Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Application of Pettit and Buishand tests to quality control of annual rainfall data of Chaharmahal and Bakhtiari, and Khuzestan provinces

Farzaneh Shirmohammadi Faradonbeh[1], Bahram Bakhtiari[*2]*, Somayeh Hejabi[3]

1. M.Sc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, f.shirmohamadi20@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, drbakhtiari@uk.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, s.hejabi@urmia.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article history
Received: 07 May 2023
Revised: 08 July 2023
Accepted: 29 July 2023
Published online: 31 December 2023

Keywords:
Climate change, Homogeneity test, Outlier data, Precipitation, Quality control

ABSTRACT

It is necessary to collect rainfall data for hydrological and hydrometeorological studies. To prepare this data, it is necessary to observe and record it at meteorological stations. In the process of determining rainfall amounts using rain gauges, various types of errors can occur. Therefore, some errors may be introduced into the final data during the observation and recording process. As a result, quality control of rain gauge data is of utmost importance. The objective of this study was to investigate the homogeneity of annual rainfall data at 61 rain gauge stations in the province of Chaharmahal and Bakhtiari and at 82 rain gauge stations in the province of Khuzestan. To detect the heterogeneity of the data, Pettit and Buishand's non-parametric tests were compared. The results indicated that, according to the Pettit test, the data of seven stations in Chaharmahal and Bakhtiari, and 24 stations in Khuzestan provinces are heterogeneous among the investigated stations. According to the Buishand test, there were significant differences in rainfall data among the three stations in Khuzestan province. Consequently, the data appears to be heterogeneous. It should be noted that even though both of these tests are used to test the homogeneity of rainfall data, the Pettit test involves two hypotheses with different continuous distributions. The Pettit test is considered more reliable in detecting homogeneity in comparison to the Buishand test in the study stations.

Citation: Shirmohammadi Faradonbeh, F., Bakhtiari, B., & Hejabi, S. (2023). Application of Pettit and Buishand tests to quality control of annual rainfall data of Chaharmahal and Bakhtiari, and Khuzestan provinces. *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems*, *11*(3), 16-30.
DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4

Publisher: Iranian Rainwater Catchment Systems Association
© Author(s)

***Corresponding author:** Bahram Bakhtiari
Address: Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
Tel: +989133409330
Email: drbakhtiari@uk.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
Online ISSN: 1531-2783 Print ISSN: 5970-2423

Application of Pettit and Buishand tests to quality control of annual rainfall data of Chaharmahal and Bakhtiari, and Khuzestan provinces

Farzaneh Shirmohammadi Faradonbeh[1], Bahram Bakhtiari[*2], Somayeh Hejabi[3]

1. M.Sc. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, f.shirmohamadi20@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran, drbakhtiari@uk.ac.ir
3. Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, s.hejabi@urmia.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: The accuracy of using many hydrological models relies on statistics and accurate precipitation data. The most important part in hydrometeorological studies is the availability of correct and reliable data, because the existence of wrong and outlier data will cause errors in the analysis. The history of quality control has shown that the identification of outliers has been the main basis of studies. For this purpose, a quality control test should be performed on the desired data. For this purpose, a quality control test should be performed on the desired data. In addition, the evaluation of precipitation data is very important for water resources management, flood forecasting, and warning decision making systems, because precipitation is one of the climate variables that affects the spatial and temporal patterns of water access. It is necessary to check the homogeneity of precipitation data before using it in hydro-climatic research. Therefore, inhomogeneities should be identified and heterogeneous series should be removed. By applying quality control, the final data can be used with confidence for the desired research and an acceptable result can be reached.

Methodology: In this study, quality control was considered for the data of rain gauge stations in Chaharmahal and Bakhtiari and Khuzestan provinces in Iran. Identifying outliers is the main basis of quality control tests. An outlier is a value that is much more or much less than most of the data in the list. After that, two methods were used to test the homogeneity in the annual precipitation time series: Buishand and Pettit tests. The related formulae for each test were applied to our data. To this end, the annual rainfall data of 61 rain gauge stations in Chaharmahal and Bakhtiari province and 82 rain gauge stations in Khuzestan province was investigated.

Results and Discussion: Quality control primarily examines the presence of outlier data in comparison with past historical data or data from nearby stations. The reason for the existence of outlier data in a time series of data can be caused by human or instrumental errors during measurement. According to Buishand's test, it was found that there is no heterogeneous data for one of the provinces (Chaharmahal and Bakhtiari), but for the other province (Khuzestan), the three stations of Naal Kenan elevation, Zorabad, and Sarrak were heterogeneous. Besides, the Pettit test showed that seven stations for Chaharmahal and Bakhtiari province and 24 stations for Khuzestan province were heterogeneous.

Conclusion: The quality of the annual data of rain gauge stations in Chaharmahal, Bakhtiari and Khuzestan provinces were checked and the results of each of two tests of Pettit Buishand were given. Both of these tests are used to determine the heterogeneity of precipitation data, but the Petty test is used for continuous distributions, two hypotheses are tested using continuous cases, but different from the combination. Therefore, this test is recommended to detect homogeneity or heterogeneity of data in study stations.

***Corresponding author:** Bahram Bakhtiari
Address: Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
Tel: +989133409330
Email: drbakhtiari@uk.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

ISSN (Online): 2783-1531 - ISSN (Print): 2423-5970

Ethical Considerations

Data Availability Statement: The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Funding: The research has not received any financial support.

Authors' contribution: B. B. suggested the topic and was the main supervisor, and helped in writing and editing the manuscript. F. Sh. F. acquired and analyzed the data and prepared the initial draft. S. H. was the advisor and edited the final manuscript. All authors provided critical feedback and helped shape the research, analysis and manuscript.

Conflicts of interest: The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

Acknowledgment: The authors consider it necessary to thank the Meteorological Departments of Chaharmahal and Bakhtiari and Khuzestan provinces for their cooperation and provision of relevant data.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۵۹۷۰

کاربرد آزمون‌های پتی و بیشاند در کنترل کیفیت داده‌های سالانه بارش استان‌های چهارمحال و بختیاری و خوزستان

فرزانه شیرمحمدی فرادنبه[۱]، بهرام بختیاری*[۲]، سمیه حجابی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، f.shirmohamadi20@gmail.com
۲. دانشیار، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران، drbakhtiari@uk.ac.ir
۳. استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران، s.hejabi@urmia.ac.ir

مشخصات مقاله

نوع مقاله:
علمی پژوهشی

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۷ اردیبهشت ۱۴۰۲
بازنگری: ۱۷ تیر ۱۴۰۲
پذیرش: ۰۵ مرداد ۱۴۰۲
انتشار برخط: ۱۰ دی ۱۴۰۲

واژه‌های کلیدی:
آزمون‌های همگنی، بارش، تغییرات آب و هوا، داده‌های پرت، کنترل کیفیت.

