

هویت اقلیمی سرزمینی و سیاست‌گذاری‌های مدیریت منابع آبی از دیدگاه ژئومورفولوژی

فرخ ملک‌زاده، - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه اصفهان، ایران.
محمد حسین رامشت* - استاد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه اصفهان، ایران.
سمیه سادات شاه زیدی - استادیار، ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۰۲/۱۶ تأیید نهایی: ۱۴۰۳/۰۶/۱۴

چکیده

سیاست‌گذاری‌ها در حوزه مدیریت منابع آبی معمولاً به اتکا داده‌های اقلیمی و در چارچوب تحلیل‌های آماری صورت می‌گیرد، غافل از آنکه این شیوه‌ها، غالباً بدون پشتوانه‌های فلسفه محیطی راهگشا نخواهند بود. درک مفهوم هویت اقلیمی در حوزه مدیریت منابع آبی می‌تواند نگاه سیاست‌گزاران را دگرگون سازد. اگرچه مفهوم هویت بیشتر در مطالعات اجتماعی بکار می‌رود ولی بررسی‌های اخیر ژئومورفولوژیست‌ها بر این نکته تأکید دارد که سرزمین‌ها نیز دارای هویت خاصی هستند که همانند جوامع بشری عملکردی براساس این ویژگی‌ها از خود بروز می‌دهند و عدم شناخت و بی‌توجهی به آن، اجرای بسیاری از سیاست‌ها را با ناکامی روبرو می‌سازد. بررسی‌های اخیر مطالعات جغرافیایی نشان می‌دهد، اگرچه تحلیل داده‌های یکسان، می‌تواند با روش‌های آماری متعددی صورت گیرد ولی همیشه نتایج بدست آمده یکسان نیست و این موضوع می‌تواند در فهم هویت اقلیمی ما را باری دهد. این مقاله که حاصل بررسی‌های داده‌های بارش ایران در یک دوره زمانی (۳۰ ساله) و براساس تحلیل همسازها و به اتکا تکنیک‌های شاخص ناهنجاری، تحلیل خوشه‌ای، آزمون ران‌تست، آزمون ران‌چارت و آزمون من - کندال برای سه مؤلفه میانگین بارش، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش ایستگاه‌های منتخب صورت گرفته، حاکی از آن است که: هویت اقلیمی ایران از مبانی فلسفی رخدادهای بی‌قاعده پیروی کرده که در ژئومورفولوژی تحت عنوان حوادث کاتاستروف از آن یاد می‌شود و شرط کامیابی در سیاست‌گذاری‌های آبی به رسمیت شناختن چنین هویت اقلیمی در ایران است. ذخیره‌سازی و ایجاد نظام شبکه سراسری که بتواند توانایی وزارت نیرو را در جابجایی آب ناشی از بارش‌های تصادفی، میسر سازد به عنوان آبر سیاست نظام مدیریت آبی می‌تواند کارساز باشد.

واژگان کلیدی: هویت اقلیمی، تحلیل همسازها، کاتاستروف.

مقدمه

با توجه به قرارگیری ایران در محل گذار اقلیم حاره‌ای به اقلیم عرض‌های میانه و تغییرپذیری زمانی و فضایی شدید بارش، موضوعات مرتبط با بارش و منابع آب از دیرباز یکی از مهم‌ترین مسائل مورد توجه در این سرزمین بوده‌است (کریمی و فرج‌زاده، ۱۳۹۰). در اغلب نوشته‌های سیاست‌گزاران و محققان حوزه مدیریت منابع آبی معمولاً اتکا به داده‌های اقلیمی در چارچوب تحلیل‌های آماری دیده می‌شود، غافل از آنکه این شیوه‌ها، غالباً بدون پشتوانه‌های فلسفه محیطی راهگشا نخواهند بود. سرزمین ایران، یک متن جغرافیایی است که سامانه‌های شکل‌زایی چند متغیره (برودتی (C)، حرارتی (W)، رطوبتی (H) و حرارتی-رطوبتی (W-H)) و برخوردار از سیستم‌های متنوع و متفاوت اقلیمی (مدیترانه‌ای-خزری، سودانی-خلیج‌فارس و موسمی-عمانی) سبب ایجاد شاخصه‌های سرزمینی می‌شوند که در اصطلاح به آن هویت اقلیمی گفته می‌شود. هویت اقلیمی را می‌توان ویژگی خاصی دانست که متن جغرافیای اقلیمی سرزمینی را شکل می‌دهد و نحوه بروز حوادث اقلیمی را به عنوان یک خصیصه ذاتی سرزمین تقریر می‌کند. به عبارت دیگر می‌توان هویت اقلیمی یک منطقه را چارچوبه‌ای دانست که سیستم‌های جوی در قالب آن عمل می‌کنند و بدیهی است که یک سیستم جوی ممکن است در یک متن جغرافیایی رفتاری را از خود بروز دهد که در متن جغرافیایی دیگری چنین رفتاری از آن سر نزنند. این چنین مفهومی غالباً در سیاست‌گذاری‌های مدیریت منابع آبی اثری عمیق دارد و بدون درک چنین واقعیت‌هایی امکان تحقق اهداف سیاست‌گذار غالباً عقیم خواهد ماند. راهبردهای مدیریت منابع آبی ایران از زمان ترومن به این سو بر اساس دو محور خاص تولید انرژی برق‌آبی و کشاورزی وسیع^۱ استوار بوده است. از این رو در یازده دشت بزرگ ایران این دو راهبرد شالوده‌های اصلی فعالیت وزارت نیرو در این سال‌ها بوده و لذا طرح ذخیره‌سازی آب بر روی رودخانه‌های مهم ایران تدارک شده است. همه این راهبردها ناشی از نوعی تحلیل از میزان بارش در ایران بوده که در اصطلاح به آن می‌توان راهبرد مدیریت میانگین‌ها نام نهاد. ایران در طول این سال‌ها مسائل متعددی را در حوزه آب شاهد بوده است که تدوین استراتژی-کلان مدیریت منابع آبی را بیش از پیش برای متولیان آب کشور ضروری کرده و لذا به تدوین سه سند راهبردی در این زمینه مبادرت کرده‌اند که می‌توان از آنها تحت عناوین طرح جامع آب ایران (۱۳۸۵)، تدوین قانون توزیع عادلانه آب (۱۳۶۱) و سند راهبردی فناوری آب ایران (۱۳۹۴) نام برد. اتخاذ سیاست‌های راهبردی و تنظیم طرح جامع آب ایران بر اساس جمع‌آوری آب به صورت احداث سد و مسئله تأمین آب با سه سناریوی مختلف استخراج آب زیرزمینی، برداشت آب‌های سطحی و یا ترکیبی از هر دو در پهنه‌ی سرزمینی تنظیم شده‌است. اتخاذ سیاست احداث سد در سه سند طرح جامع آب ایران، سند راهبردی آب، سند راهبردی محیط زیست موجب ذخیره سازی آب و گامی جهت تأمین نیروی الکتریکی مورد نیاز برای پیشرفت صنعتی بوده و از سوی دیگر برای بیوم‌ها و اکوسیستم‌ها مشکلاتی به وجود آورده است. نکته درخور توجه آنکه در همه اسناد فوق‌الذکر براساس تحلیل میانگین آمارهای اقلیمی و هیدرولوژیکی چنین راهبردی اتخاذ شده است؛ حال آنکه روش‌های تحلیل همسازها (هارمونیک) آمارهای اقلیمی و بارش در ایران در طی ۳۰ سال گذشته واقعیت دیگری را نشان می‌دهد و همین تحلیل است که تغییر در راهبرد مدیریت و بهره‌مندی از منابع آبی در ایران را بیش از پیش ضروری می‌کند. با توجه به هویت و نگاره‌های اقلیمی متن جغرافیایی ایران اتخاذ سیاست‌های راهبردی در فرایند توسعه و چرخش اقتصادی و محیطی از اهمیت وافری برخوردار است. به سبب ارائه الگوهای رفتاری متفاوت در سیستم‌های شکل‌زای سه‌گانه و برهم کنش عوامل و متغیرهای سطحی با عناصر و پدیده‌های جوی و ویژگی مکانمند و زمانمند بودن بارش و تغییرات دوره‌ای، سالانه، فصلی و شبانه‌روزی و از آنجایی که تمامی جنبه‌های مختلف زندگی انسانی تحت تأثیر فرایندهای جوی و منابع آبی است، اتخاذ یک سیاست نمی‌تواند تنها استراتژی و سیاست راهبردی برای رفع چالش‌های موجود در زمینه منابع آب باشد. در این پژوهش با شناخت تفاوت‌های فضایی منابع آبی ایران و با توجه به هویت اقلیمی هر منطقه و متکی نبودن به میانگین‌های ترسالی و خشکسالی و تأکید بر بارش‌های اتفاقی سعی خواهد شد تا ابعاد مسئله آب و ویژگی‌های

^۱- Extensive

فضایی و زمانی بارش در سطح کشور با استفاده از تحلیل همسازها مورد ارزیابی قرار گرفته و با شناسایی رفتار این پارامتر مهم اقلیمی و افتراق‌های زمانی و مکانی مربوط به آن، راهبردهای بهره‌مندی جامعی از تفاوت‌های فضایی منابع آبی ایران در راستای اهداف جغرافیایی محیط زیست ارائه شود. در این پژوهش دو طیف متفاوت از پژوهش‌های ارزشمند محققین قابل احصاء است. طیف اول تحلیل همسازها و طیف دوم تکنیک‌های شاخص ناهنجاری، تحلیل خوشه‌ای، آزمون ران تست، آزمون ران چارت، آزمون من-کندال است. از جمله افرادی که بیشتر، توجه‌اشان معطوف به تحلیل همسازها در ایران و جهان بوده می‌توان کارهای ارزشمند محققین ذیل را عنوان نمود. عسگری (۱۳۹۲)، در یک بررسی موردی برای فشار جو در ایستگاه‌های تهران مهرآباد واقع در منطقه داخلی فلات ایران و بابلسر واقع در منطقه پست ساحلی دریای خزر در دوره زمانی ۲۰۰۷-۱۹۶۱ به تحلیل هارمونیک که یکی از روش‌های آشکارسازی تناوب‌ها در سری‌های زمانی منجمله سری‌های زمانی متغیرهای جوی است پرداخته‌است. نتایج حاکی از آنست که تغییرات فشار در تهران به میزان مختصری بیشتر از آن در بابلسر است. در هر دو ایستگاه تهران و بابلسر بیشترین پراکنش میانگین‌های ماهانه فشار (QFF) در ماه فوریه مشاهده می‌شود که مقدار این پراکنش در ایستگاه بابلسر کمی بیشتر از آن در تهران می‌باشد. احتمال این که این دو نقطه به ویژه در بابلسر در این ماه به دفعات بیشتری تحت تأثیر الگوهای مختلف فشاری مانند وچرخند گرمایی سیبری قرار گرفته باشد وجود دارد. علیجانی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی و تحلیل نوسان‌های بارش ایران با استفاده از تحلیل طیفی (تحلیل همسازها) پرداخته‌اند. بدین منظور از داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌های همدید ایران از بدو تأسیس تا سال ۲۰۰۸ که بیش از ۴۰ سال آمار داشتند از سازمان هواشناسی کشور استخراج و سپس به منظور بررسی و تحلیل چرخه‌های بارش ایران از برای انجام محاسبات از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار Matlab و نیز برای انجام عملیات ترسیم از نرم‌افزار Surfer بهره گرفته‌اند. نتایج حاصل از تحلیل چرخه‌ها نشان داد که چرخه‌های معنی‌دار ۲-۳ ساله، ۳-۵ ساله و گاهی ۱۱ ساله و بالاتر بر بارش ایران حاکم است. شجاعی‌مقدم و همکاران (۱۳۹۷)، به بررسی و تحلیل تغییرات بارش ایران طی نیم قرن اخیر (۱۳۴۶ تا ۱۳۹۶) با استفاده از میانگین بارش ماهانه ایران طی دوره آماری ۵۰ ساله از پایگاه داده‌های اسفزاری و داده‌های ۲۸۳ ایستگاه همدیدی و کلیماتولوژی کشور پرداخته‌اند. در این پژوهش از رگرسیون جهت بررسی و تحلیل روند و برای تحلیل چرخه‌های بارش سالانه و ماهانه ایران از تحلیل طیفی استفاده شده‌است. بررسی و تحلیل روند ماهانه بارش بیانگر این بوده که به جز بخش‌های زاگرس مرکزی (نواحی لرستان و چهارمحال و بختیاری و منطقه گرگان) که بارش فصل زمستان، از روند افزایشی برخوردار بوده است در سایر نواحی کشور و در سایر فصول سال روند کاهش بارش حاکم است. بررسی چرخه‌های بارش ایران نشان داده که بیشتر چرخه‌های بارشی ایران ۲ تا ۴ ساله و دارای دوره کوتاه‌مدت بوده است. نتایج نشان داده‌اند که روند کلی حاکم بر بارش ایران کاهش یافته و در فصل زمستان مناطق کوچکی از کشور روند افزایشی داشته است. ثنایی و همکاران (۱۴۰۲)، با داده‌های روزانه بارش ۱۰۸ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی، به استخراج شروع و پایان دوره‌های بارشی در فصل مرطوب (سپتامبر-می) در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۵ و براساس آن دیرپایی فصل بارش در کشور با استفاده از تکنیک تحلیل همسازها پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش بیانگر آن بوده که نوسانات در مناطق جنوبی کشور عمدتاً ۲ تا ۴ ساله و کوتاه‌مدت‌تر بوده و از تنوع کمتری برخوردار می‌باشد و در نواحی شمالی متنوع‌تر و غالباً ۴ تا ۸ ساله است. تاروانه^۱ (۲۰۱۸)، به منظور یافتن روابط متقابل بین دو عنصر بارندگی، دامنه تابش خورشیدی و محاسبه تابش خورشیدی با استفاده از داده‌های ۱۴ ایستگاه سینوپتیک در عربستان سعودی از تکنیک تحلیل همسازها بهره برده‌است. نتایج نشان داده که چرخه سالانه تابش خورشیدی در همه مناطق عربستان بر چرخه فصلی غالب است. فقط در مناطق جنوب‌غربی به دلیل باد غلبه بادهای دریای سرخ چرخه فصلی تابش

^۱ - Tarawneh

خورشیدی مشخص است. نظام‌الدین^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، با استفاده از رکوردهای روزانه دما و بارندگی از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۷ به مدت ۳۳ سال با تجزیه و تحلیل هارمونیک، در بخش مرکزی شمال بنگلادش را بررسی کرده‌اند. نتایج این بررسی حاکی از آنست که دما و بارش تنها دو متغیر اقلیمی هستند که ممکن است برای نتیجه‌گیری‌های نهایی کافی نباشند. بنابراین تخمین فصول واقعی یا واقعیت‌های آب‌وهوای محلی برای ترویج و ارائه خدمات کشاورزی به منظور افزایش بهره‌وری توسط دولت‌ها همیشه امکان‌پذیر نخواهد بود. سرانوونستی^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، با داده‌های ساعتی سال ۲۰۱۴ میلادی و استفاده از تکنیک تحلیل هارمونیک رابطه بین بخار آب قابل بارش جو و بارندگی شدید در چهار منطقه اقلیمی مختلف استوایی آمریکای جنوبی، سواحل استوایی شمال‌غربی، رشته‌کوه و دره‌آند و مناطقی از جنگل‌های آمازون را بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داده که رویدادهای بارشی شدید در قله‌ها و سپس در سواحل بیشتر از سایر مکان‌ها به دلیل عوامل دینامیکی محلی قابل مشاهده هستند.

