



Print ISSN: 2251-7480
Online ISSN: 2251-7400

Journal of
Water and Soil
Resources Conservation
(WSRCJ)

Web site:

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

Email:

iauwsrcj@srbiau.ac.ir
iauwsrcj@gmail.com

Vol. 12
No. 4 (48)
Summer 2023

Received:
2022-08-20

Accepted:
2022-10-16

Pages: 13-28



Precipitation Trend Analysis in Zohre-Jirahi Basin in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province

Amirabbas Mahmoudian Bidgoli¹, Mohammad Sadegh Sadeghian^{2*}, Ali Saremi
and Hooman Hajikandi⁴

1)Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2)Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3)Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

4)Department of Civil Engineering, Central Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Corresponding author email: m.sadeghian29@yahoo.com

Abstract

Background and Aim: Water resources management has long been the focus of residents in Iran. Knowing of the time and the amount of rainfall contributes to better planning for water resources management, and this can be examined according to the available statistical data. The need for knowledge about precipitation trends in the study areas facilitates and legalizes water resources management and planning and helps to supply water with a higher reliability factor. The purpose of this research is to estimate and analyze the precipitation trends in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province within the Zohre-Jirahi basin.

Method: This research is carried out in the Zohre-Jirahi basin in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad province based on the data from 1966 to 2018. In this regard, first, meteorological stations related to the studied area were located and their statistics were extracted from the received data. The stations' data homogeneity is calculated based on the Kolmogorov-Smirnov method, and those without homogeneous data or with limited data are removed and, 30 stations are selected for data rebuilding. Rebuilding of missing data is done with Inverse Distance Weighted methods with the power of two and ordinary linear Kriging and after evaluating the methods by three criteria of Root Mean Square Error, Mean Absolute Error, and Coefficient of Determination, the optimal method is selected to rebuild the missing data in this study area. After rebuilding the data, a multi-dimensional raster containing rainfall information related to the years of the statistical period is produced and the time series of the relevant data is created in an array and per surface unit. In this research, according to the surface of the study area, time series of 8915 points are analyzed, and the trend of changes based on the Mann-Kendall method and Sen's slope on an annual and monthly scale are assessed in these points and, raster maps are produced.

Results: Among the methods used for rebuilding missing data, based on the evaluation of the models, the optimal method for rebuilding missing data in the study area was the Inverse Distance Weighted method with a coefficient of determination of 0.95. The results of calculations on an annual scale show that the average Sen's slope in the study area does not have a significant trend and is equal to 0.0011. The average Sen's slope in the study area on a monthly scale is 0.28 in April and has an upward trend, in May Sen's slope is equal to -0.03 and indicates a downward trend and in June and July, an unobserved trend, and the results of Sen's slope calculations are zero. In August, there is an upward trend, and its value is equal to 0.11. In September, there is an upward trend, and it is equal to 0.06. In October, there is no observed trend, and it is equivalent to zero. In November and December, the trend is upward, and the average Sen's slope in the study area is equal to 0.19 and 0.62, respectively, and in January, February and March, the downward trend is equal to -0.48, -0.55, and -0.14.

Conclusion: The results do not demonstrate a significant trend on an annual scale, however on a monthly scale, in December, April, November, August, and September, respectively, the highest upward trend is observed, while in February, December, March, and May, respectively, have the highest downward trend, and June, July, and October lack trends. The maximum average Sen's slope is calculated for December and equal to 0.62, and its minimum is in February and equal to -0.55. The management of water resources, especially in the agricultural sector as the main consumer, has large economic and social dimensions and is inevitable, and due to the great impact of water supply time to optimize and increase productivity, this research can be used to review the pattern and time of cultivation in this area. Groundwater artificial recharge, storage process, and consumption process should adapt to the new changes.

Keywords: Trend analysis, Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad, Precipitation, Mann-Kendall, Sen's slope



شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۴۸۰
شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۰-۷۴۰۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:

<https://wsrj.srbiau.ac.ir>

پست الکترونیک:

iawwsrj@srbiau.ac.ir
iawwsrj@gmail.com

سال دوازدهم

شماره چهار (۴۸)

تابستان ۱۴۰۲

تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۵/۲۹

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۷/۲۴

صفحات: ۱۳-۲۸

تحلیل روند بارش در حوضه آبریز زهره-جراحی در محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد^۱

امیرعباس محمودیان بیدگلی^۱، محمد صادق صادقیان^{۲*}، علی صارمی^۳ و هومن حاجی کندی^۴

