را تأیید نمودند.

عبدالوردی و خلیلی (۶) داده‌های حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته سالانه جنوب غرب ایران را مورد تحقیق قرار دادند. به این منظور این منطقه را به ۴ ناحیه تقسیم نموده و آزمون همگنی را با استفاده از گشتاورهای خطی موفق ارزیابی کردند. اسلامیان و چاوشی (۹) برای تعیین حوضه همگن به منظور مدل معادلات منطقه‌ای برای تجزیه و تحلیل فراوانی سیلاب در استان اصفهان ۳ حوضه همجوار گاوخونی، کارون شمالی و کاشان را مطالعه نمودند. ایشان با استفاده از دو روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای و روش منحنی اندرو[5] نتایج یکسانی را گزارش نموده و در نهایت هفده حوضه همگن در منطقه مورد مطالعه انتخاب نمودند.

یکی از مناطقی که تجربه سیل مکرر دارد حوضه گرگانرود است (۵). بنابراین پیش‌بینی بارندگی و رواناب ناشی از آن به منظور مدیریت سیل (به عنوان یکی از مخاطرات محیطی) در این منطقه بسیار مهم می‌باشد. با توجه به نبود ایستگاه کافی در این ناحیه

1- L- Moments
2- Probable Weighted Moments
3- Procrustes analysis
4- Self-organizing map
5- Andrews curve

پیش‌بینی مستقیم بارش در نقاط مختلف امکانپذیر نیست در نتیجه جهت تجزیه و تحلیل فراوانی منطقه‌ای یک راه حل عملی، شناسایی مناطق همگن می‌باشد. عبدالهی و همکاران (۵) با توجه به پارامترهای مختلف از جمله مساحت حوضه، ارتفاع متوسط حوضه، شاخص NDVI[1] و میانگین بارش سالانه، حوضه گرگانرود را به مناطق همگن طبقه‌بندی نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که نتایج هر دو روش وارد و فازی جهت خوشه‌بندی یکسان می‌باشد. در نهایت حوضه گرگانرود را به دو منطقه نسبتاً همگن تقسیم نمودند. مطالعات و بررسی پدیده‌های اقلیم‌شناسی و مخاطرات محیطی ناشی از آن‌ها نیاز به تحلیل در سطح حوضه آبریز دارند.

با توجه به مطالب بیان شده، به منظور بررسی دقیق‌تر وضعیت مخاطرات محیطی باید این پدیده‌ها در سطح منطقه‌های همگن مورد بررسی و تحلیل قرار گیرند. یکی از استان‌های سیل‌خیز کشور که در سالیان اخیر همه ساله سیل در بخش‌هایی از آن تجربه می‌شود، حوضه آبریز گرگانرود می‌باشد و با توجه به کمبود ایستگاه‌های باران‌سنجی در سطح این حوضه، تعیین مناطق همگن بر اساس شیوه‌های جدید علمی ضروری به نظر می‌رسد. در نتیجه هدف از این تحقیق، تعیین مناطق همگن بارش سالانه در سطح استان گلستان (تمامی زیرحوضه‌ها به استثنای حوضه اترک) با استفاده از روش‌های تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی و آزمون همگنی جهت اطمینان از ناحیه‌بندی حاصله با استفاده از تئوری گشتاورهای خطی است.

مواد و روش‌ها

مشخصات و موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان گلستان با مساحتی بالغ بر ۲۰۳۸۷ کیلومترمربع در جنوب شرقی دریای خزر و در شمال کشور واقع شده‌است که حدود ۱/۳ درصد از مساحت کشور را به خود اختصاص می‌دهد. این استان بین ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است. استان گلستان از شمال به جمهوری ترکمنستان، از شرق به استان خراسان شمالی، از جنوب و جنوب شرق به استان سمنان و از غرب به استان مازندران، خلیج گرگان و دریای خزر محدود می‌شود. متوسط بارندگی سالیانه در سطح این استان، حدود ۴۵۰ میلی‌متر می‌باشد که ۷۰ درصد آن در فصول غیرزراعی (مهر تا فروردین ماه) اتفاق می‌افتد. میزان بارندگی در مناطق جنوب و جنوب غربی استان حدود ۷۰۰ میلی‌متر و در نواحی شمال و نوار مرزی حدود ۲۰۰ میلی‌متر می‌باشد. تمامی سطح و یا بخش‌هایی از ۵ حوضه آبریز اصلی شامل اترک، گرگانرود، قره‌سو، خلیج گرگان و نکارود در استان گلستان واقع شده‌اند (۴).

انتخاب ایستگاه‌ها

داده‌های این تحقیق مقادیر بارندگی ماهانه ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی متعلق به وزارت نیرو در سطح استان گلستان (به‌جز حوضه آبریز اترک) با طول دوره آماری ۳۰ ساله (از سال آبی ۶۲-۱۳۶۱ الی ۹۱-۱۳۹۰) می‌باشد. داده‌های حوضه آبریز اترک به دلیل واقع شدن حوضه در یک منطقه مرزی قابل اخذ از مراکز مربوطه نمی‌باشد. ایستگاه‌های با طول دوره آماری کوتاه (کمتر از ۳۰ سال) از بررسی کنار گذاشته شدند. از مجموع ایستگاه‌های استان، ۲۹ ایستگاه با دوره آماری ۳۰ سال انتخاب شده است. از دو ایستگاه رباط قره‌بیل و چشمه‌خان که در خارج از تقسیمات سیاسی استان گلستان ولی در حوضه آبریز گرگانرود قرار دارد نیز استفاده شده است. سپس تصادفی و همگن بودن داده‌ها، عدم وجود روند و داده پرت مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از آزمون‌های آماری ران‌تست، من‌کندال و گروبز-بک استفاده شد. وضعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است، ضمن آن‌که موقعیت این ایستگاه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