چکیده

به‌کارگیری داده‌های بارندگی در مطالعات مربوط به هیدرولوژی و هیدرومتئورولوژی دارای اهمیت است. فرآیند تهیه این داده‌ها، از دیدبانی و ثبت آن‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی آغاز می‌شود. باران‌سنج که برای تعیین مقدار بارندگی استفاده می‌شود، مستعد انواع مختلف خطاها است. به‌طوری که در مسیر انجام دیدبانی و ثبت داده‌ها ممکن است بعضی خطاها در داده‌های نهایی وارد شود. به‌همین دلیل کنترل کیفیت داده‌های باران‌سنجی اهمیت زیادی دارد. در این مطالعه، همگنی داده‌های بارش سالانه برای ۶۱ ایستگاه باران‌سنجی استان چهارمحال و بختیاری و ۸۲ ایستگاه باران‌سنجی استان خوزستان مورد بررسی قرار گرفت. آزمون‌های ناپارامتری پتی و بیشاند برای تشخیص ناهمگنی داده‌ها انتخاب شده و نتایج مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در آزمون پتی، از بین ایستگاه‌های مورد بررسی در استان چهارمحال و بختیاری داده‌های ۷ ایستگاه و در استان خوزستان داده‌های ۲۴ ایستگاه ناهمگن هستند. در آزمون بیشاند فقط داده‌های ۳ ایستگاه در استان خوزستان ناهمگن هستند. اگرچه هردو آزمون جهت آزمون همگنی داده‌های بارش استفاده می‌شوند، اما آزمون پتی از دو فرضیه با توزیع‌های پیوسته متفاوت از یکدیگر استفاده می‌کند. از این‌رو، این آزمون برای تشخیص همگنی داده‌ها در ایستگاه‌های مطالعاتی توصیه می‌شود.

استناد: شیرمحمدی فرادنبه، فرزانه، بختیاری، بهرام، و حجابی، سمیه. (۱۴۰۲). کاربرد آزمون‌های پتی و بیشاند در کنترل کیفیت داده‌های سالانه بارش استان‌های چهارمحال و بختیاری و خوزستان، سامانه‌های سطوح آبگیر باران، ۱۱(۳)، ۱۶-۳۰.

DOI: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4

ناشر: انجمن علمی سیستم‌های سطوح آبگیر باران ایران
© نویسندگان

* نویسنده مسئول: بهرام بختیاری
نشانی: گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
تلفن: ۰۹۱۳۳۴۰۹۳۳۰
پست الکترونیکی: drbakhtiari@uk.ac.ir

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems
مجله علمی سامانه‌های سطوح آبگیر باران ایران
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۱۵۳۱ شاپا چاپی:۲۴۲۳-۵۹۷۰

مقدمه

صحت کاربرد بسیاری از مدل‌های هیدرولوژیک متکی به آمار و داده‌های دقیق بارش هستند. هم‌چنین ارزیابی داده‌های بارش برای مدیریت منابع آب، پیش‌بینی سیلاب و سیستم‌های تصمیم‌گیری هشدار بسیار مهم است، زیرا که بارندگی یکی از متغیرهای اقلیمی است که بر الگوهای مکانی و زمانی دسترسی به آب تاثیر می‌گذارد (Debbage & Shepherd, 2019; Liu et al., 2018; Tiwari et al., 2020; Weldegerima et al., 2018). مهم‌ترین بخش در مطالعات آب و هواشناسی، در دسترس بودن داده درست و قابل اعتماد است، زیرا وجود داده‌های اشتباه و پرت باعث خطا در تحلیل‌ها خواهد شد. برای این منظور بایستی آزمون کنترل کیفیت[1] بر روی داده‌های مورد نظر انجام شود (Hallegatte, 2012). کنترل کیفیت در درجه اول به بررسی وجود داده‌های پرت در مقایسه با داده‌های تاریخی گذشته یا داده‌های ایستگاه‌های مجاور می‌پردازد. تاریخچه کنترل کیفیت نشان داده است که شناسایی داده‌های پرت مبنای اصلی مطالعات بوده است (Filippov, 1968; Grant & Leavenworth, 1972). علت وجود داده‌های پرت در یک سری زمانی از داده‌ها می‌تواند ناشی از خطاهای انسانی یا ابزاری هنگام اندازه‌گیری باشد. روش‌های مختلفی که بر تغییرات زمانی و یا مکانی متمرکز هستند را می‌توان برای شناسایی داده‌های پرت و تشخیص درستی یا نادرستی آن‌ها استفاده کرد (Barnett & Lewis, 1994; Eischeid et al., 1995; Peterson et al., 1998).

بررسی همگنی داده‌های بارش قبل از به‌کارگیری در تحقیقات آبی–اقلیمی ضروری است (Elzeiny et al., 2019). برای تجزیه و تحلیل دقیق به داده‌های همگن نیاز است و برای ارزیابی شرایط آبی–اقلیمی یک منطقه، گزارش‌های بلند مدت بارش همگن بسیار مهم است (Agha et al., 2017). بنابراین، ناهمگنی‌ها باید شناسایی شوند و سری‌های ناهمگن حذف شوند. ناهمگنی‌ها توسط یک آزمون آماری (آزمون همگنی استاندارد طبیعی) شناسایی و پردازش می‌شوند، که با استفاده از اطلاعات چندین ایستگاه مجاور ساخته شده است. در مطالعات مختلف، برخی از آزمون‌های همگنی نسبی که به مجموعه داده‌های همگن به‌عنوان منبع نیاز ندارند، ارائه شده‌اند (Szentimrey, 1999). روش‌های پیشنهادی، بسته به روش اتخاذ شده برای تشخیص داده‌های پرت متفاوت هستند. Vose et al (1992) از روشی تحت عنوان GHCN[2] (شبکه جهانی اقلیم‌شناسی) استفاده کرد که هدف آن‌ها در آن پروژه گردآوری یک مجموعه داده بهبود یافته بر اساس میانگین بلندمدت ماهانه دما، بارندگی، فشار سطح دریا و فشار ایستگاه برای شبکه‌ای متراکم از ایستگاه‌های جهانی بود. آن‌ها این روش را برای کنترل کیفیت تعدادی از متغیرهای اقلیمی ماهانه جهت شناسایی مقادیر پرت پیشنهاد دادند. نتایج نشان داد که ابتدا داده‌ها بر اساس برخی مقادیر منطقی مقایسه می‌شوند و سپس تمام سری‌های زمانی برای تشخیص درستی یا نادرستی روش، به‌کار برده می‌شوند. Gonza´les-Rouco et al. (2001) با استفاده از روش آزمون همگنی نرمال استاندارد کنترل کیفیت بر روی داده‌های بارش ماهانه جنوب غربی اروپا، داده‌های پرت و ناهمگنی موجود در داده‌های پرت را شناسایی و سپس آن‌ها را تصحیح نمودند. روش‌های دیگر بر اساس مقایسه با داده‌های مشاهده‌شده در ایستگاه‌های مجاور یا ترکیبی از روش‌های مبتنی بر داده‌های ایستگاه هدف و ایستگاه‌های مجاور است (Eischeid et al., 1995; Madsen, 1989). اگر روش معینی در کنترل کیفیت آماری داده‌ها مورد نظر نباشد، برای شروع کار می‌توان داده‌هایی که به نظر می‌رسد دارای خطا هستند از سری زمانی حذف کرد (Einfalt et al., 2008).

