



Revealing the temporal-spatial changes of autumn rainfall in Iran based on long-term statistics and non-parametric tests

Omidvar, K.¹  | Taeae, N.² | Mohammadi Ravari, F.³ 

1. professor of climatology and faculty member of the Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran.
2. graduate of Master's degree in Climatology, Yazd University, Yazd, Iran.
3. Ph.D. student of Climatology, Yazd University, Yazd, Iran.

Corresponding Author E-mail: Komidvar@yazd.ac.ir

(Received: 03 Aug 2024, Revised: 03 Sep 2024, Accepted: 23 Sep 2024, Published online: 09 Apr 2025)

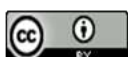
Abstract

Rainfall, as a random variable, is one of those climatic elements that have significant changes in duration and location. Meanwhile, investigating the temporal and spatial distribution of precipitation in a place is of particular importance. In this research, the daily rainfall data of 38 synoptic stations during the 30-year statistical period (1981-2010) have been used to analyze the temporal and spatial changes of Iran's autumn rainfall with the non-parametric Mann-Kendall, ShibSense, and cluster analysis methods. The research results show that in October, the rainfall at Bojnord station decreased by 4.6 mm, and in December at Kermanshah station, it decreased by 16.5 mm. The annual trend of fall season rainfall in Qazvin and Khoi stations has decreased by 24.2 and 21.1 mm in the last decade, respectively. The analysis of autumn rainfall trends using the Mann-Kendall test also showed that Saqez station had a significant increase in rainfall in November, and Bojnord, Kermanshah, Qazvin, and Bojnord stations experienced sudden changes, either increasing or decreasing, during the statistical period. have experienced, but they do not show a significant trend. The results of the cluster analysis also showed that according to its rainfall situation, Iran includes low rainfall, high rainfall and medium rainfall, so the month of December has the highest share of autumn rainfall and the month of October has the lowest share of autumn rainfall.

Keywords: precipitation, autumn season, non-parametric Mann-Kendall test, cluster analysis, Iran

Cite this article: Omidvar, K., taeae, N., & Mohammadi Ravari, F. (2025). Revealing the temporal-spatial changes of autumn rainfall in Iran based on long-term statistics and non-parametric tests. *Journal of the Nivar*, 49(128-129), 1-18. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.471556.1301>

E-mail: (2) nasrintae@yahoo.com (3) F.mohammadi.5016@gmail.com



آشکارسازی تغییرات زمانی-مکانی بارش پاییزه ایران بر اساس آمار درازمدت و آزمون های ناپارامتریک

کمال امیدوار^۱ | نسرين طايي^۲ | فروغ محمدی راوری^۳

۱. استاد اقلیم شناسی و عضو هیئت علمی گروه جغرافیا دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد آب و هواشناسی کاربردی دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۳. دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه یزد، یزد، ایران.

رایانامه نویسنده مسئول: Komidvar@yazd.ac.ir

(دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۳، بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۱۳، پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۰۲، انتشار آنلاین: ۱۴۰۴/۰۱/۲۰)

چکیده

بارندگی به عنوان یک متغیر تصادفی جزو آن دسته از عناصر اقلیمی است که تغییرات چشمگیری با زمان و مکان دارد. در این میان بررسی توزیع زمانی و مکانی بارش در یک مکان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ۳۸ ایستگاه همدید در طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) برای تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش پاییزه ایران با روش های ناپارامتریک من - کندال، شیب سنس و با روش تحلیل خوشه‌ای استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که در ماه اکتبر (مهر ماه) بارش ایستگاه بجنورد دارای روند کاهشی و به میزان ۴/۶ میلیمتر و در ماه دسامبر (آذر ماه) ایستگاه کرمانشاه به میزان ۱۶/۵ میلیمتر در سه دهه کاهش داشته است. روند سالانه بارش فصل پاییز در ایستگاه های قزوین و خوی نزولی بوده و به ترتیب به میزان ۲۴/۲ و ۲۱/۱ میلیمتر در سه دهه کاهش بارندگی داشته اند. تحلیل روند بارش پاییزه با استفاده از آزمون من - کندال نیز نشان داد که ایستگاه سقز در ماه نوامبر (آبان ماه) دارای روند افزایشی معنی داری بارش می‌باشد و ایستگاه های بجنورد، کرمانشاه، قزوین و بجنورد، تغییر ناگهانی را چه از نوع افزایشی و چه کاهشی در طی دوره آماری تجربه کرده اند اما روند معنی داری را نشان نمی‌دهند. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای نیز نشان داد که کشور ایران با توجه به وضعیت بارشی آن شامل منطقه کم بارش، پر بارش و بارش متوسط می‌باشد به طوری که ماه دسامبر (آذر ماه) بالاترین سهم بارندگی پاییزه و ماه اکتبر (مهر ماه) کمترین سهم بارش پاییزه را به خود اختصاص داده است.

کلیدواژه‌ها: بارش، فصل پاییز، آزمون ناپارامتریک من - کندال، تحلیل خوشه ای، ایران

۱. مقدمه

به طور کلی شناخت چگونگی روند تغییرات اقلیمی و به ویژه روند تغییرات بارش از جمله مواردی است که در سال های اخیر مورد توجه محققان علوم جوی و هیدرولوژی قرار داشته است. بدون توجه به این که یک مکان در اقلیم مرطوب یا خشک قرار دارد، آگاهی از روند تغییرات بارش یک مکان می تواند بسیاری از مدیران و دست اندرکاران مرتبط با آب را

بارش به عنوان یکی از مهمترین مؤلفه های هواشناسی از اهمیت ویژه و نقش مهمی در چرخه آب، مدلسازی های هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب برخوردار است. شایقی و همکاران (۲۰۲۰). آگاهی از توزیع جغرافیایی الگوهای بارندگی به دلیل استفاده گسترده آن در کشاورزی، منابع آب، صنعت و بهره برداری از سدها حائز اهمیت است.

استناد: امیدوار، کمال، طایی، نسرين، و محمدی راوری، فروغ. (۱۴۰۴). آشکارسازی تغییرات زمانی-مکانی بارش پاییزه ایران بر اساس آمار درازمدت و آزمون های

ناپارامتریک. مجله نیوار، ۴۹ (۱۲۹-۱۲۸)، ۱۸-۱. DOI: <https://doi.org/10.30467/nivar.2024.471556.1301>

رایانامه: (۲) nasrintaee@yahoo.com (۳) F.mohammadi.5016@gmail.com



مقیاس سالانه روندی کاهشی را تجربه کرده و سال ۱۹۷۸ بیشترین احتمال را برای تاریخ تغییر روند به خود اختصاص داده بود. چن^۲ و همکاران (۲۰۱۴) روند تغییرات بارش، دما و رواناب حوضه آبریز یانگ تسه چین را در دوره آماری ۱۹۵۵ تا ۲۰۱۱ با استفاده از آزمون من-کندال موردبررسی قراردادند. آنان در مطالعه خود نشان دادند که میانگین دما روند افزایشی داشته و بارش هیچگونه تغییرات معنی داری را تجربه نکرده و رواناب از روند افزایشی برخوردار بوده است. لیگانگ^۳ و همکاران (۲۰۱۵) روند بارش سالهای ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ در مناطق خشک آسیای مرکزی را موردبررسی قراردادند. روند بارش بر روی دادههای بارش ماهانه در طول دوره آماری ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ از ۳۴۴ ایستگاه هواشناسی صورت گرفته است. نتایج نشان داد که ۱۷/۴ درصد بارش در تمام ایستگاههای هواشناسی در طول دوره مورد مطالعه افزایش یافته است. در پژوهشی دیگر نوسایبا^۴ و همکاران (۲۰۱۶) تغییرات زمانی بارش در ترکیه برای دوره زمانی ۱۹۶۷ تا ۲۰۱۰ را موردبررسی قراردادند. برای روند تغییرات زمانی و مکانی بارش از روش کریجینگ معمولی استفاده نمودند نتایج نشان داد که در سراسر منطقه ترکیه به غیر از آتاتولی روند بارش کاهشی بوده است. همچنین میشرام^۵ و همکاران (۲۰۱۶) روند بارش در چتیسگر ایالت هند را با روش من-کندال، رگرسیون خطی و شیب سن مورد مطالعه قراردادند. آنان از دادههای بارش ماهانه در طی دوره آماری ۲۰۰۲-۱۹۰۱ و از ۱۶ ایستگاه هواشناسی استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در تمام ایستگاهها بارش سالانه روند کاهشی داشته است. رحمان^۶ و همکاران (۲۰۱۷) به مطالعه ای که در خصوص بارشهای ماهانه بنگلادش، در طی بازه زمانی ۶۰ ساله با استفاده از روش من-کندال اسپرمت انجام دادند؛ به این نتیجه دست یافتند که روند کاهشی در منطقه بوگرا قابل مشاهده است و در سایر ایستگاهها روندی وجود ندارند.

نسبت به تصمیم گیری های آینده خود در ارتباط با پروژه های عمرانی یاری دهد (بختباری، ۱۳۹۰). با آغاز دوره سرد سال در پاییز روزهای بارندگی در سراسر ایران افزایش می یابد. در این فصل اثر کوهستانها در توزیع روزهای بارش به ویژه در قسمت های جنوبی زاگرس مشهود است. در حالی که در شمال کشور بادهای غربی و بادهای سیبری بسیار فعال هستند، جنوب کشور تقریباً از اواسط پاییز زیر نفوذ بادهای غربی قرار می گیرد. در نتیجه مقدار بارندگی در شمال چند برابر جنوب است. بیشترین بارندگی فصل پاییز در ساحل جنوب غربی دریای خزر می بارد که مقدار آن در بندر انزلی ۹۰۸ میلی متر است و به تدریج به اطراف کاهش پیدا می کند. در بیرون از منطقه خزر هسته بیشینه بارش فصلی در دامنه بادگیر کوه های زاگرس قرار دارد. با توجه به این که بادهای غربی در اواخر فصل پاییز به نواحی جنوبی شرقی ایران می رسد بنابراین کمی بارندگی، علیرغم دسترسی به رطوبت فراوان قابل توجه است (علیجانی، ۱۳۸۷). با توجه به مسائل مطرح شده، بررسی و برآورد نزولات جوی برای هر منطقه به عنوان مهم ترین پارامترهای اقلیمی در استفاده بهینه از منابع آبی محسوب می گردد و لازم است مطالعاتی در این زمینه صورت گیرد تا هم در مدیریت منابع آب درست عمل کنیم و هم پیش بینی درستی انجام دهیم که کشاورزان و برنامه ریزان در امر منابع و ذخایر آبی موفق عمل کنند و متحمل خسارات جبران ناپذیری نشوند. مطالعات بی شماری در مقیاس یاد شده در زمینه تغییرات بارش انجام گرفته که حاکی از تغییر مقدار و رژیم بارش در برخی از نقاط و ثبات آن در نقاط دیگر می باشد که در زیر به برخی از آنها اشاره می گردد (عساکره، ۱۳۸۴).