ناحیه‌ای کردن با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای از روش‌های آماری چند متغیره است که برای یافتن شباهت بین اعضای موجود در یک مجموعه بکار رفته و بر اساس تحقیقات انجام شده عمدتاً در مباحث مرتبط با مسائل مهندسی و هیدرولوژیکی کاربرد دارد. در تحلیل خوشه‌ای معمولاً p صفت بر روی n فرد یا ماده اندازه‌گیری می‌شود و یک ماتریس $n \times p$ از داده‌های خام تشکیل می‌شود. سپس ماتریس داده‌های خام به ماتریس شباهت یا فاصله تبدیل شده و با استفاده از یکی از تکنیک‌های طبقه‌بندی، گروه‌بندی انجام می‌شود. هدف از تحلیل خوشه‌ای دسته‌بندی داده‌هاست، بطوریکه گروه‌های موجود در هر دسته بیشترین شباهت را به هم داشته باشند. برای محاسبه فاصله‌ها در ماتریس داده‌های خام از معیار فاصله اقلیدسی[2] که بیش از سایر روابط کاربرد دارد و به صورت رابطه ۱ تعریف می‌شود، استفاده گردید.

$$d_{rs}^2 = \sum_{j=1}^{P}(x_{rj} - x_{sj})^2 \qquad (۱)$$

در این رابطه d_{rs}^2 مربع فاصله اقلیدسی ردیف r ام و s ام از ستون j ام در ماتریس داده‌های x می‌باشد.

از بین روش‌های مختلف خوشه‌بندی از روش حداقل واریانس[3] برای تحلیل و همگن‌سازی پارامترها استفاده می‌شود الگوریتم این روش به شرح زیر است.

1- Normalized difference vegetation index (NDVI)

2- Euclidean distance

3- Ward's minimum variance method

الف- ابتدا هر داده به عنوان یک خوشه در نظر گرفته می‌شود.
ب- به ازاء تمام جفت خوشه‌های ممکن از مجموعهٔ خوشه‌ها آن دو خوشه‌ای که مجموع مربعات تفاضل داده‌های خوشهٔ حاصل از اجتماع آن‌ها با بردار میانگین خوشهٔ حاصل کمینه باشد، انتخاب می‌شوند.
پ- دو خوشهٔ انتخاب شده با هم ترکیب می‌شوند.
ت- تا زمانی که تعداد خوشه‌ها به تعداد مورد نظر نرسیده است، این مراحل تکرار می‌شوند (۱۹).

در روش حداقل واریانس وارد فاصله بین دو خوشه بر مبنای مجموع مربعات عناصر دو خوشه محاسبه می‌شود و در هر مرحله دو خوشه‌ای که دارای مجموع مربعات کمتری باشند با هم ادغام می‌شوند، به همین دلیل آن را روش حداقل واریانس نامگذاری کرده‌اند. این روش اغلب یکی از تکنیک‌های خوشه‌بندی سلسه مراتبی برای طبقه‌بندی آب و هوایی است (۱۵).

تمام مراحل انجام این پژوهش در محیط نرم‌افزار R صورت گرفت (۲۱). به این منظور با استفاده از بسته نرم‌افزاری cluster (۱۶) از نرم‌افزار R، تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی روی این داده‌ها انجام شد.

تعیین نواحی همگن

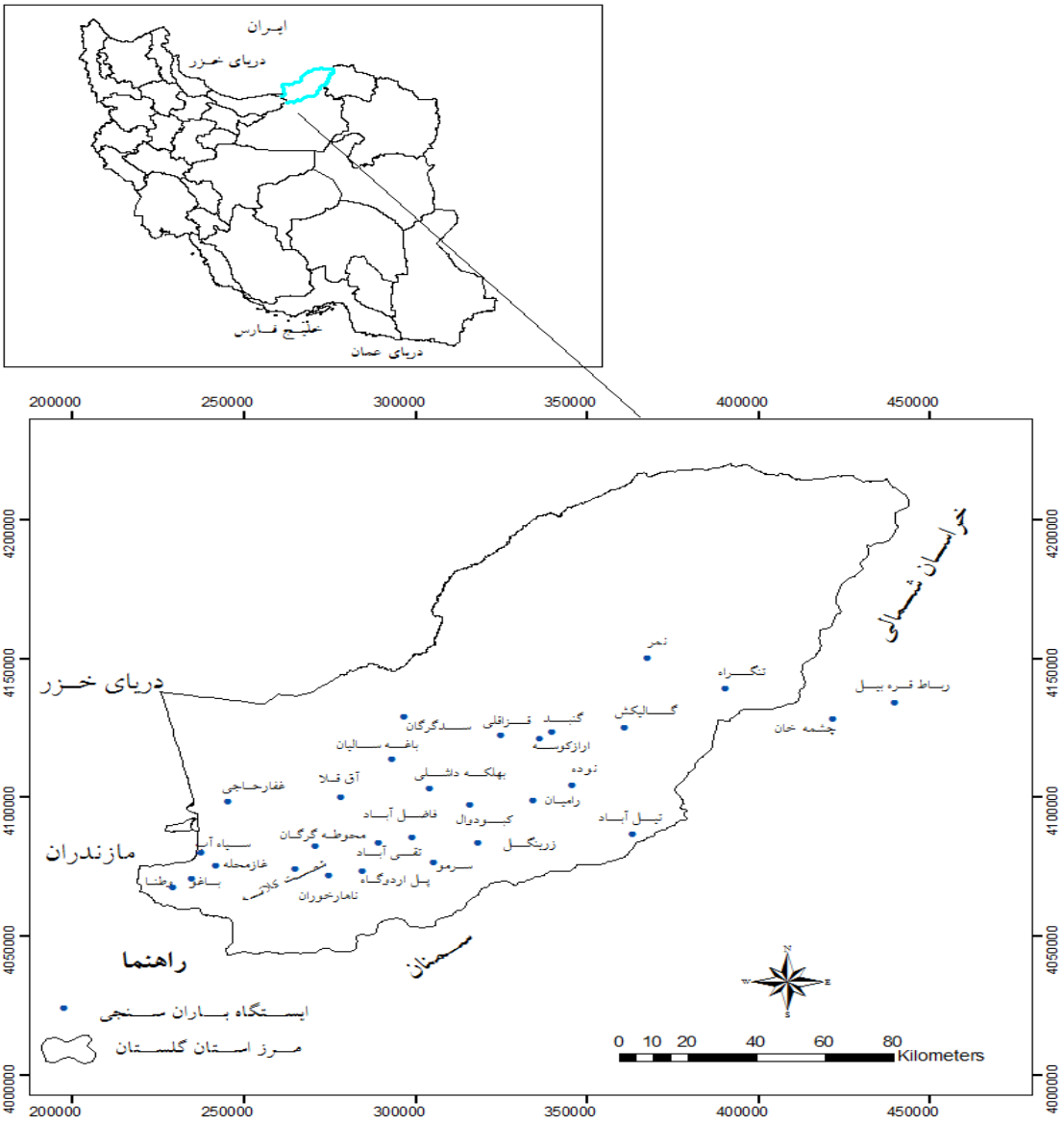
تشخیص منطقه همگن در دو مرحله صورت می‌گیرد. ابتدا با انتخاب متغیرها و روش‌های مختلف، خوشه‌بندی انجام می‌شود که در این پژوهش از روش سلسله مراتبی وارد استفاده شده است. مرحله دوم تأیید خوشه است که به کمک آماره‌های گشتاور خطی همنوایی و همگنی ایستگاه‌های هر خوشه بررسی می‌شود. همچنین در مرحله اول جهت تعیین بهترین خوشه‌بندی از شاخص عرض سیلهوت استفاده می‌شود. این شاخص به صورت رابطه (۲) می‌باشد (۲۰).