Sciuto et al (2009) داده‌های روزانه حاصل از باران‌سنج‌های خودکار را با استفاده از روش شبکه عصبی در دو دسته تأییدشده و تأییدنشده طبقه‌بندی کردند و آن‌ها را برای بررسی‌های دستی آماده کردند. این روش شامل مقایسه داده‌های مشاهده‌ای در یک ایستگاه با داده‌های ایستگاه‌های مبنا است که اعتبارسنجی را با استفاده از یک شبکه عصبی انجام می‌دهد. Serrano-Notivoli et al (2017) از روش کنترل کیفیت خودکار برای داده‌های بارش روزانه استفاده کردند که هر مقدار روزانه را با مجموعه‌ای از دو پیش‌بینی به‌دست آمده از سری داده‌های مبنا مقایسه می‌کند Karabork et al (2007). همگنی ۲۱۲ داده ثبت‌شده بارش را در ترکیه برای یک دوره ۲۹ساله توسط آزمون همگنی استاندارد عادی (SNHT)[3] و آزمون پتی[4] بررسی کردند.

[1] Qualiyt Control
[2] Global Historical Climatology Network
[3] Standard Normal Homogeneity Test
[4] Pettit Test

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

در ایران نیز تحقیقات متعددی در زمینه کنترل کیفیت داده‌های بارش انجام شده است. در سال‌های اخیر، قمقامی و بذرافشان (۱۳۹۱) با استفاده از آمار بارندگی ۳۳ ایستگاه سینوپتیک در سراسر کشور به پیش‌بینی وضعیت خشکسالی آتی پرداختند و در ابتدا همگنی و صحت داده‌های بارندگی مورد استفاده را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از مدل زنجیره مارکف استفاده کردند. مزایای این مدل این است که توانایی شبیه‌سازی رفتار احتمالاتی خشکسالی را در گستره ایران دارد. همچنین یوسفی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از آزمون ویل کاکسون برای بررسی همگنی، آزمون‌های توکی، ESD تعمیم‌یافته و گرایز برای تشخیص داده‌های پرت و آزمون من کندال برای تشخیص روند یکنواخت داده‌های استان آذربایجان غربی پرداختند. بررسی کیفیت آماری و روند داده‌های بارندگی ۳۱ ایستگاه سینوپتیک ایران در یک دوره آماری ۳۹ ساله توسط ترقی نازلو و همکاران (۱۳۹۵) انجام شده است. برای این منظور داده‌های پرت و همگنی داده‌ها در مقیاس سالانه و در سطح معنی داری ۹۵ درصد مورد آزمون قرار گرفت و به‌طور کلی از آزمون‌های ویل کاکسون، توکی و آزمون من-کندال استفاده شد. نتایج نشان داد که به‌جز هفت ایستگاه، داده‌های بقیه ایستگاه‌ها همگن هستند.

اساس بسیاری از مطالعات هواشناسی داده‌های خام است و وجود خطا و اشتباه می‌تواند در نتایج مطالعات و پژوهش‌ها اثر قابل توجهی داشته باشد. بدون انجام عمل کنترل کیفیت و نظارت برروی داده‌ها ممکن است به نتایج قابل قبول نتوان رسید. در صورتی که با اعمال کنترل کیفی، داده‌های حاصل را می‌توان با اطمینان برای پژوهش مورد نظر به‌کار برد و به نتیجه قابل قبول رسید. جمع‌بندی مطالعات نشان داد که برای کنترل کیفیت داده‌های بارش، باید ابتدا داده‌های پرت تشخیص و پس از آن همگنی داده‌ها به یکی از روش‌های گفته‌شده در مطالب فوق انجام شود. هدف از این مطالعه بررسی و کنترل کیفیت داده‌ها و همگنی سری زمانی بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی دو استان چهارمحال و بختیاری و خوزستان است که می‌توانند برای مدلسازی هیدرولوژیک و تحلیل سیستم‌های منابع آب و هم‌چنین مطالعات اقلیمی استفاده شوند.

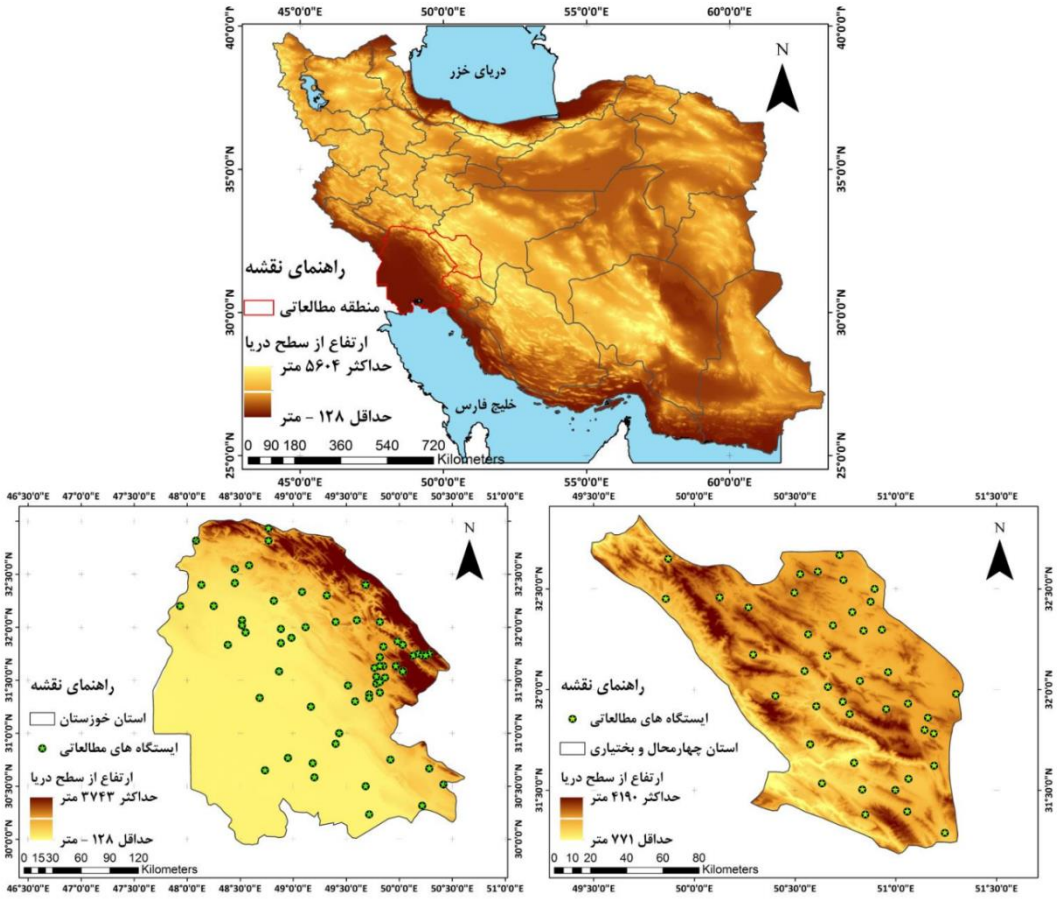
مواد و روش تحقیق

محدوده مورد مطالعه

در این مطالعه کنترل کیفیت داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی دو استان در کشور ایران مورد نظر بود. استان چهارمحال و بختیاری یکی از استان‌های مرکزی کشور به مرکزیت، شهرکرد است. این استان از جمله بخش‌های کوهستانی فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود و در ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی گرینویچ قرار دارد. در ارتباط با بارش متوسط سالانه ایستگاه‌های این استان، ایستگاه صالح‌آباد پربارش‌ترین و ایستگاه سفیددشت کم بارش‌ترین ایستگاه است (جدول ۱). استان خوزستان از لحاظ مختصات جغرافیایی بین ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی از نصف‌النهار و ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه شمالی از خط استوا قرار دارد و هم‌چنین در ارتباط با متوسط بارش سالانه آن‌ها ایستگاه تنگ پنج بختیاری پربارش‌ترین و ایستگاه شادگان جزء کم‌بارش‌ترین مناطق شناخته شده‌اند (جدول ۲). محاسبات لازم برای ۶۱ ایستگاه باران‌سنجی استان چهارمحال و بختیاری و برای ۸۲ ایستگاه باران‌سنجی استان خوزستان انجام شد. موقعیت این دو استان و رقوم ارتفاعی آن‌ها را می‌توان در شکل ۱ مشاهده کرد. هم‌چنین سایر مشخصه‌های توصیفی هم‌چون ضریب تغییرات و واریانس بارش این ایستگاه‌ها در جدول ۳ ارائه شده است.

