**مجله آمایش جغرافیایی فضا**
**فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان**
**سال دوم/ شماره مسلسل ششم/ زمستان ۱۳۹۱**

# تعیین الگوی زمانی مکانی بارش استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

***عباسعلی آروین (اسپنانی)[۱]، ارازمحمد مفیدی خواجه[۲] و فرشته مازینی[۳]**
[۱]استادیار و عضو هیأت‌علمی دانشگاه پیام نور، [۲]کارشناسی‌ارشد رشته اقلیم شناسی دانشگاه پیام نور
[۳]دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان
تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۱/۵

## چکیده

تعیین مناطق بارشی بر اساس تشابه مقادیر بارش ایستگاه‌ها می‌تواند برای اعمال مدیریت بهینه‌ی منابع آب استفاده شود. با توجه به متوسط ۴۸۷ میلی‌متری بارش استان گلستان، شناسایی نواحی بارشی این استان به‌عنوان یکی از نواحی مستعد تولید کشاورزی کشور اهمیت ویژه‌ای دارد. از این‌رو بر اساس داده‌های بارش ۵۲ ایستگاه سینوپتیک، اقلیم‌شناسی، باران‌سنجی و تبخیرسنجی استان در یک دوره‌ی زمانی ۳۷ ساله، نواحی بارشی این استان با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی شد. سپس اعتبار گروه‌بندی‌ها با استفاده از روش تحلیل واریانس یک طرفه آزمون شد. نتایج حاصل از تحلیل آنالیز واریانس یک طرفه بر گروه‌بندی‌های حاصل از تحلیل خوشه‌ای نشان داد که تقسیم استان در همه‌ی فصول به سه ناحیه‌ی بارشی: حداکثر در ناحیه‌ی کوهستانی، متوسط در ناحیه‌ی کوهپایه‌ای و حداقل در ناحیه‌ی پست در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید شد. نتایج این بررسی نشان داد که روش خوشه‌بندی وارد بهترین روش برای تعیین گروه‌ها و روش مربع فاصله اقلیدسی به بهترین شکل تمایز بین گروهی را نشان می‌دهد. سپس بر اساس گروه‌بندی به دست آمده، پهنه‌های بارشی استان در محیط Arc_GIS و بروش کرجینگ مشخص شد. نتایج این بررسی نشان داد بیش‌ترین مقدار وزنی بارش در فصول بهار، تابستان و زمستان در ناحیه کوهپایه‌ای ریزش دارد و فقط در فصل پاییز، وزن بارش نوع کوهستانی بیش‌تر است. باوجود آن‌که ۱۷ درصد مساحت استان در فصل زمستان، بارش نوع کوهستانی دارد لیکن به دلیل بالا بودن میانگین بارش در این ناحیه، ۴۷/۷ درصد نیاز آبی استان را تأمین می‌کند.

***واژه‌های کلیدی:*** استان گلستان، تحلیل خوشه‌ای، تحلیل واریانس یک طرفه، بارش

*نویسنده مسئول: aspanany@yahoo.com

**مقدمه**

استان گلستان از قطب‌های کشاورزی ایران بوده و تولیدات کشاورزی آن نقش مهمی در اقتصاد ملی، منطقه‌ای و اشتغال و درآمد خانوارها ایفا می‌کند. با توجه به این‌که بخش کشاورزی حساسیت زیادی به نوسانات اقلیمی دارد، هرگونه تغییر در ویژگی‌های اقلیمی می‌تواند تولیدات زراعی و دامی استان را تحت‌الشعاع قرار داده و خسارات فراوانی بر اقتصاد ملی و منطقه‌ای وارد کند. حدود ۶۰ درصد از زراعت گندم استان، دیم بوده (دفتر آمار و اطلاعات معاونت برنامه‌ریزی اقتصادی و بین‌المللی زارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۸) و میزان تولید آن وابستگی شدیدی به پراکنش زمانی و مکانی بارش دارد و کاهش تولید این محصول استراتژیک، به شدت بر اقتصاد خانوارها و اقتصاد استان تأثیر می‌گذارد. استان گلستان از جمله مناطقی است که نوسان‌های بارش چشمگیری دارد. لذا شناخت و تعیین تفاوت‌های زمانی-مکانی بارش از پیش‌نیازهای اساسی برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای در این استان است.

تحقیقات زیادی پیرامون الگوهای مکانی و زمانی بارش در دنیا صورت گرفته است که از میان آن‌ها موارد زیر را می‌توان نام برد:

لانا و همکارانش (۱۹۹۵) حداکثر بارش‌های روزانه را در کاتالونیای اسپانیا بررسی کردند و نشان دادند که عواملی نظیر ناهمواری، مجاورت با دریای مدیترانه، فعالیت همرفتی و گردش عمومی هوای غالب، توزیع حداکثر بارش‌های روزانه را در منطقه کنترل می‌کنند. مایز ژولین (۱۹۹۶) تغییرات زمانی و مکانی بارش ماهانه در ایلز بریتانیا را بررسی کرده و علل نوسانات ریزش را در ارتباط با تغییرات جریان اتمسفری مشخص نموده است. سوفین راماسمی (۱۹۹۶) تغییرات زمانی مکانی بارش سریلانکا را در ارتباط با پدیده نوسان جنوبی بررسی کرده است. استبان پارتا (۱۹۹۸) الگوهای مکانی و زمانی بارش اسپانیا را مطالعه نموده و نشان داد بارش اسپانیا با جریان‌های غربی، پر فشار آزور و الگوی فشار بر روی دریای مدیترانه ارتباط می‌یابد.

فتیادی و همکارانش (۱۹۹۹) به مطالعه آماری بارش در شمال غرب یونان پرداخته و نشان دادند که در آن منطقه توزیع مکانی بارش‌ها وابسته به شکل کلی جریانات اتمسفری، توپوگرافی پیچیده‌ی کوه‌ها و اثر دریای مدیترانه است. آریس پرامودیا[1] و همکاران (۲۰۰۸) روش خوشه‌بندی فازی را برای منطقه‌بندی بارش و تکنیک شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی بارش به‌منظور تحلیل دسترسی و آسیب‌پذیری محصول برنج در مرکز منطقه پودی به کار بردند. ایشان به این نتیجه رسیدند که مدیریت صحیح آبیاری و کاشت در دوره‌ی رشد مناسب محصول می‌تواند صدمات ناشی از اثر حوادث ال نینو را بر تولید محصول کاهش دهد. بی‌تی‌آ گولا[2] و همکاران (۲۰۱۰) معتقدند ناحیه‌بندی بارش، ابزار کلیدی

1- Aris Pramudia et al.
2- B.T.A. Goula et al.

برای آگاهی بر خصوصیات بارش است که در ناحیه‌بندی تولید کشاورزی و منابع آبِ در دسترس از ضروریات اساسی است. ایشان با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) و ضریب میانگین بارش ماهانه، منطقه کوت دی فویر[1] را به ۸ منطقه بارشی تقسیم کردند.