- (۱) گروه مهندسی عمران، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
(۲) گروه مهندسی عمران، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
(۳) گروه علوم و مهندسی آب، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
(۴) گروه مهندسی عمران، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

*ایمیل نویسنده مسئول: m.sadeghian29@yahoo.com

چکیده:

زمینه و هدف: مدیریت منابع آب از دیر باز در ایران مورد توجه ساکنین این منطقه بوده است. آگاهی حدود زمانی و میزان بارش نزولات جوی کمک می‌کند تا برنامه‌ریزی بهتری برای مدیریت منابع آب انجام گردد و این امر با توجه به داده‌های آماری موجود قابل بررسی می‌باشد. نیاز به دانش در خصوص روند بارش در محدوده‌های مطالعاتی، مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب را تسهیل و قانونمند نموده و کمک می‌نماید تا تامین آب با ضریب اطمینان بیشتری حاصل گردد. هدف از این پژوهش برآورد و تحلیل روند بارش در استان کهگیلویه و بویراحمد در محدوده حوضه آبریز زهره-جراحی می‌باشد.

روش پژوهش: این پژوهش بر روی حوضه آبریز زهره جراحی در محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد و بر اساس داده‌های سال‌های ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۷ انجام شده است. در این راستا ابتدا ایستگاه‌های هواشناسی مرتبط با محدوده مورد مطالعه جانمایی شد و آمار آن‌ها از داده‌های دریافتی استخراج گردید. همگنی داده‌های ایستگاه‌ها بر اساس روش کلموگروف اسمیرنوف محاسبه و فاقد داده همگن یا با داده‌های محدود حذف شده و ۳۰ ایستگاه جهت بازسازی داده‌ها انتخاب گردید. بازسازی داده‌های مفقود با دو روش معکوس فاصله وزنی با توان دو و کریجینگ خطی معمولی انجام شد و پس از ارزیابی روش‌ها توسط سه معیار خطای جذر میانگین مربعات، میانگین خطای مطلق و ضریب تعیین، روش مطلوب جهت بازسازی داده‌های مفقود در این محدوده انتخاب گردید. پس از بازسازی داده‌ها یک رستر چند بعدی، حاوی اطلاعات بارشی مربوط به سال‌های دوره آماری ایجاد و سری زمانی داده‌های مربوطه به صورت آرایی و در واحد سطح ساخته شد. در این پژوهش با توجه به وسعت محدوده مورد مطالعه ۸۹۱۵ نقطه از محدوده تحلیل سری زمانی شده و روند تغییرات بر اساس روش من-کندال و شیب سن در مقیاس سالانه و ماهانه در این نقاط بررسی و نقشه‌های رستری آن تولید گردید.

یافته‌ها: بر اساس روش‌های ارزیابی مدل‌ها، از میان روش‌های انجام شده برای بازسازی داده‌های مفقود، روش معکوس فاصله وزنی با ضریب تعیین ۰/۹۵ به عنوان روش بهینه انتخاب گردید. نتایج محاسبات در مقیاس سالانه نشان داد میانگین شیب سن در محدوده مطالعاتی دارای روند معناداری نبوده و برابر با ۰/۰۱۱ می‌باشد. میانگین شیب سن در محدوده مطالعاتی در مقیاس ماهانه در فروردین‌ماه برابر ۰/۲۸ و دارای روند صعودی است، شیب سن در اردیبهشت ماه برابر ۰/۰۳- و بیانگر روند نزولی بوده و در خرداد و تیر روندی مشاهده نشده و نتایج محاسبات شیب سن را در این ماه‌ها برابر صفر نشان می‌دهد. در مرداد ماه روند صعودی بوده و مقدار آن معادل ۰/۱۱ می‌باشد. در شهریور ماه روند صعودی و برابر ۰/۰۶ است. در مهر ماه روندی مشاهده نشده و برابر با ۰ می‌باشد. در آبان و آذر ماه روند صعودی و میانگین شیب سن در محدوده به ترتیب برابر با ۰/۱۹ و ۰/۶۲ می‌باشد در دی، بهمن و اسفند ماه نیز روند نزولی و به ترتیب برابر با ۰/۴۸، ۰/۵۵- و ۰/۱۴- می‌باشد.