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی، مدل رقومی و پراکنش ایستگاه‌های مطالعاتی استان‌های چهارمحال و بختیاری و خوزستان

Figure 1- The geographical distribution and digital elevation model of the study stations over Chaharmahal and Bakhtiari and Khuzestan provinces

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی و متوسط بارش سالانه ایستگاه‌های مطالعاتی استان چهارمحال و بختیاری

Table 1- The geographical characteristics and average annual precipitation of the study stations in Chaharmahal and Bakhtiari province

Station	Year	Average rainfall (mm)	Station	Year	Average rainfall (mm)
Ardal	1371-1401	515.7	Soreshjan	1372-1401	417.8
Armand Aliya	1378-1401	487.8	Sonak	1378-1383	426.1
Emamqeys	1375-1401	545.8	Shalamzar	1372-1401	355
Aloni	1372-1401	427.4	Shalil	1378-1382	456.2
Avorgan	1365-1401	494.5	Shorabkabir	1378-1401	233.5
Bardeh	1378-1401	306.2	Shahrekord	1360-1381	318.6
Bardbar	1378-1401	546.2	Sheykhshaban	1377-1401	382.4
Burojen	1367-1401	240.3	Salehabad	1378-1401	816.3
Boldaji	1378-1401	368.6	Azizabad	1378-1401	776.6
Ben	1372-1391	331.9	Farsan	1372-1401	441.6
Bizhgerd	1378-1401	307.4	Farokhshahr	1376-1401	267.8
Pole Zamankhan	1375-1401	312.5	Airport (Shahrekord)	1380-1401	300.1
Konark	1390-1401	292.3	Kaj	1368-1385	515.5
Joneqan	1368-1401	616.2	Katola	1381-1384	398.9
Chaloshtor	1372-1401	324	Koshaki	1378-1385	256.6
Chamangoli	1378-1392	805.3	Kohrang	1366-1401	1316
Chehraz	1378-1401	783.5	Gerdbishe	1368-1401	589.3
Heydari	1377-1390	370.4	Garmdare	1384-1401	181
Dare Namdari	1378-1380	368.2	Gandoman	1372-1401	140.4
Dezak	1375-1401	438.6	Lordegan	1372-1401	530.9
Dashtak	1378-1389	670.9	Lirabi	1378-1401	384
Davab Samsami	1378-1401	694.5	Malkhalife	1372-1379	561.3
Dopolan	1378-1401	518.6	Malkhalife(Felard)	1372-1379	469.8
Dehnogorg allah	1378-1401	532.7	Mazesokhte	1391-1401	878.2
Rostamabad	1377-1401	607.2	Mohammadabad	1378-1382	187
Saman	1372-1401	310.3	Morghmalek	1368-1401	437.1
Saraqaseyed	1386-1401	692.3	Manjbaraftab	1378-1401	528.9
Sarkhon	1377-1401	553.3	Naghan	1368-1401	534.2
Sardasht	1378-1401	537.4	Vastegan	1378-1385	216.8
Sefiddasht	1381-1401	73.3	Yancheshme	1368-1401	339.8
Sodejan	1378-1401	278.4			

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

جدول ۲- مشخصات جغرافیایی و متوسط بارش سالانه ایستگاه‌های مطالعاتی استان خوزستان

Table 2- The geographical characteristics and average annual precipitation of the study stations in Khuzestan province

Station	Statistical years	Average rainfall (mm)	Station	Statistical years	Average rainfall (mm)
Nalekanan-Elevation	1378-1395	608.1	Deh-sadat	1355-1395	407.9
Algen	1370-1395	1068.7	Deh-mola	1345-1395	218.7
Ab-mantaqe gharb	1383-1395	222.7	Doslaq	1382-1395	198.8
Andika	1371-1395	36.9	Ramshir	1345-1395	232.6
Ahvaz	1345-1395	216.9	Rakat-Nalekanan	1369-1395	649.5
Avand	1380-1395	696.1	Reno	1359-1394	519.1
Edanak	1348-1395	614.1	Zorabad	1365-1395	217.8
Izeh	1349-1395	599.2	Zeidon-Sardasht	1357-1395	306.6
Ab-shirin	1345-1395	349.5	Sepid-dasht	1346-139	710.8
Abfa khoramshahr	1352-1394	146.0	Dezfol-dam	1351-1395	358.3
Barangard	1350-1395	623.7	Dez-dam	1350-1395	471.5
Baghmalek	1355-1395	558.7	Shohada-Behbahan	1346-1395	339.1
Botvand-Shor	1345-1395	270.3	Shahid-Abbaspour	1348-1395	551.2
Belagh-Ab	1370-1395	670.7	Sarrak	1374-1395	691.9
Bandar-e Mahshahr	1354-1395	196.5	Sousan	1359-1395	759.6
Bozi-Shadegan	1348-1393	187.6	Sisakht	1346-1367	276.3
Bibi-Talkhon	1377-1395	432.1	Shadegan	1376-1395	145.4
Bidestan	1381-1395	673.8	Shosh	1351-1385	316.3
Paqaleh	1360-1395	600.1	Shoshtar-Shatit	1345-1381	219.7
Pagchi-Ramhormoz	1346-1395	283.3	Shol-Abad	1380-1394	998.1
Paye-Pol	1345-1395	290.2	Abdolkhan	1351-1395	224.1
Pol-e Zal	1348-1395	419.5	Arab-Hasan-Asad	1361-1395	266.2
Pol-e Shalo	1345-1395	759.3	Qale-Tel	1355-1395	570.3
Pol-e Lali	1361-1376	425.1	Qale-Sard	1380-1395	669.6
Takht-e Kabod	1384-1395	379.8	Karon 4	1381-1390	487.9
Tel-e Zang	1345-1395	851.7	Kashkol	1370-1395	658.6
Tang-e Panj Bakhtiari	1346-1395	1134.1	Kabir-koh	1381-1394	271.8
Jelogir	1345-1382	456.8	Camp-e Jarahi	352-1395	186.5
Jow Kanak	1345-1395	339	Kopal 3	1361-1395	216.3
Cheshme Taraz	1347-1366	411.6	Gotvand	1345-1395	380.8
Cheshme-Khaton	1380-1395	713.3	Godar-Landar	1345-1376	485.1
Cheshme-Shirin	1355-1395	578.4	Gorgor	1350-1395	194.8
Chelo	1380-1395	1017.1	Gelgir	1380-1395	350.3
Cham-Gaz	1351-1395	481.9	Gandab	1355-1395	521.5
Cham-Nezam	1356-1395	336.2	Mashin	1349-1395	368.6
Harmale	1349-1395	232.5	Mal-aqa	1355-1395	731.4
Khosrowabad-Arvand	1347-1373	148.5	Meshrag-e Abotovij	1346-1395	215.5
Darkhazine	1345-1395	283.7	Molasani	1346-1395	226.1
Dareh-Shor	1377-1395	523.6	Haft-Tape	1351-1395	269.2
Deli-Bakhtiar	1361-1395	560.3	Haftkal	1357-1395	293.1
Damdali	1380-1395	454.8	Hendijan	1357-1395	211.5