کاویانی (۱۳۷۲) با توجه به رژیم بارندگی ایران و با استفاده از داده‌های بارندگی در ۷۰ ایستگاه، نقشه‌های هم‌باران و تغییرپذیری بارندگی را تهیه و تحلیل کرده است. وی با استفاده از تحلیل‌های همبستگی، نوسانات شدید بارندگی را با میزان بارندگی در ارتباط می‌داند. کمالی (۱۳۷۵) به روند بارندگی در ایستگاه‌های مختلف ایران توجه کرده و نشان داد که در ده ساله‌ی اخیر به‌جز در حوضه آبریز مرکزی و همدان، در بقیه مناطق کشور به‌ویژه بارندگی‌های کوتاه‌مدت روندی افزایشی داشته است. موحد دانش و همکاران (۱۳۷۷) با استفاده از یک روش گرافیکی و مدل‌بندی ریاضی، دوره‌های خشک و مرطوب آذربایجان را بررسی کردند.

علیزاده و همکاران (۱۳۷۹) بارش در سواحل خزر را به سه دسته تقسیم می‌کنند که شامل: عبور سامانه‌های مرطوب مدیترانه و دریای سرخ که در پاییز، زمستان و اوایل بهار بارندگی ایجاد می‌کند؛ عبور توده‌هوای مرطوب اقیانوس اطلس که از اواخر فروردین شروع به فعالیت می‌کند و باران‌های بهاره و تابستانه تولید می‌کند. این توده‌هوا از اروپای شرقی شروع شده و حدود ۵۰-۸۰ روز بعد از عید نوروز به سواحل خزر می‌رسد و تا خارج شدن کامل بارش نوع اول ظاهر نمی‌شود. فاصله زمانی بین دو بارش می‌تواند خشک‌سالی و یا کمبود بارش بهاره شمال را سبب گردد. بارش‌های با منشأ رطوبت دریاچه مازندران که عموماً با بارش نوع دوم تلفیق می‌شود. با توجه به مطالب فوق، بارش فروردین‌ماه استان گلستان تحت تأثیر کم فشار مدیترانه‌ای و دریای سرخ قرار داشته و از ماه‌های مرطوب سال محسوب می‌گردد.

علیجانی (۱۳۸۳) در بررسی خویش نشان داد که ورود موج‌های کوتاه غربی و نفوذ پرفشار سیبری و اختلاف دمای دریاچه مازندران با محیط اطراف، سبب شده تا در زمان عبور دامنه موج‌های بادهای غربی که پس از عبور از روی دریاچه مازندران، مرطوب و ناپایدارتر شده، در گرگان و سایر قسمت‌های ناحیه بارندگی ایجاد کند. ناظم‌السادات و قاسمی (۱۳۸۳) در تحقیق خویش نشان دادند که دمای آب سطح دریاچه‌ی مازندران نیز در وقوع ترسالی‌ها مؤثر است. فاز گرم sst[2] زمستانه نواحی ساحلی دریاچه مازندران با افزایش بارش بهاره همراه می‌باشد. رمضانی گورابی و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله پهنه‌بندی بارش در حوضه تالاب انزلی نشان دادند که آذرماه بیش‌ترین سهم بارش ماهانه و پاییز بیش‌ترین میزان بارش فصلی را دریافت می‌کند و مرداد و تابستان، کم‌ترین بارش ماهانه و فصلی را دارند.

1- Cote de Ivoire
2- Sea Surface Temperature

صمدی (۱۳۸۹) توابع تجربی متعامد را که یکی از روش‌های تحلیل مؤلفه‌های اصلی است، در پهنه‌بندی بارش نیمه غربی ایران به کار برد و نشان داد که این روش به خوبی می‌تواند در تفکیک مطلوب نواحی بارشی متناسب با شرایط اقلیمی آن‌ها به کار گرفته شود. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیق خویش، بارش غرب و شمال غرب ایران را با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای به سه منطقه بارشی کم بارش، بارش متوسط و پر بارش تقسیم نمودند. اشرفی (۱۳۹۰) در کار تحقیقی خود به پهنه‌بندی بارش شمال غرب ایران با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای و روش تحلیل ممیزی پرداخت و این منطقه را به چهار ناحیه بارشی تقسیم کرد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل ممیزی نیز در ۹۷/۶ درصد از مساحت منطقه با نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای انطباق دارد.

بنابراین هدف این تحقیق، سعی در شناخت نواحی بارشی استان گلستان به‌عنوان یکی از استان‌های مستعد کشور برای توسعه در تمام بخش‌ها و نیز شناخت توزیع زمانی مکانی آن است تا بتوان به راهکاری عملی برای گام برداشتن در مسیر پیشرفت و تعالی کشور دست یابیم. برای مشخص کردن پهنه‌های بارشی استان جهت تعین پتاسیل ابی مناطق مختلف اقدام به گروه‌بندی ایستگاه‌های استان با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای نمودیم

## معرفی محدوده مورد بررسی

استان گلستان به‌عنوان بخشی از حوضه آبریز دریای خزر بین طول جغرافیایی "۴۹ '۵۰ °۵۳ و "۲۹ '۲۱ °۵۶ شرقی و عرض "۶ '۳۰ °۳۶ و "۳۴ '۷ °۳۸ شمالی واقع شده است. وسعت آن بالغ بر ۲۱۰۰۰ کیلومتر مربع است و ۱/۲ درصد از مساحت کشور و ۱۱/۷ درصد از مساحت حوضه آبریز دریای خزر را تشکیل می‌دهد.

## داده‌ها و روش‌شناسی

در تحقیق حاضر از داده‌های بارندگی ۵۲ ایستگاه سینوپتیک، اقلیم‌شناسی و باران‌سنجی و تبخیرسنجی استان در یک دوره آماری ۳۷ ساله (۱۳۵۰-۱۳۸۷) استفاده شد. فرایند پهنه‌بندی بر اساس متوسط ۳۷ ساله مجموع بارش سالانه بوده است لیکن با توجه به اینکه برای برخی ایستگاه‌ها، داده‌ها به‌صورت سال میلادی تهیه شده بود، برای دست‌یابی به مجموع بارش سالانه (شمسی) از داده‌های روزانه برای استخراج مجموع بارش سالانه ایستگاه استفاده شد. برای برخورداری از قالب یکسان داده‌ها بر اساس داده‌های روزانه، داده‌های میلادی سازمان هواشناسی به هجری شمسی تبدیل شد. به این ترتیب که داده‌ها به صورت ماتریسی به ابعاد ۳۷×۳۶۵ (سال، ماه و روز میلادی و تقابل آن با روزهای شمسی) مرتب شده و بر اساس آن، داده‌های بارندگی بر اساس سال شمسی استخراج شد. همچنین داده‌های سال آبی

منابع آب استان، بر اساس داده‌های بارش روزانه به هجری شمسی تبدیل شد. میانگین‌های ماهانه و سالانه‌ی ایستگاه‌های مورد مطالعه از بارش‌های روزانه برای ماه‌های شمسی محاسبه و داده‌های گم‌شده با روش تفاضل‌ها و نسبت‌ها بازسازی شد. موقعیت ایستگاه‌ها روی نقشه‌های توپوگرافی (شکل ۱) آمده است. هرچند طول دوره آماری ایستگاه‌ها متفاوت است.