$$S(i) = \frac{b(i)-a(i)}{max\{a(i),b(i)\}} \qquad (۲)$$

در این رابطه a(i) فاصله iامین عضو موجود در یک خوشه با دیگر اعضای آن خوشه، b(i) حداقل متوسط فاصله iامین عضو موجود در یک خوشه با تمامی اعضای خوشه بوده و همواره ۱≤S(i)≤۱- است. خوشه‌بندی بهینه، خوشه‌بندی است که حداکثر عرض سیلهوت متوسط را داشته باشد. همچنین ضریب همبستگی کوفنتیک نیز برای ارزیابی صحت خوشه‌بندی استفاده می‌شود.

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و وضعیت آب و هوایی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	وضعیت اقلیمی بر اساس روش کوپن	میانگین بارندگی سالانه (mm)
ارازکوسه	۵۵° ۰۸′	۳۷° ۱۳′	۳۴	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۴۵۳/۶۰
باغه سالیان	۵۴° ۴۵	۳۶° ۵۴	۱۲	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۳۶۶/۱۸
بهلکه داشلی	۵۴° ۴۷ ′	۳۷° ۰۴′	۲۴	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۳۹۵/۱۱
تمر	۵۵° ۳۰ ′	۳۷° ۲۹ ′	۱۳۲	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۵۵۳/۱۰
تیل‌آباد	۵۵° ۲۸′	۳۶° ۵۵′	۱۰۰۰	مدیترانه‌ای نیمه‌بیابانی	۲۴۹/۴۳
چشمه‌خان	۵۶° ۰۷′	۳۷°۱۸′	۱۲۵۰	–	۲۳۱/۸۵
رباط قره بیل	۵۶° ۱۸′	۳۷° ۲۱′	۱۴۵۰	–	۲۰۵/۰۹
ناهارخوران	۵۴° ۲۸′	۳۶ ° ۴۶′	۳۳۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۷۶۵/۸۵
غفارحاجی	۵۴° ۰۸ ′	۳۷° ۰۰′	-۲۲	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۴۵۷/۲۴
قزاقلی	۵۵ ° ۰۱′	۳۷° ۱۴′	۳۰	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۳۶۳/۵۴
گالیکش	۵۵° ۲۷′	۳۷ ° ۱۵′	۲۵۰	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای	۸۰۹/۹۰
گنبد	۵۵ ° ۰۹ ′	۳۷ ° ۱۴ ′	۳۶	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۴۵۷/۴۶
نوده	۵۵ ° ۱۶′	۳۷ ° ۰۹′	۲۸۰	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای	۸۴۴/۳۳
آق قلا	۵۴° ۲۸′	۳۷° ۰۱ ′	-۱۲	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۴۱۵/۱۸
باغو	۵۴° ۰۳′	۳۶° ۴۵′	۲۶	مرطوب جنب حاره‌ای	۶۰۶/۸۰
سرمو	۵۴° ۴۹′	۳۶° ۴۹′	۵۰۰	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای	۷۸۲/۵۶
شصت کلاته	۵۴° ۲۰′	۳۶° ۴۵′	۱۵۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۷۵۹/۹۰
پل اردوگاه	۵۴° ۳۴′	۳۶° ۴۷′	۴۶۵	مرطوب جنب حاره‌ای	۴۰۷/۶۰
زرینگل	۵۴° ۵۷′	۳۶° ۵۲′	۲۸۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۸۱۳/۲۷
غازمحله	۵۴° ۰۵′	۳۶° ۴۷′	۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۶۰۳/۳۷
رامیان	۵۵° ۰۸′	۳۷° ۰۱′	۲۰۰	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای	۹۰۰/۲۴
فاضل آباد	۵۴° ۴۵′	۳۶° ۵۴′	۲۱۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۶۹۸/۶۰
تقی آباد	۵۴° ۳۸′	۳۶° ۵۲′	۱۰۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۵۷۷/۳۶
سد گرگان	۵۴° ۴۴′	۳۷° ۱۲′	۱۲	مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه‌بیابانی	۳۴۲/۶۶
کبودوال	۵۴° ۵۳′	۳۶° ۵۴′	۲۰۰	مرطوب جنب حاره‌ای	۶۰۱/۶۱



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب در سطح استان گلستان

در این پژوهش برای ناحیه‌بندی تعداد ۱۰ متغیر در نظر گرفته شده است. این متغیرها شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع، نسبت بارش پائیز به زمستان، نسبت بارش پائیز به بهار، نسبت بارش پائیز به تابستان، نسبت بارش زمستان به بهار، نسبت بارش زمستان به تابستان، نسبت بارش بهار به تابستان و میانگین بارش سالانه می‌باشند. برای محاسبه فاصله‌ها از معیار فاصله اقلیدسی استفاده شد و روش سلسله مراتبی وارد با استفاده از بسته‌های تخصصی نرم‌افزاری R و با در نظر گرفتن پارامترهای مختلف انجام شد. این منطقه با تقسیم‌بندی‌های متفاوتی از جمله ۲، ۳، ۴ و ۵ ناحیه مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تعیین بهترین تعداد خوشه‌ها متوسط عرض سیلهوت بررسی شد.