جدول ۳- برخی مشخصات توصیفی بارش سالانه (ضریب تغییرات و واریانس) در مناطق مطالعاتی

Table 3- Some descriptive characteristics of annual precipitation (coefficient of variation and variance) in the study areas

Province	Coefficient of variation	Variance
Chaharmahal and Bakhtiari	0.0125	65.3
Khuzestan	0.0131	60

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

روش‌ها

کنترل کیفیت

شناسایی نقاط پرت، مبنای اصلی آزمون‌های کنترل کیفیت است. داده پرت مقداری است که از بیش‌تر داده‌های موجود در لیست، بسیار بیش‌تر یا بسیار کم‌تر است که برای یافتن آن، چهار مرحله دنبال می‌شود. در مرحله اول چارک اول و سوم داده‌های موجود حساب شده، در مرحله دوم محدوده بین چارک اول و سوم محاسبه می‌شود. سپس کران‌های بالا و پایین مجموعه داده‌ها حساب شده و در آخر هم با استفاده از این کران‌ها مقادیر پرت محاسبه می‌شود. از معادله ۱ می‌توان جهت به‌دست آوردن مقادیر پرت استفاده کرد (Gonzalez-Rouco et al., 2001).

$$P_{out}=q_{0.75}+(3\times IQR) \quad (۱)$$

که در آن $q_{0.75}$ چارک سوم و IQR فاصله بین چارک اول و سوم و P_{out} داده پرت است.

تجزیه و تحلیل همگنی با استفاده از دو آزمون بیشاند و پتی

در این مطالعه از دو روش برای آزمایش همگنی در سری زمانی بارش سالانه استفاده شد، این دو روش شامل آزمون‌های بیشاند و پتی است. آزمون بیشاند با معادله ۲ بیان می‌شود (Wingaard et al., 2003).

$$S_0^*=0 \quad S_k^*=\sum_{i=1}^{k}(Y_i-Y) \qquad K=1,2,\ldots,n \quad (۲)$$

که در آن، i سال‌های از 1 تا K که K سال‌های ۱ تا n است، Y_i سری سالانه مورد آزمایش و Y میانگین بارش است. وقتی یک سری همگن باشد، مقادیر S_k^* در حدود صفر نوسان می‌کند.

هم‌چنین آزمون پتی یک آزمون رتبه‌ای غیرپارامتری است (Pettit, 1979). آماره آزمون پتی بیان می‌کند که دنباله از متغیرهای تصادفی $x_1,x_2,\ldots,x_T$ در نقطه τ دارای نقطه تغییر است، هرگاه x_t به‌ازای $t=1,2,\ldots,\tau$ دارای توزیع مشترک F_1 و x_t به‌ازای $t=\tau+1,\ \tau+2,\ldots,T$ دارای توزیع مشترک F_2 باشد و داشته باشیم $F_1\neq F_2$. پتی هیچ فرضی در مورد توزیع‌های F_1 و F_2 در نظر نگرفته است مگر این‌که این توزیع‌ها پیوسته باشند. بنابراین فرضیه‌هایی که باید مورد آزمون قرار بگیرند را در معادله ۳ می‌توان مشاهده کرد.

$$\begin{cases} H_0: F_1(X)=F_2(X) & (\text{نقطه بدون تغییر}) \\ H_1: F_1(X)\neq F_2(X) & (\text{نقطه با تغییر}) \end{cases} \quad (۳)$$

فرض صفر بیان می‌کند که دنباله $(x_1,x_2,\ldots,x_n)$ دارای نقطه تغییر نیست، یا $T=\tau$ و فرض مقابل بیان می‌کند که دنباله مذکور دارای نقطه تغییر است، یا $1\leq t<T$. برای انجام این آزمون ابتدا مقدار $U_{t,T}$ به‌ازای $1\leq t<T$ طبق معادله ۴ محاسبه می‌شود.

$$U_{t,T}=\sum_{i=1}^{t}\sum_{j=t+1}^{T} sgn(X_i-X_j) \quad (۴)$$

$$sgn(X_i-X_j)=\begin{cases} +1 \leftrightarrow (X_i-X_j)>0 \\ 0 \leftrightarrow (X_i-X_j)=0 \\ -1 \leftrightarrow (X_i-X_j)<0 \end{cases}$$

حداکثر قدر مطلق مجموعه‌های $U_{t,T}$ موقعیت مکانی مربوط به نقطه تغییر $1\leq\tau<T$ را (در صورت وجود) به‌دست می‌دهد. به‌عبارت دیگر آماره این آزمون، طبق معادله ۵ به‌دست می‌آید.

$$K_T=max_{1\leq t<T}|U_{t,T}| \quad (۵)$$

P که مقدار مرتبط با این آزمون است، توسط معادله ۶ تقریب زده می‌شود.

$$P\cong 2\exp\left(\frac{-6K_T^2}{T^3-T^2}\right) \quad (۶)$$

که در آن‌ها وقتی یک سری همگن باشد، مقدار P باید کم‌تر از ۰/۵ باشد.

نتایج و بحث

پس از تشخیص نقاط پرت مشخص شد که در برخی ایستگاه‌ها داده پرت وجود دارد که تمامی این ایستگاه‌ها برای هر دو استان را می‌توان در جدول‌های ۴ و ۵ مشاهده کرد. پس از فرایند کنترل کیفیت، سری زمانی کل بارش سالانه برای این دو استان از نظر همگنی مورد

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

بررسی قرار گرفت. در ابتدا آزمون بیشاند برای ایستگاه‌های هر استان اعمال شده و نتایج این آزمون برای استان چهارمحال و بختیاری با توجه به این‌که مقدار S_k^* در تمام ایستگاه‌ها برابر با صفر شد، نشان داد که داده ناهمگن وجود ندارد اما برای استان خوزستان چنین نبود و مشخص شد که در این استان ۳ ایستگاه ارتفاعات نعل کنان، زورآباد و سرراک همگن نیستند (جدول ۶).

همان‌طور که در جدول ۵ مشخص است، نتایج آزمون بیشاند نشان داد که تمامی ایستگاه‌ها به‌جز سه ایستگاه ارتفاعات نعل‌کنان، زورآباد و سرراک همگن هستند، به این دلیل که S_k^* در حدود صفر در تغییر است. به جز این سه مورد، داده‌های مورد نظر استان خوزستان همگن هستند. در شکل ۲ پراکندگی این ایستگاه‌ها را می‌توان مشاهده کرد.

