

پهنه‌بندی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران

فروز پوراصغر^۱

سعید جهانبخش^۲

بهروز ساری صراف^۳

هوشنگ قائمی^۴

معصومه تدینی^۵

چکیده

این تحقیق رژیم بارش سالانه نیمه جنوبی ایران را طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۴ ارائه می‌دهد. نیمه‌جنوبی ایران با استفاده از شش پارامتر اقلیمی در ۱۸۳ ایستگاه، به کمک روش تحلیل مولفه‌های اصلی و خوشه‌بندی منطقه‌بندی شده و به چهار زیر منطقه همگن تقسیم گردید. نتیجه نشان داد که روند ناهموازی‌ها و عرض جغرافیایی در مرزبندی و تفاوت‌های مکانی بین مناطق نقش بسیار مهمی دارند. تغییرات مکانی بارش و رابطه بین ایستگاه‌ها با استفاده از تحلیل مولفه‌های اصلی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل مولفه اصلی بارش سالانه، پنج مولفه را نشان داد که مجموعاً ۶۸٪ کل واریانس بارش را توصیف می‌کند. مولفه‌های اصلی بارش سالانه در نیمه جنوبی ایران توسط گردش جوی کنترل می‌شوند. تحلیل‌ها نشان داد که بارش سالانه در نیمه جنوبی ایران اساساً به کم فشار سودانی و مدیترانه ارتباط داده می‌شود.

واژگان کلیدی: رژیم بارش، تحلیل مولفه‌های اصلی، خوشه‌بندی، گردش جوی، جنوب ایران.

Email: farnaz_pourasghar@yahoo.com.

۱- دانشجوی دکتری، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۲- استاد، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۳- دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه تبریز.

۴- استاد، سازمان هواشناسی کشور.

۵- مربی، دانشگاه آزاد واحد سمنان.

مقدمه

یکی از زمینه‌های تحقیقاتی جالب توجه محافل علمی طی چند دهه اخیر، رفتار بارش در سطح محلی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای و جهانی است. مطالعات بی‌شماری در مقیاس‌های یاد شده در زمینه تغییرات بارش انجام گرفته که حاکی از تغییر مقدار و رژیم بارش در برخی نقاط و ثبات آن در نقاط دیگر می‌باشد (کاوایانی و عساکره، ۱۳۸۴: ۱۴۵). تحقیقات جدید نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی در قرن بیستم توسط تغییرپذیری در مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت توصیف می‌شود (New et al., 2001: 102; Trigo et al., 2006: 221). بنابه پیشنهاد هیئت بین الدول تغییر اقلیم، تغییرات بارش باید به طور جامع در تمام نواحی مورد بررسی قرار گیرد (IPCC, 2007). منطقه‌بندی و شناخت مناطق همگن اقلیمی، یکی از نیازهای اولیه در برنامه‌ریزی‌ها است. منطقه‌بندی‌های اقلیمی اغلب بر مبنای استفاده از متغیرهای مختلف اقلیمی صورت می‌گیرد تا بدین وسیله نقش تمامی متغیرها در تعیین اقلیم مناطق در نظر گرفته شود. اما در پاره‌ای از موارد نیاز است تا تفاوت‌های مکانی موجود در یک منطقه از نظر تغییرات مکانی تنها یک متغیر بررسی شود. به عنوان مثال منطقه‌بندی یک کشور بر اساس تغییرات مکانی بارندگی می‌تواند برای هدف‌های هیدرولوژی و مدیریت منابع آب بسیار سودمند باشد (رضیعی و عزیز، ۱۳۸۶: ۵۰). ویژگی عمده بارندگی در ایران آن است که بارش سالانه در سطح کشور هم از نظر مکانی و هم از نظر زمانی اختلاف فاحشی را نشان می‌دهد. این توزیع زمانی و مکانی بارش در ایران متأثر از توزیع سیستم‌های گردش جهانی می‌باشد که کمترین تغییر در الگوی آن، ناهنجاری‌های شدید آب و هوایی را به دنبال می‌آورد. بنابراین ناهنجاری‌های مکانی و زمانی بارش و تغییرات شدید در شدت بارندگی و تفاوت در نوع بارش از عمده‌ترین ویژگی‌های بارش ایران می‌باشد (بابائی و فرج‌زاده، ۱۳۸۱: ۵۲). از آنجا که سیل‌های ویرانگر و خشکسالی‌های پی در پی و طولانی در ایجاد رکود اقتصادی، کشاورزی و دامپروری نقش اساسی دارند، لذا شناخت توزیع مکانی و رژیم بارش از عوامل اساسی برای تصمیم‌گیری، طراحی و ارزیابی مدل‌های هیدرولوژیکی و نیز مدیریت و برنامه‌ریزی مبتنی بر آب است. هدف این تحقیق شناخت و پهنه‌بندی رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران می‌باشد و سعی گردیده به سوالاتی از قبیل

چگونگی رژیم بارش سالانه و سیستم‌های مؤثر در بارش نیمه جنوبی کشور پاسخ داده شود.

پیشینه تحقیق

مطالعات در مورد تغییرات بارش بویژه از دیدگاه آماری در دهه‌های اخیر به نحو گسترده‌ای چه به صورت نقطه‌ای و چه به صورت پهنه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است. کامری و گلن^۱ (۱۹۹۸: ۲۰۱) مناطق همگن بارش را با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی بر مبنای تغییرات بارش ماهانه و فصلی در مرز بین آمریکا و مکزیک در ۳۰۹ ایستگاه در طول دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ مطالعه کردند. در این تحقیق ۹ ناحیه پایدار با همجواری جغرافیایی زیاد به دست آمد. دیاز و رودریگو^۲ (۲۰۰۴: ۱۴۳۵) برای پهنه‌بندی مناطق همگن اقلیمی در اسپانیا با استفاده از آمار بارندگی ۳۲ ایستگاه در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۱۲ از دو روش خوشه‌بندی وارد^۳ و تجزیه به مولفه‌های اصلی استفاده کردند. با استفاده از روش فوق سه خوشه در فصول زمستان و بهار و چهار خوشه در فصول تابستان و پاییز حاصل شد. با روش تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز نتایج مشابه روش وارد حاصل گردید. مقایسه این دو روش نشان داد که تحلیل خوشه‌ای برای ارزیابی مکانی- زمانی از توزیع بارش فصلی در اسپانیا مناسب‌تر است. قاسمی و خلیلی (۲۰۰۷: ۱۴۴۵) رابطه بین الگوی گردش جوی با مقیاس منطقه‌ای و سالانه الگوی بارش فصل زمستان ایران را به دست آوردند. در این تحقیق از روش تحلیل مولفه‌های اصلی، همبستگی و تحلیل نقشه‌های سینوپتیک دوره‌های خشک و تر استفاده شده است. دو شاخص الگوی خزر شمالی و نوسان مدیترانه غربی دو شاخص‌هایی هستند که بیشترین معنی‌داری را با مولفه‌های اصلی در ایران دارند. نامبردگان همچنین نتیجه گرفتند که مولفه‌های اصلی بارش فصل زمستان با شاخص‌های آتمسفری کنترل می‌شوند. ترکش^۴ و همکاران (۲۰۰۹: ۱۰۵۶) روند و تغییرات بلند مدت بارش‌های فصلی، ماهانه و سالانه را برای ترکیه به صورت مکانی و زمانی مورد بررسی قرار