نتایج: نتایج پژوهش در مقیاس سالانه روند معناداری نشان نمی‌دهد ولی در مقیاس ماهانه در ماه‌های آذر، فروردین، آبان، مرداد و شهریور به ترتیب بالاترین روند صعودی مشاهده شده، در حالی که در ماه‌های بهمن، دی، اسفند و اردیبهشت به ترتیب بالاترین روند نزولی را داشته و ماه‌های خرداد، تیر و مهر نیز فاقد روند می‌باشند. حداکثر میانگین شیب سن محدوده مربوط به آذرماه و معادل ۰/۶۲ و حداقل آن در بهمن‌ماه و معادل ۰/۵۵- محاسبه گردیده است. مدیریت منابع آب بالاخص در بخش کشاورزی به عنوان عمده مصرف‌کننده دارای ابعاد اقتصادی و اجتماعی کلان و امری اجتناب ناپذیر است و با توجه به تاثیر بسیار زمان تامین آب جهت بهینه‌سازی و افزایش بهره‌وری این پژوهش می‌تواند جهت بازنگری در الگوی و زمان کشت در این منطقه مورد استفاده قرار گیرد. تغذیه آبخوان‌ها، فرآیند ذخیره‌سازی و فرآیند مصرف بایستی با تغییرات جدید سازگار شوند.

کلید واژه‌ها: تحلیل روند، کهگیلویه و بویراحمد، بارش، من-کندال، شیب سن



مقدمه

آب کالای اجتماعی است (Tantoh, 2021) که هیچ جایگزینی برای آن وجود ندارد. این کالای اجتماعی نقش عمده و کلیدی در فرایند توسعه اجتماعی، اقتصادی، فرهنگی و زیست محیطی جوامع مختلف بشری دارد و از آن به عنوان سر منشاء تمدن در جهان نامبرده می‌شود. شناخت وجود روند در تغییرات بارش به شناخت تغییرات الگوی بارش کمک کرده که در سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته‌است. آگاهی از این تغییرات منجر به ایجاد تصمیم‌سازی برای مدیران و افراد دخیل صنعت آب بالاخص در بخش کشاورزی جهت تطبیق با تغییرات حادث شده خواهد شد. با توجه به شرایط اقلیمی کشور و نقش تعیین‌کننده بارش در تامین منابع آبی کشور شناخت این تغییرات ضرورتی اجتناب ناپذیر می‌باشد. شروع انقلاب صنعتی و تغییرات شکرگرف در شیوه مصرف جوامع منجر به افزایش نیاز به انرژی و در نتیجه افزایش مصرف سوخت‌ها به ویژه سوخت‌های فسیلی شد که حاصل آن تغییر شرایط آب و هوایی و جو زمین می‌باشد. (Kamble and Ovhal, 2018) در چند دهه گذشته چندین روش جهت تجزیه و تحلیل روند بارندگی با استفاده از روش‌های پارامتری و یا ناپارامتری توسعه داده شده که از آن جمله می‌توان به آزمون من-کندال، شیب سن، اسپیرمن اشاره نمود. تحقیقات متعددی در این راستا در نقاط مختلف جهان انجام شده‌است که متداول‌ترین روش استفاده روش آزمون من-کندال و شیب سن می‌باشد. (Wang, et al., 2020) نتایج تحلیل روند بارش ماهانه در حوضه سوسورلوک ترکیه نشان که بر روی ۱۰ ایستگاه داخل حوضه با ۱۲ سال آماری انجام شده با محاسبه شیب تغییرات نشان داده که تغییرات و جابجایی بارش در این محدوده صورت گرفته‌است (Ceyhunlu and Ceribasi, 2021) در حوضه آبریز شبلی در ایتوبی نیز تحلیل روند مکانی زمانی بارش با روش‌های من-کندال و شیب سن، محدوده‌های تغییرات را در این حوضه را با داده‌های آماری ۳۰ ساله با ۱۲ ایستگاه در مقیاس سالانه و فصلی محاسبه نمود است. (Harka, et al., 2021) در بررسی تغییرات ناشی از تغییرات روند بارش بر بخش کشاورزی در نیپال مشخص شد این تغییرات بر درآمد و معیشت جوامع تأثیر منفی گذاشته و این جوامع از مخاطرات ناشی از تغییرات آب و هوا رنج برده‌اند و با تغییر الگوی کشت، تکیه بر حمایت‌های سازمانی، در حال تغییر و سازگار شدن با این شرایط می‌باشند. (Rai, et al., 2022) بررسی روند تغییرات شاخص‌های بارش و فرصت‌های مناسب برای استحصال آب باران در ناحیه خزر بیان می‌کند که روند منفی شاخص‌های بارش بیشترین تاثیر را در