دوهان^۱ و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی به مطالعات تغییرات زمانی و مکانی بارش ۱۰۲ ساله منطقه مادها پارادش هندوستان پرداختند. آن ها از آزمون من-کندال و تخمین گر شیب سن به منظور روند یکنواخت بارش استفاده کردند. نتایج حاصل نشان داد که تمامی ایستگاه های موردبررسی در

⁴-Nussaibah

⁵-Meshram

⁶-Rahman

¹-Duhan

²-Chen

³-Ligang

و همکاران (۱۳۹۴) به تحلیل سینوپتیکی بارش سنگین ۱۲ آوریل ۲۰۱۵ در شهرستان قزوین پرداختند. نتایج نشان داد که وجود کم فشار با محور شمالی - جنوبی بر روی نیمه غربی ایران از جنوب عربستان تا شمال ایران و قرارگیری پرفشار سرد بر روی دریای خزر و بالاسو بودن هوا در تمامی سطوح موجب ناپایداری و صعود هوا در تمامی سطوح جو است. ناظری و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی روند تغییرات مکانی و منطقه‌ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران پرداختند. در مطالعه خود با استفاده از داده‌های متوسط بارش سالانه ۳۱ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۰ به بررسی روند تغییرات منطقه‌ای بارش پرداختند. نتایج روند در هر دو مقیاس ایستگاهی و منطقه‌ای روند کاهش را در شمال غرب تأیید می‌کند. و امیدوار و همکاران (۱۴۰۱) به تحلیل همید بارش سنگین و سیلابی آبان ماه ۱۴۰۰ استان گیلان با استفاده از نقشه های روزانه سطح زمین و سطوح ۸۵۰، ۵۰۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال و نمودار های اسکوتی تهران و کرمانشاه پرداختند. نتایج نشان داد که وجود یک سامانه کم فشار در سطح زمین بر روی شمال کشور و همچنین یک سامانه پرفشار قوی با فشار مرکزی ۱۰۳۵ هکتوپاسکال باعث ریزش هوای سرد از عرض های بالا بر روی دریای خزر شده است که با حرکت و اچرخندی خود باعث تغذیه رطوبت از آب های دریای خزر شده و پس از برخورد با ارتفاعات منطقه از جمله البرز و تالش باعث بارندگی های شدید و رگباری در استان گیلان شده است. به طوری که در دوره مذکور، در روز ۱۱ نوامبر ایستگاه تالش با بارش ۷۰ میلی متر و روز ۱۲ نوامبر ایستگاه رضوان شهر با بارش ۱۳۵ میلی متر بیشترین بارش های سنگین را در استان گیلان تجربه کرده اند.

در حال حاضر، به دلیل کاهش میزان بارش در ایران و ادامه روند خشکسالی، نیاز به مدیریت و برنامه ریزی منابع آب از هر زمان دیگری اهمیت بیشتری پیدا کرده است. اما مدیریت و کنترل تمامی عوامل در صورتی که تغییرات غیرطبیعی مانند دخالت های انسانی و تغییرات اقلیمی در حوضه های آبخیز مختلف بیش از حدی رخ دهد، به دلیل پیچیدگی آنها بسیار

مانیا^۱ و همکاران (۲۰۱۷) در طی بازه زمانی ۴۸ ساله (۲۰۰۸-۱۹۶۱) برای شرق رومانی به مطالعه و بررسی انواع ابر و تغییرات روند نوع بارش پرداختند و نتیجه گرفتند که در همه ایستگاه های منطقه مورد مطالعه در دوره گرم سال فراوانی روزهای بارش روند دارای کاهش معنادار بوده است. در ایران نیز، رفیعی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی و تحلیل همیدی الگوها و ناهنجاری های گردش جو در سال های همراه با آغاز زودرس بارش های فراگیر در ۴ منطقه بارش در ایران، ۳۳ سال آمار بارش روزانه دوره سرد سال (دسامبر-مارس) در ۵۰ ایستگاه همیدی و یک ایستگاه باران سنجی پرداختند. نتایج همبستگی معنی داری را در سطح ۵ درصدی بین آغاز زودرس بارش های دوره سرد سال در هر ناحیه و کل مقادیر بارش دریافتی آن دوره را نشان داد. قویدل و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی مدل های جبری و زمین آماری در پهنه بندی بارش استان اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد که مدل کریجینگ نسبت به سایر روش ها دارای خطای کمتری بوده و با نقشه توزیع ارتفاعی منطقه همخوانی دارد و روش کریجینگ بهترین روش برآورد بارندگی مناطق فاقد اطلاعات با اختلاف توپوگرافی شدید استان اردبیل، تشخیص داده شد. همچنین خلیلی و همکاران (۱۳۹۴) با استفاده از شاخص تراکم بارش (PCI) و داده های بارش ماهانه ۳۴ ایستگاه سینوپتیک در دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۱۰، محاسبه روند تغییرات آن در دو مقیاس سالانه و فصلی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج بررسی روند تغییرات شاخص مذکور در دوره آماری نشان داد که روند شاخص (PCI) در فصل زمستان در ۱۶ و ۱۵ ایستگاه به ترتیب افزایش و کاهش غیر معنی دار داشته و در ایستگاه های دزفول، سقز و همدان با کاهش معنی داری مواجه شده است. همچنین در فصل بهار ایستگاه های کرمان و رامسر، وجود روند افزایشی معنی دار را نشان داده و در فصل تابستان ایستگاه گرگان بی نظمی شدید و معنی دار نشان داد و در فصل پاییز ایستگاه های تبریز و زاهدان روند افزایشی معنی دار و ایستگاه بابلسر نیز روند کاهش معنی دار را تجربه کرده اند. در مطالعه ای دیگر احمدی

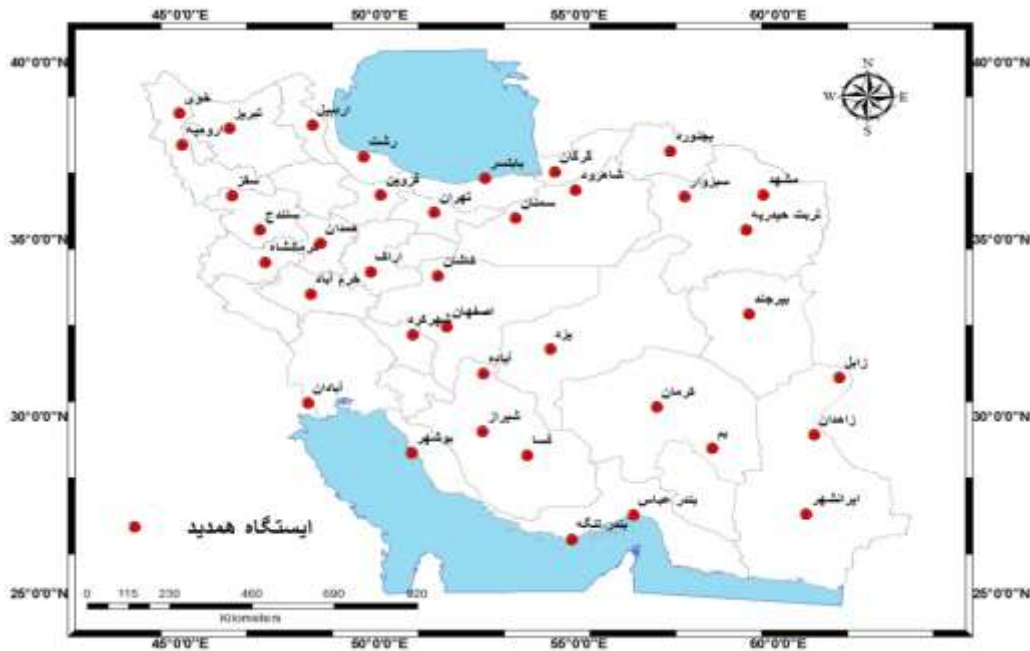
^۱-Manea

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه شرقی و متوسط بارش ۲۳۰ میلی‌متر در نیم کره شمالی واقع شده است. سرزمین ایران به طور کلی اقلیم کوهستانی و نیمه خشک دارد و میانگین ارتفاع آن بیش از ۱۲۰۰ متر از سطح دریاست (مدرس، ۲۰۰۶). همچنین مناطق داخلی ایران اقلیمی حاره‌ای با تابستان گرم و خشک و زمستان خیلی سرد دارند. زیرا از نظر سینوپتیک اغلب نقاط ایران در بیشتر موقع سال تحت تاثیر سیستم پرفشار جنب حاره‌ای قرار دارند (رضایی، ۲۰۰۵). شکل ۱ موقعیت کشور ایران و ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

دشوار خواهد بود. همچنین، واکاوی دقیق بارش‌ها به یک چالش اساسی برای دانشمندان و مهندسان در دوران معاصر تبدیل شده است. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع در پژوهش حاضر سعی شده است تغییرات زمانی و مکانی بارش پاییزه ایران بر اساس آمار طولانی‌مدت موجود و با استفاده از روش‌های آماری نوین در قلمرو ایران مورد بررسی قرار گیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. معرفی منطقه مورد مطالعه



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در این پژوهش

نمودار تحلیل خوشه‌ای به روش وارد برای سه ماه پاییز و بارش سالانه پاییز ترسیم شد. نقشه‌های ناحیه بندی به روش کریجینگ با استفاده از قابلیت ArcGIS در تحلیل‌های زمین‌آماری، تهیه گردید. این روش که مهم‌ترین و گسترده‌ترین روش درون‌یابی می‌باشد، به افتخار یکی از پیشگامان علم زمین‌آماری به نام دی جی کریگ^۱ نام‌گذاری

۲-۲. داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش از داده‌های بارش روزانه ۳۸ ایستگاه همدید در طی دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۸۱-۲۰۱۰) از هواشناسی کشور جمع‌آوری و مورد تحلیل قرار گرفت. با استفاده از نرم‌افزار MATLAB، محاسبه روش آماری ناپارامتریک من-کنندال، شیب سنس برای تغییرات زمانی و روند بارش و