1- Comire & Glenn

2- Diaz & Rodrigo

3- Ward

4- Turkes

دادند. روند بارش توسط ضریب رتبه‌ای من کندال مورد بررسی قرار گرفت و تغییرپذیری مکانی و ارتباط بین سری بارش توسط مولفه‌های اصلی بررسی شد. علی‌رغم کاهش روند بارش در کل ترکیه بارش‌های فصول بهار، تابستان و پاییز روند افزایشی داشتند. دلیوز^۱ و همکاران (۲۰۰۹: ۱۳۱۲) تغییرات بارش‌های فصلی و سالانه شبه جزیره ایبری مدیترانه را مورد بررسی قرار دادند و از روش رتبه‌ای اسپیرمن برای بررسی معنی‌داری تغییرات بین سالی بارش استفاده کردند. برای مطالعه تغییرات میانگین بارش از روش رگرسیون خطی استفاده شد. نتایج علاوه بر شناسایی تغییرات رژیم بارش زیاد، کاهش بارش‌های فصلی و سالانه در شرق شبه جزیره ایبری را در قرن بیستم نشان داد. ساری‌صراف (۱۳۷۷: ۸۶) برای بررسی رژیم بارش در آذربایجان از داده‌های آماری ۲۶ ایستگاه در حوضه رودخانه ارس و دریاچه ارومیه در طول ۳۳ سال استفاده کرد. منطقه آذربایجان از حیث بارش به دو ناحیه شرقی و غربی تقسیم گردید. نتایج نشان داد که بارش شهرهای استان‌های آذربایجان شرقی و اردبیل به تناسب فصول از توده هواهای متفاوتی منشأ می‌گیرند، ولی بارش شهرهای استان آذربایجان غربی در طی سال به‌طور عمده متأثر از توده هواهای غربی می‌باشد. جهان‌بخش و ذوالفقاری (۱۳۸۱: ۲۳۴) نسبت به پهنه‌بندی غرب ایران از طریق بارش‌های روزانه ۲۲ ایستگاه سینوپتیک در ۸ ماه مرطوب سال (اکتبر تا مه) با به کارگیری روش تجزیه به عامل‌ها اقدام کردند. آنها یک دوره آماری ۲۰ ساله را برای این منظور انتخاب نمودند که نتیجه تحقیقات آنها پهنه‌بندی غرب ایران به پنج ناحیه متمایز بود. بابایی و فرج‌زاده (۱۳۸۱: ۵۱) تغییرات زمانی و مکانی بارش را برای دوره ۱۹۹۸-۱۹۶۶ محاسبه و ترسیم کردند. نتایج نشان داد که سال‌هایی که میانگین بارش سالانه کمتر از میانگین کل است ۱۹ سال می‌باشد. به عبارت دیگر چولگی منحنی فراوانی میانگین بارش‌های سالانه به طرف بارش‌های کمتر از میانگین می‌باشد. نتایج پهنه‌بندی تغییرات مکانی و زمانی بارش نشان‌دهنده ۷ الگوی مکانی و ۷ الگوی زمانی بارش در سطح کشور است. مسعودیان (۱۳۸۲: ۷۹) با استفاده از روش تحلیل عاملی دوران یافته سه قلمرو پربارش را در ایران شناسایی کرد. مهم‌ترین قلمرو پربارش کرانه‌های خزر است که سیستم‌های باران در آن

طی فصول تابستان و پاییز فعالند. دومین قلمرو پر بارش ایران رشته کوه زاگرس است که فعالیت سیستم‌های باران‌زای آن در فصل زمستان است. سرانجام سومین قلمرو پر بارش متعلق به آذربایجان و شمال خراسان است که در فصل بهار بارش بیشتری دریافت می‌کند. دین پژوه (۱۳۸۲: ۸۵) با استفاده از داده‌های ۷۷ ایستگاه هواشناسی کشور در دوره آماری ۱۹۹۸-۱۹۵۶ سه نوع پهنه‌بندی مکانی برای مشخص کردن مناطق مشابه از نظر اقلیم، اقلیم بارش و پهنه‌های حاصل از خشکسالی هوا شناختی در ایران به کار گرفت. برای این پهنه‌بندی‌ها از روش تجزیه به عامل و همینطور از روش خوشه‌بندی وارد استفاده کرد. برای بررسی همگنی پهنه‌های مختلف از روش L-moment و آماره S استفاده کرد. دین‌پژوه و همکاران (۱۳۸۵: ۷۶) با استفاده از آمار بارش روزانه ۸۷ ایستگاه در دوره ۱۹۵۱ الی ۲۰۰۴ ناحیه شمال غرب ایران را با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به ۸ ناحیه بارش مستقل تفکیک کردند. آنان نشان دادند در بین این ۸ ناحیه ۷ ناحیه کاملاً همگن و یک ناحیه متمایل به غیرهمگن بودن وجود دارد.