بررسی همگنی بر اساس روش گشتاورهای خطی

به منظور بررسی وضعیت همگنی در ایستگاه‌های یک ناحیه، دو خصوصیت ناهمنوایی و ناهمگنی در آن‌ها بررسی می‌شود. فرض می‌شود تعداد N ایستگاه در یک ناحیه قرار گرفته‌اند به طوریکه ایستگاه iام دارای طول دوره آماری n_i و نسبت گشتاورهای خطی τ^i، τ_3^i و τ_4^i باشد. معیار ناهمنوایی D_i برای ایستگاه iام با استفاده از این نسبت‌ها محاسبه می‌شود. اگر D_i بزرگ باشد، ایستگاه iام ناهمنوا تلقی می‌شود. در صورتی که ایستگاهی ناهمنوا تلقی شود از ادامه بررسی‌ها کنار گذاشته می شود.

برای محاسبه پراکنش نسبت گشتاورهای خطی ناحیه‌ای اقدام به شبیه‌سازی داده‌های معادل می‌شود. برای این منظور تابع چهار

پارامتری کاپا در نظر گرفته می‌شود. آزمون ناهمگنی گشتاورهای خطی، یک توزیع چهار پارامتری کاپا را به سری داده‌های مشاهداتی منطقه برازش داده و به روش شبیه‌سازی مونت کارلو یک دسته از داده‌های منطقه‌ای معادل را تولید می‌کند، سپس تغییرپذیری گشتاورهای خطی ناحیه‌ای واقعی را با گشتاورهای خطی سری شبیه‌سازی مقایسه می‌نماید. فرآیند شبیه‌سازی ۵۰۰ بار تکرار شده و سپس ضرایب گشتاورهای خطی و آماره V_1 محاسبه می‌شود. میانگین و انحراف معیار مقادیر شبیه‌سازی شده V_1ها تعیین و همچنین V_1 واقعی با استفاده از آمار واقعی ایستگاه‌ها محاسبه شده، سپس معیار ناهمگنی در هر ناحیه با استفاده از رابطه ۳ قابل محاسبه است. عموماً سه آماره ناهمگنی H_1 برای بررسی ضریب تغییرات خطی (Lcv)، آماره H_2 برای ترکیبی از ضریب تغییرات خطی و ضریب چولگی (Lcs) و آماره H_3 برای ترکیبی از ضریب چولگی و ضریب کشیدگی خطی (Lck) در بررسی تغییرپذیری سه آماره خطی مختلف به‌کار گرفته می‌شود. هر یک از آماره‌های H دارای فرم عمومی مطابق رابطه ۳ است.

$$H = \frac{v_{obs} - \mu_v}{\sigma_v} \qquad (۳)$$

که در آن μ_v و σ_v به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر شبیه‌سازی شده متغیر مورد نظر و پارامتر v_{obs} مقادیر محاسبه شده متغیر مورد نظر با استفاده از داده‌های منطقه‌ای است. این پارامتر مبتنی بر یک آماره V بوده که برای هر یک از آماره‌های H در روابط ۴ تا ۶ تعریف می‌شود.

$$v_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i (\tau^i - \tau^R)^2}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad (۴)$$

$$v_2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i \left\{ (\tau^i - \tau^R)^2 + (\tau_3^i - \tau_3^R)^2 \right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad (۵)$$

$$v_3 = \frac{\sum_{i=1}^{N} n_i \left\{ (\tau_3^i - \tau_3^R)^2 + (\tau_4^i - \tau_4^R)^2 \right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^{N} n_i} \qquad (۶)$$

در این روابط n_i طول دوره آماری هر ایستگاه، τ^i ضریب تغییرات خطی ایستگاه iام، τ^R ضریب تغییرات خطی نمونه، τ_3^R ضریب چولگی و τ_4^R ضریب کشیدگی خطی می‌باشد (۱۴). تابع توزیع تجمعی کاپا به صورت رابطه ۷ می‌باشد.

$$F(X) = \left(1 - h[1 - k(X - \zeta)/\alpha]^{1/k}\right)^{1/h} \qquad (۷)$$

که در آن α، ζ، k و h پارامترهای توزیع کاپا، X مقدار واقعی و F(X) تابع تجمعی توزیع می‌باشد.

دامنه نوسان آزمون معیار همگنی که توسط هاسکینگ–والیس پیشنهاد شده است بدین شرح است. اگر H_i به اندازه کافی بزرگ باشد، ناحیه مورد بررسی ناهمگن خواهد بود، یک ناحیه وقتی می‌تواند ناحیه همگن قابل قبول باشد اگر $H_i < 1$ و می‌تواند ناحیه نسبتاً همگن باشد اگر $1 \leq H_i < 2$ و به عنوان ناحیه مشخصاً ناهمگن خواهد بود اگر $H_i > 2$ باشد. با وجود این با توجه به نظر هاسکینگ– والیس (۱۲) آماره‌های H_2 و H_3 بر اساس معیارهای V_2 و V_3 فاقد توان لازم برای تفکیک بین نواحی همگن و ناهمگن بوده و آماره H_1 بر اساس V_1 توان بهتری برای تفکیک دارد. بنابراین عمدتاً این آماره به عنوان شاخص اساسی برای معیار ناهمگنی توصیه شده است. در صورتی‌که ضریب چولگی ناحیه‌ای (τ_3^R) از ۰/۲۳ کوچکتر باشد آزمون همگنی هاسکینگ– والیس بهترین آزمون است، در غیر این صورت باید از آزمون بوت استرپ اندرسون[1] استفاده کرد (۲۲).