^۱ D.G.Krige

$$S = \sum_{k=i}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

$$\operatorname{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1. & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0. & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1. & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

(۳)

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(rn-5) - \sum t_m t_m (t_m - 1)(t_m + 5)}{18}$$

T_m ، برای نمایش طول m امین گره در سری‌های زمانی داده‌ها استفاده می‌شود. گره موقعی ایجاد می‌شود که دو داده با مقدار مساوی پشت سرهم در سری زمانی وجود داشته باشند. طول گره برابر تعداد تکرار داده‌های مساوی می‌باشد. اگر اندازه نمونه بزرگ‌تر از ۱۰ باشد، آن‌گاه آمار آزمون در رابطه‌ی زیر به صورت یک متغیر به‌صورت معیار شده محاسبه می‌شود:

$$z = \begin{cases} 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ \frac{s-1}{\sqrt{\operatorname{var}(s)}} & \text{if } s < 0 \end{cases} \quad (4)$$

بنابراین در آزمون روند یابی دو دامنه، اگر قدر مطلق آماره آزمون بزرگ‌تر از عدد جدول به‌هنگار $(z > z_{\alpha/2})$ در سطح معنی‌داری α باشد آن‌گاه فرض H_0 رد می‌شود. $z_{\alpha/2}$ نقطه بحرانی توزیع به‌هنگار معیار می‌باشد که بالادست آن به میزان $\alpha/2$ احتمال وجود دارد. مقادیر S مثبت و منفی به ترتیب نشان‌دهنده روند افزایشی و کاهشی در سری زمانی داده‌ها می‌باشد. این زمان رخداد نقطه تقاطع منحنی‌های پیشرو و پسرو آماره آزمون در نظر گرفته می‌شود. به‌منظور معنی‌داری در سطح خطای ۵ درصد آماره‌ی مثبت یا منفی آزمون باید از عدد $1/96 \pm$ گذشته و در آن قسمت بماند.

۲-۲-۲. روش تحلیل خوشه‌ای

یکی از تکنیک‌های مفید در تحلیل‌های مکانی، روش تحلیل خوشه‌ای است. به کمک این روش می‌توان بر پایه اصول علمی مبادرت به تفکیک مکانی نمود و پهنه مشابه را

شده است. این روش یکی از تکنیک‌های بسیار مناسب برای تحلیل فضایی و توزیع منطقه‌ای داده‌های مکانی می‌باشد. مهمان و همکاران، (۱۳۹۳).

۲-۲-۱. روش ناپارامتری من - کندال

روش‌های آماری متعددی برای تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه شده است که به‌طور کلی در دو دسته پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم‌بندی می‌باشند. بررسی منابع متعدد نشان می‌دهد که روش‌های ناپارامتری از کاربرد وسیع‌تری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردارند. روش اصلی روندیابی در این پژوهش، براساس آزمون آماری من-کندال است که این روش که به‌طور گسترده در مباحث علوم محیطی و هواشناسی کاربرد دارد و یکی از روش‌های ناپارامتری مهم برای آزمون روند سری‌های زمانی محسوب می‌شود (Lettenmaier and Wallis 1994). آزمون روند من کندال یکی از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌شمار می‌رود. این آزمون ابتدا توسط Mann در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط Kendall در سال ۱۹۷۵ توسعه یافت. از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی فاقد هم‌خوانی با توزیع آماری خاصی اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است.

فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. توجه به توانمندی‌هایی که از این آزمون در آشکارسازی تغییرات رخ داده در سری‌های زمانی متغیرهای اقلیمی دارا می‌باشد، بسیار مورد توجه پژوهشگران حوزه‌های مطالعاتی تغییر اقلیم بوده است. آماره آزمون من-کندال (S)، با استفاده از روابط زیر به دست می‌آید و با میانگین صفر و پراش محاسبه شده به‌طور معانی دارای توزیع به‌هنگار می‌باشد.

در روش وارد گروه های I و S در صورتی ادغام می شوند که افزایش پراش ناشی از ادغام آنها نسبت به ادغام هر یک از آنها با دیگر گروه ها کمینه باشد یعنی:

$$d(r,s) = \frac{n_r n_s d_{rs}^2}{n_r + n_s} \quad (6)$$

که در اینجا فاصله بین گروه I گروه S است که به روش پیوند مرکزی به دست آمده باشد. n_r تعداد گروه R و n_s تعداد اعضای گروه S است. مسعودیان و همکاران (۱۳۹۰).

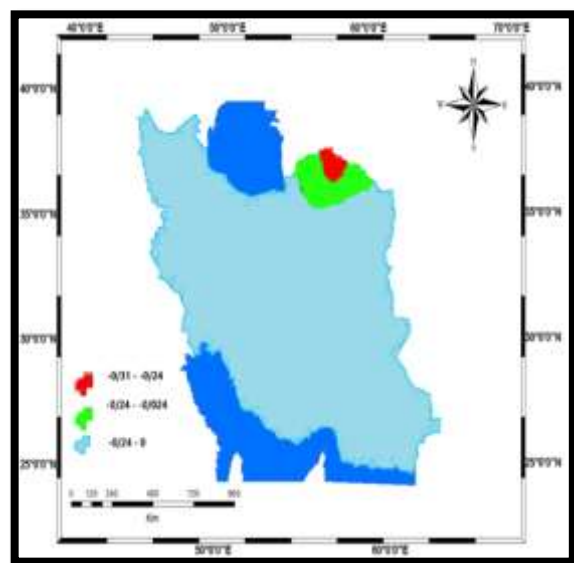
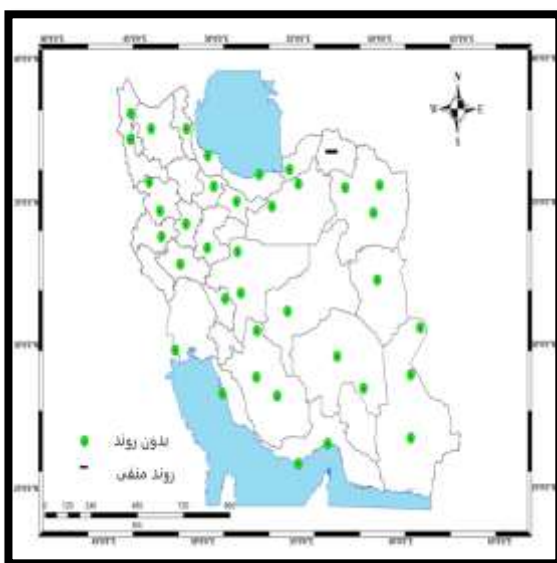
۳. نتایج و بحث

با بررسی روند و شیب روند بارش پاییزه در ماه اکتبر (ماه مهر) ۹۷/۴ درصد از وسعت کشور فاقد روند و ۲/۶ درصد از مساحت، روند منفی بارش در سطح اطمینان ۰/۰۵ در ایستگاه بجنورد، شمال شرق ایران را نشان می دهد. شیب روند این ایستگاه به میزان ۰/۴۶ کاهش است که به میزان ۴/۶ میلی متر در سه دهه کاهش بارندگی داشته است. در نقشه ناحیه بندی پیشینه شیب روند منفی این ماه در ایستگاه بجنورد به میزان ۰/۳۱ تا ۰/۲۴ مشاهده می شود. مناطق شمال شرقی دارای روند کاهش بارش بین ۰/۲۴ تا ۰/۲۴ است و مناطق شمال غرب، غرب، جنوب شرق، جنوب و فلات مرکزی ایران کم ترین شیب روند بین ۰/۲۴ تا صفر را دارا می باشد (شکل ۲).

مرزبندی و از سایر پهنه های ناهمگن جدا کرد (منتظری، ۲۰۰۹). تحلیل خوشه ای به دلیل پیدا کردن گروه های واقعی و نیز کاهش داده ها مفید و ارزشمند است، هدف پایه ی تحلیل خوشه ای یافتن گروه های طبیعی است که می تواند شامل تمامی یا برخی افراد نمونه باشند (اشرفی، ۱۳۸۹: ۶). روش خوشه ای معمولاً برای گروه بندی های معیاری به کار می رود. در این روش برای تعیین فاصله اعضاء از یکدیگر از هندسه اقلیدسی استفاده می شود. طبق فاصله اقلیدسی بین مکانی و زمانی، ماتریس فاصله حاصل می شود که بر اساس فاصله های این ماتریس، خوشه مکانی و زمانی تعیین می شود (علیجانی، ۱۳۸۵). بر این اساس نخست با اندازه گیری فاصله اقلیدسی بارش همه نقاط مکانی ماتریس P به ازای همه ی روزها، درجه ناهمانندی مکان ها را با یکدیگر می سنجیم.

$$d_{rs}^2 = (p_r - p_s)(p_r - p_s)' \quad (5)$$

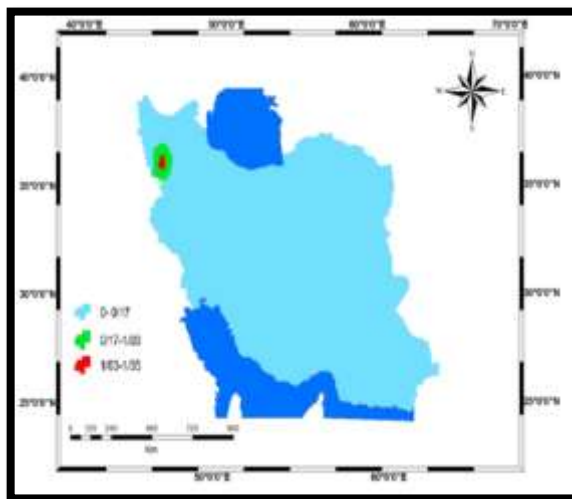
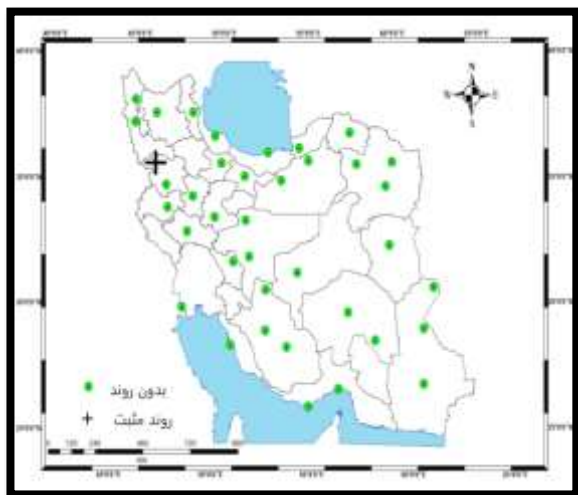
فاصله اقلیدسی نقطه I ام به مختصات (Q_r, λ_2) و نقطه S ام به مختصات (Q_s, λ_3) یا فاصله اقلیدسی گروه I ام و گروه S ام، p_r بارش نقطه یا گروه I ام، p_s بارش نقطه ای یا گروه S ام. پس از اندازه گیری فواصل اقلیدسی یک تحلیل خوشه ای به روش ادغام وارد بر روی ماتریس فواصل (d) انجام می گیرد.