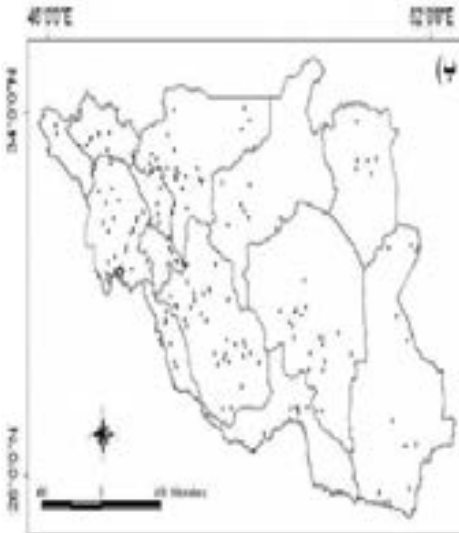
رضیی و عزیز (۱۳۸۶: ۶۲) منطقه کوهستانی غرب ایران را با استفاده از چندین پارامتر اقلیمی در ۱۷۰ ایستگاه هواشناسی پراکنده در سطح منطقه به کمک روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و خوشه‌بندی منطقه‌بندی کردند. در این فرایند ابتدا ۱۰ پارامتر مورد استفاده در تحلیل مؤلفه اصلی به چهار مؤلفه کاهش یافت و سپس با استفاده از چرخش واریماکس^۱ چرخش داده شدند. آنگاه با بهره‌گیری از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به شیوه وارد و بر مبنای مقادیر نمرات استاندارد مؤلفه‌های به‌دست آمده، ایستگاه‌های مورد استفاده در این تجزیه و تحلیل گروه‌بندی گردید و در نهایت غرب ایران به ۵ زیر منطقه همگن تقسیم شد. کاسب‌پور (۱۳۸۷: ۶۶) توزیع مکانی و زمانی بارش، دوره‌های خشک و دوره‌های مرطوب را با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ۳۲ ایستگاه باران‌سنجی در دوره آماری ۳۴ ساله بررسی کرد. پنج نوع پهنه‌بندی مکانی بر اساس بارش ماهانه، خشکی ماهانه، مرطوب ماهانه و همچنین بارش فصلی و داده‌های فصول مرطوب با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام گرفت. همچنین از روش وارد برای امکان مقایسه

نتایج حاصل از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. از آماره S برای آزمون همگنی مناطق به دست آمده استفاده گردید. نتایج نشان داد که علی‌رغم وجود شباهت در میان پهنه‌های حاصل از کاربرد روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر روی بارش ماهانه، خشکی ماهانه، مرطوب ماهانه، بارش فصلی و فصول مرطوب بیشتر بود. اکثر پژوهش‌های صورت گرفته با تعداد معدودی ایستگاه به پهنه‌بندی اقلیمی در شمال غرب، غرب و یا کل کشور پرداختند و توجه کمی به رژیم بارش در ناحیه جنوبی ایران شده است. این تحقیق علاوه بر مطالعه جامع مشخصات بارش در ناحیه جنوب ایران به شناسایی رژیم بارش و پهنه‌بندی آن پرداخته و همچنین با به‌کارگیری روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تحلیل جدیدی از بارش منطقه به منظور تعیین مناطق همگن جغرافیایی از نظر ورودش بارش ارائه می‌نماید.

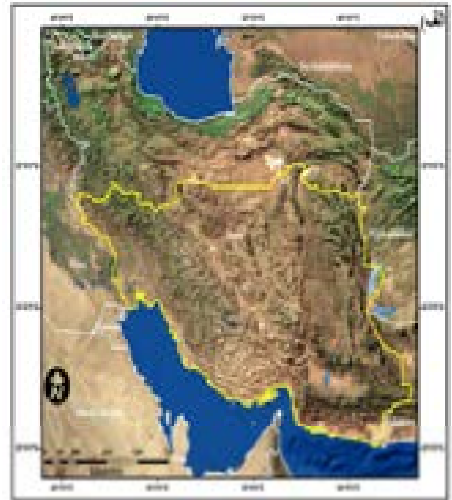
مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف شناسایی رژیم بارش سالانه نیمه جنوبی کشور طی بازه زمانی ۱۹۷۴ تا ۲۰۰۵ تکوین یافته است. منطقه مورد مطالعه این تحقیق استان‌های نیمه جنوبی کشور به ترتیب شامل استان‌های چهارمحال بختیاری، ایلام، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، خوزستان، اصفهان، فارس، بوشهر، کرمان، هرمزگان، یزد، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان می‌باشند نقشه (۱- الف). داده‌های بارش مربوط به دوره مذکور از اطلاعات ایستگاه‌های سینوپتیکی، اقلیم‌شناسی، باران‌سنجی سازمان هواشناسی و سازمان منابع آب ایران (تماب) جمع‌آوری شدند نقشه (۱- ب). از آنجایی که بارش در نیمه‌جنوبی ایران به طور عمده در ماه‌های سرد سال به‌وقوع می‌پیوندد و در ماه‌های گرم سال (ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر) مقدار آن به جز در نیمه جنوب شرق ایران ناچیز می‌باشد، لذا بارش سالانه در فاصله ماه‌های اکتبر تا مه در نظر گرفته شد. خلأهای موجود در بعضی از ایستگاه‌ها توسط ایستگاه‌های مجاور بازسازی شده و با استفاده از آزمون تست همگنی^۱، همگنی داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. بعضی از ایستگاه‌ها به علت کیفیت پایین داده‌ها و نیز داشتن داده‌های گم شده زیاد حذف شدند و تعداد ۱۸۳ ایستگاه برای این تحقیق انتخاب گردید (جزایر مورد بررسی قرار

نگرفتند). تحلیل مولفه‌های اصلی و خوشه‌بندی از جمله روش‌هایی هستند که برای منطقه‌بندی اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند (حیدری و علیجانی، ۱۳۸۷: ۵۹)، (دین‌پژوه، ۱۳۸۵: ۲۲) و (Demirel et al., 2007: 146).



ب) نقشه توزیع ایستگاه‌ها



نقشه (۱ الف) نقشه منطقه مورد مطالعه

برای بررسی تغییرات بارش سالانه و توزیع فراوانی بارش در منطقه مورد مطالعه میانگین بارش، ضریب تغییرات، ضریب چولگی، پخی، حداکثر و حداقل بارش به عنوان متغیرهای اقلیمی جهت ساخت ماتریس همبستگی مورد استفاده قرار گرفتند. بدین ترتیب یک ماتریس همبستگی 183×6 (۱۸۳ ایستگاه و ۶ پارامتر) به عنوان ورودی مدل تحلیل مولفه‌های اصلی تشکیل گردید. پس از اجرای تحلیل مولفه‌های اصلی بر روی ماتریس یاد شده مولفه‌های اول و دوم برای منطقه‌بندی انتخاب شد و به منظور به‌دست آوردن مولفه‌های با بارگویه بالا و متمایز از یکدیگر با استفاده از روش واریماکس چرخانده شدند. سپس با روش خوشه‌بندی وارد ایستگاه‌ها منطقه بر اساس نمرات استاندارد مولفه‌های انتخابی به دسته‌های همگن گروه‌بندی شدند (رضیی و عزیز، ۱۳۸۶: ۴۸).