طیف دوم پیشینه پژوهش شامل تکنیک‌های شاخص ناهنجاری، تحلیل خوشه‌ای، آزمون ران تست، آزمون ران چارت، آزمون من‌کندال است. از جمله محققانی که در زمینه‌های فوق کارهای پژوهشی ارزشمندی در ایران و جهان ارائه داده‌اند می‌توان از پژوهشگران زیر نام برد.

محمدی و همکاران (۱۳۹۹)، با استفاده از مدل‌های تجربی قهرمان و آبخضر (۱۳۸۳)، وزیری (۱۳۷۰) و بل (۱۹۶۹) و همچنین مدل آماری Hyfran-Plus به محاسبه شدت بارش و تعیین منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی پرداخته‌اند. در ابتدا با استفاده از شدت‌های بارش در رگبارهای با تداوم کمتر از ۱۸۰ دقیقه، آزمون ران تست در محیط نرم افزار SPSS و به صورت دستی برای اطمینان از همگن بودن داده‌ها انجام گرفته است. سپس جهت محاسبه شدت بارش در دوره بازگشت‌های مختلف، توزیع‌های مختلف آماری به داده‌ها برازش شده‌است. مقایسه نتایج حاصل از مدل تجربی قهرمان و مدل آماری Hyfran-Plus نشان داده که حداکثر اختلاف شدت بارش‌ها در تداوم‌های طولانی، کمتر از ۱/۶ درصد و در تداوم‌های کوتاه‌مدت کمتر از ۲/۲۰ درصد می‌باشد. همچنین اختلاف مقدار شدت بارش‌های پیش‌بینی شده برای تداوم‌های کوتاه‌مدت در مدل‌های تجربی وزیری و بل کمتر از ۸/۱۹ درصد می‌باشد. مزیدی و همکار (۱۴۰۰)، به بررسی روند تغییرات دما و بارش ایستگاه همدید ارومیه به روش آماری من-کندال در دوره آماری ۱۵ ساله با بازه زمانی (۲۰۱۰-۱۹۹۶) پرداخته‌اند. روش آماری رگرسیون خطی و آماره‌ی من‌کندال برای آزمون معنی‌داری روند تغییرات سری دمایی و بارش مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج این بررسی نشان داده که عدم وجود روند دمای همدید ارومیه با شیبی نزولی رو به کاهش نهاده است و عدم وجود روند بارش همدید ارومیه با شیبی صعودی رو به افزایش است.

گوهری و همکاران (۱۴۰۱)، به منظور بررسی وضعیت سیستم‌های سینوپتیک جو در زمان رخداد ناهنجاری‌های شدید بارشی در شرق ایران از آمار بارش ۳۱ ایستگاه هواشناسی طی بازه آماری (از ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۲۰ میلادی) و شاخص ناهنجاری بارش (RAI) برای شناسایی دوره‌های مذکور استفاده کرده‌اند. نتایج حاصل از این بررسی همبستگی بین شاخص‌های امگا و مؤلفه نصف‌النهاری باد بر روی کریدور دریای سرخ و مدیترانه با فشار سطح دریا بر روی منطقه نشان داد که با کاهش مقادیر صعود در مناطق یادشده و افزایش فشار بر روی شرق ایران یک همبستگی مثبت برقرار است. که مشخص گردید طی دوره یاد شده روند کاهشی در تشکیل سامانه‌های کم‌فشار و باران‌زا در منطقه بوقوع پیوسته است. علیزاده و همکار (۱۴۰۲)، روند تغییرات ماهانه ۴ ایستگاه هیدرومتری و ۶ ایستگاه بارن‌سنجی در سطح حوضه‌آبریز تجن طی دوره ۵۰ ساله ۱۳۹۹-۱۳۵۰ مورد بررسی قرار داده‌اند. به منظور آشکارسازی روند تغییرات متغیرها از آزمون ناپارامتریک

1 - Nezam Uddin

2 - Serrano-Vincenti

من-کندال، شاخص شیب سن و شاخص مقادیر تجمعی استاندارد شده استفاده کرده‌اند. نتایج حاکی از بروز اغتشاشات در روند دبی زیرحوضه‌ها و عدم پیروی آن از بارش است. به طوری که طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۷۷-۱۳۴۸ داده‌های بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه با شیب متوسط ۰/۴۶۳- میلی‌متر در سال دارای روند کاهشی بودند و در مقابل دبی خروجی با شیب متوسط ۱/۰۲ متر مکعب بر ثانیه درسال، روند افزایشی داشته است. به طور کلی یافته‌های این تحقیق نشان داد که روند تغییرات زمانی دبی زیرحوضه‌ها از بارش تبعیت نمی‌کند و عامل اصلی کاهش خدمات اکوسیستمی حوزه آبریز تجن در قالب تولید رواناب، تأثیر فعالیت‌های انسانی در قالب تغییرات کاربری و ساخت سد در حوزه آبریز مورد مطالعه است. منتظری و همکاران (۱۴۰۳)، به منظور شناسایی دوره زمانی حاکمیت هر یک از الگوهای فشار تراز دریا و نشان دادن پراکنش مکانی الگوهای فشار از روش تحلیل خوشه‌ای با رویکرد اقلیم‌شناسی و داده‌های بلندمدت فشار تراز دریا باد شمال را بررسی کرده‌اند.

اعمال تحلیل مولفه اصلی نشان داد که با سه مولفه بیش از ۹۷ درصد تغییرات پراش داده‌ها تبیین می‌شود. نقشه نمرات مولفه اول، ساز و کار مکانی باد شمال تابستانه و نمودار بردار ویژه مولفه اول بازه زمانی فعالیت باد شمال تابستانه را آشکار ساخت. علاوه بر این تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی بر روی ماتریس زمان- مکان فشار تراز دریا سه خوشه زمانی که معرف بازه زمانی باد شمال تابستانه و زمستانه است را نشان داد. بررسی نقشه‌های الگوی پراکنش فشار ماهانه نشان داد که مهمترین سامانه فعال و تأثیر گذار منطقه، در فصل تابستان کم فشار خلیج فارس، و در فصل زمستان کم فشار دریای سرخ می‌باشد. بررسی تغییرات توپوگرافی ترازهای مختلف جو نشان داد که تغییرات الگوهای سطح زمین در ترازهای ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتو پاسکال نمود چندانی ندارد. در حالیکه در نقشه‌های ترازهای ۸۵۰ و ۱۰۰۰ هکتو پاسکال جلوه بهتری نشان می‌دهد. آنهوی^۱ (۲۰۱۵)، ویژگی‌های مجموعه‌های مختلف قوانین نمودار ران چارت را ارزیابی و نمودار ران چارت را یک نمودار خطی از معیار کیفیت در طول زمان که هدف اصلی این نمودار تشخیص بهبود فرایند یا تنزل فرایند است و به صورت الگوهای غیرتصادفی در توزیع نقاط داده در اطراف میانه ظاهر می‌شوند، معرفی کرده‌است. گائو^۲ و همکاران (۲۰۲۰)، از آزمون‌های من-کندال (MK)، اسپیرمن (SR)، من-کندال تجدیدنظر شده (RMK)، برآوردگر شیب سن (SSE)، نمودار تابع خودهمبستگی (ACF) به منظور بررسی و تحلیل روند سری زمانی بارندگی از ۱۸ ایستگاه هواشناسی در مقیاس‌های فصلی و سالانه در استان شانسی^۳ شمال چین طی دوره ۱۹۵۷ تا ۲۰۱۹ بهره‌برده‌اند. نتایج نشان داده که تفاوت‌های بارندگی قابل توجهی در روندهای مثبت و منفی بسته به شرایط ایستگاه‌ها وجود دارد و در ایستگاه‌ها با روند کاهشی بارندگی بیشتر در ماه مارس رخ داده‌است. وندو^۴ و همکاران (۲۰۲۱)، از داده‌های بارش CHIRPS با وضوح 0.5×0.5 و از سال ۱۹۸۱ تا ۲۰۱۹ میلادی برای تجزیه و تحلیل روندها و تغییرپذیری بین شاخص‌های ETCCDI، RR1، ETCCDI، RR2، CDD، CWD، R95ptot، SDII و شاخص بارش استاندارد شده (SPI) که توسط تیم متخصص در تشخیص تغییرات آب‌وهوایی سالانه بارندگی‌های شدید تعریف شده بود، در پنج منطقه کشاورزی-اقلیمی کشور کامرون به منظور مدیریت نیروگاه‌های آبی، برنامه‌ریزی فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی، کشاورزی، مهندسی، عمران، آبادانی و ... استفاده کرده‌اند. نتایج این بررسی حاکی از آن بوده که همه شاخص‌های مورد بررسی تقریباً الگوی بارندگی سالانه مشابهی را

¹ - Anhøj

² - Gao

³ - Shanxi

⁴ - Vondou

نشان داده‌اند. آریال^۱ و همکاران (۲۰۲۲)، با تجزیه و تحلیل مقایسه‌ای شاخص‌های بارش استاندارد شده (SPI) و ناهنجاری بارش (RAI) و داده‌های بارش روزانه از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۵ میلادی برای توصیف خشکسالی‌های هواشناسی در مناطقی از کشور نپال به منظور برنامه‌ریزی منابع آب و سیستم‌های مدیریت آب و آبیاری بهره برده‌اند. نتایج این بررسی نشان داده که مناطق شمال شرق و شمال غرب نپال بیشتر از سایر مناطق خشکسالی را تجربه کرده‌اند اگر چه مدت و شدت خشکسالی‌ها کوتاه‌تر و کم‌تر بوده‌است. همچنین یکی از شدیدترین خشکسالی‌ها در سال ۱۹۹۲ در غرب و شمال غربی نپال رخ داده‌است. الراوی^۲ و همکاران (۲۰۲۳)، با استفاده از ۱۸۰ نمونه آب‌زیرزمینی جمع‌آوری شده و روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی به ارزیابی و تحلیل کیفیت آب‌های زیرزمینی استان جزان در عربستان سعودی پرداخته‌اند. نتایج نشان داده که اکثر نمونه‌های آب‌زیرزمینی به دلیل فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و ... ناسالم و مناسب نبوده‌اند. پینو^۳ (۲۰۲۳)، به بررسی رویدادهای بارشی بسیار شدید در عرض‌های جغرافیایی میانه با استفاده از شاخص ناهنجاری دما (SST) و خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی سیستم‌های همرفتی پرداخته‌اند. نتایج نشان داده که وقوع افراطی رویدادهای بارندگی شدید نتیجه یک فرایند کند تعامل اقیانوس و جو در یک دوره مشخص زمانی است. این حوادث ناگهانی و خشونت‌آمیز اگر با هوای گرم و مرطوب ناشی از ناهنجاری‌های دمایی (SST) تغذیه شوند اتفاق می‌افتند. همچنین ناهنجاری‌های بارش در مقیاس متوسط تقریباً ناگهانی اتفاق می‌افتد. کربو^۴ و همکاران (۲۰۲۴)، با استفاده از داده‌های بارندگی و دما از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۲۲ و به منظور بررسی روندها و تغییرپذیری زمانی-فضایی آب‌وهوای فعلی در مناطقی از کشور اتیوپی از آزمون‌های من-کندال، شیب‌سن، ضریب تغییرات، شاخص ناهنجاری بارش و شاخص غلظت بارش به این نتیجه دست یافتند که بارندگی سالانه در این مناطق، در فصل بهار و تابستان اتفاق افتاده‌است. حیدر^۵ و همکاران (۲۰۲۴)، رویدادهای آب‌وهوایی شدید و خصوصیات مکانی-زمانی متغیرهای تغییرات آب‌وهوایی در کشور بنگلادش طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۹ را با استفاده از داده‌های بارشی و دمایی ۲۶ ایستگاه و نرم‌افزار R 4.0.2 و تکنیک‌های شاخص ناهنجاری (SAI)، ران‌تست (RT)، من-کندال (MK)، شیب‌سن (SS)، تحلیل نوآورانه (ITA) و ... بررسی کرده‌اند. تجزیه و تحلیل‌ها نشان داده که در طول چهار دهه گذشته متغیرهای اقلیمی الگوهای خود را به طور ناهمگون تغییر داده‌اند. اکثر ایستگاه‌ها روند کاهشی دما را نشان داده‌اند. زمانی که دما در بخش مرکزی بنگلادش به طور چشمگیری کاهش داشته، قسمت‌های شمالی روند رشد قابل توجهی داشته‌است. همچنین دما در فصل بارش‌های موسمی افزایش یافته و در فصول خشک کاهش قابل توجهی داشته‌اند. به طور کلی دما و بارندگی در فصل موسمی و فصل خشک رابطه معکوس داشته‌اند. اهمیت این تحقیق بیشتر معطوف به ارائه راهبردی جدید در مدیریت و بهره‌مندی از منابع آبی کشور است و ارزش آن بیشتر از نظر تغییراتی است که در سیاست‌های فعلی آبی در کشور اجرا می‌شود. زیرا در سال ۱۳۹۷ مجموعه آبی که از کشور توسط این سیلاب‌ها خارج گردیده نزدیک به ۵۰ میلیارد متر مکعب بوده که ارزش ریالی آن (با احتساب هر متر مکعب ۱۰۰۰۰ تومان) ارقامی نجومی را نشان می‌دهد و اگر بتوان با این تغییر رویکردی در راهبرد مدیریت منابع آبی، از چنین خسارت عظیمی جلوگیری نمود خود دال بر ارزش و اهمیت این طرح خواهد بود. به طور کلی اهداف این پژوهش را می‌توان معطوف به مفهوم هویت اقلیمی و نقش آن در اتخاذ سیاست‌گذاری‌های منابع آب دانست.