روش و مراحل انجام کار به شرح زیر بوده است:

۱- داده‌های بارش فصلی و سالانه با استفاده از تکنیک تحلیل خوشه‌ای[1] و روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی[2] از پایین به بالا[3] گروه‌بندی شدند. در روش سلسله مراتبی، نحوه اختصاص موارد به گروه‌ها و تعیین ترکیب گروه به هفت روش مختلف صورت می‌گیرد. در واقع می‌توان به هفت روش فرایند خوشه‌بندی را انجام داد که یکی از آن‌ها، روش وارد[4] است. در روش وارد، ابتدا میانگین‌های متغیرها در داخل هر خوشه محاسبه می‌شود. سپس برای هر مشاهده، مربع فاصله اقلیدسی میانگین‌های خوشه‌ها محاسبه می‌گردد. این فاصله برای تمام مشاهدات جمع می‌شود. در هر مرحله، دو خوشه‌ای ترکیب می‌شوند که کوچک‌ترین افزایش در مجموع مربعات فواصل داخل خوشه‌ای را داشته باشد (گلدسته و همکاران، ۱۳۷۷: ۳۸۰). همچنین برای تعیین فاصله‌ی میان نقاط از روش فاصله‌ای[5] استفاده شد. در روش فاصله‌ای معیار تشابه و عدم تشابه بین مشاهدان بر حسب میزان فاصله بین دو نقطه اندازه‌گیری می‌شود. این کار به هشت روش مختلف می‌تواند انجام شود که از بین آن‌ها روش معیار مربع فاصله اقلیدسی[6] بهترین پاسخ را در تعیین گروه‌ها داد.

۲- اعتبار ۵۶ روش مختلف خوشه‌بندی با مقایسه میانگین خوشه‌ها و به روش تحلیل واریانس یک طرفه[7] ارزیابی شد. روش تحلیل واریانس یک طرفه نشان می‌دهد که آیا مقادیر میانگین متغیر کمی در سطوح مختلف یک متغیر رده‌بندی شده با یکدیگر برابرند یا خیر؟ به این ترتیب اعتبار گروه‌بندی را با عنایت به نزدیکی مقادیر مشاهدات به میانگین گروه مربوط تعیین می‌کند. در نتیجه اعتبار تقسیم ایستگاه‌های استان به سه گروه در سطح اطمینان بالای ۹۹٪ درصد با استفاده از این روش تأیید شد.

۳- نقشه‌های پهنه‌بندی بارش استان با روش‌های مختلف میان‌یابی از جمله: وزن فاصله معکوس (IDW)[8] و نیز کریجینگ آزمون شد. در نهایت چون داده‌ها علاوه بر همبستگی مکانی بین نقاط، روند

1- Cluster Analysis
2- Hierarchical Cluster Analysis
3- Bottom-Up
4- Wards Method
5- Interval
6- Squared Euclidean distance
7- One ANOVA Way
8- Inverse Distance Weighted

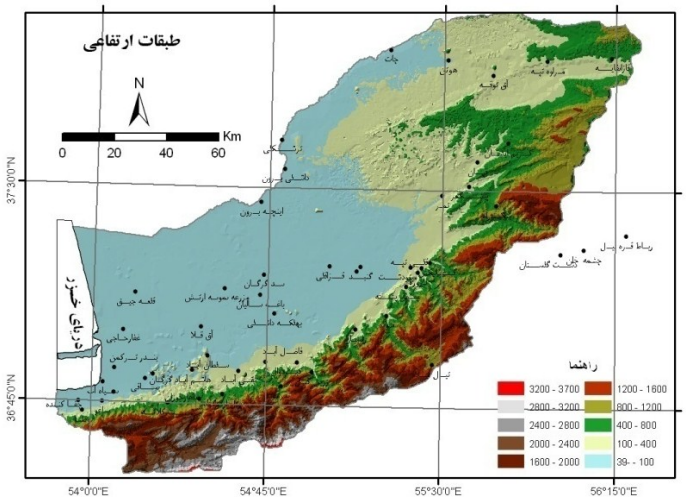
نیز در مقادیر آن وجود داشت، از روش کریجینگ عام[1] برای میان‌یابی استفاده شد. این کار در شبکه‌ای با توان تفکیک ۵۰۰ متر در راستای محورهای x, y انجام شد و نقشه‌های بندی پهنه‌بندی بارش استان تهیه شد. در روش کریجینگ فرض بر این است که تغییرات مکانی پدیده‌هایی مانند بارش در یک گستره، از توزیع تصادفی برخوردار بوده، حاوی سه مؤلفه‌ی همبستگی مکانی، روند و خطای تصادفی است (عساکره، ۱۳۸۷ :۴۷).

**بحث**

استان گلستان با متوسط وزنی ۴۸۷ میلی‌متر در زمره‌ی مناطق معتدل است و به خطا برخی اقلیم و بارندگی آن را با استان‌های مازندران و گیلان مقایسه می‌کنند. نقشه هم‌باران سالانه استان نشان می‌دهد که توزیع بارندگی در سطح استان بسیار ناهمگون است؛ به گونه‌ای که شمال استان با بارشی کم‌تر از ۱۵۰ میلی متر، دارای اقلیم نیمه‌خشک است. از منطقه شمالی که تماماً دشت‌های با ارتفاع کم‌تر از ۱۰۰ متر را در برگرفته است، بارش با شیبی بسیار ملایم افزایش می‌یابد؛ ولی از سمت دامنه‌ها به سمت ارتفاعات روند افزایش تندتر می‌شود. در مقابل در منطقه‌ی جنوبی ارتفاعات، میزان بارش با شیب تند هم‌باران‌ها افزایش می‌یابد که روی خطوط هم‌باران استان قابل مشاهده است لیکن به دلیل تنگنای فضای مقاله از آوردن آن خودداری شده است.

با توجه به این‌که در خوشه‌بندی بارش ایستگاه‌های استان، تقسیم بارش استان به سه خوشه، بالاترین ضریب معناداری را در تحلیل واریانس یک طرفه داشت و از طرفی دیگر این پهنه‌بندی بارش بر اساس تحلیل خوشه‌ای با شرایط توپوگرافی استان انطباق داشت، لذا با توجه به نقشه توپوگرافی استان (شکل ۱) می‌توان بارش استان گلستان را در تمام فصول، به سه منطقه بارشی **کوهستانی، کوهپایه‌ای** و **دشت** تقسیم‌بندی کرد. بر اساس تحلیل واریانس یک طرفه که روی گروه‌بندی‌های مستخرج از نمودارهای درختی صورت گرفت، در تمام فصول، تقسیم کل ایستگاه‌ها به سه خوشه، بالاترین ضریب معناداری را داشته‌اند. لذا برای آگاهی از توزیع مکانی بارش‌ها، پهنه‌بندی بارش را در هر یک از فصول به تفکیک به بحث می‌گذاریم. در جدول ۱ توزیع زمانی مکانی بارش استان گلستان نشان داده شده است.