وردش مکانی بارش از فاکتورهای محلی و منطقه‌ای تأثیر می‌پذیرد. به منظور نمایش رابطه مکانی (خود همبستگی جغرافیایی) بین ایستگاه‌ها که به‌طور تصادفی در نیمه جنوبی ایران توزیع شده‌اند و همچنین مطالعه سیستم‌های موثر بارش در منطقه، از روش تحلیل مولفه اصلی برای ارزیابی وردش بلندمدت بارش سالانه استفاده گردید (Turkes et al., 2009: 1059). برای این منظور ماتریس همبستگی به صورت 30×183 (۱۸۳ ایستگاه و ۳۰ سال) تنظیم شد. پس از اجرای تحلیل مولفه اصلی بر روی ماتریس یاد شده با بهره‌گیری از نمودار غربالی مولفه‌های اول تا پنجم انتخاب شدند و به منظور به‌دست آوردن مولفه‌هایی با بار گویه بالا و متمایز از روش واریماکس چرخانده شدند. برای نمایش مولفه‌های اول تا پنجم و نقشه‌های توزیع جغرافیایی بارهای عاملی اصلی از خطوط پربند^۱ استفاده گردید. نرم‌افزار ArcGIS و روش کریجینگ^۲ برای رسم نقشه‌ها و خطوط پربندها مورد استفاده قرار گرفت.

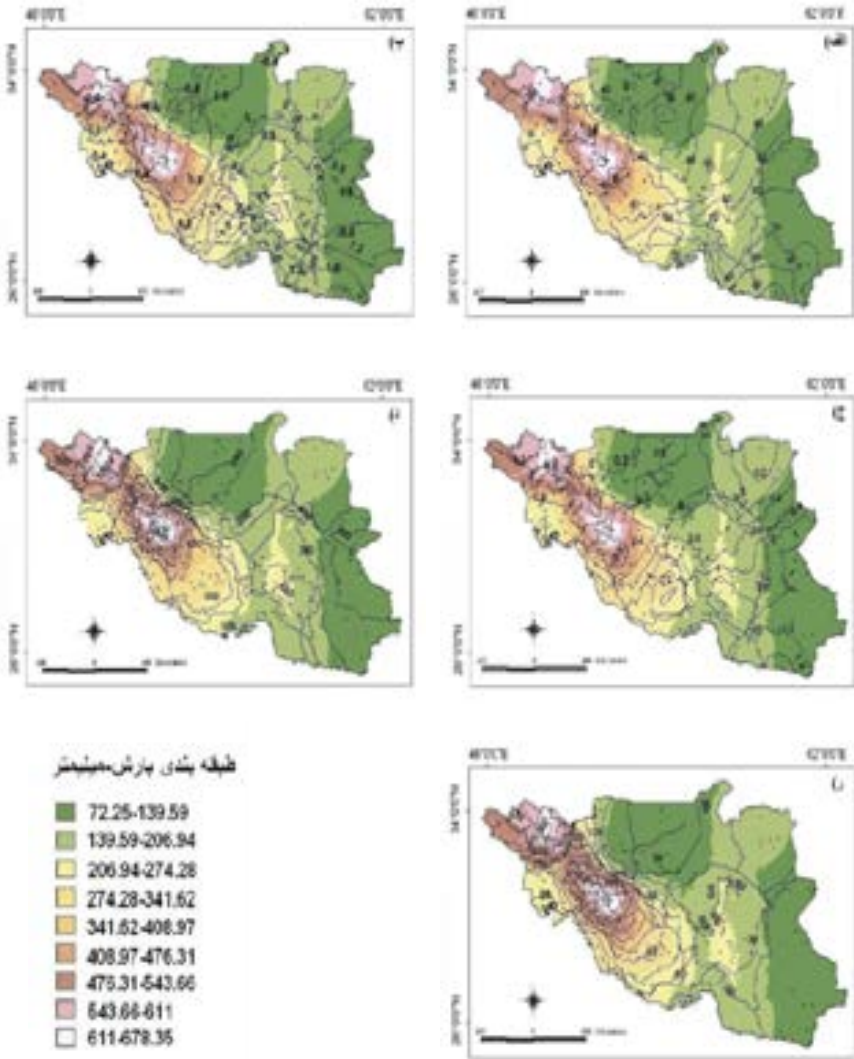
نتایج و بحث

برای بررسی ویژگی‌های بارش ۳۱ سال برای دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۴ (اکتبر- مه) از نقشه‌های پهنه بندی و خطوط پربند استفاده شد. در نقشه‌های ۱ تا ۵ پهنه‌بندی میانگین بارش ۳۱ سال با خطوط پربند ضریب تغییرات، چولگی، پخی، حداکثر و حداقل بارش ارائه شده است. نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهند که بیشترین مقادیر بارش متعلق به ارتفاعات زاگرس با میانگین ۸۶۵ میلی‌متر بوده و در این میان ایستگاه تله زنگ واقع در استان خوزستان با میانگین ۱۱۷۲/۶ میلی‌متر بیشترین میانگین بارش را در دوره مورد مطالعه داشته است. استان‌های فارس، بوشهر، خوزستان به ترتیب با میانگین ۴۱۰، ۴۰۹ و ۳۹۶ بعد از ارتفاعات زاگرس بیشترین مقادیر بارش را در منطقه داشته‌اند. همانطور که از نقشه‌ها مشاهده می‌شود میانگین بارش از جنوب غربی به سمت شمال شرقی و شرق کاهش یافته است. نواحی سیستان و بلوچستان و نواحی مرکزی اصفهان از بارش کمتری برخوردار هستند. نقشه (۲- الف) علاوه بر میانگین بارش، ضریب تغییرات بارش را به صورت خطوط پربند در