1 - Aryal

2 - El-Rawy

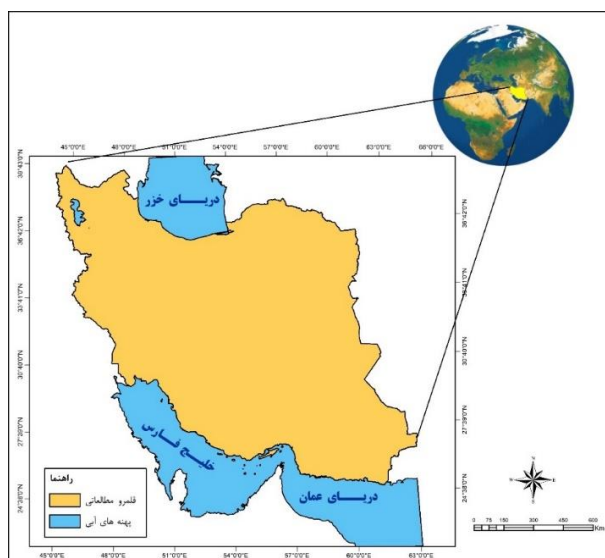
3 - Pinault

4 - Kerebo

5 - Haider

موقعیت گستره پژوهش

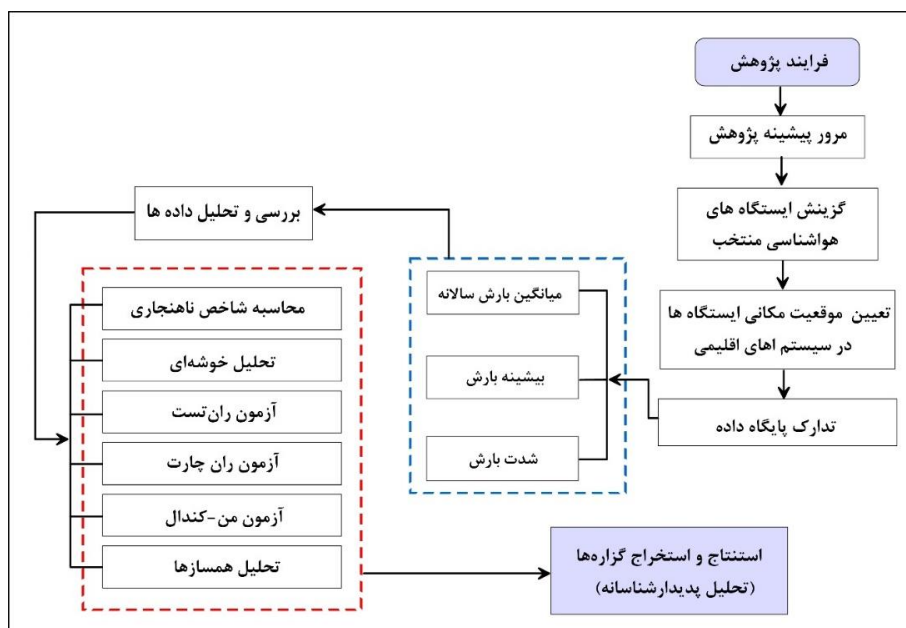
گستره مطالعاتی، مرزهای سیاسی ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع و طول محیط ایران تقریباً ۸۶۳۱ کیلومتر در نیمه جنوبی منطقه معتدل شمالی با مختصات ۲۵° ۲۰' تا ۳۹° ۴۵' عرض شمالی و ۴۴° تا ۶۳° ۴۵' واقع گردیده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت گستره پژوهش

مواد و روش تحقیق

از جمله نکات پراهمیت در مورد رویدادهای اقلیمی - ژئومورفولوژیکی ایران، شیوه و روش مطالعات محققان حوزه منابع آب است. مؤلفه اصلی اقلیم هر مکان بارش است لذا به منظور دستیابی به اهداف پژوهش و سیر تغییرات ویژگی‌های بارشی پهنه ژئومورفولوژیکی ایران با تحلیل داده‌های آماری و در نظر گرفتن اهمیت آمایش سرزمین، براساس روش کمی- پدیدارشناسانه بیشتر بر روی مؤلفه بارش متمرکز شده است. بدین منظور فرایند تحقیق به شرح زیر تدارک شده است (شکل ۲).



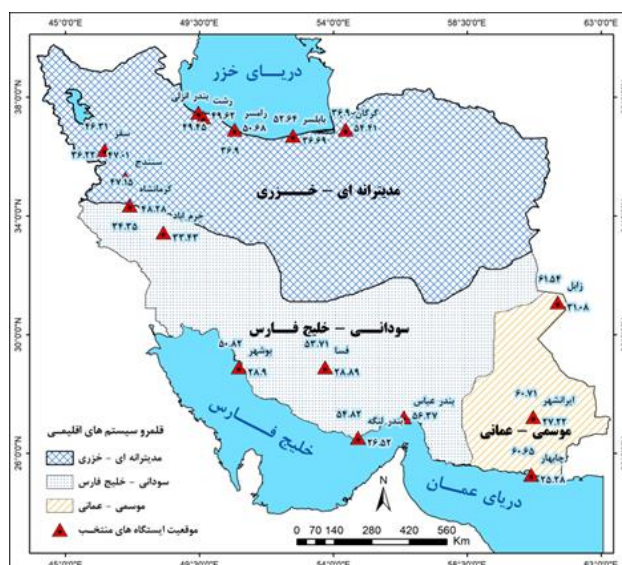
شکل ۲: فرایند پژوهش

گام اول: انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی

از بین ایستگاه‌های هواشناسی موجود در کشور ۱۶ ایستگاه پربارش در چهار جهت شمال، جنوب، غرب و جنوب‌شرقی ایران که حداقل ۳۰ سال (۱۳۶۷-۱۳۹۶) میانگین بارش و شدیدترین بارش ۲۴ ساعته آنها ثبت شده بود انتخاب و مکان هر یک از این ایستگاه‌ها بر روی نقشه جغرافیایی ایران با در نظر گرفتن موقعیت جغرافیایی و نوع سیستم‌های اقلیمی حاکم بر آنها مشخص و ترسیم شده است (جدول ۱ و شکل ۳).

جدول ۱: ایستگاه‌های هواشناسی منتخب

ردیف	جهت جغرافیای ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سیستم اقلیمی	طول دوره آماری
۱	شمال	رشت	۴۹، ۶۲، ۴۱	۳۷، ۱۹، ۴۴	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۲		رامسر	۵۰، ۶۸، ۳۳	۳۶، ۹۰، ۴۴	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۳		بابلسر	۵۲، ۶۵، ۳۰	۳۶، ۷۲	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۴		بندر انزلی	۴۹، ۴۵، ۷۵	۳۷، ۴۷، ۹۷	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۵		گرگان	۵۴، ۴۱، ۳۱	۳۶، ۹۰، ۵	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۶	جنوب	فسا	۵۳، ۷۱، ۹۴	۲۸، ۸۹، ۹۴	سودانی-خلیج فارس	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۷		بوشهر	۵۰، ۸۲، ۱۱	۲۸، ۹۰، ۲۸	سودانی-خلیج فارس	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۸		بندرعباس	۵۶، ۳۷، ۲۸	۲۷، ۲۱، ۴۲	سودانی-خلیج فارس	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۹		بندر لنگه	۵۴، ۸۲، ۸۳	۲۶، ۵۲، ۸۳	سودانی-خلیج فارس	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۰	غرب	کرمانشاه	۶۰، ۶۵، ۰۶	۲۵، ۲۷، ۰۶	سودانی-خلیج فارس	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۱		سندج	۴۷، ۱۵، ۳۳	۳۴، ۳۵، ۲۲	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۲		سقز	۴۷، ۰۱، ۴۷	۳۵، ۲۵، ۴۴	مدیترانه‌ای-خزری	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۳		خرم‌آباد	۴۶، ۳۱، ۱۱	۳۶، ۲۲، ۱۶	سودانی-خلیج فارس	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۴	جنوب شرق	چابهار	۴۸، ۲۸، ۳۶	۳۳، ۴۳، ۸۸	موسمی-عمانی	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۵		ایرانشهر	۶۰، ۷۱، ۸۳	۲۷، ۲۲، ۹۴	موسمی-عمانی	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۶		زابل	۶۱، ۵۴، ۳۰	۳۱، ۰۸، ۸۶	موسمی-عمانی	۱۳۶۷-۱۳۹۶



شکل ۳: نقشه ایستگاه‌های منتخب براساس نوع سیستم‌های اقلیمی حاکم بر آنها

گام دوم: تدارک پایگاه داده

داده‌های ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش از سازمان هواشناسی کشور در فرمت اکسل دریافت و با استفاده از عملیات برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب^۱ میانگین بارش سالانه، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش^۲ سالانه ایستگاه‌های منتخب، در طول دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۶۷) برای هر یک از ایستگاه‌ها محاسبه شده‌است (جدول ۲).

جدول ۲: میانگین بارش، بیشینه بارش ۲۴ ساعته، حداکثر شدت بارش (میلی‌متر) ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)	بیشینه بارش ۲۴ ساعته (میلی‌متر)	حداکثر شدت بارش (میلی‌متر)	طول دوره آماری
۱	رشت	۱۳۲۱/۷	۱۵۴	۱۷/۳	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۲	رامسر	۱۲۳۱/۹	۳۴۰/۲	۲۳/۷	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۳	بابلسر	۹۱۲/۴	۱۹۴	۱۷/۴	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۴	بندر انزلی	۱۷۲۸/۴	۲۱۴	۲۱/۸	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۵	گرگان	۵۱۳/۳	۸۸	۱۱/۵	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۶	فسا	۲۷۸/۷	۱۱۰	۱۹	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۷	بوشهر	۲۴۸/۸	۱۶۸	۲۱/۶	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۸	بندرعباس	۱۶۶	۱۲۸	۴۲/۶	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۹	بندر لنگه	۱۲۶/۱	۱۰۴	۲۰	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۰	چابهار	۱۱۴/۶	۱۰۵/۴	۳۱	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۱	کرمانشاه	۴۰۶/۱	۱۰۸	۱۰/۸	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۲	سندج	۳۷۵/۷	۷۳	۱۰	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۳	سقز	۴۴۲	۷۹	۱۰/۷	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۴	خرم‌آباد	۴۶۶/۷	۹۴	۱۳/۸	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۵	ایرانشهر	۱۰۴/۸	۵۹	۱۵/۵	۱۳۶۷-۱۳۹۶
۱۶	زابل	۵۲	۴۵	۱۰/۶	۱۳۶۷-۱۳۹۶

گام سوم: بررسی و تحلیل داده‌ها

برای بررسی و تحلیل داده‌های بارشی ۱۶ ایستگاه منتخب در این پژوهش با در نظر گرفتن سه مؤلفه میانگین، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش ایستگاه‌های منتخب در نرم‌افزارهای اکسل^۳، مینی‌تب^۴، اسپ‌اس‌اس^۵ و متلب آزمون‌های ناهنجاری (نمره Z)، تحلیل خوشه‌ای، ران‌تست، ران‌چارت، من-کندال و تحلیل همسازها (هارمونیک) انجام شده‌است. مراحل این گام عبارتند از:

* مرحله اول: محاسبه شاخص ناهنجاری یا (نمره Z) طبق رابطه (۱) و ترسیم نمودار آنومالی بارش در نرم‌افزار اکسل است. اساس این شاخص محاسبه انحراف معیار مقادیر بارندگی از نرمال آن می‌باشد.

$$Z = (\pi - \bar{\pi}) / SD$$

رابطه ۱:

* مرحله دوم: تحلیل خوشه‌ای است که با اتکا به رابطه ۲ صورت می‌گیرد.

$$e_{ij} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2}$$

رابطه ۲:

^۱-MATLAB

^۲- در این پژوهش منظور از شدت بارش، میانگین بارش سالانه به تعداد روزهای بارانی است.