برای تحلیل همگنی ناحیه‌ای از بسته‌های نرم‌افزاری homtest و nsRF (۲۴ و۲۳) از نرم‌افزار R استفاده شده است. تمام این مراحل برای تقسیم‌بندی‌های متفاوتی انجام پذیرفت و در هر تقسیم‌بندی آزمون ناهمگنی انجام شد تا نواحی همگن تفکیک گردد. پس از مشخص شدن نواحی همگن جهت بررسی همبستگی بین ایستگاه‌های هر گروه ضریب همبستگی بین ایستگاه‌ها در هر دو ناحیه محاسبه شد.

نتایج و بحث

غربال داده‌ها

داده‌های استفاده شده در این پژوهش بارندگی ماهانه ایستگاه‌های باران‌سنجی و تبخیرسنجی استان گلستان (به‌جز حوضه اترک) در طول دوره آماری ۳۰ ساله می‌باشد. پس از بررسی تصادفی و همگن بودن داده‌ها، و همچنین عدم وجود روند و داده پرت تعداد ۴ ایستگاه فاقد شرایط لازم بودند که بر اساس نتایج این آزمون‌ها از ادامه بررسی‌ها کنار گذاشته شدند. بنابراین، از تعداد ۲۵ ایستگاه در تعیین نواحی همگن بارش سالانه استفاده شد.

ناحیه‌بندی بر اساس تحلیل خوشه‌ای

نتایج نشان داد که خوشه‌بندی در حالت ۲ خوشه دارای متوسط عرض سیلهوت بالاتری به میزان ۰/۴۸ می‌باشد ضمن آن‌که بالاترین ضریب کوفنتیک برابر ۰/۶۲ می‌باشد. بر این اساس استان گلستان به ۲ ناحیه تقسیم می‌شود که در ناحیه یک، تعداد ۱۰ و در ناحیه دو، تعداد ۱۵ ایستگاه قرار گرفته‌است. صحت خوشه‌ها با استفاده از آزمون همگنی مورد تأیید قرار گرفت که نتایج در ادامه آمده است. شکل ۲ پراکنش ایستگاه‌ها را بر اساس این خوشه‌بندی نشان می‌دهد.

بررسی همگنی خوشه‌ها

جدول ۲ ضرایب گشتاورهای خطی (ضرایب تغییرات خطی τ، چولگی τ_3 و کشیدگی τ_4) ایستگاه‌های هر ناحیه را نشان می‌دهد. با محاسبه این ضرایب اندازه ناهمنوایی ایستگاه‌های واقع در هر ناحیه محاسبه

1- ADBootstrap.test

شد. بر اساس این آماره هیچ ایستگاهی در خوشه خود ناهمنوا تشخیص داده نشد و بنا بر این، تحلیل بر اساس تمامی ایستگاه‌ها (۲۵ ایستگاه) صورت گرفت.

با توجه به اینکه ضریب چولگی ناحیه‌ای (τ_3^R) برای هر دو ناحیه از ۰/۲۳ کوچکتر است آزمون هاسکینگ-والیس مورد استفاده قرار گرفت. برای ارزیابی معیار ناهمگنی، یک توزیع کاپا به گروه گشتاورهای خطی τ، τ_3 و τ_4 برازش داده شد. پارامترهای توزیع کاپا در دو ناحیه بدست آمده و آماره H_1 آزمون ناهمگنی محاسبه شده است. نتایج حاصل از آزمون همگنی نشان می‌دهد که برای هر دو ناحیه مقادیر H کمتر از ۱ می‌باشد که نشان از همگنی ایستگاه‌های هر ناحیه می‌باشد. در جدول ۳ پارامترهای توزیع کاپا و نتایج آزمون ناهمگنی برای دو ناحیه ارائه شده است. پس از تعیین نواحی همگن، بررسی همبستگی ایستگاه‌های هر خوشه صورت گرفت. با بررسی همبستگی بین بارش ایستگاه‌های هر ناحیه (خوشه)، ضرایب همبستگی اغلب ایستگاه‌های ناحیه ۱ با سایر ایستگاه‌های آن ناحیه به جز ایستگاه تیل‌آباد، بیشتر از ۶۵ درصد می‌باشد در حالی که ضریب همبستگی اغلب ایستگاه‌های ناحیه ۱ با ایستگاه‌های ناحیه ۲ کمتر از ۵۰ درصد می‌باشد . همچنین برای ایستگاه‌های ناحیه ۲ این ضریب بیشتر از ۶۰ درصد می‌باشد . نتایج ضریب همبستگی برخی از ایستگاه‌ها در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر گشتاورهای خطی و تعداد ایستگاه‌های هر ناحیه

ناحیه	تعداد ایستگاه	گشتاورهای خطی		
۱	۱۰	-۰/۰۸۳	۰/۱۴۹	۰/۳۰۸
۲	۱۵	-۰/۰۴۵	-۰/۰۷۷	۰/۱۶