1- Contour

2- Kriging

منطقه نشان می‌دهد. کمترین ضریب تغییرات در نواحی غربی (تقریباً ۳۰٪) می‌باشد. این تغییرات از غرب به شرق افزایش یافته و در جنوب شرقی این ضریب تغییرات به ۹۰٪ نیز می‌رسد. معمولاً ضریب تغییرات کم معرف پایداری، نظم و ثبات در وردایی (تغییرپذیری) و افت و خیزهای اقلیمی بوده و قابلیت اعتماد بویژه برای بارش بیشتر می‌شود در حالی که ضریب تغییرات بالا معرف ناپایداری بارش می‌باشد. با توجه به مطالعات انجام شده روی ویژگی‌های بارش در منطقه، پخی در نواحی جنوبی ایران زیاد و مثبت بوده و در نواحی شمالی منطقه مورد مطالعه کم و منفی می‌باشد نقشه (۲-ب). چولگی نیز در نواحی شمالی کم ولی در نواحی جنوبی مخصوصاً در نواحی جنوب شرقی زیاد می‌باشد. این امر نشان می‌دهد که مقادیر بارش‌ها به سمت بارش‌های بیشتر از میانگین می‌باشد نقشه (۲-ج). نقشه (۲-د) تغییرات میانگین حداکثر بارش ۳۱ ساله را نشان می‌دهد که این تغییرات از غرب به شرق کاهش یافته است. میانگین حداکثر مقدار بارش در ارتفاعات زاگرس با میانگین ۱۴۳۹، در یزد ۲۱۰ و در سیستان و بلوچستان ۲۶۹ میلی‌متر می‌باشد. میانگین حداقل بارش نیز در ارتفاعات زاگرس ۴۵۱، در یزد ۲۴/۷ و در سیستان و بلوچستان ۹ میلی‌متر می‌باشد نقشه (۲-ر). توزیع مکانی تغییرات میانگین، ضریب تغییرات، چولگی، پخی، حداکثر و حداقل بارش از غرب به شرق در جدول (۱) ارائه شده است. همانطور که از جدول (۱) مشاهده می‌شود میانگین بارش از غرب به شرق در منطقه مورد مطالعه کاهش یافته و ضریب تغییرات افزایش داشته است.



نقشه (۲) پهنه‌بندی میانگین بارش و الف) خطوط پربند ضریب تغییرات ب) خطوط پربند پخی ج) خطوط پربند چولگی د) خطوط پربند حداکثر بارش ر) خطوط پربند حداقل بارش

جدول (۱) ویژگی‌های آماری بارش از غرب به شرق در منطقه مورد مطالعه

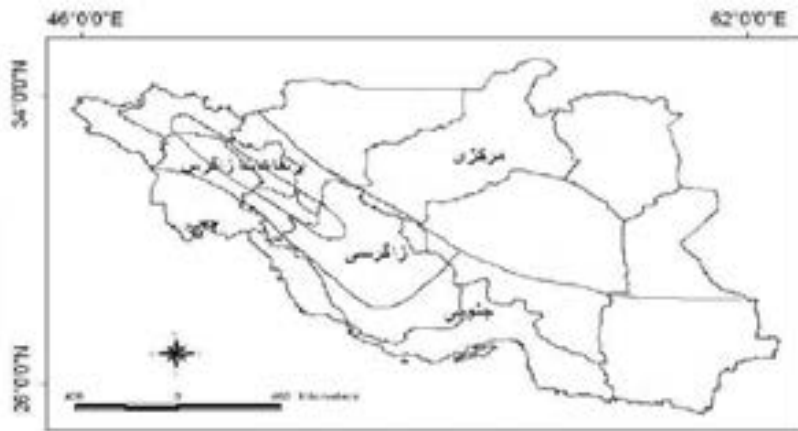
طول جغرافیایی	۴۵-۴۷	۴۷-۴۹	۴۹-۵۱	۵۱-۵۳	۵۳-۵۵	۵۵-۵۷	۵۷-۵۹	۵۹-۶۱	۶۱-۶۳
تعداد ایستگاه	۲	۲۱	۲۶	۵۳	۲۸	۱۸	۱۴	۱۴	۷
میانگین بارش (mm)	۵۸۴/۳	۴۴۹/۴	۴۱۶/۶	۳۷۴/۹	۲۰۲/۲	۱۸۵/۸	۲۰۵/۷	۱۳۱	۹۲/۱
ضریب تغییرات	%۲۰	%۳۰	%۳۰	%۳۰	%۴۰	%۵۰	%۶۰	%۶۰	%۷۰
چولگی	۰/۲	۰/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۶	۰/۶	۱/۱	۰/۷	۱
پخی	۰/۲	۰/۲	۰/۲	-۰/۳	۰/۳	۰/۳	۱/۵	۰/۹	۰/۸
حداکثر (mm)	۶۰۹/۶	۱۱۷۲/۶	۷۹۶/۱	۸۷۶/۵	۳۹۱	۲۳۶/۳	۴۴۸/۴	۲۰۹/۶	۱۸۳/۷
حداقل (mm)	۵۵۹/۱	۱۶۹/۸	۲۱۱/۹	۷۸/۵	۶۰/۲	۱۲۹/۷	۴۷/۲	۷۳/۵	۴۹

جدول (۲) نتیجه تحلیل مولفه‌های اصلی برای تعیین منطقه‌بندی اقلیمی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور ملاحظه می‌شود که مولفه‌های اول و دوم ۸۹٪ واریانس داده‌ها را توصیف می‌کنند. با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی نمرات استاندارد این مولفه‌ها، منطقه مورد مطالعه از نظر رژیم بارندگی سالانه به چهار زیر منطقه مرکزی، زاگرس، ارتفاعات زاگرس و جنوبی تقسیم شد نقشه (۳).

جدول (۲) ارزش ویژه و واریانس تبیین شده بوسیله مولفه‌های چرخش داده شده

پارامتر	بارگویه ۱	بارگویه ۲
میانگین بارش	۰/۹۷۸	-۰/۱۷۸
حداکثر	۰/۹۷۷	۰/۰۶۶
حداقل	۰/۹۴۷	-۰/۲۴۹
ضریب تغییرات	-۰/۴۱۶	۰/۷۳۳
چولگی	۰/۰۱۵	۰/۹۶۴
پخی	-۰/۰۶	۰/۸۹۱
درصد واریانس توضیح داده شده	۴۹/۶۹	۳۹/۳۲
درصد تجمعی واریانس توضیح داده شده	۴۹/۶۹	۸۹/۰۱

نتایج نشان می‌دهند که میانگین، حداکثر و حداقل بارش بیشترین سهم را در طبقه‌بندی مناطق داشته‌اند. منطقه زاگرس که در امتداد محور زاگرس گسترش دارد عمدتاً به وسیله کوه‌ها و سرزمین‌های مرتفع تشکیل شده است، مقادیر بارندگی زیادی را دارا هستند. نواحی مرکزی به دلیل کاهش ارتفاعات و کویری بودن و عبور سامانه‌های جوی از روی ارتفاعات بر روی نواحی پست و کم ارتفاع کمترین بارش را در نیمه جنوبی کشور دارند. ارتفاعات زاگرس بیشترین مقدار بارندگی را در نیمه جنوبی کشور کسب می‌کنند. نواحی جنوبی شامل بخش‌های جنوبی و جنوب غربی رشته کوه زاگرس و نواحی هرمزگان می‌باشد. درصد نسبتاً بالای بارندگی پاییزه از ویژگی‌های این منطقه به‌شمار می‌رود. جدول (۳) مشخصات هر کدام از این خوشه‌ها را توصیف می‌نماید.