1- Universal Kriging



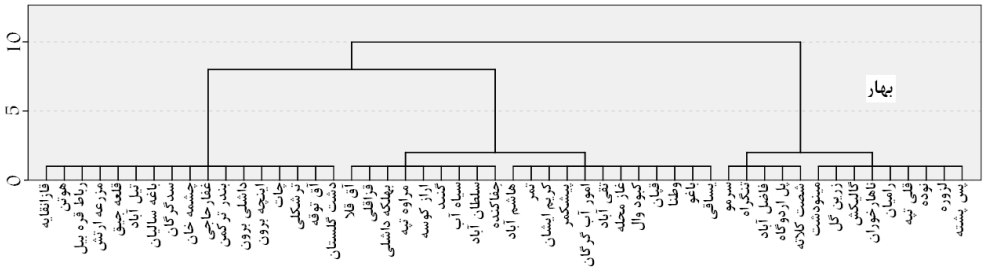

**شکل ۱. نقشه توپوگرافی استان گلستان**

**جدول ۱. توزیع زمانی مکانی بارش استان گلستان**

| | | بهار | تابستان | پاییز | زمستان | سالانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دشت | دامنه بارش | ۸۵-۴۱٫۵ | ۱۴-۸۰ | ۳۹-۸۵ | ۵۹-۱۱۵ | ۱۷۵-۴۵۰ |
| | مساحت | ۷۷۶۲/۸ | ۹۱۳۷/۵ | ۴۵۱۶/۸ | ۶۸۶۵ | ۷۰۷۰/۵ |
| | درصد مساحت | ۳۸ | ۴۴/۸ | ۲۲/۱ | ۳۳/۶ | ۳۴/۶ |
| | متوسط وزنی | ۲۴/۱ | ۲۱/۲ | ۱۳/۸ | ۲۹/۲ | ۸۸/۳ |
| کوهپایه‌ای | دامنه بارش | ۸۵-۱۶۰ | ۸۰-۱۲۵ | ۸۵-۱۷۰ | ۱۱۵-۲۱۰ | ۴۵۰-۷۰۰ |
| | مساحت | ۷۹۵۱/۵ | ۱۰۵۳۷/۳ | ۹۱۹۱/۷ | ۱۰۰۷۱/۷ | ۹۴۳۸/۱ |
| | درصد مساحت | ۳۹ | ۵۱/۶ | ۴۵/۱ | ۴۹/۴ | ۴۶/۳ |
| | متوسط وزنی | ۴۷/۷ | ۵۲/۹ | ۵۷/۴ | ۸۰/۲ | ۲۳۸/۲ |
| کوهستانی | دامنه بارش | ۱۶۰-۲۳۶ | ۱۲۵-۱۵۳ | ۱۷۰-۲۲۳ | ۲۱۰-۳۲۸ | ۷۰۰-۹۳۶ |
| | مساحت | ۴۶۸۷/۲ | ۷۲۶/۶ | ۶۶۹۳ | ۳۴۶۴/۸ | ۳۸۲۹/۹ |
| | درصد مساحت | ۲۳ | ۳/۶ | ۳۲/۸ | ۱۷ | ۱۹/۱ |
| | متوسط وزنی | ۴۵/۶ | ۵ | ۶۴/۵ | ۴۵/۷ | ۱۶۰/۸ |
| مجموع بارش | | ۱۱۷/۴ | ۷۹/۱ | ۱۳۵/۷ | ۱۵۵/۱ | ۴۸۷/۳ |

### فصل بهار

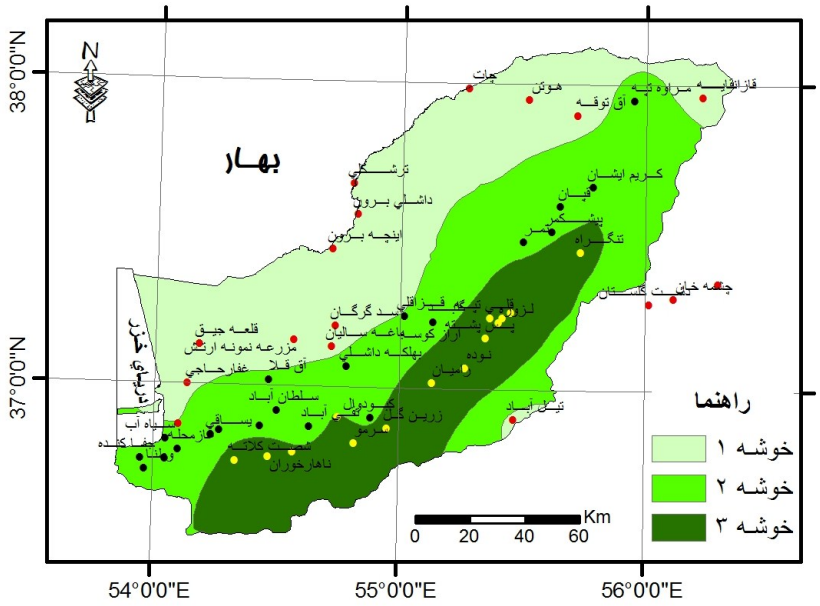
علی‌رغم اینکه فصل بهار، دومین فصل خشک‌سال شناخته شده است، در ماه‌های فروردین و تقریباً اواخر اردیبهشت، بارش‌های خوبی را دریافت می‌کند؛ به گونه‌ای که فروردین‌ماه به‌طور متوسط ۵۲ میلی‌متر بارش (۱۱/۲ درصد از سهم بارشی استان گلستان) را در بر می‌گیرد و سومین ماه مرطوب استان گلستان شناخته می‌شود. متوسط وزنی مقدار مجموع بارش فصل بهار ۱۲۱/۷ میلی‌متر است. در فصل بهار، استان به سه منطقه بارشی تقسیم می‌شود (شکل ۲ و ۳). در این فصل ۱۷ ایستگاه با متوسط بارش ۶۵/۲ میلی‌متر در پهنه دشت، ۲۲ ایستگاه با متوسط ۱۲۲/۱ میلی‌متر در مناطق کوهپایه‌ای و ۱۵ ایستگاه با متوسط ۱۹۹/۶ میلی‌متر در پهنه کوهستانی قرار دارد. هرچند متوسط ریاضی ایستگاه‌های واقع در منطقه کوهستانی بیشتر است، به‌دلیل اینکه منطقه کوهپایه‌ای بیشترین مساحت استان را در بر می‌گیرد، در مجموع بارش استان وزن بیش‌تری دارد؛ به‌طوری‌که در فصل بهار بیش‌ترین میزان بارش (۴۷/۷ میلی‌متر) از نوع کوهپایه‌ای است که ۳۹ درصد مساحت استان را در بر دارد. متوسط وزنی بارش در منطقه با بارش دشتی، ۲۴/۱ میلی‌متر است که ۳۸ درصد مساحت استان را فرامی‌گیرد. هرچند منطقه با بارش کوهستانی فقط ۲۳ درصد مساحت استان را در بر دارد، متوسط وزنی آن ۴۵/۶ میلی‌متر است که نشان می‌دهد بارش بهاره هنوز تحت تأثیر سیستم‌های سینوپتیک جو در سطوح میانی جو است (جدول ۲).