شکل ۲. ناحیه بندی شیب روند ماه اکتبر (سمت راست) و روند بارش ماه اکتبر (سمت چپ) طی دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰

۱/۰۳ است و میزان شیب افزایشی بین ۱/۰۳ تا ۰/۱۷ شامل مناطقی از استان کردستان می‌باشد. مناطق شمال شرق، فلات مرکزی، جنوب، جنوب غرب و غرب ایران دارای کمترین شیب روند افزایشی بین ۰/۱۷ تا صفر را دارا می‌باشند (شکل ۳).

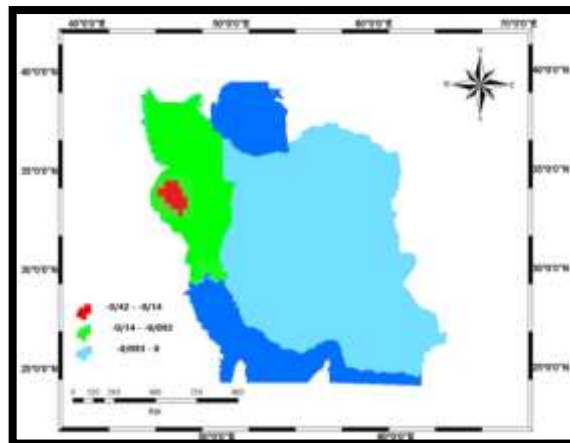
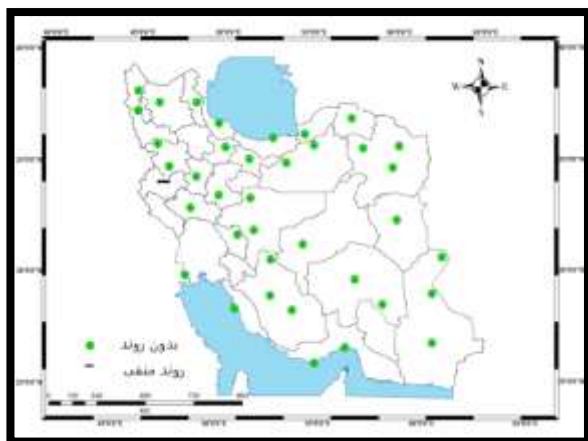
در ماه نوامبر (ماه آبان)، نزدیک به ۹۷/۴ درصد وسعت کشور فاقد روند و ۲/۶ درصد دارای روند افزایشی بارش است. روند افزایشی بارش ماه نوامبر مربوط به ایستگاه سقز در شمال غرب ایران با شیب روند ۱/۶۵ می‌باشد که ۱۶/۵ میلی‌متر در دهه افزایش بارندگی داشته است. در ناحیه بندی، بیشینه شیب روند افزایشی در ایستگاه سقز به میزان ۱/۵۵ تا



شکل ۳. ناحیه بندی شیب روند ماه نوامبر (سمت راست) و روند بارش ماه نوامبر (سمت چپ) طی دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰

ایستگاه کرمانشاه است و مناطق غربی و شمال غربی دارای روند کاهش شیب بین ۰/۱۴ تا ۰/۴۲ است و مناطق شمال شرق، کرانه‌های جنوبی و شرقی دریای خزر، جنوب، جنوب غرب و مرکز ایران کمترین شیب روند بین ۰/۰۹۳- تا صفر را دارا می‌باشند (شکل ۴).

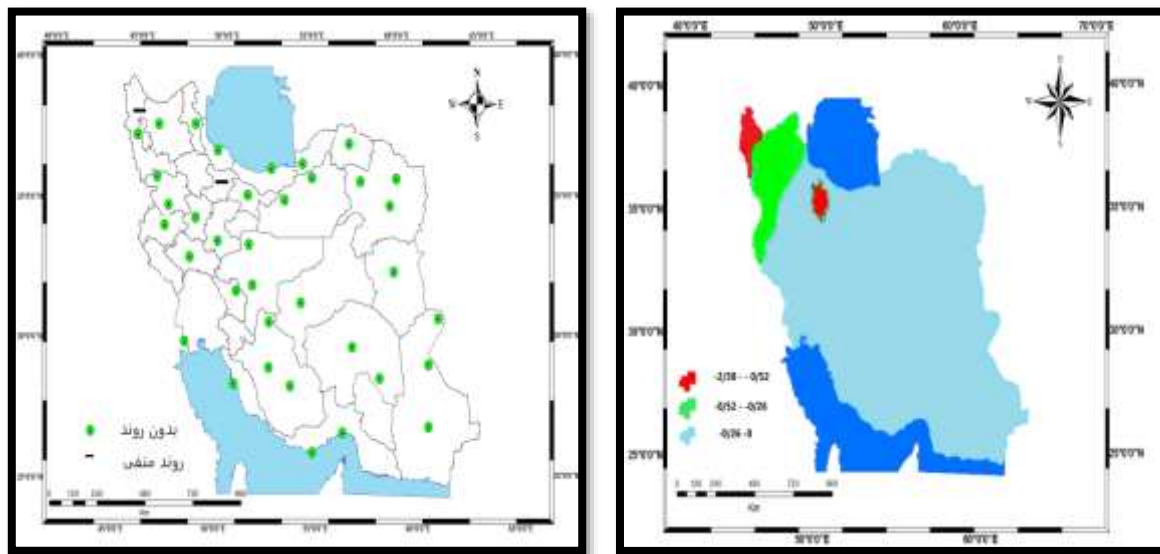
ماه دسامبر (ماه آذر)، ایستگاه کرمانشاه دارای روند کاهش بارش است که ۲/۶ درصد از مساحت کشور را دربر می‌گیرد. ۹۷/۴ درصد مساحت نیز فاقد روند معنی دار می‌باشد. ایستگاه کرمانشاه دارای شیب روند کاهش به میزان ۱/۶۵ است که بیانگر کاهش بارندگی ۱۶/۵ میلی‌متر در دهه است. در ناحیه بندی بیشینه شیب روند کاهش در این ماه مربوط به



شکل ۴. ناحیه بندی شیب روند ماه دسامبر (سمت راست) و روند بارش ماه دسامبر (سمت چپ) طی دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰

در نقشه ناحیه بندی شیب روند بارش سالانه ایران، مناطق شمال غرب، بخشی از استان کردستان و کرمانشاه دارای شیب روند کاهشی بین ۰/۵۲ تا ۰/۲۶ می باشند. ایستگاه های خوی و قزوین بیشترین شیب روند کاهشی رو نشان می دهند و بقیه نقاط دارای شیب روند کم بین ۰/۲۶- تا صفر می باشند (شکل ۵).

روند بارش سالانه نیز نشان داد که در ایستگاه های قزوین و خوی روندی نزولی و بقیه ایستگاه ها فاقد روند می باشند. روند منفی به مساحت ۵/۱ درصد و ۹۴/۹ درصد فاقد روند می باشد. میزان شیب روند بارش ایستگاه قزوین ۲/۴۲ است که ۲۴/۲ میلی متر در دهه کاهش بارندگی را داشته است. ایستگاه خوی با شیب روند ۲/۱۱، به میزان ۲۱/۱ میلی متر کاهش بارش دارد.



شکل ۵. ناحیه بندی شیب روند بارش سالانه فصل پاییز (سمت راست) و روند بارش سالانه فصل پاییز (سمت چپ) طی دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰

از تجزیه و تحلیل نمودار گرافیکی برای دوره آماری سی ساله در جدول (۱) ارائه گردید. در جدول T معرف روند آرام و C معرف روند ناگهانی است و میزان افزایش (I) و کاهش روند (D) بیان می شود نبود تغییر به صورت فواصل می باشد.

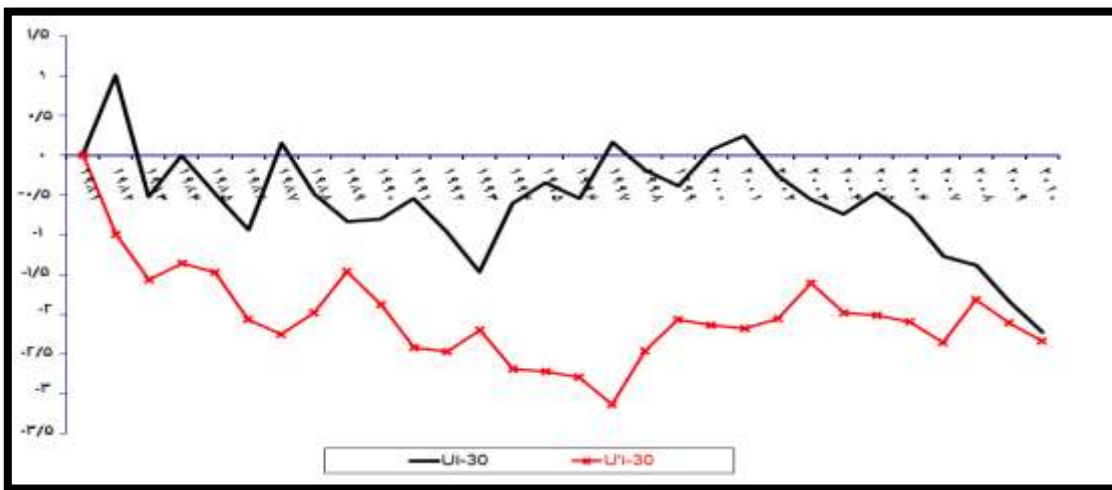
به منظور بررسی وجود روند، تعیین نقاط جهش، نقاط شروع روند و میزان تغییرات بارش ایستگاه های، بجنورد، سقز، کرمانشاه، قزوین و خوی که در طی دوره مورد مطالعه با استفاده از آزمون من-کندال دارا بودن روند آنها تأیید شده، از آزمون گرافیکی من-کندال استفاده گردید. نتایج حاصل