نقشه (۳) منطقه بندی جنوب کشور از نظر رژیم بارش

جدول (۳) مشخصات خوشه‌ها

تعداد ایستگاه	حداقل	حداکثر	پخی	چولگی	ضریب تغییرات	میانگین	خوشه
۳۰	۲۷۹/۴	۹۵۸	۰/۴	-۰/۱	٪۳۰	۵۶۴	زاگرسی
۸	۴۶۸/۴	۱۴۹۸/۸	۰/۴	-۰/۴	٪۳۰	۹۰۷/۸	ارتفاعات زاگرس
۷۹	۳۵/۶	۲۸۱/۸	۰/۵	۰/۴	٪۵۰	۱۳۴/۱	مرکزی
۶۶	۱۲۰/۵	۶۰۸/۷	۰/۶	۰/۵	٪۴۰	۳۱۴/۷	جنوبی

نتایج حاصل از مولفه‌های اصلی بارش سالانه

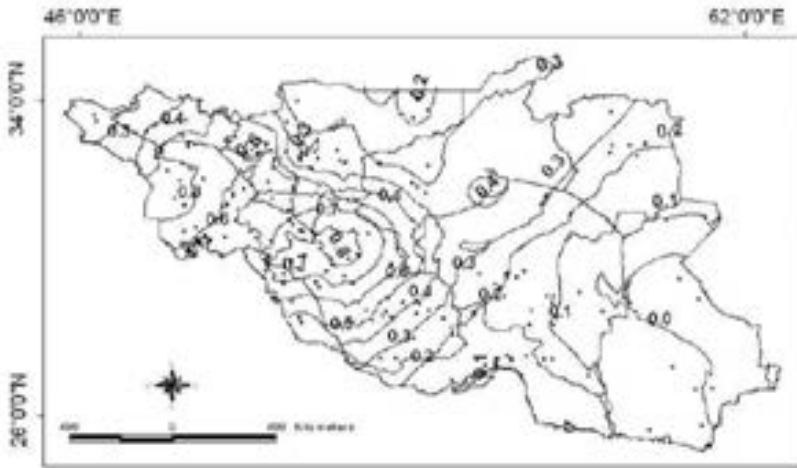
جدول (۴) نتایج تحلیل مولفه‌های اصلی را بر روی بارش سالانه ۱۸۳ ایستگاه نشان می‌دهد. با توجه به جدول مذکور ملاحظه می‌شود که مولفه‌های اول تا پنجم ۶۸٪ واریانس داده‌ها را توجیه می‌نماید. از نقشه‌های جغرافیایی برای نمایش توزیع بارهای عاملی پنج مولفه اصلی استفاده گردید. بارهای عاملی همبستگی بین متغیرهای اصلی و عوامل را بیان می‌کند. اگر مقادیر بار عاملی مجذور شوند نشان می‌دهند که چند درصد واریانس در یک متغیر توسط آن عامل تبیین می‌شود.

جدول (۴) مقادیر ویژه، درصد و مقدار تجمعی واریانس پنج مولفه اصلی چرخش یافته برای بارش سالانه

مولفه اصلی	مقادیر ویژه	واریانس %	درصد واریانس تجمعی %
۱	۴۳/۰۱۵	۲۳/۲۳	۲۳/۲۳
۲	۳۱/۶۲۹	۱۶/۵۲	۳۹/۷۶
۳	۲۱/۱۰۹	۱۱/۴۷	۵۱/۲۳
۴	۲۱/۰۰۳	۹/۴	۶۰/۶۳
۵	۱۳/۶۱۵	۷/۱۲	۶۷/۷۵

علامت الگوهای مولفه‌های اصلی نشان می‌دهند که ممکن است سیستم‌های جوی متفاوتی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار دهند. اما علائم و مقیاس‌ها هیچ توصیف فیزیکی از سیستم‌های محلی را ندارند. نقشه (۴) توزیع بار عاملی مولفه اول را نشان می‌دهد. مولفه اول ۲۳/۲٪ واریانس داده‌ها را توجیه می‌نماید. مقادیر ضریب همبستگی از غرب به شرق کاهش یافته و بیشترین مقدار همبستگی مربوط به جنوب غربی می‌باشد. رژیم بارش تحت تأثیر سیستم کم‌فشار سودانی است. در این حالت جریانات جنوب غربی- جنوبی به سمت شمال عربستان حرکت کرده و وارد خوزستان می‌شود. در این زمان پر فشاری که در شمال شرق عربستان و جنوب خلیج فارس مستقر است مانع از حرکت این سیستم به سمت شرق شده و لذا با جریانات ارتفاعات ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتو پاسکال منطبق نمی‌شود. هر قدر جریانات از سطح زمین تا ۵۰۰ هکتو پاسکال به سمت جنوب متمایل باشد

این حرکت به سمت شمال خواهد بود و در نتیجه جنوب غرب ایران را مورد تهاجم قرار خواهد داد.