جدول ٤- ایستگاه‌های دارای نقطه پرت (P_{out}) و سال‌های مربوط به آن (استان چهارمحال و بختیاری)

4- The stations with the outlier and the related years (Chaharmahal and Bakhtiari province)

Station	Outlier years	Station	Outlier years	Station	Outlier years
Bardbar	1378	Azizabad	1384	Kaj	3 years
Konark	1390	Farsan	1385	Mohammadabad	1378
Heydari	1377-1390 (Except 1383 &1384)	Davab-Samsami	3 years	Saman	1384

جدول ٥- ایستگاه‌های دارای نقطه پرت (P_{out}) و سال‌های مربوط به آن (استان خوزستان)

Table 5- The stations with the outlier and related years (Khuzestan province)

Station	Outlier years	Station	Outlier years	Station	Outlier years
Nalekanan-Elevation	1380	Jow Kanak	1354	Sousan	1371
Algen	>10 years	Cheshme Taraz	1365	Shosh	2 years
Ahvaz	1376	Chelo	1388	Shoshtar-Shatit	3 years
Edanak	1354	Cham-Nezam	2 years	Arab-Hasan-Asad	1371
Ab-Shirin	1365	Harmale	8 years	Qale-Sard	1380
Botvand-Shor	1371	Darkhazine	2 years	Camp-e Jarahi	2 years
Bandar-e Mahshahr	2 years	Deh-mola	2 years	Gotvand	1354
Paye-Pol	1354	Reno	1371	Mal-aqa	1356
Pol-e Shalo	1384	Zeidon-Sardasht	1380	Meshrag-e Abotovij	1354
Tel-e Zang	1371	Sepid-dasht	1350	Haft-Tape	1376
Tang-e Panj Bakhtiari	1371	Shohada-Behbahan	1354	Hendijan	1373

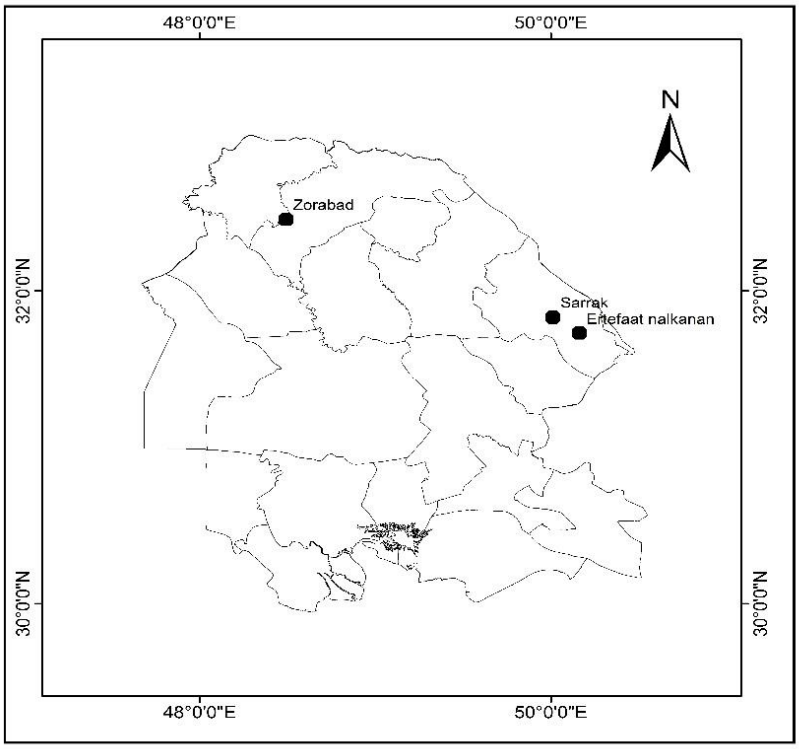
جدول ٦- عامل تشخیص همگنی آزمون بیشاند (S_k^*) برای استان خوزستان

Table 6- The Buishand test homogeneity detection factor (S^*_k) for Khuzestan province

Station	S^*_k
Nalekanan-Elevation	43.43
Zorabad	3.32
Sarrak	49.36

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]



شکل ۲- پراکندگی ایستگاه‌های ناهمگن بر اساس آزمون بیشاند برای استان خوزستان

Figure 2- The distribution of heterogeneous stations based on Buishand test for Khuzestan province

پس از آن به بررسی داده‌های ایستگاه‌ها توسط آزمون پتی پرداخته شد. نتایج این آزمون نشان داد که داده‌های بارش چندین ایستگاه در هر دو استان ناهمگن است (جدول‌های ۷ و ۸). هم‌چنین پراکندگی این ایستگاه‌ها را می‌توان در شکل‌های ۳ و ۴ به وضوح مشاهده کرد. نتایج آزمون پتی نیز نشان داد که مقدار P در بعضی ایستگاه‌های این دو استان بیش‌تر از ۰/۵ است و هنگامی‌که این مقادیر بیش‌تر از ۰/۵ باشد داده‌ها ناهمگن هستند. پس باتوجه به نتایج این دو آزمون مشخص شد که داده‌های بعضی از این ایستگاه‌ها که شامل هفت ایستگاه برای استان چهارمحال و بختیاری و ۲۴ ایستگاه برای استان خوزستان است، ناهمگن هستند.

جدول ۷- پارامتر سنجش همگنی آزمون پتی (P-value) و تعیین ایستگاه‌های غیرهمگن در استان چهارمحال و بختیاری

Table 7- The parameters of Pettit homogeneity test (P-value) and determination of non-homogeneous stations over Chaharmahal and Bakhtiari province

Station	Bardeh	Bardbar	Garmdare	Dehnogorg allah	Saman	Sonak	Farokhshahr
P-value	1.653	0.956	1.55	0.63	0.893	1.842	0.94

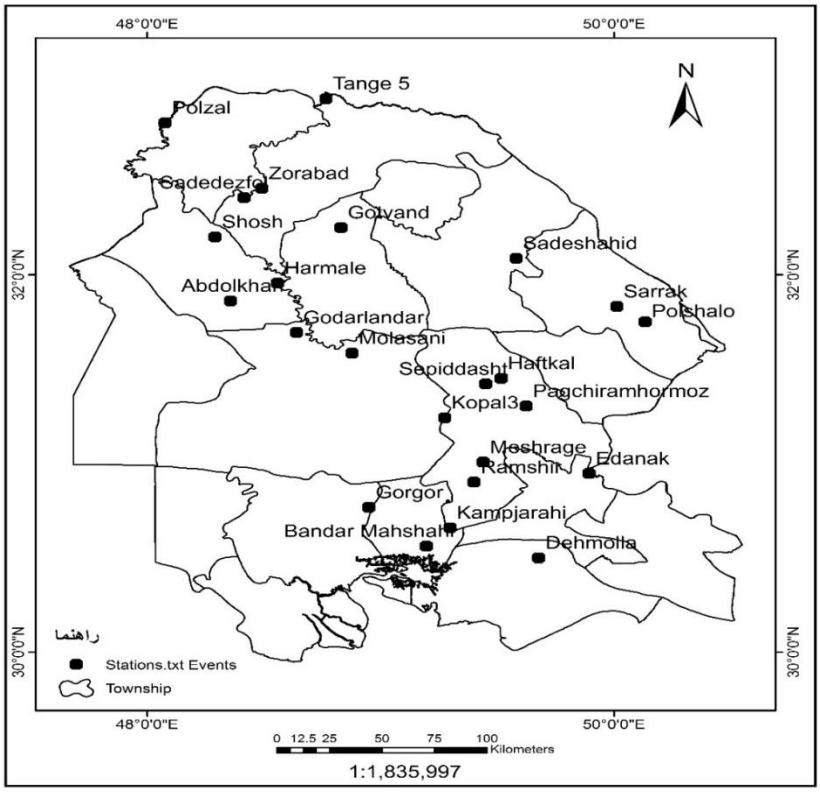
جدول ۸- پارامتر سنجش همگنی آزمون پتی (P-value) و تعیین ایستگاه‌های غیرهمگن در استان خوزستان