^۳- Excel

^۴- Minitab

^۵- SPSS

*مرحله سوم: آزمون ران‌تست که یکی از رایج‌ترین آزمون‌های غیر نموداری برای تصادفی بودن داده‌هاست.

*مرحله چهارم: آزمون ران چارت داده‌های ایستگاه‌های منتخب است

*مرحله پنجم: آزمون من-کندال: آزمون ناپارامتری رتبه‌ای است و برای تعیین معنی‌داری روندهای خطی و غیرخطی مناسب می‌باشد.

*مرحله ششم: تحلیل همسازها: تحلیل همسازها (هارمونیک) مهارت ریاضی مناسبی برای مطالعه تغییرپذیری زمانی داده‌هاست. این روش یک روش عملی برای بررسی فصلی بودن بارش است. هدف بنیادین تحلیل هارمونیک شرایطی را فراهم می‌آورد که هر منحنی نامنظم یا پیچیده‌ای نظیر بارش به لحاظ ریاضی به صورت مجموعه جبری یک سری از منحنی‌های ساده بیان گردد. تحلیل هارمونیک معمولاً برای مطالعه تغییرات دوره‌ای به کار برده می‌شود و شامل نمایش نوسانات یا تغییرات در یک سری زمانی است که از مجموع توابع سینوسی و کسینوسی و از رابطه ۳ به دست می‌آید:

$$z_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q (\alpha_i \cos 2\pi f_i T + b_i \sin 2\pi f_i T) \quad \text{رابطه ۳:}$$

گام چهارم: استنتاج و استخراج گزاره‌های سیاست‌گذاری (تحلیل پدیدارشناسانه^۱)

پدیدارشناسی روشی در برابر پدیده‌شناسی است. در پدیدارشناسی شناخت پدیده‌ها فراتر از عینیت‌های ملموس مطرح می‌شود.

در این حوزه دانش پیش‌زمینه ذهنی محقق، رکن شناخت تلقی شده است و این موضوع به عنوان یک مؤلفه مستقل از پژوهشگر تعریف نمی‌شود. روش‌شناسان تأویلی در جغرافیا و ژئومورفولوژی بر این باورند که شناخت پدیده‌ها جز با در نظر گرفتن زمینه، متن و فضایی که آن پدیده‌ها در آن شکل گرفته‌اند، مقدور نیست. هر جزء از هر پدیده‌ای باید با در نظر گرفتن، بافت و زمینه‌ای که از آن برخاسته، تأویل گردد. در این راه باید به بعد تاریخی هر پدیده توجه شود، که در اصطلاح به آن روح دوران^۲ می‌گویند و این معنی در ژئومورفولوژی تحت عنوان حافظه مکانی^۳ و هویت مکانی^۴ بیان می‌شود.

بحث و یافته‌ها

با توجه به مباحث مطرح شده، این پژوهش در چندین گام ارائه شده‌است. در گام اول از بین ایستگاه‌های هواشناسی موجود در کشور ۱۶ ایستگاه پربارش در چهار جهت شمال، جنوب، غرب و جنوب‌شرقی ایران که حداقل ۳۰ سال میانگین بارش و شدیدترین بارش ۲۴ ساعته آنها ثبت شده‌بود انتخاب و موقعیت مکانی هر یک از این ایستگاه‌ها با در نظر گرفتن نوع سیستم‌های اقلیمی حاکم بر آنها مشخص و ترسیم گردید. در گام دوم، میانگین بارش سالانه، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب، در طول دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۶۷) با استفاده از عملیات برنامه‌نویسی در نرم‌افزار متلب محاسبه گردید. در گام سوم که شامل شش مرحله است برای بررسی و تحلیل داده‌های بارشی ۱۶ ایستگاه منتخب با در نظر گرفتن سیستم‌های اقلیمی سه‌گانه و سه مؤلفه میانگین، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش در نرم‌افزارهای اکسل، مینی‌تب، اس‌پی‌اس‌اس و متلب آزمون‌های ناهنجاری (نمره Z)، تحلیل خوشه‌ای، ران‌تست، ران‌چارت، من-کندال و تحلیل همسازها (هارمونیک) انجام شده‌است.

1- Phenomenological Analysis

2- Time Sprit

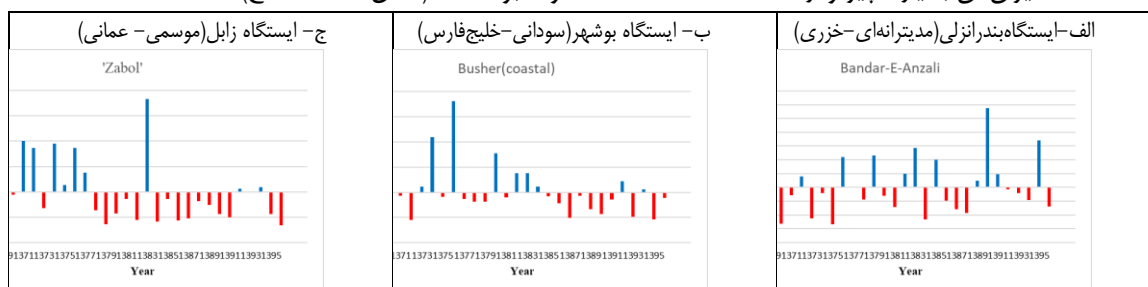
3- Space Memory

4- Space Identity

• مرحله اول: تحلیل شاخص ناهنجاری یا نمره (Z)

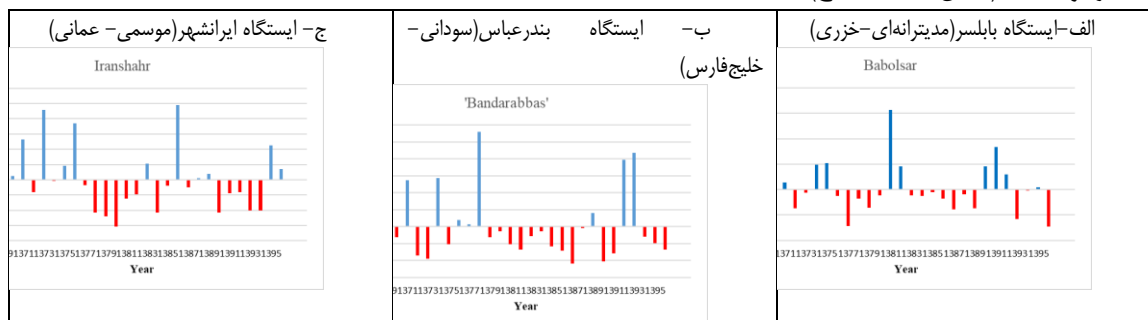
این مرحله شامل سه بخش (الف تا ج) است که برای دوری از اطالۀ کلام فقط به تصویر یک ایستگاه از هر یک از سیستم‌های اقلیمی استناد شده است.

الف - نمودارهای آنومالی میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب از یک نظم خاص پیروی نکرده و در بعضی از سال‌ها این میزان پایین‌تر از خط میانگین و اگر هم بالای خط میانگین بوده دارای پراکندگی و میزان دریافت بارش متفاوتی در طول دوره آماری (۱۳۹۶-۱۳۶۷) بوده‌اند. به عنوان مثال نمودار آنومالی ایستگاه بندرانزلی در سیستم مدیترانه‌ای - خزری تنها یازده سال از سی سال میزان بارش دریافتی بالای خط میانگین بوده و در همین یازده سال هم بارش دریافتی پیوسته و دارای میزان ثابتی نبوده و از ۰/۰۰۶ تا ۲/۸۸ متفاوت بوده است (شکل ۴، قسمت الف). در ایستگاه بوشهر از سیستم سودانی - خلیج فارس تنها ده سال میزان بارش دریافتی بالاتر از خط میانگین بوده و از ۰/۲۲ تا ۳/۶۰ متفاوت بوده است (شکل ۴، قسمت ب). ایستگاه زابل از سیستم موسمی - عمانی با یازده سال میزان بارش دریافتی بالاتر از خط میانگین سالانه که میزان آن بسیار ناچیز و از ۰/۰۰۰۱۲۸ تا ۰/۷۳ متفاوت بوده است (شکل ۴، قسمت ج).



شکل ۴: نمودار آنومالی میانگین بارش سالانه (۱۳۹۶-۱۳۶۷) ایستگاه‌های بندرانزلی، بوشهر و زابل

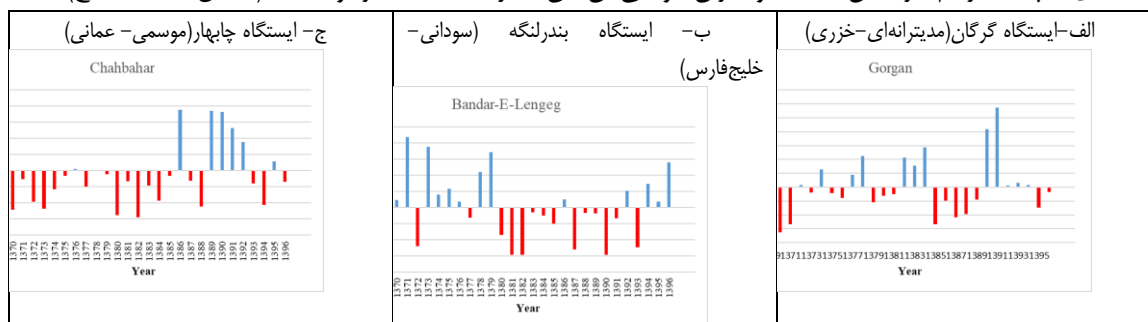
ب - در نمودارهای آنومالی بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب نیز نظمی دیده نشد و تمامی ۱۶ ایستگاه منتخب فاقد روند بودند. به عنوان مثال در سیستم مدیترانه‌ای - خزری، نمودار آنومالی ایستگاه بابلسر میانگین بیشینه بارش ۲۴ ساعته در طول سی سال دوره آماری ۸۶/۵ میلی‌متر است که تنها ۱۰ سال از طول دوره مطالعاتی میانگین بیشینه بارش ۲۴ ساعته بیشتر از میانگین سی ساله و میزان آنومالی آن از ۰/۲۷ تا ۳/۱۳ متغیر بوده است (شکل ۵، قسمت الف). در سیستم سودانی - خلیج فارس در ایستگاه بندرعباس با میانگین بیشینه بارش ۲۴ ساعته ۴۶/۱ میلی‌متر که فقط ۱۰ سال میانگین بیشینه بارش ۲۴ ساعته بالاتر از میانگین سی ساله و میزان آنومالی آن از ۰/۰۶ تا ۲/۷۸ متغیر بوده است (شکل ۵، قسمت ب). در سیستم موسمی - عمانی ایستگاه ایرانشهر با میانگین بیشینه بارش ۲۴ ساعته ۲۶/۴ میلی‌متر که ۱۳ سال از طول دوره آماری میانگین بیشینه بارش آن بیشتر از میانگین بیشینه بارش سی ساله بوده و میزان آنومالی آن بین ۰/۰۶ تا ۲/۴۴ متغیر بوده است (شکل ۵، قسمت ج).



شکل ۵: نمودار آنومالی بیشینه بارش ۲۴ ساعته (۱۳۹۶-۱۳۶۷) ایستگاه‌های رامسر، بندرعباس و ایرانشهر

ج - بی نظمی و فقدان روند کاهشی یا افزایشی در نمودارهای آنومالی شدت بارش ایستگاه‌های منتخب در هر یک از سیستم‌های اقلیمی به وضوح دیده می‌شود. در سیستم مدیترانه‌ای - خزری ایستگاه گرگان حدود ۱۴ سال از سی سال آمار

دریافتی میزان شدت بارش بیشتر از میانگین شدت بارش سی‌ساله (۸/۱ میلی‌متر) بوده و میزان آنومالی آن بین ۰/۰۵ تا ۲/۸۶ متغیر بوده‌است (شکل ۶، قسمت الف). در سیستم سودانی-خلیج فارس ایستگاه بندرلنگه حدود ۱۴ سال از سی‌سال آمار دریافتی میزان شدت بارش بیشتر از میانگین شدت بارش سی‌ساله (۹/۹ میلی‌متر) بوده و میزان آنومالی آن بین ۰/۱۸ تا ۲/۱۷ متغیر بوده‌است (شکل ۶، قسمت ب). در سیستم موسمی-عمانی ایستگاه چابهار حدود ۹ سال از سی‌سال آمار دریافتی میزان شدت بارش بیشتر از میانگین شدت سی‌ساله (۱۵/۹ میلی‌متر) بوده که دارای میزان ثابت و در سال‌های متمادی یا پشت‌سرهم نیز اتفاق نیافتاده و میزان آنومالی آن بین صفر تا ۱/۸۸ متغیر بوده‌است (شکل ۶، قسمت ج).