**شکل ۲. نمودار درختی فصل بهار ایستگاه‌های استان گلستان**

**جدول ۲. ایستگاه‌های قرار گرفته در فصل بهار**

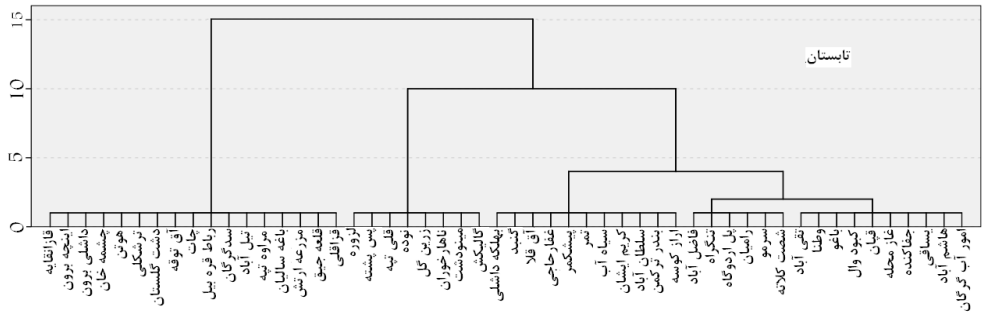
| بهار | ایستگاه‌های واقع در هر خوشه |
|---|---|
| خوشه ۱ | قازانقایه، هوتن، رباط قره‌بیل، مزرعه نمونه ارتش، قلعه جیق، تیل‌آباد، باغه سالیان، سد گرگان، چشمه‌خان، غفارحاجی، بندرترکمن، آق‌توقه، چات، داشلی‌برون، دشت گلستان، اینچه‌برون، ترشکلی |
| خوشه ۲ | آق قلا، اراز کوسه، بهلکه داشلی، قزاقلی، جفا کنده، مراوه تپه، پیشکمر، سیاه آب، سلطان‌آباد، هاشم‌آباد گرگان، باغو، قپان، غازمحله، کبودوال، کریم ایشان، محوطه امور گرگان، تقی‌آباد، تمر، وطنا، یساقی |
| خوشه ۳ | سرمو، تنگراه، فاضل‌آباد، پل اردوگاه، شصت کلاته، مینودشت، زرین گل، ناهارخوران، گالیکش، رامیان، قلی تپه، نوده، لزوره، پس پشته، |




**شکل ۳. پهنه‌بندی بارشی فصل بهار استان گلستان بر اساس گروه‌بندی خوشه‌ای**

## تابستان

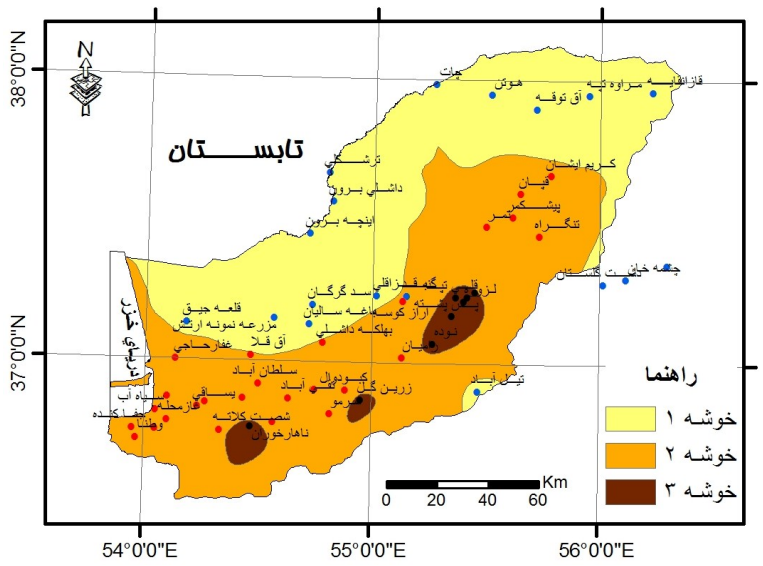
خشک‌ترین فصل در استان گلستان، فصل تابستان است. متوسط وزنی بارش در فصل تابستان ۷۹/۱ میلی‌متر است که کم‌ترین میزان بارش در طول سال است. در فصل تابستان ۱۸ ایستگاه با متوسط بارش ۲۸/۷ میلی‌متر در پهنه دشت، ۲۸ ایستگاه با متوسط ۸۳/۸ میلی‌متر در مناطق کوهپایه‌ای و ۹ ایستگاه با متوسط ۱۴۲/۳ میلی‌متر در پهنه کوهستانی قرار دارد (جدول ۲). بر اساس میانگین وزنی بارش فقط ۷۰ میلی‌متر (متوسط وزنی) فرو می‌ریزد. در فصل تابستان مساحت واقع شده با بارش از نوع دشتی ۴۴/۸ درصد مساحت استان است که مقدار بارشی با متوسط ۲۱/۲ میلی‌متر در این فصل دریافت می‌دارد. مساحت منطقه تحت سیطره بارش کوهپایه‌ای، ۵۱/۶ درصد است که به‌طور متوسط وزنی ۵۲/۹ میلی‌متر بارش دریافت می‌کند. کم‌ترین مساحت مربوط به بارش نوع کوهستانی با ۳/۶ درصد مساحت استان است که فقط ۵ میلی‌متر بارش دریافت می‌دارد. این موضوع بیانگر گسترش محدوده‌ی خشک در فصل تابستان است (شکل ۴ و ۵). در مقایسه با فصل بهار، تعداد ایستگاه‌های با بارش از نوع کوهستانی کاهش یافته و بر تعداد ایستگاه‌های با بارش کوهپایه‌ای و دشت افزوده شده است. علت را باید در سیستم‌های باران‌زایی دید که در فصل تابستان بر این استان مستولی می‌شوند.