Table 8- The parameters of Pettit homogeneity test (P-value) and determination of non-homogeneous stations over Khuzestan province

Station	P-value	Station	P-value	Station	P-value
Edanak	1.696	Ramshir	1.05	Camp-e Jarahi	1.78
Bandar-e Mahshahr	0.94	Zorabad	1.74	Kopal 3	1.96
Pagchi-Ramhormoz	1.34	Sepid-dasht	1.95	Gotvand	1.83
Pol-e Zal	1.74	Dezfol-dam	1.042	Godar-Landar	1.2
Pol-e Shalo	1.85	Shahid-Abbaspour	1.15	Gorgor	1.94
Tang-e Panj Bakhtiari	1.8	Sarrak	1.97	Molasani	1.24
Harmale	1.98	Shosh	0.67	Meshrag-e Abotovij	0.66
Deh-mola	1.02	Abdolkhan	1.53	Haftkal	1.82

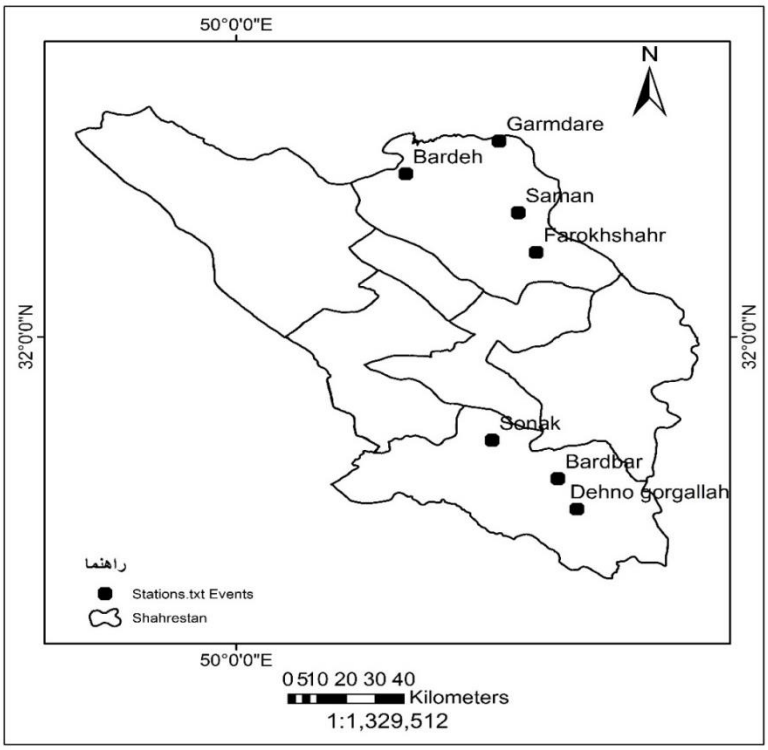
[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]



شکل ۳- ایستگاه‌های دارای نقطه پرت در آزمون همگنی پتی استان خورستان

Figure 3- The non-homogeneous stations based on Pettit test in Khuzestan province



شکل ٤- ایستگاه‌های دارای نقطه پرت در آزمون همگنی پتی استان چهارمحال و بختیاری

Figure 4- The non-homogeneous stations based on Pettit test in Chaharmahal and Bakhtiari province

نتیجه‌گیری

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

با توجه به نتایج این دو آزمون مشاهده شد که بر اساس آزمون بیشاند، فقط داده‌های سه ایستگاه استان خوزستان ناهمگن شناخته شده است. در صورتی‌که بر اساس آزمون پتی تعداد داده‌های هفت ایستگاه برای استان چهارمحال و بختیاری و ۲۴ ایستگاه برای استان خوزستان ناهمگن شناخته شده است. به‌طور کلی در آزمون بیشاند برای استان خوزستان مشخص شد که ۲/۳ درصد کل داده‌ها ناهمگن هستند در صورتی‌که در آزمون پتی برای استان چهارمحال و بختیاری ۱۱ درصد کل داده‌ها و برای استان خوزستان ۳۶ درصد کل داده‌ها ناهمگن هستند. هدف از این مطالعه کنترل کیفیت داده‌های سالانه بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی دو استان چهارمحال و بختیاری و خوزستان بود که پس از تشخیص داده‌های پرت از بین آن‌ها، توسط دو آزمون بیشاند و پتی، همگنی و ناهمگنی این داده‌ها بررسی شد و نتایج مربوط به هرکدام از این دو آزمون آورده شد. اگرچه هردو آزمون جهت تعیین ناهمگنی داده‌های بارش هستند اما آزمون پتی با توجه به این‌که برای توزیع‌های پیوسته به‌کار می‌رود، دو فرضیه با توزیع‌های پیوسته ولی متفاوت از یکدیگر در آن مورد آزمون قرار می‌گیرد. از این‌رو، این آزمون برای تشخیص همگنی یا ناهمگنی داده‌ها در ایستگاه‌های مطالعاتی توصیه می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

دسترسی به داده‌ها: داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

حمایت مالی: پژوهش انجام شده هیچ‌گونه حمایت مالی دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان: بهرام بختیاری پیشنهاددهنده موضوع و راهنمای اصلی بوده که در نگارش نسخه نهایی همکاری داشت. فرزانه شیرمحمدی فرادنبه به‌عنوان محقق اصلی در جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها و پیش‌نویس اولیه دخالت داشته است. سمیه حجابی به‌عنوان مشاور این مطالعه در ویرایش نسخه نهایی مشارکت داشت. تمامی نویسندگان به شکل‌گیری این تحقیق و تجزیه و تحلیل آن کمک کردند.