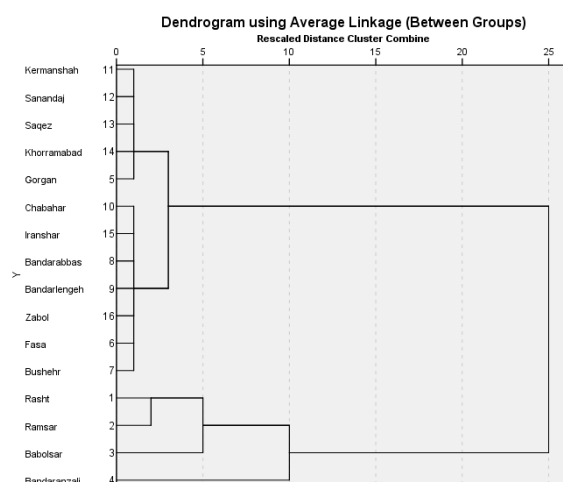
شکل ۶: نمودار آنومالی شدت بارش (۱۳۹۶-۱۳۶۷) ایستگاه‌های گرگان، بندرلنگه و چابهار

• مرحله دوم: تحلیل خوشه‌ای

تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری برای پیدا کردن گروه‌های واقعی و دسته‌بندی کردن بر اساس مشابهت‌ها یا عدم تشابه‌هاست؛ در واقع تشکیل گروه‌های همگن هدف اصلی تحلیل خوشه‌ای است. تحلیل خوشه‌ای داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های منتخب این پژوهش با اتکا به رابطه ۲ و در نرم‌افزار اسپاس اس ۲۲، در سه بخش زیر انجام شده‌است.

الف - تحلیل خوشه‌ای داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

بر اساس دندروگرام ترسیم شده داده‌های میانگین سالانه بارش ۱۶ ایستگاه منتخب بر اساس همگنی مقادیر میانگین بارش سالانه به دو خوشه و هر خوشه نیز به دو شاخه تقسیم شده‌است (شکل ۷). از نظر همگنی مقادیر میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های سیستم مدیترانه‌ای - خزری (شمالی) در یک خوشه قرار گرفته‌اند که این خوشه به دو شاخه تقسیم شده؛ شاخه اول بندر انزلی و شاخه دوم به دو زیر شاخه تقسیم شده است در زیر شاخه اول رشت و رامسر و در زیر شاخه دوم بابل قرار دارد. خوشه دوم هر سه سیستم اقلیمی مدیترانه‌ای - خزری، سودانی - خلیج فارس و موسمی-عمانی را در بر می‌گیرد. خوشه دوم به دو شاخه تقسیم می‌شود که شاخه اول در برگیرنده ایستگاه گرگان، سقز، کرمانشاه (سیستم مدیترانه‌ای - خزری) و ایستگاه‌های سندج، خرم‌آباد (سیستم سودانی - خلیج فارس) است. شاخه دوم نیز از نظر همگنی میزان میانگین بارش سالانه شامل ایستگاه‌های فسا، بوشهر، بندرعباس، بندرلنگه (سیستم سودانی - خلیج فارس) و ایستگاه‌های چابهار، ایرانشهر، زابل (سیستم موسمی - عمانی) است. نتایج تحلیل خوشه‌ای میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب نشان داد که حوادث بارشی سیستم‌های اقلیمی سه‌گانه در ایران از نظم خاصی پیروی نکرده و غالب بارش‌ها در این سه سیستم به صورت اتفاقی و تصادفی رخ می‌دهند.



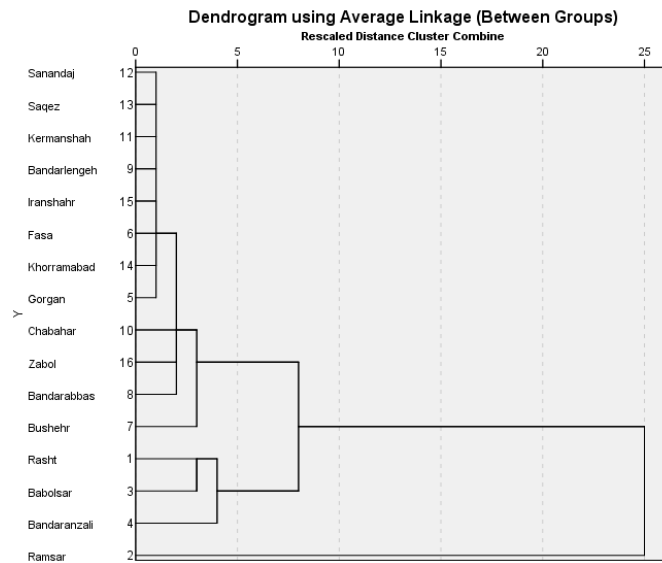
شکل ۷: دندروگرام تحلیل خوشه‌ای داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

ب- تحلیل خوشه‌ای داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب

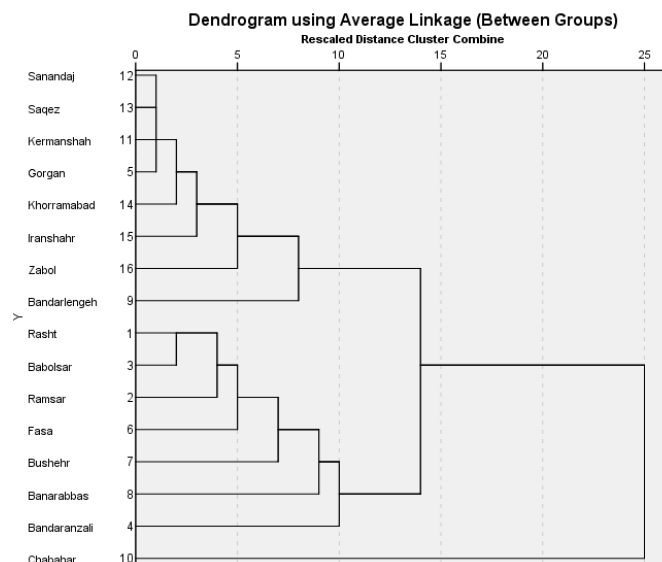
بر اساس دندروگرام ترسیم شده داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب به دو خوشه و خوشه دوم به دو شاخه و زیر شاخه تقسیم شده است (شکل ۸). بر این اساس از نظر بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه رامسر به تنهایی تشکیل یک خوشه را داده به این معنی که از نظر بیشینه بارش ۲۴ ساعته به هیچ کدام از سایر ایستگاه‌های منتخب شباهتی نداشته است. خوشه دوم به دو شاخه تقسیم شده که در برگیرنده سایر ایستگاه‌های منتخب (۱۵ ایستگاه) با سه سیستم اقلیمی متفاوت است. خوشه دوم به دو زیر شاخه تقسیم شده که شاخه اول به دو زیر شاخه ایستگاه بندرانزلی و زیر شاخه ایستگاه رشت و بابلسر از نظر همگنی بیشینه بارش ۲۴ ساعته تقسیم شده و شاخه دوم نیز به دو زیر شاخه تقسیم شده، زیر شاخه اول دربرگیرنده ایستگاه‌های بوشهر، بندرعباس، زابل، چابهار و زیر شاخه دوم شامل ایستگاه‌های گرگان، خرم‌آباد، فسا، ایرانشهر، بندرلنگه، کرمانشاه، سنندج و سقز است. لذا با در نظر گرفتن دندروگرام شکل ۸ می‌توان به این واقعیت دست یافت که در واقع ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش از نظر همگنی بیشینه بارش ۲۴ ساعته در سه سیستم اقلیمی به صورت کاتاستروفیک عمل نموده و تابع نظم یا روند خاصی نبوده‌اند.

ج- تحلیل خوشه‌ای داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب

بر اساس دندروگرام ترسیم شده داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب به دو خوشه و خوشه دوم به دو شاخه که هر کدام از شاخه‌ها نیز دارای زیر شاخه‌هایی هستند تقسیم شده است (شکل ۹). خوشه اول ایستگاه چابهار است که از نظر شدت بارش به تنهایی در یک خوشه قرار گرفته است و خوشه دوم به دو زیر شاخه که دربرگیرنده سایر ایستگاه‌های منتخب از سیستم‌های اقلیمی سه‌گانه است می‌شود. دندروگرام شکل ۹ به خوبی نمایانگر فقدان روند و نظم و بیانگر تصادفی بودن داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب است.



شکل ۸: دندروگرام تحلیل خوشه‌ای داده‌های میانگین بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب



شکل ۹: دندروگرام تحلیل خوشه‌ای داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب

• مرحله سوم : تحلیل آزمون ران تست

آزمون ران تست یک آزمون غیرنموداری که در نرم‌افزار اس‌پی‌اس‌اس (۲۲) انجام شده‌است که اگر سطح معناداری (P-Value) این آزمون از مقدار خطای ۰/۰۵ کمتر باشد نشان از غیر تصادفی بودن داده‌هاست و اگر سطح معناداری آزمون از ۰/۰۵ بیشتر باشد، نشان از تصادفی بودن داده‌های آن متغیر می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه آزمون ران تست بر اساس سه مؤلفه داده‌های میانگین بارش سالانه، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش ایستگاه‌های منتخب شامل بخش‌های (الف، ب و ج) است که عبارتند از :

الف - آزمون ران تست داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

بنابر نتایج مندرج در جدول شماره (۳) داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب به غیر از ایستگاه‌های چابهار و سقز فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۳: محاسبه آزمون ران تست داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	میانگین کل داده‌ها «K» (میلی متر)	مقایسه داده‌ها با میانگین کل داده‌ها		تعداد کل داده‌ها (N)	P-Value	Z-Value	روند
			بزرگتر یا مساوی میانگین (a)	کوچکتر از میانگین (b)				
۱	رشت	۱۳۲۱/۶۸	۱۷	۱۳	۳۰	۰/۶۴۱	-۰/۴۶۷	بدون روند
۲	رامسر	۱۲۳۱/۹۰	۱۷	۱۳	۳۰	۰/۲۹۵	-۱/۰۴۷	بدون روند
۳	بابلسر	۹۱۲/۳۸	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۵۵۹	۰/۵۸۵	بدون روند
۴	بندرانزلی	۱۷۲۸/۴۱	۱۲	۱۸	۳۰	۰/۹۶۹	۰/۰۳۹	بدون روند
۵	گرگان	۵۱۳/۵۰	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۵۹۳	-۰/۵۳۵	بدون روند
۶	فسا	۲۷۸/۶۹	۱۱	۱۹	۳۰	۱	۰	بدون روند
۷	بوشهر	۲۴۸/۸۳	۱۰	۲۰	۳۰	۰/۹۴۴	۰/۰۷۰	بدون روند
۸	بندرعباس	۱۶۵/۹۶	۱۲	۱۸	۳۰	۰/۶۷۰	۰/۴۲۶	بدون روند
۹	بندرلنگه	۱۲۶/۰۴	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۵۹۳	-۰/۵۳۵	بدون روند
۱۰	چابهار	۱۱۴/۶۱	۱۱	۱۹	۳۰	۰/۰۲۹	-۲/۱۸۰	باروند
۱۱	کرمانشاه	۴۰۶/۱۴	۱۷	۱۳	۳۰	۰/۵۰۴	۰/۶۶۹	بدون روند
۱۲	سنندج	۳۷۵/۷۶	۱۳	۱۷	۳۰	۱	۰	بدون روند
۱۳	سقز	۴۴۱/۹۸	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۰۱۸	-۲/۳۶۰	با روند
۱۴	خرم‌آباد	۴۶۶/۶۹	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۱۰۹	-۱/۶۰۳	بدون روند
۱۵	ایرانشهر	۱۰۴/۷۶	۱۳	۱۷	۳۰	۱	۰	بدون روند
۱۶	زابل	۵۱/۹۵	۱۲	۱۸	۳۰	۰/۱۳۱	-۱/۵۱۲	بدون روند

ب- آزمون ران تست داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب

بنابر نتایج مندرج در جدول (۴) داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب به غیر از ایستگاه‌های سنندج و سقز فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۴: محاسبه آزمون ران تست داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	میانگین کل داده‌ها «K» (میلی متر)	مقایسه داده‌ها با میانگین کل داده‌ها		تعداد کل داده‌ها (N)	P-Value	Z-Value	روند
			بزرگتر یا مساوی میانگین (a)	کوچکتر از میانگین (b)				
۱	رشت	۹۴/۶۷	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۹۳۰	-۰/۰۸۸	بدون روند
۲	رامسر	۱۵۱/۴۱	۱۳	۱۷	۳۰	۱	۰	بدون روند
۳	بابلسر	۸۶/۵۲	۱۰	۲۰	۳۰	۰/۷۲۶	-۰/۳۵۰	بدون روند
۴	بندرانزلی	۱۱۷/۹۴	۱۳	۱۷	۳۰	۱	۰	بدون روند
۵	گرگان	۵۰/۰۱	۱۰	۲۰	۳۰	۰/۴۴۱	-۰/۷۷۰	بدون روند
۶	فسا	۴۸/۶۶	۱۱	۱۹	۳۰	۱	۰	بدون روند
۷	بوشهر	۵۵/۲۵	۱۱	۱۹	۳۰	۰/۸۶۲	-۰/۱۷۴	بدون روند
۸	بندرعباس	۴۶/۰۸	۱۰	۲۰	۳۰	۰/۷۲۶	-۰/۳۵۰	بدون روند
۹	بندرلنگه	۳۵/۴۸	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۵۰۴	۰/۶۶۹	بدون روند
۱۰	چابهار	۳۷/۱۸	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۳۹۸	-۰/۸۴۶	بدون روند

بدون روند	۰/۳۵۰-	۰/۷۲۶	۱۳	۳۰	۲۰	۱۰	۴۲/۰۳	کرمانشاه	۱۱
با روند	۲/۰۷۸	۰/۰۳۸	۲۲	۳۰	۱۶	۱۴	۳۷/۹۸	سنندج	۱۲
بدون روند	۰	۰/۰۵۷	۱۰	۳۰	۱۸	۱۲	۱۵/۴۰	سقز	۱۳
با روند	-۱/۹۰۰	۰/۰۵۷	۱۰	۳۰	۱۸	۱۲	۱۵/۴۰	سقز	۱۳
بدون روند	۰	۱	۱۵	۳۰	۱۸	۱۲	۴۷/۵۲	خرم‌آباد	۱۴
با روند	-۰/۰۸۸	۰/۹۳۰	۱۵	۳۰	۱۷	۱۳	۲۶/۳۸	ایرانشهر	۱۵
بدون روند	-۱/۱۹۰	۰/۲۳۴	۱۱	۳۰	۲۰	۱۰	۱۱/۹۹	زابل	۱۶