**شکل ۴. نمودار درختی فصل تابستان ایستگاه‌های استان گلستان**

**جدول ۳. ایستگاه‌های قرار گرفته در هر گروه در فصل تابستان**

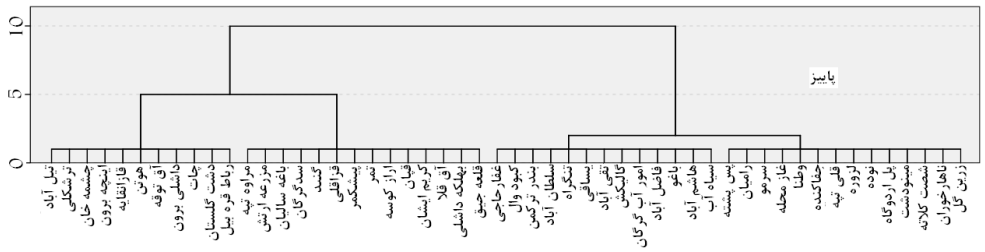
| تابستان | ایستگاه‌های واقع در هر خوشه |
|---|---|
| خوشه ۱ | قازانقایه، اینچه برون، داشلی برون، چشمه‌خان، هوتن، ترشکلی، دشت گلستان، آق‌توقه، چات، رباط قره بیل، سد گرگان، تیل‌آباد، مراوه تپه، باغه سالیان، مزرعه نمونه ارتش، قزاقلی، قلعه جیق، گنبد گرگان |
| خوشه ۲ | بهلکه داشلی، آق‌قلا، غفارحاجی، پیشکمر، تمر، سیاه آب، کریم ایشان، سلطان‌آباد، بندر ترکمن، ارازکوسه، تقی‌آباد، وطنا، باغو، کبودوال، قپان، غازمحله، جفا کنده، یساقی، هاشم‌آباد، محوطه امور گرگان، فاضل‌آباد، تنگراه، پل اردوگاه، رامیان، سرمو، شصت کلاته |
| خوشه ۳ | لزوره، پس پشته، قلی تپه، نوده، زرین گل، گالیکش، مینودشت، ناهارخوران |




**شکل ۵. پهنه‌بندی بارشی فصل تابستان استان گلستان بر اساس گروه‌بندی خوشه‌ای**

## فصل پاییز

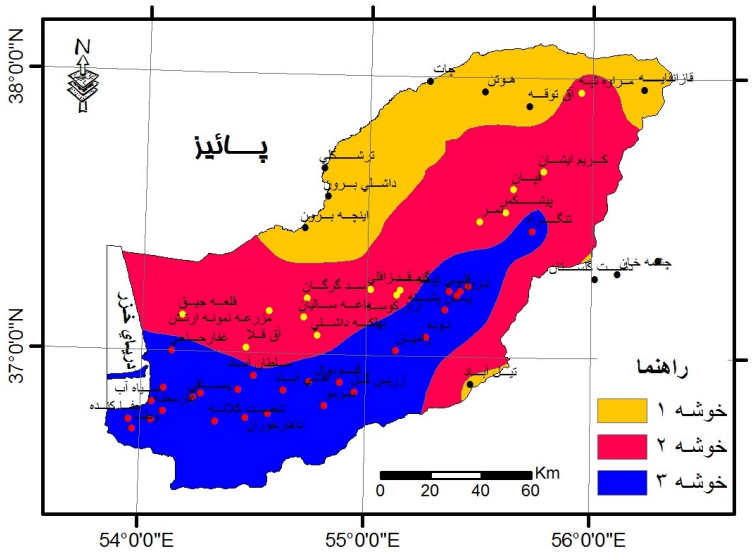
فصل پاییز با متوسط وزنی ۱۳۵/۷ میلی‌متر، دومین فصل پربارش استان گلستان است (شکل ۵). در فصل پاییز ۱۱ ایستگاه با متوسط بارش ۵۷/۵ میلی‌متر در پهنه دشت، ۱۴ ایستگاه با متوسط ۱۱۷/۸ میلی متر در مناطق کوهپایه‌ای و ۲۷ ایستگاه با متوسط ۱۸۶/۷ میلی‌متر در پهنه‌کوهستانی قرار دارد (جدول ۴). در این فصل بیش‌ترین مساحت استان (۴۵/۱ درصد)، بارش نوع کوهپایه‌ای با متوسط وزنی ۵۷/۴ میلی‌متر دریافت می‌دارد اما بیش‌ترین میزان بارش با متوسط وزنی ۶۴/۵ میلی‌متر در منطقه با نوع بارش کوهستانی فرومی‌ریزد که ۳۲/۸ درصد مساحت استان را در بر می‌گیرد. هرچند مساحت تحت سیطره بارش نوع کوهستانی از نوع کوهپایه‌ای کم‌تر است، به دلیل افزایش چشمگیر مقادیر کمی بارش، متوسط وزنی آن بیش‌تر از نوع کوهپایه‌ای است. در فصل پاییز فقط ۲۲/۱ درصد مساحت بارش نوع دشت دریافت می‌دارد که متوسط وزنی آن ۱۳/۸ میلی‌متر است (شکل شماره ۶ و ۷). همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود با توجه به تحلیل خوشه که ایستگاه‌ها را بر اساس تشابه مقادیر بارش گروه‌بندی می‌کند، ایستگاه‌های واقع در ساحل نیز از نظر میزان بارش در زمره‌ی ایستگاه‌های با نوع بارش کوهستانی قرار می‌گیرند. در نتیجه افزایش بارش در این فصل همانند تمامی نواحی جنوبی خزر، تحت‌تأثیر شرایط توپوگرافی نیست بلکه متأثر از شرایط سینوپتیکی جو است.




**شکل ۶. نمودار درختی فصل پاییز ایستگاه‌های استان گلستان**

**جدول ۴. ایستگاه‌های قرارگرفته در هر گروه در فصل پاییز**

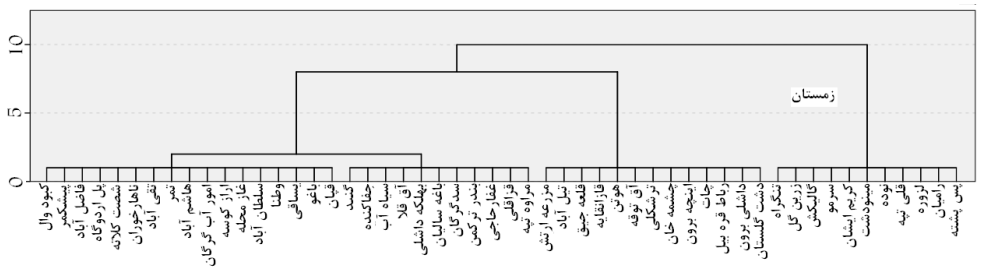
| پاییز | ایستگاه‌های واقع در هر خوشه |
|---|---|
| خوشه ۱ | تیل‌آباد، ترشکلی، چشمه خان، اینچه برون، قازانقایه، هوتن، آق‌توقه، داشلی برون، چات، دشت گلستان، رباط قره‌بیل |
| خوشه ۲ | مراوه‌تپه، مزرعه نمونه ارتش، باغه سالیان، سد گرگان، گنبد، قزاقلی، پیشکمر، تمر، اراز کوسه، قپان، کریم ایشان، آق‌قلا، بهلکه داشلی، قلعه جیق، |
| خوشه ۳ | غفارحاجی،کبودوال، بندرترکمن، سلطان‌آباد، تنگراه، یساقی، تقی‌آباد، گالیکش، محوطه امور گرگان، فاضل‌آباد، باغو، هاشم‌آباد گرگان، سیاه آب، پس پشته، رامیان، سرمو، غازمحله، وطنا، جفا کنده، قلی‌تپه، لزوره، مینودشت، ناهارخوران، نوده، پل اردوگاه، شصت کلاته، زرین گل |