جدول ۱: نوع و زمان تغییر بارش فصل پاییز بر اساس نمودار گرافیکی من-کندال دوره ۳۰ سال

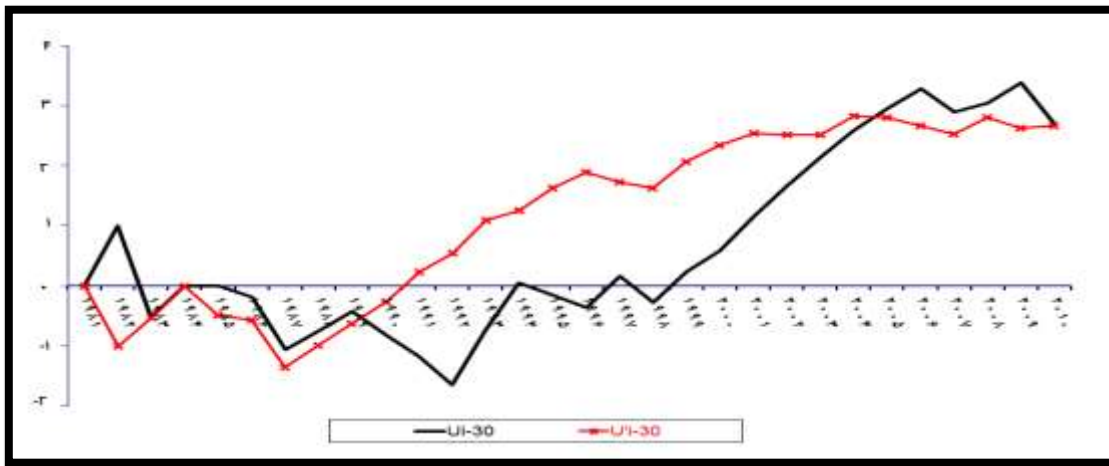
بارش سالانه دوره ۳۰ سال	بجنورد	سقز	کرمانشاه	قزوین	خوی	بم
اکتبر	-	-	-	-	-	-
نوامبر	-	۲۰۰۴TI	-	-	-	-
دسامبر	-	-	-	-	-	-
سالانه	-	-	-	۱۹۹۴CD ۲۰۰۴TI	۱۹۸۴CI	۱۹۸۴CI

بررسی آزمون نموداری من-کندال بر روی داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه همدید بجنورد در ماه اکتبر نشان می‌دهد که خطوط U_i و U_i' در سال ۱۹۸۹ در داخل محدوده بحرانی $\pm 1/96$ ، همدیگر را قطع نموده که نشان‌گر جهش و تغییرات ناگهانی همراه با نوسان در این سال‌ها بوده است، در سال ۲۰۰۴ این خطوط در خارج از محدوده بحرانی یکدیگر را قطع کرده‌اند که وجود روند افزایشی بارش را تأیید می‌کند (شکل ۷).

بررسی تغییرات بارش ایستگاه سقز با روش گرافیکی من-کندال (شکل ۶). بررسی آزمون بر روی داده‌های میانگین بارش سالانه ایستگاه همدید بجنورد در ماه اکتبر نشان می‌دهد که خطوط U_i و U_i' در داخل و خارج از محدوده بحرانی $\pm 1/96$ همدیگر را قطع نکردند که نشان‌گر عدم وجود جهش و تغییرات ناگهانی بارش بوده و هیچ‌گونه روند مشخصی را نمایان نمی‌کند (شکل ۶).



شکل ۶: تغییرات بارش ایستگاه بجنورد با روش گرافیکی من-کندال

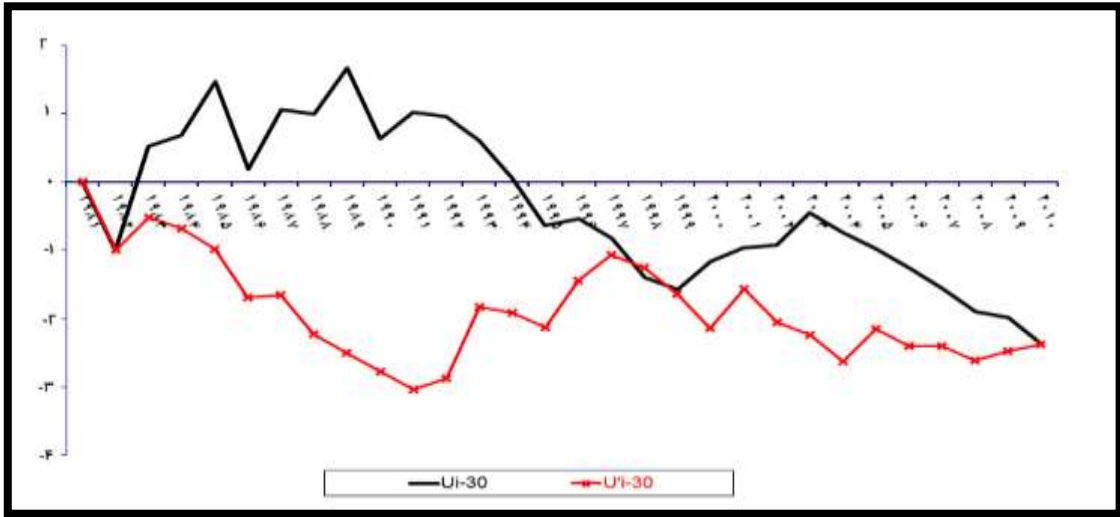


شکل ۷: تغییرات بارش ایستگاه سقز با روش گرافیکی من-کندال

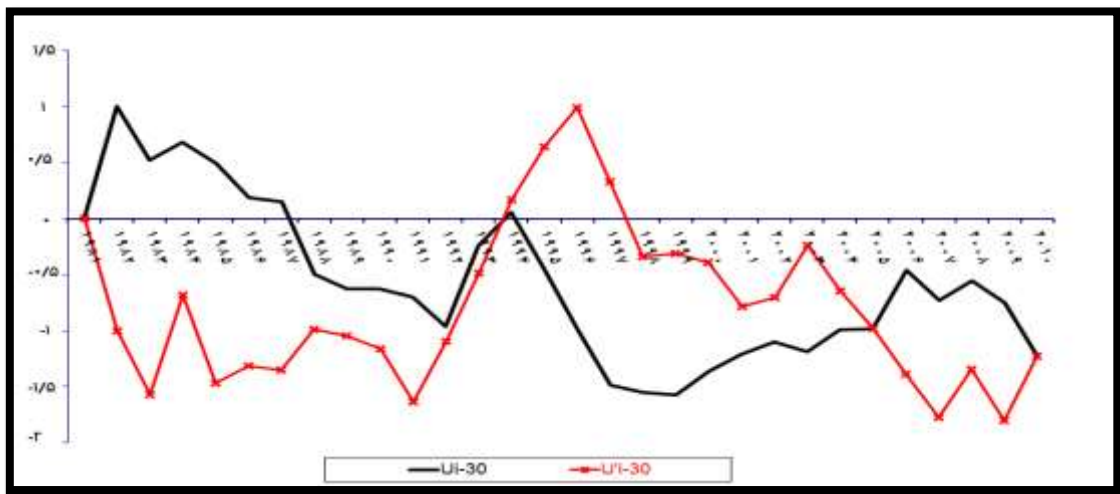
نمی‌کند (شکل ۸). از بررسی رفتار تغییرات خطوط U_i و U_i' مربوط به بارش سالانه ایستگاه قزوین (شکل ۹)، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که در سال‌های ۱۹۹۴ و ۲۰۰۴ دارای

بررسی تغییرات بارش ایستگاه کرمانشاه نشان می‌دهد که خطوط U_i و U_i' در سال‌های ۱۹۸۲ و ۱۹۹۸ در داخل محدوده بحرانی همدیگر را قطع نموده که بیان‌گر جهش و تغییرات ناگهانی بوده و هیچ‌گونه روند مشخصی را نمایان

جهش در محدوده بحرانی بوده و فاقد تغییر معنی داری روند می باشد و روند طبیعی بارش را تجربه کرده است.



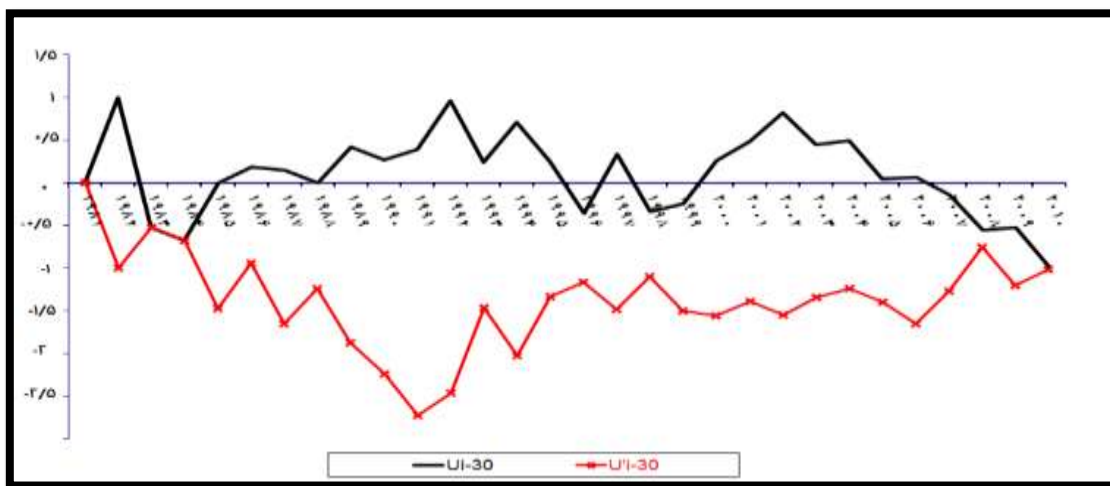
شکل ۸: تغییرات بارش ایستگاه کرمانشاه با روش گرافیکی من - کندال



شکل ۹: تغییرات بارش ایستگاه قزوین با روش گرافیکی من - کندال

می باشد و تغییر معنی داری در روند بارش دیده نمی شود (شکل ۱۰).