ج - آزمون ران تست داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب

بنابر نتایج مندرج در جدول (۵) داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب به غیر از ایستگاه سقز فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۵: محاسبه آزمون ران تست داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	میانگین کل داده‌ها «K» (میلی متر)	مقایسه داده‌ها با میانگین کل داده‌ها		تعداد کل داده‌ها (N)ها	P-Value	Z-Value	روند
			میانگین (a) بزرگتر یا مساوی	میانگین (b) کوچکتر از				
۱	رشت	۱۳/۵۲	۱۵	۱۵	۳۰	۰/۳۵۳	-۰/۹۲۹	بدون روند
۲	رامسر	۱۳/۸۸	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۱۸۳	۱/۳۳۲	بدون روند
۳	بابلسر	۱۲/۹۱	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۸۳۲	۰/۲۱۲	بدون روند
۴	بندر انزلی	۱۶/۸۰	۱۵	۱۵	۳۰	۱	۰	بدون روند
۵	گرگان	۸/۱۱	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۳۶۴	-۰/۹۰۸	بدون روند
۶	فسا	۱۱/۳۴	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۱۰۹	-۱/۶۰۳	بدون روند
۷	بوشهر	۱۱/۵۴	۱۱	۱۹	۳۰	۰/۳۰۳	۱/۰۳۰	بدون روند
۸	بندرعباس	۱۲/۶۷	۱۰	۲۰	۳۰	۰/۳۶۳	۰/۹۱۰	بدون روند
۹	بندر لنگه	۹/۹۰	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۵۹۳	-۰/۵۳۵	بدون روند
۱۰	چابهار	۱۳/۹۵	۱۱	۱۸	۳۰	۰/۶۴۲	-۰/۴۶۵	بدون روند
۱۱	کرمانشاه	۸/۱۳	۱۳	۱۷	۳۰	۰/۷۷۲	۰/۲۹۰	بدون روند
۱۲	سنندج	۷/۵۹	۱۲	۱۸	۳۰	۰/۲۶۱	-۱/۱۲۴	بدون روند
۱۳	سقز	۷/۴۸	۱۵	۱۵	۳۰	۰/۰۴۱	-۲/۰۴۴	با روند
۱۴	خرم‌آباد	۹/۶۸	۱۷	۱۳	۳۰	۰/۱۰۹	-۱/۶۰۳	بدون روند
۱۵	ایرانشهر	۷/۵۹	۱۴	۱۶	۳۰	۰/۰۹۸	-۱/۶۵۵	بدون روند
۱۶	زابل	۴/۶۰	۱۲	۱۸	۳۰	۰/۲۶۱	-۱/۱۲۴	بدون روند

• مرحله چهارم: تحلیل آزمون ران چارت

آزمون ران چارت داده‌های ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش در نرم‌افزار مینی تب ۱۹ انجام شده است. اگر سطح معناداری (P-Value) این آزمون از مقدار خطای ۰/۰۵ بیشتر باشد در سطح اطمینان ۹۵ درصد الگوی تصادفی وجود دارد یعنی داده‌ها تصادفی هستند. نتایج حاصل از محاسبه آزمون ران چارت در سه بخش (الف، ب و ج) عبارت است از:

الف - آزمون ران چارت داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

بنابر نتایج مندرج در جدول (۶) داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب به غیر از ایستگاه سقز فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۶: نتایج آزمون ران چارت داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	تعداد کل داده‌ها (N)	Number of Run	P-Value	روند	ردیف	نام ایستگاه	تعداد کل داده‌ها (N)	Number of Run	P-Value	روند
۱	رشت	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند	۹	بندرلنگه	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند
۲	رامسر	۳۰	۱۸	۰/۷۷۱	بدون روند	۱۰	چابهار	۳۰	۱۵	۰/۳۵۵	بدون روند
۳	بابلسر	۳۰	۱۸	۰/۷۷۱	بدون روند	۱۱	کرمانشاه	۳۰	۱۹	۰/۸۶۸	بدون روند
۴	بندر انزلی	۳۰	۱۸	۰/۷۷۱	بدون روند	۱۲	سندج	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند
۵	گرگان	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند	۱۳	سقز	۳۰	۹	۰/۰۰۵	با روند
۶	فسا	۳۰	۱۹	۰/۸۶۸	بدون روند	۱۴	خرم‌آباد	۳۰	۱۳	۰/۱۳۲	بدون روند
۷	بوشهر	۳۰	۱۵	۰/۳۵۵	بدون روند	۱۵	ایرانشهر	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند
۸	بندرعباس	۳۰	۱۵	۰/۳۵۵	بدون روند	۱۶	زابل	۳۰	۱۳	۰/۱۳۲	بدون روند

ب - آزمون ران چارت داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب
 بنابر نتایج مندرج در جدول (۷) داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب به غیر از ایستگاه ایرانشهر فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۷: نتایج آزمون ران چارت داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	تعداد کل داده‌ها (N)	Number of Run	P-Value	روند	ردیف	نام ایستگاه	تعداد کل داده‌ها (N)	Number of Run	P-Value	روند
۱	رشت	۳۰	۱۳	۰/۱۳۷	بدون روند	۹	بندرلنگه	۳۰	۱۸	۰/۷۷۱	بدون روند
۲	رامسر	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند	۱۰	چابهار	۳۰	۱۳	۰/۱۳۷	بدون روند
۳	بابلسر	۳۰	۱۷	۰/۶۵۵	بدون روند	۱۱	کرمانشاه	۳۰	۱۵	۰/۳۵۵	بدون روند
۴	بندر انزلی	۳۰	۱۸	۰/۸۴۵	بدون روند	۱۲	سندج	۳۰	۲۰	۰/۹۳۱	بدون روند
۵	گرگان	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند	۱۳	سقز	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند
۶	فسا	۳۰	۱۳	۰/۱۳۲	بدون روند	۱۴	خرم‌آباد	۳۰	۱۳	۰/۱۳۷	بدون روند
۷	بوشهر	۳۰	۱۲	۰/۰۶۹	بدون روند	۱۵	ایرانشهر	۳۰	۱۱	۰/۰۳۲	با روند
۸	بندرعباس	۳۰	۱۷	۰/۶۴۵	بدون روند	۱۶	زابل	۳۰	۱۳	۰/۱۳۲	بدون روند

ج - آزمون ران چارت داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب
 بنابر نتایج مندرج در جدول (۸) داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب به غیر از ایستگاه‌های سقز، خرم‌آباد و ایرانشهر فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۸: نتایج آزمون ران چارت داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	تعداد کل داده‌ها (N)	Number of Run	P-Value	روند	ردیف	نام ایستگاه	تعداد کل داده‌ها (N)	Number of Run	P-Value	روند
۱	رشت	۳۰	۱۳	۰/۱۳۲	بدون روند	۹	بندرلنگه	۳۰	۱۲	۰/۰۶۹	بدون روند
۲	رامسر	۳۰	۱۸	۰/۷۷۱	بدون روند	۱۰	چابهار	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند
۳	بابلسر	۳۰	۱۵	۰/۳۵۵	بدون روند	۱۱	کرمانشاه	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند

۴	بندرانزلی	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند	۱۲	سندج	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند
۵	گرگان	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند	۱۳	سقز	۳۰	۱۰	۰/۰۱۳	باروند
۶	فسا	۳۰	۱۲	۰/۰۶۹	بدون روند	۱۴	خرم‌آباد	۳۰	۱۱	۰/۰۳۲	با روند
۷	بوشهر	۳۰	۱۶	۰/۵۰۰	بدون روند	۱۵	ایرانشهر	۳۰	۱۱	۰/۰۳۲	با روند
۸	بندرعباس	۳۰	۱۷	۰/۶۴۵	بدون روند	۱۶	زابل	۳۰	۱۴	۰/۲۲۹	بدون روند

• مرحله پنجم: تحلیل آزمون من-کندال

در این پژوهش از نرم‌افزار مینی‌تب ۱۶ برای محاسبه آزمون من کندال و ترسیم نمودارها استفاده شده‌است. در روش من کندال چنانچه مقدار Z بزرگتر از $+1/96$ و یا کوچکتر از $-1/96$ باشد خواهیم گفت داده‌ها در سطح اعتماد ۹۵ درصد دارای روند می‌باشند. در غیر این صورت داده‌ها تصادفی و بدون روند است. نتایج حاصل از آزمون من-کندال داده‌های ۱۶ ایستگاه منتخب از سه بخش مجزا (الف، ب و ج) عبارت است از:

الف- آزمون من-کندال داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب
بنابر نتایج مندرج در جدول (۹) آزمون من-کندال داده‌های میانگین سالانه بارش ۱۶ ایستگاه منتخب در این پژوهش به غیر از ایستگاه زابل فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۹: محاسبه آزمون من کندال داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	P-Value	Z-Value	روند	ردیف	نام ایستگاه	P-Value	Z-Value	روند
۱	رشت	۰/۰۹۹	-۱/۲۸	بدون روند	۹	بندرلنگه	۰/۰۷	-۱/۴۶	بدون روند
۲	رامسر	۰/۶۳	۰/۳۵	بدون روند	۱۰	چابهار	۰/۵	۰	بدون روند
۳	بابلسر	۰/۸۲	-۰/۹۲	بدون روند	۱۱	کرمانشاه	۰/۰۹	-۱/۳۲	بدون روند
۴	بندرانزلی	۰/۷۱	۰/۷۶	بدون روند	۱۲	سندج	۰/۱۰	-۱/۲۴	بدون روند
۵	گرگان	۰/۲۱	-۰/۷۸	بدون روند	۱۳	سقز	۰/۱۴	-۱/۰۷	بدون روند
۶	فسا	۰/۱۶	-۰/۹۶	بدون روند	۱۴	خرم‌آباد	۰/۱۲	-۱/۱۴	بدون روند
۷	بوشهر	۰/۱۸	-۰/۸۹	بدون روند	۱۵	ایرانشهر	۰/۱۱	-۱/۱۷	بدون روند
۸	بندرعباس	۰/۱۴	-۱/۰۷	بدون روند	۱۶	زابل	۰/۰۲	-۲/۰۳	با روند

ب - آزمون من-کندال داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب
بنابر نتایج مندرج در جدول (۱۰) داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب در این پژوهش فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۱۰: نتایج محاسبه آزمون من کندال داده‌های بیشینه بارش ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	P-Value	Z-Value	روند	ردیف	نام ایستگاه	P-Value	Z-Value	روند
۱	رشت	۰/۰۹	-۱/۲۸	بدون روند	۹	بندرلنگه	۰/۱۸	-۰/۹۱	بدون روند
۲	رامسر	۰/۴۰	۰/۲۳	بدون روند	۱۰	چابهار	۰/۹۳	۱/۵۳	بدون روند
۳	بابلسر	۰/۰۵	۰	بدون روند	۱۱	کرمانشاه	۰/۶۰	۰/۲۶	بدون روند
۴	بندرانزلی	۰/۸۶	۱/۰۸	بدون روند	۱۲	سندج	۰/۵۷	۰/۱۹	بدون روند
۵	گرگان	۰/۹۲	۱/۴۴	بدون روند	۱۳	سقز	۰/۲۱	-۰/۷۸	بدون روند
۶	فسا	۰/۴۷	-۰/۰۷	بدون روند	۱۴	خرم‌آباد	۰/۶۹	۰/۴۹	بدون روند
۷	بوشهر	۰/۴۷	-۰/۰۷	بدون روند	۱۵	ایرانشهر	۰/۱۵	-۱/۰۳	بدون روند
۸	بندرعباس	۰/۲۷	۰/۶۰	بدون روند	۱۶	زابل	۰/۱۲	-۱/۱۵	بدون روند

ج - آزمون من-کندال داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب
بنابر نتایج مندرج در جدول (۱۱) داده‌های شدت بارش ۱۶ ایستگاه منتخب در این پژوهش فاقد روند بوده و تصادفی هستند.

جدول ۱۱: نتایج محاسبه آزمون من کندال داده‌های شدت بارش ایستگاه‌های منتخب

ردیف	نام ایستگاه	P-Value	Z-Value	روند	ردیف	نام ایستگاه	P-Value	Z-Value	روند
۱	رشت	۰/۷۸	۰/۷۸	بدون روند	۹	بندرلنگه	۰/۲۱	-۰/۷۸	بدون روند
۲	رامسر	۰/۶۵	۰/۳۹	بدون روند	۱۰	چابهار	۰/۹۵	۱/۷۴	بدون روند
۳	بابلسر	۰/۱۶	۰/۹۶	بدون روند	۱۱	کرمانشاه	۰/۸۳	۰/۹۶	بدون روند
۴	بندر انزلی	۰/۹۲	۱/۴۲	بدون روند	۱۲	سنندج	۰/۴۴	-۰/۱۴	بدون روند
۵	گرگان	۰/۷۷	۰/۷۴	بدون روند	۱۳	سقز	۰/۵	۰	بدون روند
۶	فسا	۰/۷۱	۰/۵۷	بدون روند	۱۴	خرم‌آباد	۰/۵۵	۰/۱۴	بدون روند
۷	بوشهر	۰/۷۳	۰/۶۴	بدون روند	۱۵	ایرانشهر	۰/۳۶	-۰/۳۵	بدون روند
۸	بندرعباس	۰/۵۱	۰/۰۳	بدون روند	۱۶	زابل	۰/۰۵	-۰/۶۴	بدون روند

• مرحله ششم: تحلیل همسازهای ایستگاه‌های منتخب

تحلیل همسازها (هارمونیک) به عنوان یک روش برای اصلاح دیدگاه کلی پژوهشگران ایرانی در رابطه با بارش‌های ایران اتخاذ شده‌است، زیرا سیاست‌های راهبردی منابع آبی ایران در تحلیل هارمونیک و نتایج حاصل از آن با تحلیل‌های غیر هارمونیک متفاوت می‌شود. چرا که نتایج حاصل از تحلیل هارمونیک ضمن تأیید تصادفی بودن داده‌های اقلیمی بارش، الگوهای رفتاری تصادفی بودن را نیز مشخص می‌کند. و مشخص شدن الگوهای رفتاری تصادفی نقطه عطفی در تعیین سیاست‌های راهبردی آب است.