**شکل ۷. نقشه پهنه‌بندی بارشی فصل پاییز استان گلستان بر اساس تحلیل خوشه‌ای**

## فصل زمستان

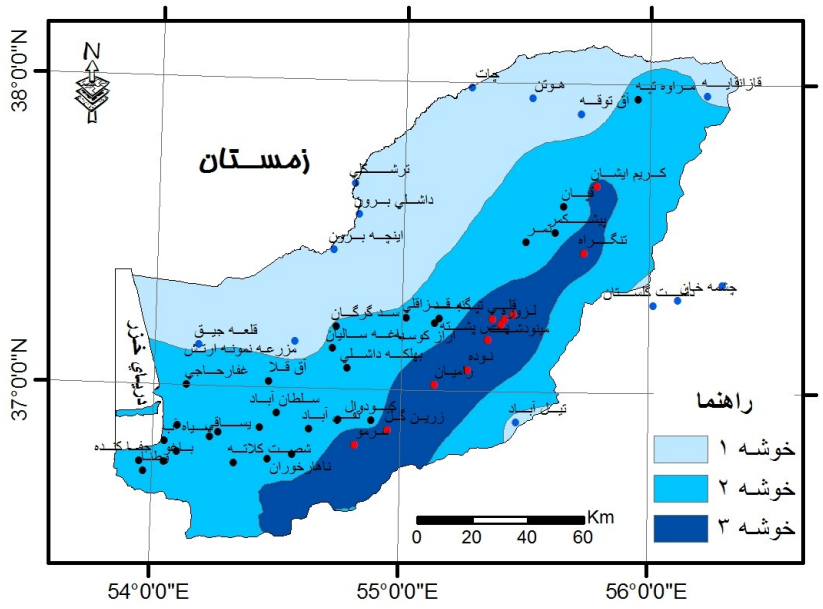
فصل زمستان با متوسط وزنی ۱۵۵/۱ میلی‌متر، پرباران‌ترین فصل سال است. در این فصل، ۱۳ ایستگاه با متوسط ۸۵/۱ در خوشه ۱، ۲۸ ایستگاه با متوسط ۱۵۷/۹ در خوشه ۲ و ۱۱ ایستگاه با متوسط ۲۶۵/۱ میلی‌متر در خوشه شماره ۳ قرار دارد (جدول ۵). در فصل زمستان نیز بیش‌ترین میزان بارش از نوع کوهپایه‌ای با متوسط وزنی ۸۰/۲ میلی‌متر در ۴۹/۴ درصد مساحت استان فرو می‌ریزد. متوسط وزنی بارش نوع کوهستانی ۴۵/۷ میلی‌متر است که فقط در ۱۷ درصد مساحت استان ریزش دارد. هر چند بارش ناحیه کوهستانی، درصد پایینی از مساحت استان را در بر می‌گیرد، بالا بودن میزان بارش ایستگاه‌های واقع در این پهنه، متوسط وزنی آن به بارش نوع کوهپایه‌ای نزدیک است و این حاکی از اهمیت میزان این نوع بارش در تأمین آب استان گلستان است. درحالی‌که بارش نوع دشتی با متوسط وزنی ۲۹/۲ میلی‌متر در ۳۳/۶ درصد مساحت استان ریزش دارد. به شکل‌های ۹ و ۱۰ نگاه کنید.




**شکل ۹. نمودارهای درختی (دندروگرام) ایستگاه‌ها استان گلستان در فصل زمستان**

**جدول ۵. ایستگاه‌های قرار گرفته در هر گروه در فصل زمستان**

| زمستان | ایستگاه‌های واقع در هر خوشه |
|---|---|
| خوشه ۱ | مزرعه نمونه ارتش، تیل‌آباد، آق توقه، چات، چشمه‌خان، داشلی برون، دشت گلستان، قلعه جیق، قازانقایه، هوتن، اینچه برون، رباط قره‌بیل، ترشکلی |
| خوشه ۲ | کبودوال، پیشکمر، فاضل‌آباد، پل اردوگاه، شصت کلاته، ناهارخوران، تقی‌آباد، تمر، هاشم‌آباد، محوطه امور آب گرگان، اراز کوسه، غازمحله، سلطان‌آباد، وطنا، یساقی، باغو، قپان، گنبد، جفا کنده، سیاه آب، آق قلا، باغه سالیان، بهلکه داشلی، بندر ترکمن، غفارحاجی، قزاقلی، گرگان، مراوه تپه، ، سد گرگان |
| خوشه ۳ | تنگراه، زرین گل، گالیکش، سرمو، کریم ایشان، مینودشت، قلی تپه، لزوره، نوده، پس پشته، رامیان |




**شکل ۱۰. نقشه پهنه‌بندی بارشی فصل زمستان استان گلستان بر اساس تحلیل خوشه‌ای**

## نتیجه‌گیری

تعیین مناطق بارشی بر اساس مقادیر بارش ایستگاه‌ها می‌تواند راهنمای خوبی برای مدیریت بهینه بهره‌برداری مناسب از منابع آب و نیز مدیریت سیل یک منطقه باشد. به این ترتیب می‌توان در مناطق با تشابه مقادیر بارش، نوع مدیریت خاص برای بهره‌برداری و کنترل منابع آب اعمال نمود. بدین منظور ایستگاه‌های استان گلستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای گروه‌بندی شدند. گروه‌بندی بارش فصلی ۵۲ ایستگاه استان گلستان با استفاده از آنالیز خوشه‌ای نشان داد، روش گروه‌بندی خوشه‌ای سلسله مراتبی، تکنیک مناسبی در تعیین مناطق بارشی است. به این ترتیب که هفت روش خوشه‌بندی و هشت روش اندازه‌گیری فاصله بین خوشه‌ها یعنی ۵۶ روش گروه‌بندی برای تعیین مناطق بارشی استان گلستان با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه مورد آزمون قرار گرفت.

نتایج نشان داد روش وارد بهترین روش برای تعیین خوشه‌ها و روش مربع فاصله اقلیدسی بهترین روش برای افراز خوشه‌های تعیین‌شده است که انطباق بهتری با شرایط اقلیمی استان گلستان دارد. بدین ترتیب تقسیم استان گلستان بر اساس مقادیر بارش ایستگاه‌ها استان به سه منطقه بارشی، با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید شد. نتایج این بررسی نشان داد که از نظر مکانی، استان به سه منطقه بارشی در نواحی مرتفع، کوهپایه‌ای و دشت که ما بر آن بارش نوع کوهستانی، کوهپایه‌ای و دشتی اطلاق نمودیم، قابل تقسیم است. هرچند برخی از این ایستگاه‌ها در ساحل دریای خزر قرار دارند، اطلاق نام کوهستانی بر این ایستگاه‌ها و مناطق، به‌خاطر تشابه مقادیر بارش با ایستگاه‌های واقع در منطقه کوهستانی است.