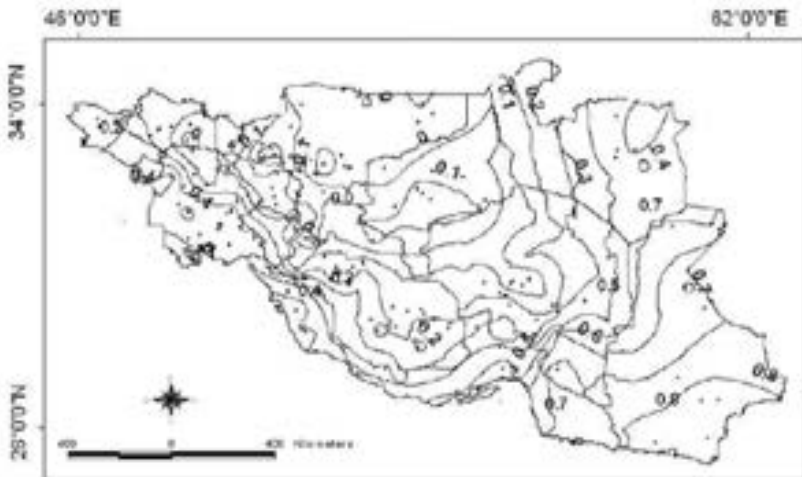


نقشه (۴) توزیع مکانی بار عاملی مولفه اول

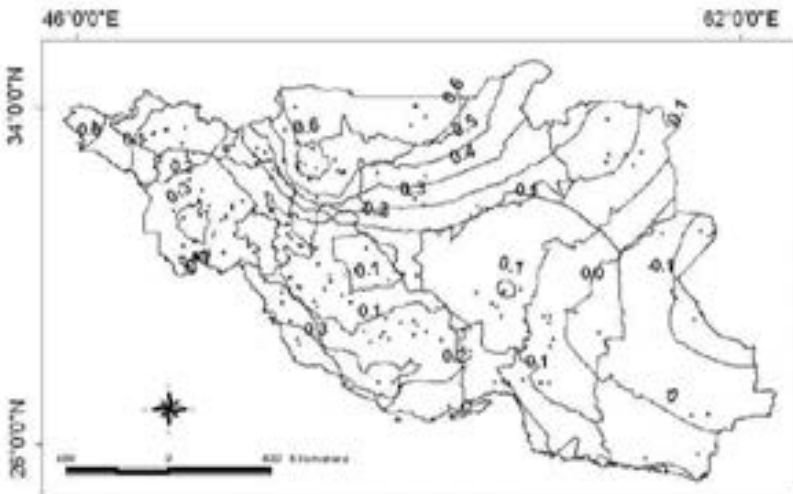


نقشه (۵) توزیع مکانی بار عاملی مولفه دوم

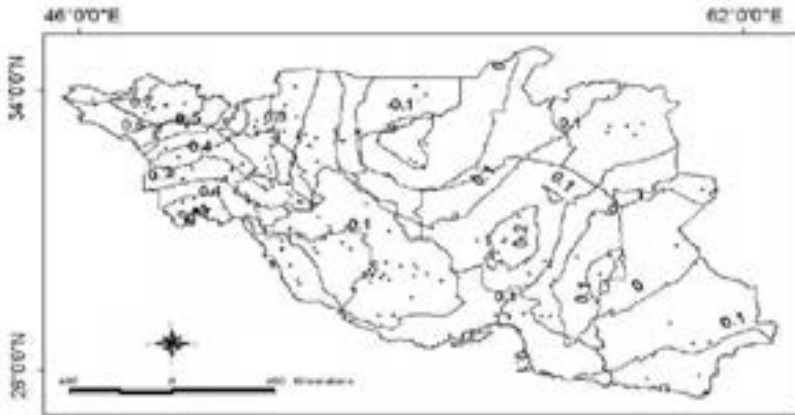
مقدار ویژه مولفه دوم ۱۶/۵٪ از واریانس کل بارش سالانه را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود ضرایب همبستگی از جنوب به سمت شمال کاهش می‌یابد. الگوی دوم نیز نفوذ کم‌فشار سودانی را در حالتی که از سمت جنوب غربی - غرب به سمت شمال شرقی - شرق وارد می‌شود نشان می‌دهد. در این الگو کم‌فشار سودانی از مرکز عربستان عبور کرده و وارد بوشهر و بندرلنگه می‌شود و مناطق شرق بوشهر، شرق فارس، غرب هرمزگان و کرمان را تحت تاثیر قرار می‌دهد (نقشه ۵). نقشه ۶ مولفه سوم را نشان می‌دهد که تقریباً ۱۱/۴٪ از واریانس کل بارش منطقه را تبیین می‌نماید. بیشترین ضریب همبستگی در جنوب شرقی می‌باشد که به سمت شمال و شمال غربی کاهش می‌یابد. زمانی که جریانات از زمین تا ۵۰۰ هکتو پاسکال طوری باشند که به سمت نواحی شمال شرق عربستان حرکت کنند در این حالت کم‌فشار سودانی نواحی شرق هرمزگان، سیستان و بلوچستان و کرمان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مولفه چهارم ۹/۴٪ از واریانس کل بارش را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود برخلاف مؤلفه‌های اصلی قبلی بیشترین ضریب همبستگی در نواحی شمالی می‌باشد که به سمت جنوب کاهش داشته است. رژیم بارشی تحت تاثیر سیستم مدیترانه‌ای می‌باشد که از غرب ایران وارد می‌شود و رشته کوه زاگرس مرکزی مانع از ورود سیستم به نواحی جنوبی شده، لذا نواحی شمال اصفهان، کاشان، اردکان، نطنز و یزد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مقدار منفی در نیمه جنوب شرقی حاکی از نفوذ کم‌فشار سودانی است (نقشه ۷). پنجمین مؤلفه ۷/۱٪ از واریانس بارش سالانه را توصیف می‌کند. مقدار ضریب همبستگی از شمال غربی به سمت شرق کاهش یافته است. بیشترین مقدار در شمال غربی منطقه می‌باشد که نشان‌دهنده نفوذ سامانه‌ای است که از نواحی غربی وارد کویر می‌شود و رشته کوه زاگرس مرکزی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. مقدار منفی در شمال منطقه مورد مطالعه معرف ورود سامانه‌هایی از نواحی شیب‌های جنوبی زاگرس است که از خرم‌آباد و شهر کرد وارد اصفهان می‌شوند (نقشه ۸).



نقشه (۶) توزیع مکانی بار عاملی مولفه سوم



نقشه (۷) توزیع مکانی بار عاملی مولفه چهارم



نقشه (۸) توزیع مکانی بار عاملی مولفه پنجم

نتیجه‌گیری

مطالعه مجموع بارش سالانه (اکتبر تا مه) دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۷۴ نشانگر روند کاهش میزان بارش از غرب به شرق و تراکم میزان بارش در ارتفاعات می‌باشد. ضریب تغییرات از غرب به شرق افزایش یافته بویژه در ناحیه جنوب شرقی که معرف ناپایداری بارش در این منطقه می‌باشد. چولگی منحنی فراوانی بارش‌های سالیانه نیمه جنوبی ایران از شمال به جنوب و جنوب شرقی افزایش داشته است. نتایج حاصل از تحقیق، چهار زیر منطقه همگن را از نظر رژیم بارش در نیمه جنوبی ایران شناسایی کرد که جهت‌گیری آنها با ناهمواری‌های نیمه جنوبی ایران کاملاً هماهنگ و نقش کوهنگاری و عرض جغرافیایی در مرزبندی مناطق بارشی دیده می‌شود. نتایج حاصل از بررسی رابطه مکانی تغییرات بارش سالانه ایستگاه‌های نیمه جنوبی ایران پنج مولفه اصلی را برای منطقه مورد مطالعه نشان داد که مجموعاً ۶۸٪ واریانس داده‌ها را توجیه می‌نمایند. مؤلفه‌های اصلی بارش سالانه در نیمه جنوبی ایران توسط گردش جوی کنترل می‌شود. سیستم‌های کم‌فشار سودانی و مدیترانه‌ای بیشترین تأثیر را در رژیم بارش سالانه نیمه جنوبی ایران دارند (ایزدنگهدار (۱۳۷۰)، خوش اخلاق (۱۳۷۶)، خلیج (۱۳۸۱)، لشگری (۱۳۷۵ و ۱۳۸۱ و ۱۳۸۲)، رضیی (۲۰۱۱)). نتایج این تحقیق مطالعات بابایی و فرج‌زاده (۱۳۸۱)، مسعودیان (۱۳۸۲) و رضیی (۱۳۸۶) را برای منطقه مورد مطالعه تأیید می‌نماید.