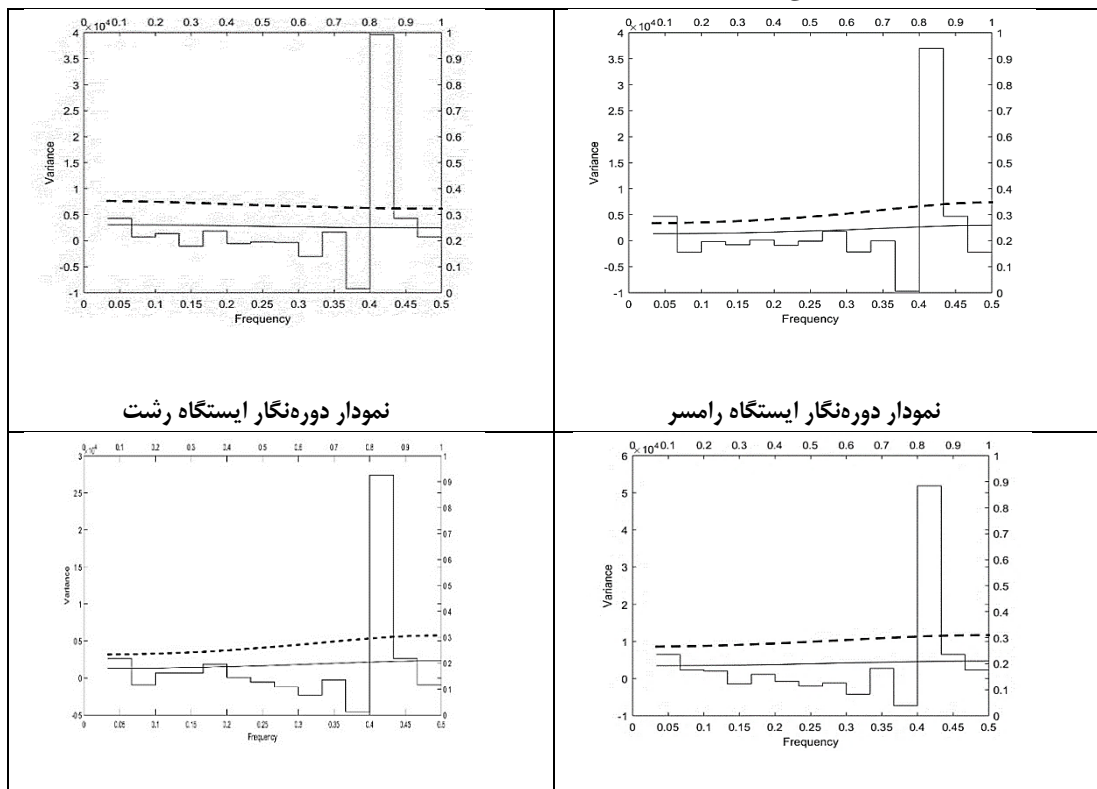
در این پژوهش برای بررسی و تحلیل نوسان‌های بارش با استفاده از تحلیل هارمونیک (تحلیل همسازها) داده‌های بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۶ و انجام محاسبات طبق رابطه (۳) از امکانات برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب بهره گرفته شده است. نتایج حاصل از انجام تحلیل هارمونیک در جدول (۱۲) درج و نمودار دوره‌نگار آنها (شکل ۹) نیز ترسیم شده‌است.

جدول ۱۲: مشخصات آماری چرخه‌های بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب (۱۳۶۷-۱۳۹۶)

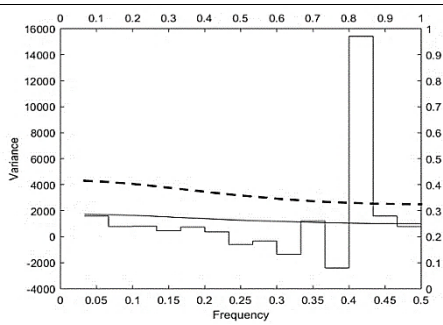
نام ایستگاه	شماره چرخه معنی‌دار	احتمال	دوره بازگشت	درصد واریانس	نام ایستگاه	شماره چرخه معنی‌دار	احتمال	دوره بازگشت	درصد واریانس
رشت	۱۲	۰/۴	۲/۵	۸۹/۶	چابهار	۵	۰/۱۶۷	۶	۱/۹۶
رامسر	۱	۰/۰۳۳	۳۰	۳/۷		۶	۰/۲	۵	۱۰/۵
بابلسر	۱۲	۰/۴	۲/۵	۸۷/۶۴		۱۱	۰/۳۶۷	۲/۷۳	۱/۱۲
بندر انزلی	۱۲	۰/۴	۲/۵	۹۲/۸۸		۱۲	۰/۴	۲/۵	۷۳/۳۸
گرگان	۱۲	۰/۴	۲/۵	۹۱/۹۶	کرمانشاه	۱۲	۰/۴	۲/۵	۹۰/۷۷
	۳	۰/۱	۱۰	۰/۲۷	سنندج	۱۲	۰/۴	۲/۵	۹۳/۲

					۱/۴۶	۶	۰/۱۶۷	۵	فسا
				سقز	۱/۱۱	۳	۰/۳۳۳	۱۰	
۰/۲۵۳	۳	۰/۳۳	۱۰		۷۵/۲	۲/۵	۰/۴	۱۲	
۸۹/۳	۲/۵	۰/۴	۱۲		۰/۲۲	۶	۰/۱۶۷	۵	بوشهر
۲/۸	۴	۰/۳۳	۱۰	خرم‌آباد	۴/۴۹	۵	۰/۲	۶	
۸۷/۵۶	۲/۵	۰/۵	۱۲		۸۳/۹	۲/۵	۰/۴	۱۲	
۱/۰۷۱	۱۰	۰/۱	۳		۲/۲۹۲	۶	۰/۱۶۷	۵	بندرعباس
۱/۵۸	۶	۰/۱۶۷	۵	ایرانشهر	۱/۵۴	۵	۰/۲	۶	
۰/۳۰۲	۵	۰/۲	۶		۷۶/۶۲	۲/۵	۰/۴	۱۲	
۷۶/۸۴	۲/۵	۰/۴	۱۲		۱/۲۶	۱۰	۰/۱	۳	بندر لنگه
۱/۰۷۱	۲	۰/۵	۱۵	زابل	۱/۴۴	۶	۰/۱۶۷	۵	
۱/۹۸۱	۶	۰/۱۶۷	۵		۰/۴۰۲	۵	۰/۲	۶	
۲/۰۳	۳/۷۵	۰/۲۶۷	۸		۷۷/۳۳	۲/۵	۰/۴	۱۲	
۲/۲۴	۳	۰/۳۳۳	۱۰		۱/۲۶	۲	۰/۵	۱۵	
۷۴/۱۸۲	۲/۵	۰/۴	۱۲						

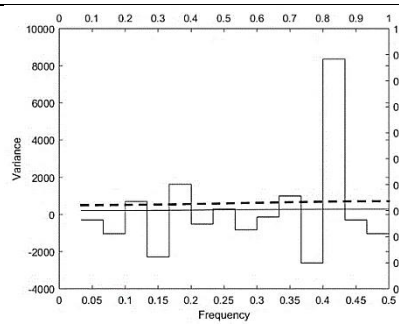
در شکل ۱۰ در نمودار دوره‌نگار هر یک از ایستگاه‌های منتخب سطح معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد با خط‌چین و خط تصادفی بودن همسازها با خط نازک پیوسته نشان داده شده‌است. لذا همسازهایی که بالاتر از سطح خط‌چین (معنی‌داری) هستند به عنوان چرخه یا همساز معنی‌دار در نظر گرفته شده‌اند. یافته‌های حاصل از تحلیل نمودارهای دوره‌نگار (شکل ۱۰) ایستگاه‌هایی منتخب نمایانگر فقدان روند یا نظم مشخص در داده‌های بارشی سالانه است زیرا؛ در تمامی ایستگاه‌ها فقط چرخه یا همساز ۱۲ معنی‌دار بوده و سایر چرخه‌ها به خط نازک پیوسته نزدیک‌ترند در نتیجه داده‌های بارشی سالانه ایستگاه‌های منتخب تصادفی هستند.



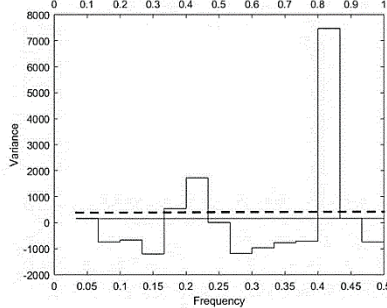
نمودار دوره‌نگار ایستگاه بابلسر



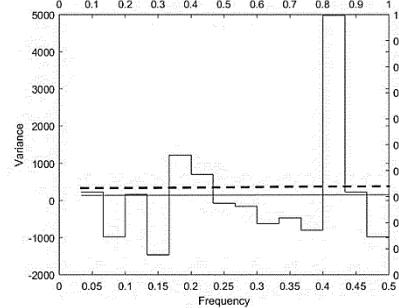
نمودار دوره‌نگار ایستگاه بندرانزلی



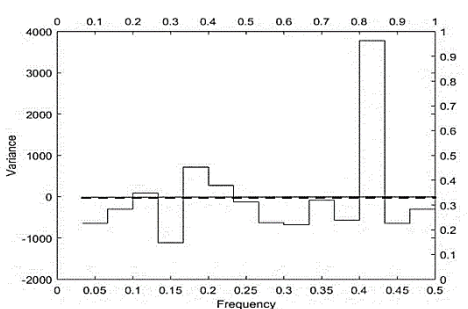
نمودار دوره‌نگار ایستگاه گرگان



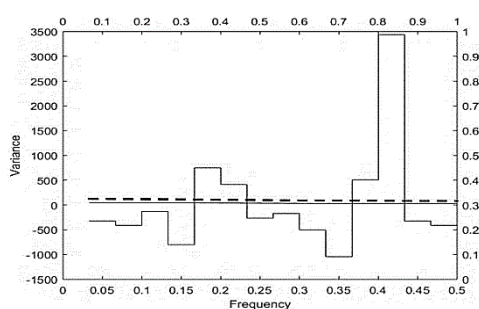
نمودار دوره‌نگار ایستگاه فسا



نمودار دوره‌نگار ایستگاه بوشهر

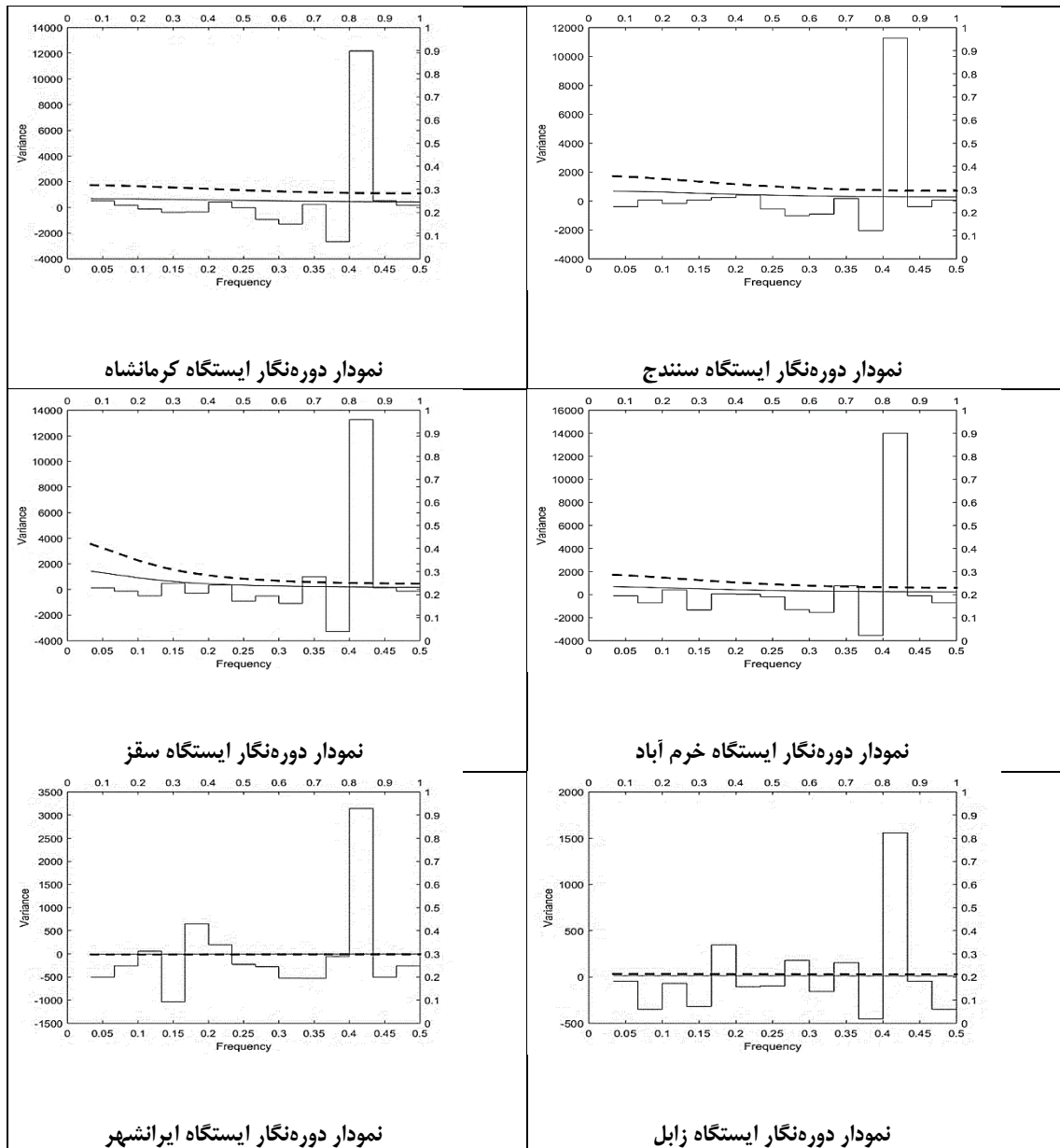


نمودار دوره‌نگار ایستگاه بندرعباس



نمودار دوره‌نگار ایستگاه بندرلنگه

نمودار دوره‌نگار ایستگاه چابهار



شکل ۱۰: نمودار دوره‌نگار تحلیل همسازهای داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه‌های منتخب (۱۳۹۶-۱۳۶۷)