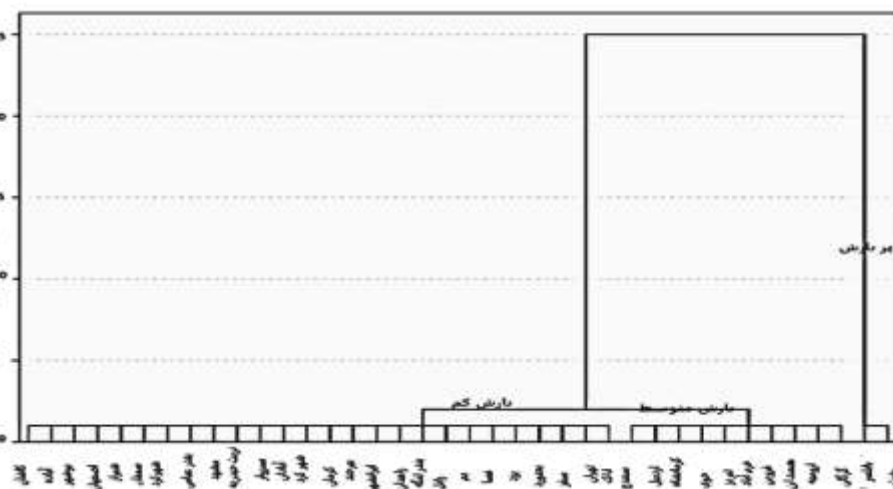
بررسی آزمون نموداری من - کندال بر روی داده های بارش ایستگاه خوی نشان داد که خطوط در داخل محدوده بحرانی در سال ۱۹۸۴ همدیگر را قطع کرده اند که نشان گر جهش



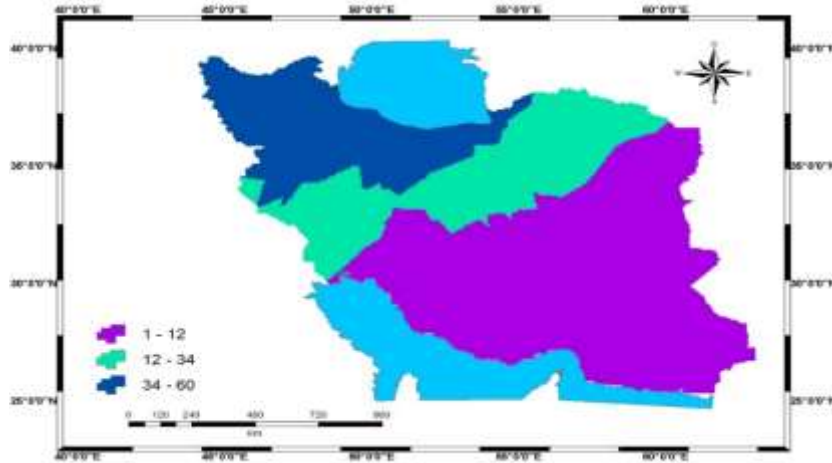
شکل ۱۰: تغییرات بارش ایستگاه خوی بارش گرافیکی من - کنдал

از لحاظ مکانی شامل محدوده ایستگاه‌های رشت و بابلسر می‌باشد. بخش بارش متوسط، میانگین بارش این بخش بین ۱۲ تا ۳۰ میلی‌متر است. این گروه شامل، اردبیل، تبریز، قزوین، سنندج، ارومیه، خرم‌آباد، کرمانشاه، همدان، گرگان و خوی می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی بارش در ماه اکتبر (شکل ۱۲) نشان می‌دهد که سواحل دریای خزر و شمال غرب بیش‌ترین میزان بارش را دریافت کرده‌اند. مناطق غربی و شمال شرقی و قسمتهایی از مرکز در بخش بارش متوسط قرار گرفتند. کم‌ترین میزان بارش مربوط به نواحی مرکزی، جنوب، جنوب شرق است.

برای پهنه‌بندی بارش ایران به نواحی همگن از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد (مسعودیان، ۱۳۸۴). در تحلیل خوشه‌ای، کم‌بارش‌ترین ماه در طی فصل پاییز مربوط به ماه اکتبر است. شکل (۱۱) نمودار درختی تحلیل خوشه‌ای بارش ماه اکتبر در ایران را نشان می‌دهد. میانگین بارش ماهانه بخش کم‌بارش کمتر از ۱۲ میلی‌متر است که شامل ایستگاه‌های بم، تهران، اراک، کرمان، بیرجند، سبزوار، بندرلنگه، فسا، کاشان، آبادان، تربت‌حیدریه، زابل، مشهد، سمنان، شهرکرد، شاهرود، شیراز، آباده، یزد، زاهدان، بندرعباس، بوشهر، اصفهان، سقز، بجنورد و ایرانشهر می‌باشد. بخش پر بارش، میانگین بارش این بخش بیش از ۵۰ میلی‌متر است. این گروه



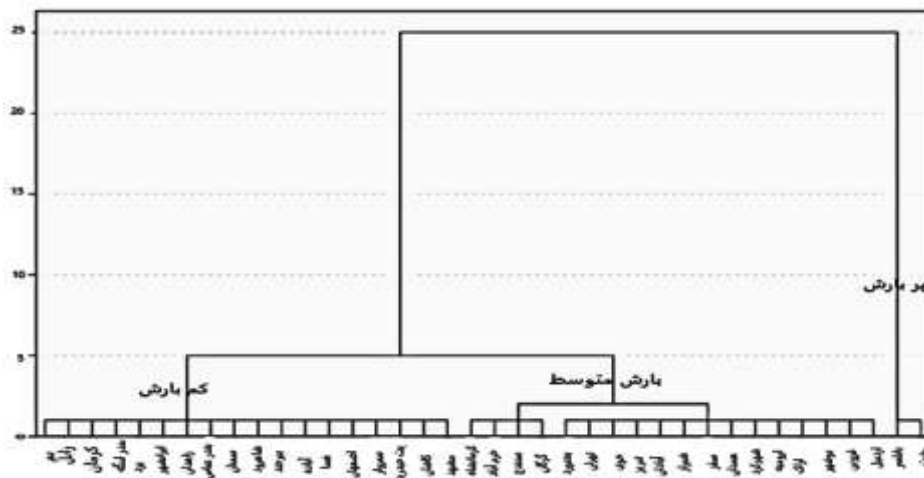
شکل ۱۱: نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای (ماه اکتبر)



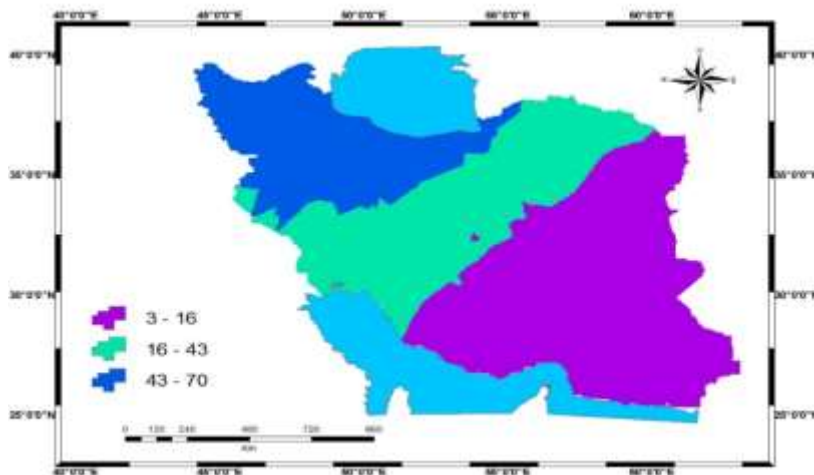
شکل ۱۲: نقشه پهنه‌بندی بارش پاییزه ایران (ماه اکتبر)

شهرکرد، شیراز، تبریز، اراک، اردبیل، بوشهر و تهران را شامل می‌شود. با دقت در شکل مجموعه بارش ماه نوامبر (شکل ۱۴) می‌توان دریافت که در این ماه قسمت‌های غربی دریای خزر و شمال غرب ایران بارش بیشینه را دریافت کرده‌اند که در این میان بارش ایستگاه رشت چشم‌گیرتر است. همچنین بخش شمال شرقی و غرب در بخش بارش متوسط جای گرفته‌اند. نواحی فلات مرکزی، جنوب شرق و شرق در نواحی کم بارش می‌باشند. در این ماه وسعت مناطق با بارش متوسط گسترش بیشتری نسبت به ماه اکتبر داشته است.

شکل (۱۳) نمودار درختی تحلیل خوشه بارش در ماه نوامبر در ایران را نشان می‌دهد. میانگین بارش ماهانه بخش کم بارش کمتر از ۲۰ میلی‌متر است که شامل ایستگاه‌های، بم، کرمان، بیرجند، سبزوار، بندرلنگه، فسا، کاشان، تربیت حیدریه، زابل، مشهد، سمنان، شاهرود، آباد، یزد، زاهدان، بندرعباس، اصفهان و ایرانشهر می‌باشد. بخش پر بارش، میانگین بارش در این بخش بیش از ۶۰ میلی‌متر است. این گروه شامل، بابلسر و رشت می‌باشد. بخش بارش متوسط، میانگین بارش در این بخش ۲۰ تا ۶۰ میلی‌متر است. از لحاظ مکانی این گروه شامل، گرگان، همدان، کرمانشاه، بجنورد، سقز، آبادان، خوی، خرم‌آباد، ارومیه، سنندج، قزوین،



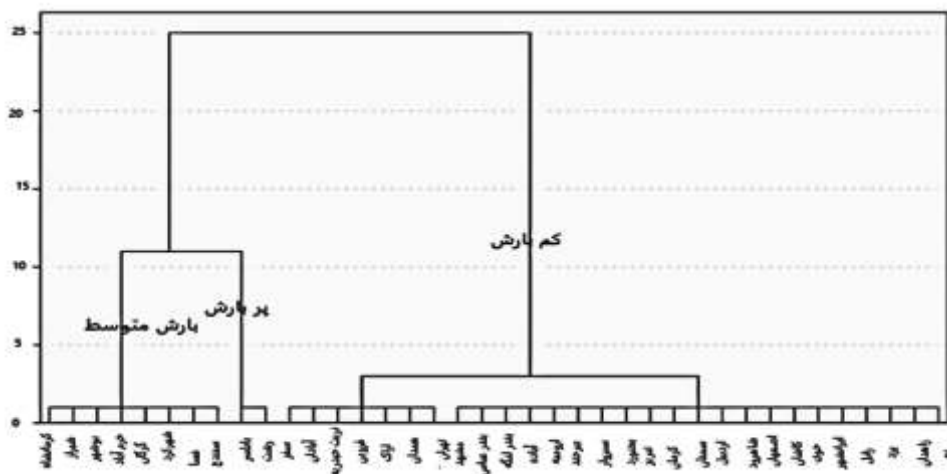
شکل ۱۳: نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای (ماه نوامبر)