جدول ۳- مقادیر پارامترهای توزیع کاپا و نتایج آزمون ناهمگنی

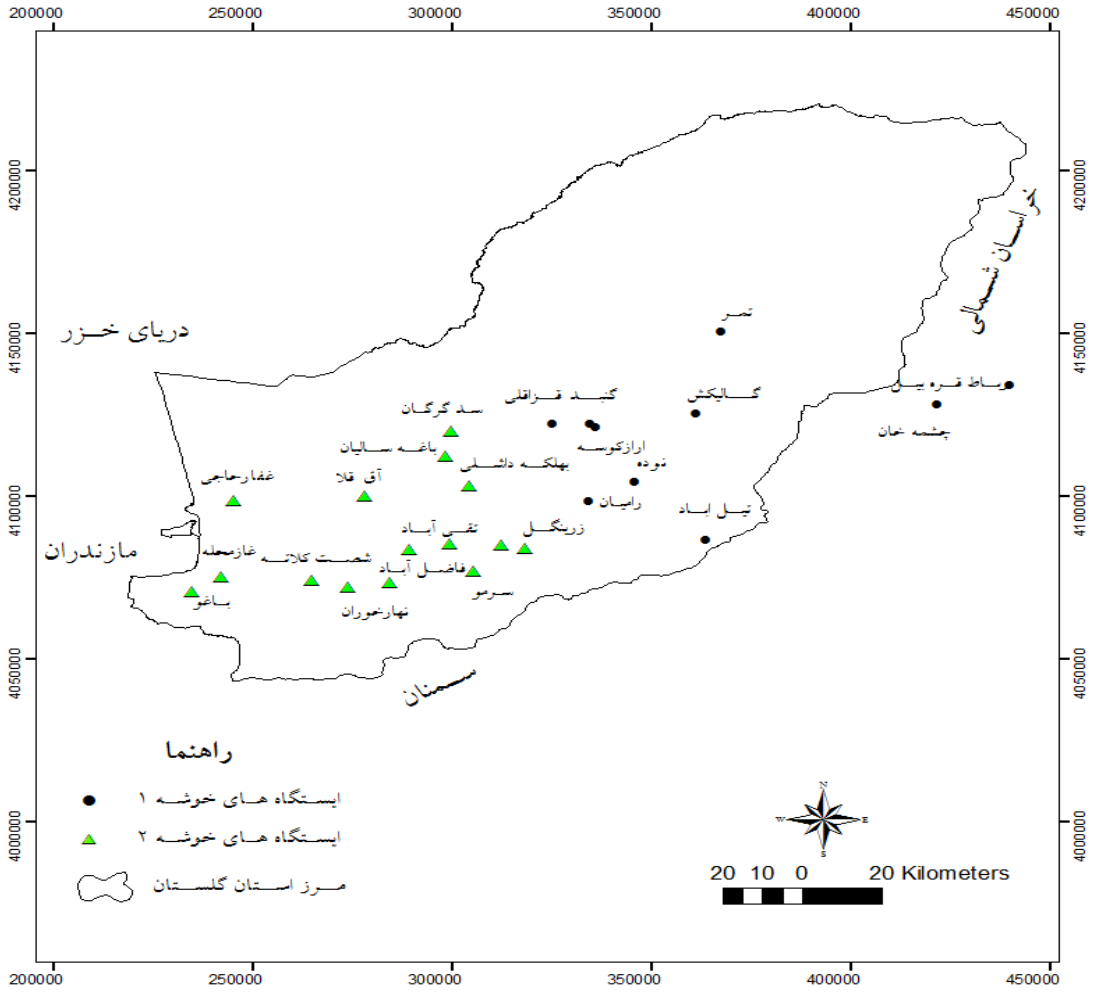
ناحیه	آماره H			پارامترهای توزیع ناحیه‌ای کاپا			
	H_1	H_2	H_3	h	k	α	ζ
۱	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۴	-۰/۳	۲/۹۴	۲/۵۶	۶۱/۴۹	-۲۲/۰۶
۲	۰-/۸۹	-۰/۸۷	-۰/۲۱	۱/۳۷	۱/۸۹	۲/۹۶	-۰/۱۹

جدول٤- ضریب همبستگی ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	باغه‌سالیان*	بهلکه*	تیل‌آباد●	چشمه‌خان●	رباط‌قره‌بیل●	آق‌قلا*	باغو*	سرمو*	پل‌اردوگاه*	کبودوال*	فاضل‌آباد*	تقی‌آباد*
باغه‌سالیان*	۱											
بهلکه*	۰/۸۲	۱										
تیل‌آباد●	۰/۳۸	۰/۴۷	۱									
چشمه‌خان●	۰/۵۴	۰/۵۹	۰/۶۰	۱								
رباط‌قره‌بیل●	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۴	۰/۸۶	۱							
آق‌قلا*	۰/۸۰	۰/۸۳	۰/۴۴	۰/۴۴	۰/۴۹	۱						
باغو*	۰/۶۷	۰/۶۶	۰/۲۳	۰/۴۴	۰/۵۶	۰/۶۶	۱					
سرمو*	۰/۶۷	۰/۷۵	۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۷۰	۰/۶۹	۱				
پل‌اردوگاه*	۰/۶۳	۰/۶۲	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۶۶	۰/۸۱	۰/۷۱	۱			
کبودوال*	۰/۷۱	۰/۷۳	۰/۳۵	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۶۶	۰/۷۴	۰/۶۵	۰/۷۳	۱		
فاضل‌آباد*	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۵۰	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۸۱	۰/۷۴	۰/۷۱	۱	
تقی‌آباد*	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۳۳	۰/۴۸	۰/۵۱	۰/۷۰	۰/۷۳	۰/۷۱	۰/۶۷	۰/۶۴	۰/۹۰	۱