استنتاج و استخراج گزاره‌های سیاست‌گذاری (تحلیل پدیدارشناسانه)^۱

در گام چهارم براساس یافته‌های آزمون‌های (مراحل شش‌گانه گام سوم) انجام شده بر روی سه مؤلفه میانگین بارش سالیانه، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش ایستگاه‌های منتخب بر اساس روش پدیدارشناسانه به استنتاج و استخراج گزاره‌های سیاست‌گذاری مبادرت شد. نکته قابل تأملی که می‌توان از این بررسی‌ها بدست آورد آنست که الگوی‌های بارشی ایران دو تیپ رفتاری تک‌پالسی و دو یا چندپالسی از خود به نمایش می‌گذارند. به عنوان مثال ایستگاه‌های رشت، بابلسر، بندرانزلی، گرگان و ... دارای یک پالس با مد بلند بوده و ایستگاه‌های رامسر، فسا، بوشهر، بندرعباس و ... دو پالسی و یا چند پالسی هستند.

^۱- Phenomenological Analyses

- لذا گزاره‌های زیر را می‌توان از تحلیل تغییرات ایستگاه‌های منتخب استخراج نمود:
- حوادث بارشی ایران تحت سیطره سیستم‌های اقلیمی سه‌گانه‌ای هستند که از نظم خاصی پیروی نکرده و هر کدام دارای بی‌نظمی و آشوب‌های غیرقابل پیش‌بینی هستند.
 - رفتار بارشی در طول سالیان متمادی در هر یک از بخش‌های کشور متفاوت بوده است.
 - تقریباً تمامی پربارش‌ترین بارش‌های ۲۴ ساعته رخ داده در ایستگاه‌های منتخب اتفافی و از نظم خاصی پیروی نمی‌کنند.
 - بالاخره آن‌که الگوی‌های بارشی ایران بیشتر ماهیت کاتاستروفی دارند.
- بنابراین در مدیریت منابع آب ایران این ویژگی یعنی تصادفی بودن باید به عنوان هویت اقلیم سرزمینی^۱ ما تلقی شود و بر اساس چنین هویتی سیاست‌های برنامه‌ای تدوین شود.

نتیجه‌گیری

اگر چه اندازه‌گیری و مطالعه داده‌های بارشی به عنوان اصلی‌ترین و مهم‌ترین عنصر به سیستم‌های هیدرولوژیکی محسوب می‌شود اما بسیاری از محققین و اندیشمندان ایرانی روح حاکم بر این داده‌ها را نادیده انگاشته‌اند. زیرا پژوهش‌های خود را بر داده‌های جوی با توسل به متوسط‌ها، میانگین‌ها، میان‌های آماری استوار کرده‌اند. حال آنکه کشور ایران یک استثناء و دارای هویت اقلیمی و سرزمینی خاصی است که رخدادهای اقلیمی را در کنترل خود دارد. این موضوع بیانگر این حقیقت است که نوع نگرش، روش مطالعه، سیاست‌گذاری‌ها در زمینه بارش‌های جوی، منابع آبی و مدیریت منابع باید تغییر کند. با در نظر گرفتن نتایج تحلیل‌های آماری داده‌های بارشی سه مؤلفه میانگین بارش سالانه، بیشینه بارش ۲۴ ساعته و شدت بارش ایستگاه‌های منتخب می‌توان به این مهم دست یافت که حوادث بارشی ایران تحت سیطره سیستم‌های اقلیمی سه‌گانه‌ای هستند که از نظم خاصی پیروی نکرده دارای بی‌نظمی‌ها و آشوب‌های غیرقابل پیش‌بینی هستند. میزان دریافت بارش در طول سالیان متمادی در هر یک از بخش‌های کشور متفاوت بوده و اکثر قریب به اتفاق پربارش‌ترین بارش‌های ۲۴ ساعته رخ داده از نوع اتفافی و دارای نظم نیستند. لذا حوادث بارشی ایران از نوع کاتاستروفیک و از روند خاصی پیروی نمی‌کنند. در نتیجه هویت اقلیمی ایران تحت عنوان گزاره تصادفی بودن رخدادهای اقلیمی صورت می‌گیرد و کاتاستروفیک بودن رخدادهای اقلیمی به عنوان یک اصل و شاخصه ذاتی سرزمینی تعریف‌کننده هویت اقلیمی ایران است. بدون تردید در سرزمینی که وقایع اقلیمی در آن تصادفی هستند نحوه سیاست‌گذاری‌ها درباره منابع آبی با سرزمین‌های دیگر متفاوت است و نمی‌توان یک سیاست معین و مشخص را برای مدیریت منابع آبی اتخاذ نمود. کاتاستروفیک بودن بارش‌ها این اصل را برای ما روشن می‌سازد که اولاً ما با دوره‌های متفاوت رطوبتی و ثانیاً دوره‌های کاهش رطوبتی مواجهیم؛ بنابراین می‌توان در زمینه سیاست‌گذاری در حوزه منابع آبی گزاره‌های راهبردی زیر را بیان نمود:

- ۱- ذخیره‌سازی آب باید به عنوان یک اصل، پذیرفته و به رسمیت شناخته شود.

۲- نظر به این که از نظر زمانی گاه ممکن است مناطقی از ایران بیش از نیاز آبی و مناطقی، کمتر از نیازشان بارش دریافت کنند بنابراین ایجاد ساختاری در زمینه مدیریت منابع آبی که قادر به مانور آبی سرزمینی در مواقع اضطراری باشد ضروری و الزامی است.

۳- با توجه به برنامه‌های توسعه کشور استفاده از منابع جدید آب در درازمدت (۵۰ ساله) امری قطعی است.

۴- ایجاد یک شبکه سراسری آب در کشور که سهم آب‌های تولیدشده (آب‌های مصنوعی، زیرزمینی، سطحی، سیلاب‌ها و ...) در آن مشخص باشد ضروری به نظر می‌رسد.

^۱- Territorial Climate Identity

منابع

- تدوین قانون توزیع عادلانه آب، ۱۳۶۱. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، وزارت نیرو.
- ثنایی، م.، براتی، غ.، و شکیبیا، ع.، ۱۴۰۲. تحلیل طیفی چرخه‌های سری زمانی دیرپایی فصل بارش کشور، فصلنامه علمی فضای جغرافیایی اهر، سال ۲۳، شماره ۸۲، صص ۱۵۴-۱۳۵.
- سند فناوری‌های راهبردی آب، ۱۳۹۴. ستاد توسعه فناوری‌های آب، خشکسالی، فرسایش و محیط زیست، معاونت علمی و راهبردی رئیس‌جمهور.
- سازمان هواشناسی www.weather.ir.
- شجاعی‌مقدم، ر.، کریمپور، م.، نصیری، ب.، و طهماسبی‌پور، ناصر.، ۱۳۹۷. بررسی و تحلیل چرخه‌ها و الگوی خودهمبستگی فضایی بارش‌های ماهانه ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال ۱۸، شماره ۵۱، صص ۲۵۱-۲۳۵.
- طرح جامع آب، ۱۳۸۵. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، وزارت نیرو، معاونت آب و آبفا، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و آبفا.
- عسگری، ا.، ۱۳۹۲. تحلیل هارمونیک فشار جو (مطالعه موردی: در تهران و بابلسر)، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال چهارم، شماره ۱۳ و ۱۴، صص ۴۵-۵۵.
- علیجانی، ب.، بیات، ع.، دوستکامیان، م.، و بلیانی، ی.، ۱۳۹۵. تحلیل طیفی سری‌های زمانی بارش سالانه ایران، نشریه علمی-پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۰، شماره ۵۷، صص ۲۳۶-۲۱۷.
- علیزاده، ق.، و حسینی، م.، ۱۴۰۲. تحلیل آماری تغییرات بلندمدت بارش، دبی و کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز تجن، شمال ایران)، مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، سال ۳، شماره ۲، صص ۶۶-۴۷.
- کریمی، م.، و فرج‌زاده، م.، ۱۳۹۰. شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۹، شماره ۲۲، صص ۱۲۷-۱۰۹.
- گوهری، ف.، حاجی‌محمدی، ح.، و حاجی‌وندپایداری، س.، ۱۴۰۱. شناسایی مکانیسم جوی حاکم بر رخداد ناهنجاری‌های شدید بارشی شرق ایران، نشریه پژوهش‌های تغییرات آب‌وهوایی، فصلنامه علمی دانشگاه گلستان، سال ۳، شماره ۱۰، صص ۳۳-۴۶.
- مزیدی، ا.، و طوفانی، ه.، ۱۴۰۰. بررسی روند تغییرات دما و بارش ایستگاه همدید ارومیه به روش آماری من-کندال، جغرافیا و روابط انسانی، دوره ۴، شماره ۲، صص ۳۷۰-۳۵۷.
- محمدی، م.، مامی‌زاده، ج.، و احسان‌زاده، ا.، ۱۳۹۹. مقایسه مدل‌های آماری و تجربی در تعیین منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش (مطالعه موردی: شهر ایلام)، نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، سال ۱۱، شماره ۴۱، صص ۲۵۶-۲۶۸.
- منتظری، م.، کیخسروی کیانی، م.، و السعیدی، ح.، ۱۴۰۳. اقلیم‌شناسی باد شمال، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۲۲، شماره ۷۵، صص ۱۶۲-۱۳۹.
- Anhøj, J., 2015. Diagnostic value of run chart analysis: using likelihood ratios to compare run chart rules on simulated data series. *PLoS One*, 10(3), e0121349.
- Aryal, A., Maharjan, M., Talchabhadel, R., & Thapa, B. R., 2022. Characterizing meteorological droughts in Nepal: A comparative analysis of standardized precipitation index and rainfall anomaly index. *Earth*, 3(1), 409-432.
- El-Rawy, M., Fathi, H., Abdalla, F., Alshehri, F., & Eldeeb, H., 2023. An integrated principal component and hierarchical cluster analysis approach for groundwater quality assessment in Jazan, Saudi Arabia. *Water*, 15(8), 1466.
- Guo, Y., Zhang, R., Wen, Z., Li, J., Zhang, C., & Zhou, Z., 2021. Understanding the role of SST anomaly in extreme rainfall of 2020 Meiyu season from an interdecadal perspective. *Science China Earth Sciences*, 64(10), 1619-1632.

- Haider, S., Karim, M. R., Islam, M. S., Megumi, T. A., & Rahnama, Q. S., 2024. *Extreme weather events and Spatio-temporal characterization of climate change variables in Bangladesh during 1975–2019*. *Heliyon*.
- Kerebo, K. A., Bizuneh, Y. K., Mekonnen, A. G., & Mohammed, Y. (2024). *The Trends and Spatiotemporal Variability of Temperature and Rainfall in Hulbarag District, Silte Zone, Ethiopia*. *Heliyon*.
- Pinault, J. L., 2023. *Extreme Heavy Rainfall Events at Mid-Latitudes as the Outcome of a Slow Quasi-Resonant Ocean–Atmosphere Interaction: 10 Case Studies*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 359.
- Serrano-Vincenti, S., Condom, T., Campozano, L., Escobar, L. A., Walpersdorf, A., Carchipulla-Morales, D., & Villacís, M., 2022. *Harmonic analysis of the relationship between GNSS precipitable water vapor and heavy rainfall over the Northwest Equatorial Coast, Andes, and Amazon Regions*. *Atmosphere*, 13(11), 1809.
- Tarawneh, Q. Y. (2018). *Harmonic analysis of solar irradiation and rainfall data in the context of various climatic indicators in Saudi Arabia*. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 1-13.
- Uddin, M. N., Rahman, S. M., & Sultan-UI-Islam, M., 2020. *Seasonal Boundaries in Harmonic Analysis of Temperature and Rainfall Time Series for Studying the Climatic Patterns in Central Part of Northern Bangladesh*. *Rajshahi Uni. J. Envi. Sci.*, 9, 41-51.
- Vondou, D. A., Guenang, G. M., Djiotang, T. L. A., & Kamsu-Tamo, P. H., 2021. *Trends and interannual variability of extreme rainfall indices over Cameroon*. *Sustainability*, 13(12), 6803.