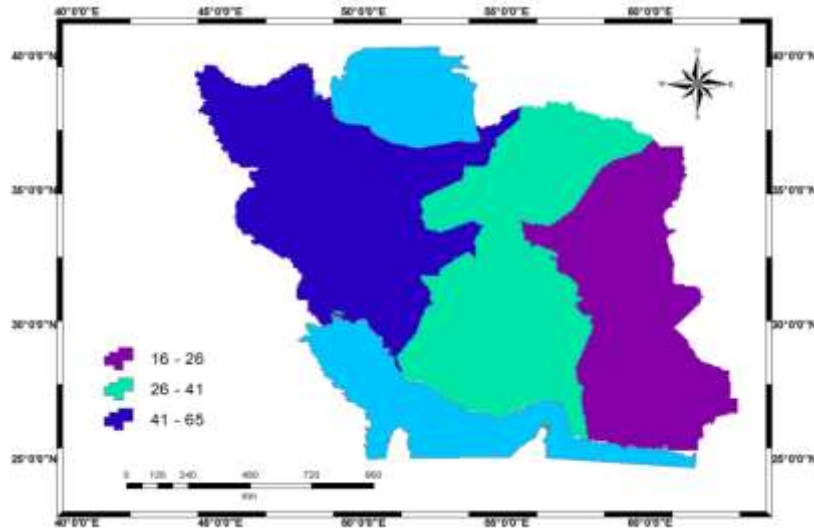
شکل ۱۴: نقشه پهنه‌بندی بارش پاییزه ایران (ماه نوامبر)

از لحاظ مکانی شامل، بوشهر، خرم‌آباد، فسا، شهرکرد، کرمانشاه، گرگان، سنندج و شیراز می‌باشد. در پهنه‌بندی بارش ماه دسامبر (شکل ۱۶) همان‌طور که دیده می‌شود، این ماه پر بارش‌ترین ماه در فصل پاییز است. بیش‌ترین میزان بارش مربوط به مناطق شمال، شمال غرب، جنوب غرب و غرب ایران بوده و مناطق جنوب شرقی و نیمه شرقی کشور کم‌ترین بارش دریافتی را داشته‌اند. مناطق شمال شرق، جنوب غرب و قسمت‌های از مرکز در بخش بارش متوسط می‌باشد که نسبت به ماه نوامبر بخش پر بارش گسترش بیشتری دارد.

ماه دسامبر پر بارش‌ترین ماه پاییز محسوب می‌شود. شکل (۱۵) نمودار درختی توزیع بارش در ماه دسامبر را نشان می‌دهد. میانگین بارش در این بخش کمتر از ۳۰ میلی‌متر است؛ که شامل ایستگاه‌های، بم، کرمان، همدان، بیرجند، بجنورد، سبزوار، سقز، بندرلنگه، کاشان، آبادان، خوی، تربت‌حیدریه، زابل، مشهد، ارومیه، قزوین، سمنان، شاهرود، تبریز، آباد، اراک، اردبیل، یزد، زاهدان، بندرعباس، اصفهان، تهران و ایرانشهر می‌باشد. بخش پر بارش، میانگین بارش در این بخش بیش از ۶۴ میلی‌متر است؛ که شامل ایستگاه‌های، رشت و بابلسر می‌باشد. بخش بارش متوسط، میانگین بارش در این بخش ۳۰ تا ۶۱ میلی‌متر است؛ که



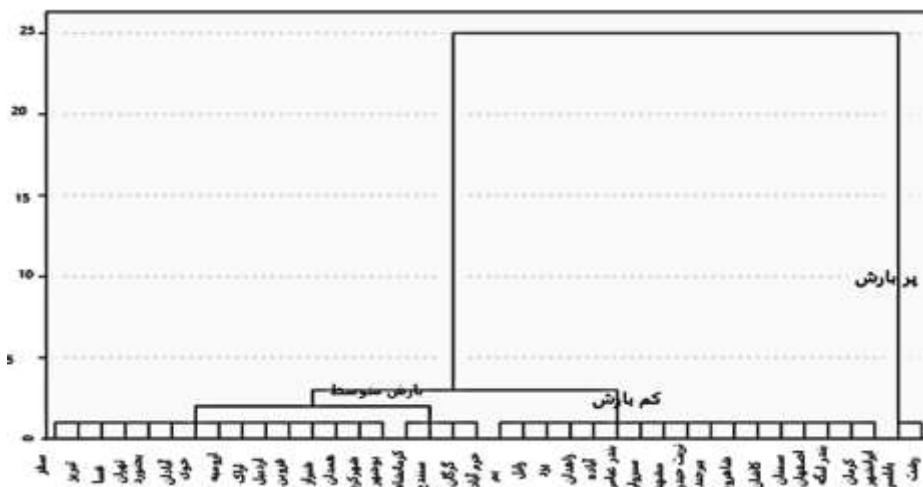
شکل ۱۵: نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای (ماه دسامبر)



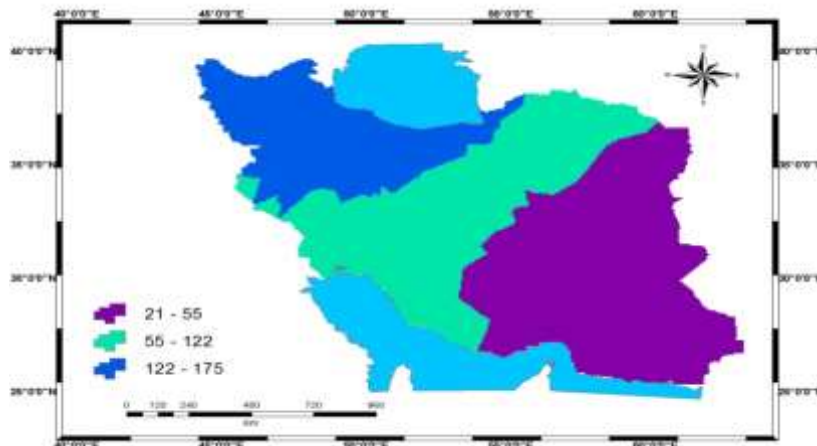
شکل ۱۶: پهنه‌بندی بارش پاییزه ایران (ماه دسامبر)

سقز، فسا، آبادان، خوی، خرم‌آباد، ارومیه، سنندج، قزوین، شهرکرد، شیراز، تبریز، اراک، اردبیل، بوشهر و تهران می‌باشد. نقشه پهنه‌بندی سالانه بارش فصل پاییز (شکل ۱۸) بخش پربارش شامل کرانه دریای خزر، شمال غرب و زاگرس مرکزی ایران را در بر گرفته است. شمال شرق، غرب، جنوب غربی و بخش های از مرکز در محدوده بارش متوسط جای گرفته‌اند و مناطق جنوب، جنوب شرق، شرق و بخش مرکزی ایران در بخش کم بارش می‌باشند.

شکل (۱۷) نمودار درختی توزیع بارش سالانه بارش پاییزه ایران را نشان می‌دهد. میانگین بارش در بخش کم بارش کمتر از ۶۵ میلی‌متر است و شامل ایستگاه‌های بم، تربت حیدریه، کرمان، بیرجند، سبزوار، کاشان، زابل، مشهد، سمنان، شاهرود، آباد، یزد، زاهدان، بندرعباس، بندرلنگه، اصفهان و ایرانشهر می‌باشد. میانگین بخش پربارش بیش از ۱۷۱ میلی‌متر است و ایستگاه‌های بابلسر و رشت را شامل می‌شود. میانگین بارش در بخش بارش متوسط ۶۵ تا ۱۷۱ میلی‌متر است؛ که از لحاظ مکانی شامل، گرگان، همدان، کرمانشاه، بجنورد،



شکل ۱۷: نمودار درختی حاصل از تحلیل خوشه‌ای (سالانه بارش پاییزه)



شکل ۱۸: نقشه پهنه‌بندی سالانه بارش پاییزه ایران

۴. نتیجه گیری

در این پژوهش روند تغییرات درازمدت بارش فصل پاییز کشور ایران در دوره آماری ۱۹۸۱-۲۰۱۰ با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندال و تحلیل خوشه‌ای بررسی شد. تحلیل‌ها نشان دادند که در طول دوره مورد مطالعه روند منفی در جمع بارش ایستگاه‌های بجنورد (ماه اکتبر)، کرمانشاه (ماه دسامبر)، قزوین و خوی (بارش سالانه فصل پاییز) دیده می‌شود. روند مثبت در جمع بارش ایستگاه سقز (ماه نوامبر) مشاهده گردید. با وجود روند کاهشی بارش در ایستگاه‌های بجنورد، کرمانشاه، خوی و قزوین، آزمون سنس در سطح اطمینان ۵٪ نشان داد که به‌طور متوسط بارش ماه اکتبر ایستگاه بجنورد در طی سی سال شیب روند به میزان ۰/۴۶٪ کاهش داشته است. میزان کاهش بارندگی ۴/۶ میلی‌متر در دهه است. بارش ماه نوامبر ایستگاه سقز به میزان ۱/۶۵ افزایشی است که بیانگر افزایش بارندگی به میزان ۱۶/۵ میلی‌متر در دهه در این ایستگاه است. ایستگاه کرمانشاه با شیب ۱/۶۵ دارای روند کاهشی بارندگی به میزان ۱۶/۵ میلی‌متر در دهه را در طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. در بارش سالانه فصل پاییز دو ایستگاه (خوی، قزوین) در سطح احتمالی ۹۵ درصد دارای روند کاهشی می‌باشند. کاهش ۲/۴۲ شیب روند ایستگاه قزوین و ۲/۱۱ کاهشی شیب روند بارش ایستگاه خوی بیانگر کاهش بارندگی در این دو ایستگاه به ترتیب به میزان ۲/۴۲ و