تضاد منافع نویسندگان: نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

سپاس‌گزاری: نویسندگان مقاله لازم می‌دانند از همکاری اداره کل هواشناسی استان‌های چهارمحال و بختیاری و خوزستان و ارائه اطلاعات مربوطه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

۱. قمقامی، مهدی، و بذرافشان، جواد (۱۳۹۱). پیش آگاهی وضعیت خشکسالی هواشناسی در گستره ایران با استفاده از مدل زنجیره مارکف. *حفاظت منابع آب و خاک*، ۱(۳)، ۱-۱۲. doi: 20.1001.1.22517480.1391.1.3.1.7

۲. ترقی نازلو، مهدی، یوسفی، پریسا، و خلیلی، کیوان (۱۳۹۵). بررسی روند و کیفیت آماری داده‌های بارش ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب ایران، *دومین کنفرانس علوم، مهندسی و فناوری‌های محیط زیست. دانشگاه تهران*. https://civilica.com/doc/585136

۳. یوسفی، پریسا، ترقی نازلو، مهدی، و منتصری، مجید (۱۳۹۵). تحلیل روند بارش ایستگاه‌های سینوپتیک آذربایجان غربی. *ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه کردستان*. ۳۴۱-۳۵۰. https://civilica.com/doc/559061

References

1. Agha, O. M. A. M., Bağçacı, S. Ç., & Şarlak, N. (2017). Homogeneity analysis of precipitation series in North Iraq. *IOSR Journal of Applied Geology and Geophysics*, 5(03), 57-63. doi: 10.9790/0990-0503025763
2. Barnett, V., T. Lewis, (1994). Outliers in Statistical Data. 3d ed.J.Wiley and Sons, p. 604.
3. Debbage, N., & Shepherd, J. M. (2019). Urban influences on the spatiotemporal characteristics of runoff and precipitation during the 2009 Atlanta flood. *Journal of Hydrometeorology*, 20(1), 3-21. doi: 10.1175/JHM-D-18-0010.1
4. Einfalt, T., & Michaelides, S., (2008). Quality control of precipitation data. In Michaelides, S. (Ed.), Precipitation, Advances in Measurement, Estimation and Prediction. Springer, Dordrecht, The Netherlands, p. 101–126. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-77655-0_5
5. Eischeid, J. K., Baker, C. B., Karl, T. R., & Diaz, H. F. (1995). The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 34(12), 2787-2795. doi: 10.1175/1520-0450(1995)034<2787:TQCOLT>2.0.CO;2

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]
[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]

6. Elzeiny, R., Khadr, M., Zahran, S., & Rashwan, E. (2019). Homogeneity analysis of rainfall series in the upper blue nile river basin, Ethiopia. *Journal of Engineering Research*, 3, 46-53. doi: 10.21608/erjeng.2019.125704
7. Filippov, V.V. (1968). Quality control procedures for meteorológical data. TechRep International, 26, WMO, Geneva, Switzerland, p. 38.
8. Ghamghami, M., & Bazrafshan, J. (2012). Prediction of meteorological drought conditions in Iran using Markov chain model. Journal of Water and Soil Resources Conservation, 1(3), 1-12. doi: 20.1001.1.22517480.1391.1.3.1.7 [In Persian]
9. Göktürk, O. M., Bozkurt, D., Şen, Ö. L., & Karaca, M. (2008). Quality control and homogeneity of Turkish precipitation data. *Hydrological Processes: An International Journal*, 22(16), 3210-3218.
10. González-Rouco, J. F., Jiménez, J. L., Quesada, V., & Valero, F. (2001). Quality control and homogeneity of precipitation data in the southwest of Europe. *Journal of Climate*, 14(5), 964-978. doi: 10.1175/1520-0442(2001)014<0964:QCAHOP>2.0.CO;2
11. Grant, E. L., & Leavenworth, R. S. 1972. Statistical Quality Control. McGraw-Hill, p. 764.
12. Hallegatte, S. (2012). A cost effective solution to reduce disaster losses in developing countries: hydro-meteorological services, early warning, and evacuation. *World Bank Policy Research Working Paper*, (6058). https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2051341
13. Karabörk, M. Ç., Kahya, E., & Kömüşçü, A. Ü. (2007). Analysis of Turkish precipitation data: homogeneity and the Southern Oscillation forcings on frequency distributions. *Hydrological Processes: An International Journal*, *21*(23), 3203-3210.Liu, S., Li, Y., Pauwels, V. R., & Walker, J. P. (2018). Impact of rain gauge quality control and interpolation on streamflow simulation: An application to the Warwick catchment, Australia. *Frontiers in Earth Science*, 5, 114. doi: 10.3389/feart.2017.00114
14. Madsen, H. (1989). Quality control of precipitation measurements in Denmark. In Proceedings of the fourth International Meeting on Statistical Climatology (pp. 13-15).
15. Peterson, T. C., Vose, R., Schmoyer, R., & Razuvaëv, V. (1998). Global Historical Climatology Network (GHCN) quality control of monthly temperature data. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 18(11), 1169-1179. doi: 10.1002/(SICI)1097-0088(199809)18:11<1169::AID-JOC309>3.0.CO;2-UCitations: 160
16. Pettitt, A. N. (1979). A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of the Royal Statistical Society*, 28(2), 126-135. doi: 10.2307/2346729
17. Sciuto, G., Bonaccorso, B., Cancelliere, A., & Rossi, G. (2009). Quality control of daily rainfall data with neural networks. *Journal of Hydrology*, 364(1-2), 13-22. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.10.008
18. Serrano-Notivoli, R., de Luis, M., Saz, M. Á., & Beguería, S. (2017). Spatially based reconstruction of daily precipitation instrumental data series. *Climate Research*, 73(3), 167-186. doi: 10.3354/cr01476
19. Shearman, RJ., 1975. Computer quality control of daily and monthly rainfall data. *Meteorological Magazine*, 104, 102–108.
20. Szentimrey, T., (1999). Multiple analysis of series for homogenisation (MASH). In Proceedings of 2nd Seminar for Homogenisation of Surface Climatological Data. Budapest, Hungary. WMO WCDMP, 41, p. 27–46.
21. Taraghi Nazloo, M., Yousefi, P., & Khalili, K. (2016). Investigating the trend and statistical quality of rainfall data of selected synoptic stations in Iran. 2nd Conference on Environmental Science, Engineeering and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. https://civilica.com/doc/585136 [In Persian].
22. Tiwari, S., Jha, S. K., & Singh, A. (2020). Quantification of node importance in rain gauge network: influence of temporal resolution and rain gauge density. *Scientific Reports*, 10(1), 9761. https://www.nature.com/articles/s41598-020-66363-5.
23. Vose, R. S., Schmoyer, R. L., Steurer, P. M., Peterson, T. C., Heim, R., Karl, T. R., & Eischeid, J. K. (1992). The Global Historical Climatology Network: Long-term monthly temperature, precipitation, sea level pressure, and station pressure data (No. ORNL/CDIAC-53; NDP-041). Oak Ridge National Lab., TN (United States). Carbon Dioxide Information Analysis Center.
24. Weldegerima, T. M., Zeleke, T. T., Birhanu, B. S., Zaitchik, B. F., & Fetene, Z. A. (2018). Analysis of rainfall trends and its relationship with SST signals in the Lake Tana Basin, Ethiopia. *Advances in Meteorology*, 1-10. doi: 10.1155/2018/5869010.
25. Wijngaard, J. B., Klein Tank, A. M. G., & Können, G. P. (2003). Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. International Journal of Climatology: A *Journal of the Royal Meteorological Society*, 23(6), 679-692.
26. Yousefi, P., Taraghi Nazloo, M., & Montaseri, M. (2016). Analyzing the trend of rainfall in West Azerbaijan synoptic stations. 6th National Conference on Water Resources Management, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran, 341-350. https://civilica.com/doc/559061 [In Persian].

[Downloaded from jircsa.ir on 2026-05-31]

[DOR: 20.1001.1.24235970.1402.11.4.2.4]