منابع

- ۱- ایزدنگهدار، زهرا (۱۳۷۰) «بررسی سینوپتیکی بعضی از سیستم‌های مدیترانه‌ای مخصوص و اثرات آن بر روی ایران»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، موسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.
- ۲- بابائی فینی، ام‌السلمه و فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۸۱)، «الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران»، *مدرس*، شماره ۴، ۷۰-۵۱.
- ۳- جهانبخش، سعید و ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۱)، «بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره ۶۴، ۲۵۸-۲۳۴.
- ۴- حیدری، حسن و علیجانی، بهلول (۱۳۷۸)، «طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چندمتغیره»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۳۷، ۷۴-۵۷.
- ۵- خلیج، علی (۱۳۸۱)، «تحلیلی بر تاثیر رشته کوه زاگرس روی سیستم های سینوپتیکی موثر بر اقلیم ایران مرکزی»، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- خوش اخلاق، فرامرز (۱۳۷۶)، «بررسی الگوهای ماهانه خشکسالی و تر سالی در ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۴۵، ۱۵۴-۱۳۶.
- ۷- دین‌پژوه، یعقوب (۱۳۸۲)، «تحلیل خشکسالی‌های هواشناختی با استفاده از آنالیز الگوها»، پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- ۸- دین‌پژوه، یعقوب؛ فاخری‌فرد، احمد و مقدم‌واحد، محمد (۱۳۸۵)، «گزارش نهایی طرح تحقیقاتی بررسی بارش‌های شمال غرب ایران با روش آنالیز الگوها»، دانشکده کشاورزی مراغه، دانشگاه تبریز.
- ۹- رضیی، طیب و عزیزی، قاسم (۱۳۸۶)، «منطقه‌بندی رژیم بارشی غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل مولفه‌های اصلی و خوشه‌بندی»، *تحقیقات منابع آب ایران*، شماره ۲، ۶۵-۶۲.
- ۱۰- ساری‌صراف، بهروز (۱۳۷۷)، «تحلیل رژیم بارش ماهانه حوضه‌های ارس و دریاچه ارومیه و مجاسبه ضریب جریان»، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

- ۱۱- کاسب‌پور، فاطمه (۱۳۸۷)، «پهنه‌بندی خشکسالی هواشناختی استان آذربایجان شرقی با روش تجزیه به مولفه‌های اصلی»، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
- ۱۲- کاویانی، محمدرضا و عساکره، حسین (۱۳۸۴)، «بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان»، *مجله پژوهش دانشگاه اصفهان*، شماره ۱، ۱۶۲-۱۴۳.
- ۱۳- لشگری، حسن (۱۳۷۵)، «الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید در جنوب غرب ایران»، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس.
- ۱۴- لشگری، حسن (۱۳۸۱)، «مسیریابی سامانه‌های کم‌فشار سودانی ورودی به ایران» *مدرس*، (ویژه‌نامه جغرافیا)، ۲، ۱۵۶-۱۳۳.
- ۱۵- لشگری، حسن (۱۳۸۲)، «مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر روی بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۴۶، ۱۸-۱.
- ۱۶- مسعودیان ابوالفضل (۱۳۸۲)، «بررسی پراکندگی جغرافیایی بارش در ایران به روش تحلیل عاملی دوران یافته»، *مجله جغرافیا و توسعه*، ۸۸-۷۹.
- 17- Comrie A.C. and Glenn, E.C. (1998), "Principal Components Based Regionalization of Precipitation Regimes Across the South West United Ddates and Northern Mexico with an Application to Monsoon Precipitation Variability", *Journal of Climate Research*, 10, 201-215.
- 18- Demirel C.M and Mariano A.J and Kahya E. (2007), "Performing K-means Analysis to Drought Principal Components of Turkish rivers", *Journal of Hydrology Days*, 145-151.
- 19- Diaz D.M and Rodrigo F.S. (2004), "Spatio-temporal Patterns of Seasonal Rainfall in Spain (1912-2000) Using Cluster and Principal Component Analysis", *Journal of Annales Geophysicae*, 22, 1435-1448.
- 20- Deluis m, Gonzaaales-hidalgo J., Longares L.A and Stepank P. (2009), "Seasonal Orcipitation Trends in the Mediterranean Iberian Peninsula in Second half of 20th Ventry", *International Journal of Climatology*, 29, 1312-1323.

- 21- Ghasemi A.R and Khalili D. (2007), "The Association between Regional and Global Atmospheric Patterns and Winter Precipitation in Iran", *Atmospheric Research*, 1435-1448.
- 22- IPCC (2007), "*Climate Change Scientific Basis*", Cambridge University Press, Cambridge, Newyork.
- 23- New M, Todd M., Hulme M, Jones PD. (2001), "Precipitation Measurements and Trends in the Twentieth Century", *International Journal of Climatology*, 89-106.
- 24- Raziei T., Mofidi A., Santos J.A, Bordi I. (2011), "Spatial Patterns and Regims of Daily Precipitation in Iran Relation to Large-scale Atmospheric Circulation", *International Journal of Climatology*.
- 25- Doi:10.1002/joc.2347
- 26-Trigo R, Zoplaki E, et al. (2006), "Relations between Variability in the Mediterranean Region and Mid-latitude Variability, In Chapter 3 of Mediterranean Climate Variability", Lionello P, Malanotte-Rizzoli P., Boscolo R(eds). *Elsevier Developments in Earth & Environmental Sciences*, 4: Amsterdam, 179-226.
- 27-Turkes M., Koc T. and Saris F. (2009), "Spatiotemporal Variability of Precipitation Total Series Over Turkey", *International Journal of Climatology*, 29, 1056-1074.