۲/۱۱ میلی‌متر است. ایستگاه سقز دارای روند معنی‌دار با سطح اطمینان ۵ درصد، از نظر توزیع مکانی در شمال غرب، کشور قرار گرفته‌اند. تحلیل روند بارش پاییزه با استفاده از آزمون من کندال نشان داد که ایستگاه سقز در ماه نوامبر دارای روند افزایشی معنی‌داری بارش می‌باشد و ایستگاه‌های بجنورد، کرمانشاه، قزوین و بجنورد، تغییر ناگهانی را چه از نوع افزایشی و چه کاهشی در طی دوره آماری تجربه کرده‌اند اما روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهند. با توجه به نقشه‌ها و بررسی روند در ماه‌ها و فصل پاییز می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که روند حادث‌شده در ایران تابع هیچ نظم خاصی نبوده و نمی‌توان وجود روند خاصی را به قسمتی از منطقه مورد مطالعه یا کل آن نسبت داد. در کل با توجه به عدم توزیع منظم ایستگاه دارای روند معنی‌دار در سطح کشور و هم اینکه مقدار بارش هر ایستگاه در واقع نماینده بارش یک نقطه بوده و این تعداد ایستگاه‌ها نمی‌تواند میانگین واقعی بارش ایران را نشان دهد. تحلیل خوشه‌ای ابزار سودمندی برای پهنه‌بندی بارشی است. نتایج حاصل از این تحلیل نشان داد که منطقه ایران برحسب مقدار و زمان دریافت بارش پاییزه به سه منطقه متمایز تقسیم می‌شود. منطقه کم بارش، پر بارش و بارش متوسط. ایستگاه‌هایی که در هر ناحیه قرار گرفته‌اند از نظر توزیع بارش ماهانه و سالانه بیشترین شباهت را به یکدیگر داشته و در عین حال با ایستگاه‌های ناحیه دیگر همبستگی کم دارند. در این تحلیل ماه دسامبر بالاترین سهم بارندگی پاییزه

نشریه پژوهش های اقلیم‌شناسی، شماره ۳ و ۴، صص ۲۷-۴۴.

۳. امیدوار، ک.، ف. محمدی راوری، (۱۴۰۱)، تحلیل همدید بارش سنگین و سیلابی آبان ماه ۱۴۰۰ استان گیلان، ششمین کنگره بین المللی توسعه کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری ایران.

۴. بختیاری، م.، (۱۳۹۰)، تحلیل روند بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۲، شماره ۳، صص ۱۰۶-۹۵.

۵. بیگدلی، ز.، مجنون هریس، ا. دلیرحسن نیا، ر. کریمی، س.، (۱۴۰۲)، مدل‌سازی بارش-رواناب ایستگاه‌های هیدرومتری خرمازرد و بناب با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی، مجله آب و خاک، ۳۷(۶)، ۹۸۹-۹۷۱.

۶. خلیلی، ک.، ناظری تهرودی، م. احمدی، ف.، (۱۳۹۴)، کاربرد شاخص PCI در بررسی الگوی بارش ایران و تحلیل روند تغییرات آن در مقیاس سالانه و فصلی طی نیم‌قرن اخیر، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۹، صص ۱۹۵-۲۰۸.

۷. رضایی بنفشه درق، م.، ع. رجایی اصل، (۱۳۸۱)، تحلیل و مدل بندی بارش در حوضه آبریز قره سو. مدرس علوم انسانی، ۶(۴ (پیاپی ۲۷))، ۷۱-۹۴.

۸. رفیعی، ا.، علیجانی. ب.، یزدانی، م.، (۱۳۹۳)، تحلیل همدیدی آغاز بارش فراگیر زودرس دوره سرد سال در ایران (به جز سواحل خزری)، مجله ژئوفیزیک ایران، جلد ۸، شماره ۳، صص ۳۶-۴۸.

۹. عساکره، ح.، (۱۳۸۴)، مدل‌سازی تغییرات مکانی عناصر اقلیمی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۴.

۱۰. علیجانی، ب.، (۱۳۸۷)، آب‌وهوای ایران (چاپ هشتم)، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۱. علیجانی، ب.، (۱۳۸۵)، اقلیم‌شناسی سینوپتیک (چاپ اول)، انتشارات سمت، تهران.

۱۲. قویدل رحیمی، ی.، م. عالی جهان، ر. اوجی، (۱۳۹۳)، بررسی مدل‌های جبری و زمین آماری در پهنه‌بندی بارش

را به خود اختصاص داده است. کم‌ترین سهم بارش فصلی مربوط به ماه اکتبر است. بیش‌ترین میزان بارندگی مربوط به سواحل غربی و کرانه‌های دریای خزر می‌باشد؛ که در این میان سهم ایستگاه‌های رشت و بابلسر چشمگیر بوده و قسمت‌های جنوب و نیمه شرقی کم‌ترین میزان بارندگی را دریافت می‌کنند؛ که دلیل این امر این است که سواحل دریای خزر تحت تأثیر همرفت وزشی ناشی از وزش بادهای سیبری و بادهای غربی است. بادهای سرد و خشک شمالی با گذر از آب‌های گرم خزر با کسب رطوبت و گرما ناپایدار شده و صعود می‌کند و بارش را در این منطقه به همراه دارد. در مناطق با بارش متوسط در نواحی شمال غربی ایران می‌باشد که این مناطق در اوایل پاییز تحت تأثیر بادهای غربی قرار می‌گیرند. رشته‌کوه‌های زاگرس مانعی برای ورود بادهای غربی به داخل فلات مرکزی است. در زاگرس چون ناهمواری‌ها پیوسته است توده‌ها ناچار به صعود و تخلیه رطوبت می‌سازد و بارش رخ می‌دهد. مناطق کم بارش شامل کویر مرکزی، شرق، جنوب شرق و جنوب ایران است. جنوب کشور تقریباً از اواسط پاییز زیر نفوذ بادهای غربی قرار می‌گیرد. این نواحی در سایه بارش رشته‌کوه‌های زاگرس است که از تأثیر سامانه‌های غربی بر این بخش از کشور پیشگیری می‌کند و بارش در این مناطق کم‌تر است. نتایج این تحقیق در خصوص با موضوع تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران با پژوهش موسوی و همکاران (۱۳۹۵)، و تحلیل روند دوره های بارشی ایران با پژوهش عزیزی و همکاران (۱۴۰۳)، همخوانی دارد.

منابع

۱. احمدی، م.، ف. جعفری، (۱۳۹۴)، تحلیل سینوپتیک بارش سنگین ۱۲ آوریل ۲۰۱۵ شهرستان قزوین، فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیایی ایران، سال ۱۳، شماره ۴۴، صص ۲۲۱-۲۳۷.
۲. اشرفی، س.، (۱۳۸۹)، پهنه‌بندی بارش شمال غرب ایران با استفاده از روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل ممیزی،

- trend in the hydrology of the Yangtze River, China: Annual precipitation.
21. Duhan, D and Pandey, A. 2013. Statistical analysis of long-term spatial and temporal trends of precipitation during 1901–2002 in Madhya Pradesh, India.
 22. Lettenmaier, D, Wood, E, & Wallis, J. 1994. Hydroclimatological trends in the continental United States, 1984–88. *J. Climate*, 7, 586–607.
 23. Ligang XU, ZHOU Hongfei, DU Li, YAO Haijiao, WANG Huaibo. 2015. Precipitation trends and variability from 1950 to 2000 in arid lands of Central Asia, *Journal of Arid Land*, 514–526.
 24. Manea, A. Birsan M. Tudorache G. Cărbunaru, F. and Changes, A. 2016. Changes in the type of precipitation and associated cloud types in Eastern Romania (1961–2008), *Atmospheric Research*, 169: 357–365.
 25. Meshram Sarita Gajbhiye, & Vijay P. Singh & Chandrashekar Meshram. 2016. Long-term trend and variability of precipitation in Chhattisgarh State, India, *Climatology*
 26. Modarres, R., 2006. "Regional precipitation climates of Iran", *Journal of Hydrology*, vol. 45, pp. 13–27.
 27. Nussaibah B. Raja & Olgu Aydin & Necla Türkoğlu & Ihsan Çiçek. 2016. Space-time kriging of precipitation variability in Turkey for the period 1976–2010, *Theor Appl Climatol*, 16:704.
 28. Rahman, M. A. Yunsheng, L. & Sultana, N., 2017. Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann–Kendall, Spearman's rho tests and ARIMA model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129 (4), 409–424
 29. Shayeghi. A., A. Azizian and L. Brocca., 2020. Reliability of reanalysis and remotely sensed precipitation products for hydrological simulation over the Sefidrood River Basin, Iran. *Hydrological Sciences Journal* 65(2): 296–310.
- استان اردبیل، فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی، صص ۲۳۱–۲۰۹.
۱۳. مسعودیان، ا.، (۱۳۸۴)، شناسایی رژیم های بارش ایران به روش تحلیل خوشه ای، پژوهش های جغرافیایی، ۳۷(۵۲)، ۴۷–۵۹.
 ۱۴. مسعودیان، ا.، (۱۳۸۷)، شناسایی شرایط همدید همراه با بارش های ابرسنگین ایران، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، ۲۳ الی ۲۵ مهر ۱۳، دانشگاه تبریز، دانشکده مهندسی عمران.
 ۱۵. مسعودیان، ا.، (۱۳۹۰)، آب و هوای ایران (چاپ اول)، انتشارات شریعه توس مشهد.
 ۱۶. مسعودیان، ا.، م. دارند، س. کارساز، (۱۳۹۰)، پهنه بندی بارش غرب و شمال غرب ایران به روش تحلیل خوشه ای، فصل نامه جغرافیای طبیعی، سال چهارم، شماره ۱۱، صص ۳۵–۴۵.
 ۱۷. منتظری، م.، (۱۳۸۸)، تحلیل زمانی - مکانی بارش های فرین روزانه در ایران، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۲، صص ۱۴۰–۱۲۵.
 ۱۸. مهام، ا.، خ. ولیزاده کامران، م. قهرمانی، (۱۳۹۳)، ارزیابی روش های مختلف زمین آماری جهت بررسی تغییرات منطقه ای بارش در شمال غرب کشور و پیشنهاد بهترین مدل با استفاده از GIS، نخستین همایش ملی کاربرد مدل های پیشرفته تحلیل فضایی (سنجش از دور GIS) در آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد.
 ۱۹. ناظری تهرودی، م.؛ ک. خلیلی، ف. احمدی، (۱۳۹۵)، تحلیل روند تغییرات مکانی و منطقه ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران. مجله آب و خاک جلد ۳۰، شماره ۲، صص ۲۶۹–۲۷۵.
20. Chen, J. Wub, X. Finlayson, B. Webber, M. Wei, T and Li, M. 2014. Variability and