علیزاده و همکاران (۱۳۷۹) نیز سیستم‌هایی که بارش ناحیه خزری را تحت تأثیر قرار می‌دهند، به سه دسته تقسیم‌بندی می‌کنند. بااین‌حال کار دقیق‌تر برای ادامه این تحقیق می‌تواند به تعیین الگوهای سینپتیکی منطبق با مناطق بارشی استان مرتبط باشد. البته در فصول بهار، زمستان و تابستان، بالاترین میزان بارش در نواحی کوهپایه‌ای ریزش دارد و فقط در فصل پاییز، بیش‌ترین نوع بارش از نوع کوهستانی است. هرچند فصل زمستان ۱۷ درصد مساحت استان را در بر دارد، ۴۷/۷ درصد نیاز آبی استان را تأمین می‌کند که نشان از اهمیت بارش نوع کوهستانی در تأمین آب استان گلستان در دو فصل پربارش پاییز و زمستان است.

ضرایب همبستگی ضعیف ارتفاع – بارش ۵۲ ایستگاه استان برای بارش فصول بهار، تابستان، پاییز، زمستان و سالانه به ترتیب R=-۰/۰۱۱، R=-۰/۱۱۱، R=-۰/۲۸۸، R=-۰/۱۲۲ و R=۰/۱۳۹ به‌دست آمد که نشان می‌دهد بارش کوهپایه‌ای، بارش غالب استان است و پهنه‌بندی بارش را با استفاده از تحلیل خوشه‌ای تأیید می‌کند. ضرایب یادشده فقط در فصل زمستان در سطح ۰/۰۵ درصد معنادار است.

غلبه بارش نوع کوهپایه‌ای در استان گلستان نشان می‌دهد که این استان نیز همانند سایر مناطق جنوبی خزر، همچنان تحت‌تأثیر رطوبت دریای خزر قرار دارد و سیستم‌های محلی نقش عمده‌ای در تأمین بارش استان گلستان ایفا می‌کنند.

نتایج این بررسی نیز نشان داد همچنان روش میان‌یابی کرجینگ می‌تواند تکنیک مناسبی در پهنه‌بندی بارش به‌عنوان یک متغیر تصادفی و دارای روند مورد استفاده قرار گیرد و نتایج سایر تحقیقات (عساکره، ۱۳۸۷) را تأیید می‌کند. انطباق نقشه پهنه‌بندی بارش با نقشه‌ی توپوگرافی استان، تطابق پهنه‌بندی مزبور را با طبقات ارتفاعی استان به خوبی در ذهن تداعی می‌کند.

## منابع


۱-اشرفی، سعیده. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی بارش شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال اول، شماره سوم و چهارم.

۲-رمضانی گورابی، بهمن و صدیقه فرهی. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی تغییرات بارندگی در حوضه‌ی تالاب انزلی، فصل‌نامه علمی تخصصی اکوسیستم‌های طبیعی ایران، سال اول، شماره اول.

۳-صداقت، مهدی. ۱۳۸۹. توزیع زمانی- مکانی بارش در استان ایلام، مجله رشد آموزش جغرافیا، دوره ۲۴، شماره ۳، بهار ۱۳۸۹.

۴-صمدی زهرا و حسین محمدی. ۱۳۸۹. پهنه‌بندی بارش پاییزه نیمه غربی ایران: کاربرد توابع متعامد تجربی در مطالعات اقلیم‌شناسی، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۶، شماره ۱۹.

۵-علیجانی، بهلول. ۱۳۸۳. آب و هوای ایران. انتشارات پیام نور.

۶-علیزاده، امین و همکاران. ۱۳۷۹. هوا و اقلیم‌شناسی. چاپ سوم، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

۷-کاویانی، محمدرضا. ۱۳۷۲. تحلیلی آماری از رژیم بارندگی ایران، رشد آموزش جغرافیا، شماره ۱۲.

۸-کساییان، نوید. ۱۳۸۵. تحلیل اقلیمی- آماری خشک‌سالی‌های استان گیلان طی دوره آماری (۱۹۷۳-۲۰۰۲)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، عساکره، حسین، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم انسانی.

۹-کمالی، غلامعلی. ۱۳۷۵. تغییرات شدید بارندگی در نقاط مختلف کشور در ده سال اخیر، اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم ایران، تهران.

۱۰-عساکره، حسین. ۱۳۸۷. کاربرد روش کریجینگ در میان‌یابی بارش، نشریه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، پائیز و زمستان، صفحات ۲۵ تا ۴۲.

۱۱-لشکری، حسن؛ منیره اصغرپور و علی اکبر متکان. ۱۳۸۷. تحلیل سینوپتیکی عوامل ایجاد بارش‌های سیل‌زا در استان گلستان، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۲، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۷.

۱۲-ناظم‌السادات، سید محمدجعفر و احمدرضا قاسمی. ۱۳۸۳. تأثیر نوسان‌های دمای آب دریای خزر بر بارش فصول زمستان و بهار نواحی شمالی و جنوب غربی ایران، علوم آب‌وخاک، ش ۸، صص ۱۵-۱.

۱۳-مسعودیان، سیدابوالفضل؛ محمد دارند و سکینه کارساز. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۱.

14. GOULA, B.T.A. SROHOUROU, B. and BRIDA, A.B. 2010. Zoning of rainfall in Côte d'Ivoire, International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 2(11), 6004-6015.
15. Pramudia, Aris, Koesmaryono, Yonny, Las, Irsal, June, Tania, I Wayan Astika, and Runtunuwu, Dan Eleonora. 2008. Rainfall Zoning and Rainfall Prediction Model for Food Availability and Vulnerability at Center of Paddy Area), Forum Pascasarjana Vol. 3, No. 2, 131-142.
16. Fotiadi, A.K., Metaxas D.A., and Barizokas A. 1990. A Statistical Study of Percipitation in Northwest Greece, Int. J. Climatol, No.19.
17. Lana,X., Serra, C., and Burgueno, A. 1995. Daily Precipitation Maxima in Catalonia (North-east Spain): Expected Values and their spatial Distribution, Int. J. Climatol, 15:341-354.
18. Mayes, J. 1996. Spatial and Temporal Fluctuations of Monthly Rainfall in the British Isles and Variations in the Mid-Latitude Westerly Circulation, INT. J. Climatol, No.16.
19. Steban-parta M.J.E. 1996. Spatial and Temporal Patterns of Percipitation in Spain for the Period 1889-1992, INT. J. Climatol, No. 18, x.
20. Suppian, R. 1996. Spatial and Temporal Variations in the relationships Between the Southern Oscillation Phenomenon and the Rainfall of Srilanka, Int. J. Climatol, No.16.