● ایستگاه‌های ناحیه ۱، * ایستگاه‌های ناحیه ۲

نتایج این تقسیم‌بندی نشان می‌دهد که ایستگاه‌های ناحیه یک شامل ارازکوسه، گنبد، قزاقلی، تیل‌آباد، نوده، رامیان، تمر، گالیکش، چشمه‌خان و رباط‌قره‌بیل بوده که همگی در نیمه شرقی و ایستگاه‌های ناحیه دو شامل باغه‌سالیان، سد گرگان، بهلکه‌داشلی، سرمو، فاضل‌آباد، زرینگل، آق‌قلا، تقی‌آباد، پل‌اردوگاه، نهارخوران، شصت‌کلاته، غفارحاجی، باغو، غازمحله و کبودوال می‌باشد که در نیمه غربی استان واقع شده‌اند. برای آگاهی بیشتر تأثیر ارتفاع از سطح دریا در دو خوشه، ابتدا واریانس مقادیر ارتفاع از سطح دریا در دو خوشه مورد آزمون قرار گرفت (var.test) که نتایج حاکی از عدم برابری واریانس دو خوشه می‌باشد. سپس با انجام آزمون t.test، در میانگین ارتفاعات بین دو خوشه با علم به ناهمگنی بین دو خوشه، با توجه به مقدار p-value (۰/۱) حاصل از آزمون، اختلاف معنی‌داری مشاهده شده است. نتایج حاصل از این تقسیم‌بندی تا حدی با اقلیم‌بندی استان بر اساس روش کوپن (مساعدی و همکاران ، ۱۳۸۶) مطابقت دارد. ایستگاه‌های ارازکوسه، گنبد، قزاقلی و تمر که در ناحیه یک قرار گرفته‌اند بر اساس روش اقلیم‌بندی کوپن اقلیم مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای نیمه بیابانی و ایستگاه‌های نوده، رامیان و گالیکش اقلیم مدیترانه‌ای جنب حاره‌ای را به خود اختصاص می‌دهند. ایستگاه‌های ناحیه دو بر اساس روش اقلیم‌بندی کوپن عموماً در اقلیم مرطوب جنب حاره‌ای واقع شده‌اند. ضمن آنکه برخی از ایستگاه‌های این ناحیه (باغه‌سالیان، سد گرگان، بهلکه‌داشلی، غفارحاجی و آق‌قلا) در اقلیم مدیترانه‌ای مرطوب جنب حاره‌ای واقع شده‌اند. به عبارتی بر اساس ناحیه‌بندی انجام شده در این پژوهش ایستگاه‌های هر خوشه دارای اقلیمی نزدیک به یکدیگر می‌باشند.



شکل۲- وضعیت پراکنش ایستگاه‌ها در سطح استان گلستان بر اساس خوشه‌بندی

نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای نواحی همگن بارش سالانه در سطح استان گلستان (به‌جز حوضه اترک) تعیین گردید و با روش گشتاورهای خطی، همگنی این خوشه‌ها تأیید شد. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان زیرحوضه‌های استان گلستان (به استثنای حوضه اترک) را به دو ناحیه همگن تقسیم کرد. ایستگاه‌هایی که در هر ناحیه قرار گرفته‌اند از نظر توزیع بارش سالانه بیشترین شباهت را به یکدیگر داشته و در عین حال با ایستگاه‌های ناحیه دیگر همبستگی کمی دارند. ناحیه‌بندی با این روش با اقلیم‌بندی استان گلستان بر اساس روش کوپن که توسط مساعدی و همکاران (۱۳۸۶) انجام شده است، مطابقت دارد. به‌عبارتی نواحی تفکیک شده از نظر بارش سالانه با وضعیت اقلیمی هر ناحیه بر اساس روش کوپن همخوانی دارد. همبستگی بالا بین مقادیر بارندگی سالانه در ایستگاه‌های واقع شده در یک ناحیه و از طرف دیگر همبستگی پائین بین ایستگاه‌های واقع شده در دو ناحیه متفاوت (جدول ۲) می تواند دلیل دیگری بر کارآیی روش به‌کار برده شده در این تحقیق در تفکیک نواحی همگن از یکدیگر باشد. خام‌چین مقدم و همکاران (۱۳۸۹) نیز در تحقیق خود با روش گشتاورهای خطی به نتایجی مشابه دست یافتند. نتایج حاصل از این پژوهش را می‌توان برای تجزیه و تحلیل فراوانی منطقه‌ای (که در آن تشخیص مناطق همگن جز دشوارترین مراحل است)، مورد استفاده قرار داد. دودانگه و همکاران (۱۳۹۲) نیز به کمک روش سلسله مراتبی و استفاده از گشتاورهای خطی به تعیین مناطق همگن پرداخته که در نهایت از نتایج تحقیق خود برای تحلیل فراوانی سرعت باد استفاده نموده‌اند. نتایج این پژوهش با تحقیق عبدالهی و همکاران (۲۰۱۲) در حوضه آبریز گرگانرود همخوانی دارد. ضمن اینکه در تحقیق حاضر، علاوه بر حوضه گرگانرود، حوضه‌های قره‌سو، خلیج گرگان و نکارود نیز بررسی شده‌اند. در این پژوهش از یک دوره آماری طولانی مدت (۳۰ ساله) استفاده شده است که متأسفانه در تحقیقات دیگری که انجام شده است دوره‌های آماری کوتاه مدت (۶ ساله، ۷ ساله و...) را نیز استفاده کرده‌اند. به همین دلیل می‌توان به نتایج این تحقیق اطمینان بیشتری در مقایسه با تحقیقاتی که دوره آماری آن‌ها کوتاه بوده است، داشت. زیرا دوره کوتاه مدت نمی‌تواند وضعیت دوره‌های طولانی مدت خشک را در نظر گیرد. روش ناحیه‌بندی به کمک گشتاورهای خطی را می‌توان به سایر پدیده‌های هواشناسی از جمله دما، باد و مخاطرات محیطی ناشی از آن‌ها تعمیم داد که این کار می‌تواند کیفیت پروژه‌های هواشناسی و مخاطرات محیطی را بهبود بخشد. یکی از مشکلات عمده‌ای که در اکثر مناطق استان گلستان (و سایر مناطق کشور) وجود دارد فقدان و یا نقص داده‌های هواشناسی برای مدت طولانی می‌باشد. لذا لازم می‌باشد با تجهیز و یا تأسیس ایستگاه‌های هواشناسی در تمام مناطق و اقلیم‌های استان، بانک اطلاعاتی کامل و جامعی ایجاد شود، تا با افزایش تعداد ایستگاه‌ها و طولانی‌تر شدن طول دوره آماری، اطمینان به نتایج بیشتر باشد.

منابع

۱- خام چین مقدم ف.، صدقی ح.، کاوه ف. و منشوری م. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه ایران. نشریه آب و خاک مشهد، جلد ۲۴، شماره ۱، ص ۱۰۶-۹۷.

۲- دودانگه ا.، اختصاصی م.ر. و شایق ا. ۱۳۹۲. کاربرد گشتاورهای خطی در تحلیل فراوانی منطقه‌ای و پهنه‌بندی بادهای فرساینده در ایران. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، جلد ۷، شماره ۲۳، ص ۴۱-۳۳

۳- رضایی پژند ح .۱۳۸۰. کاربرد آمار و احتمال در منابع آب. انتشارات سخن گستر، ۴۵۸ صفحه.

۴- مساعدی ا.، شریفان ح. و شهابی م. ۱۳۸۶. طرح پژوهشی مدیریت ریسک با شناخت میکروکلیماهای استان گلستان. سازمان هواشناسی کشور، ۱۷۱ ص.

5- Abdolhay A., Saghafian B., Mohd Soom M. and Ghazali A. 2012. Identification of homogenous regions in Gorganrood basin (Iran) for the purpose of regionalization. Natural Hazards, 61:3. 1427-1442.

6- Abolverdi J., and Khalili D. 2010. Development of regional rainfall annual maxima for soutwestern Iran by L-moments. Water Resour Manage, 24:2501-2526.

7- Chow V.T., Maidment D.R. and Mays L.W. 1988. Applied Hydrology, McGraw –Hill, New York., 572 pp.

8- Dinpashoh Y., Fakheri-Fard A., Moghaddam M., Jahanbakhsh S. and Mirnia M. 2003. Selection of variables for the purpose of regionalization of Iran's percipitation climate using multivariate methods, J. Hydrol, 297:109-123.

9- Eslamian S.S. and Chavoshi-Boroujeni S. 2001. The study of hydrological homogeneity in gauged watersheds of central part of Iran. Sci J Agric, 23:1–30.

10- Guttman N.B. 1993. The use of L-Moments in the determination of regional precipitation climates. J.Climate, 6:12. 2309 – 2325.

11- Gwo-Fong L. and Lu-Hsien C. 2006. Identification of homogeneous regions for regional frequency analysis using

the self-organizin g map. J. Hydrology, 324: 1-9.
12- Hosking J.R.M. and Wallis J.R. 1991. Some statistics useful in regional frequency analysis, Res. Rep. RC 17096, IBM Research Division,Yorktown Heights, NY 10598.
13- Hosking J.R.M. and Wallis J.R. 1993. Some statistics useful in regional frequency analysis, Water Resources Res. 29:271-281.
14- Hosking J.R.M. and Wallis J.R. 1997. Regional frequency analysis: an approach based on L-moments., Cambridge University Press, New York , USA.217pp.
15- Kalkstein L.S., Tan G., and Skindlov J.A. 1987. An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification. J. Climatol. Appl. Meteorol. 26:717–730.
16- Maechler M., Rousseeuw P., Struyf A., Hubert M., and Hornik K. 2012. cluster: Cluster Analysis Basics and Extensions. R package version 1.14.3.
17- National Drought Mitigation Center of United States (NDMC). 1998. Report on drought related effects of El Niño.
18- Ramos M.C. 2001. Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. J. Hydrology, 57:123–138.
19- Rao A.R. and Hamed K.H. 2000. Flood Frequency Analysis, CRC Press.
20- Rousseeuw P.J. 1987. Silhouette: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analasis, Journal of Computational and Applied Mathematics, 20:53-65.
21- Team R.C. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. http://www.R-project.org/.
22- Viglione A., Laio F. and Claps P. 2007. A comparison of homogeneity tests for regional frequency analysis, Water Resour. Res., 43, W03428.
23- Viglione A. 2012. homtest: Homogeneity tests for Regional Frequency Analysis. R package version 1.0-5. http://CRAN.R-project.org/package=homtest
24- Viglione A. 2013. nsRFA: Non-supervised Regional Frequency Analysis. R package version 0.7-11. http://CRAN.R-project.org/package=nsRFA

Journal of Water and Soil
Vol. 28, No. 5, Nov.-Dec. 2014, p. 1061-1071

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۸، شماره ۵، آذر – دی ۱۳۹۳، ص. ۱۰۷۱-۱۰۶۱

Determine of Homogeneous Regions Distribution of Annual Rainfall in Golestan Province Using Clustering and L-moments

N. Hasanalizadeh[1*]- A. Mosaedi[2] - A.R. Zahiri[3] - M. Babanezhad[4]

Received:28-09-2013
Accepted:29-09-2014

Abstract

Characteristics of precipitation and the regionalization major role in the efficient use of water resources and soil and management of environmental hazards. Regionalization of rainfall can help to better use of water resources and to correct manage of environmental hazards. According to the analysis of climate phenomena such as precipitation, all data should be related to a homogeneous region, on the basis in this study, homogenous regions using data from long-term annual precipitation in Golestan province and the appropriate number of stations determined using the newer methods. Precipitation monthly data from 29 rain-gauge stations and evaporation poll in Golestan province from 1361 to 1391 were used to testing of homogeneity, the random and outlier data that 25 stations remained. Then using Wards hierarchicalclustering and with different variables was evaluated segmentation varies. Clustering in two clusters have higher average silhouette 0.48, accordingly, the province was divided into two regions. Homogeneity investigated by heterogeneity test for each region. according to investigations was performed by L- moments coefficient of skewness (τ_3^R) was smaller 0.23, The result Hosking and Wallis test was used to examine the homogeneity region. For this two region, the test statistic H1<۱, which is confirmed by the homogeneity of the two areas, Finally was divided into two regions. The high correlation coefficient between stations in each cluster and low correlation coefficient between two different cluster is another reason for separation of areas from each other.

Keywords: Classification, Cluster analysis, L- moment, Golestan province

1- MSc Graduated, Water Resources Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
(*-Corresponding Author Email: n_alizadeh2010@yahoo.com)
2- Professor, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- Assistant Professor, Department of Statistics, Golestan University, Gorgan, Iran