منطقه گرگان داشته و به منظور تقویت منابع آب زیر زمینی برای مصارف کشاورزی و کاهش اثرات ناشی از تغییر الگوی بارش و کاهش تبخیر و تعرق ناشی از افزایش دما در این منطقه، استحصال آب باران و تقویت منابع آب زیرزمینی به عنوان راهکار اساسی پیشنهاد می‌گردد. (Mojtaba and Ghermezcheshmeh, 2019) بررسی تغییرات آب و هوا در بنگلادش نتایج تغییرات آب و هوایی در این ناحیه با تأثیرگذاری بر معیشت، امنیت غذایی و آب، اکوسیستم‌ها و زیرساخت‌ها شدید بوده و الگوی بارندگی در نیمه آخر سال به طور قابل توجهی تغییر خواهد کرد. (Hossain, et al., 2020) بنابراین بارش از شاخص‌های اصلی در مطالعات اقلیمی بوده و همچنین در تعیین نقش سایر عناصر اقلیمی نیز از عامل مؤثر به شمار می‌رود. داده‌های هیدرولوژیکی و هوا شناختی و تحلیل و بررسی روند آنها در ارزیابی منابع آب کنونی و آینده ارزش زیادی داشته و بر طرح‌های توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور که تأثیر می‌گذارد. در این نگارش سعی بر آن است که به مطالعه تغییرات الگوی بارش و روند تغییرات آن در حوضه آبریز زهره جراحی در محدوده استان کهگیلویه و بویراحمد پرداخته شود. در این راستا کل نقاط محدوده در محاسبات لحاظ گردیده و به عبارتی به جای اعمال روابط به صورت ایستگاهی روابط به صورت صفحه‌ای به کل محدوده اعمال می‌گردند.

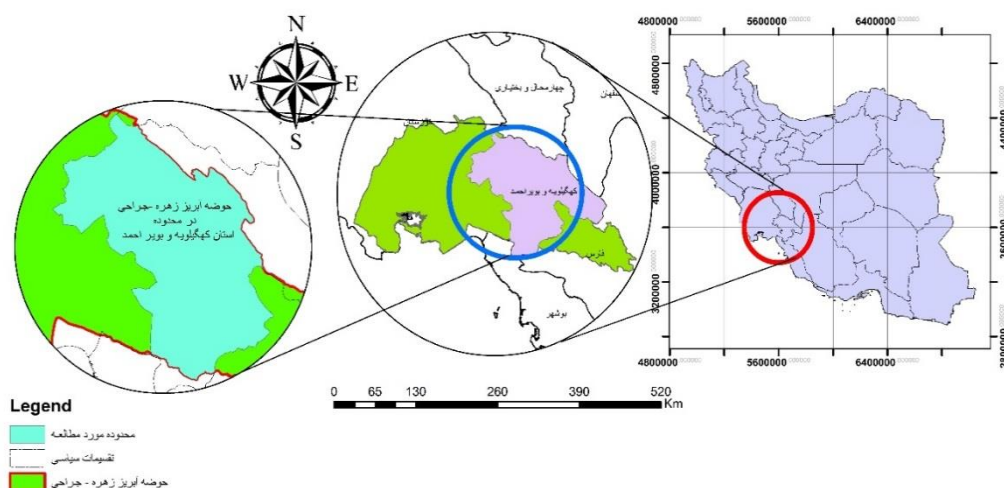
روش بررسی

معرفی منطقه مطالعه

استان کهگیلویه و بویراحمد بیست و هفتمین استان کشور از لحاظ مساحت می‌باشد. از مجموع مساحت این استان بالغ بر ۷۰ درصد مساحت آن در حوضه آبریز زهره جراحی و بقیه در حوضه‌های آبریز حله و کارون بزرگ قرار دارد. محدوده مطالعاتی در شکل ۱ آورده شده‌است.

روش پژوهش

آمار پردازش نشده مقادیر بارش ماهانه ایستگاه‌های بارانسنجی استان کهگیلویه و بویراحمد از سامانه شرکت مدیریت منابع آب ایران^۱ به صورت استانی دریافت شد. آمار دریافتی که در بازه تاریخی بین سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۹۷ مرتبط با محدوده مورد مطالعه می‌باشد. (تعداد محدودی ایستگاه کل این بازه را پوشش می‌دهند و نقص اطلاعات در این ایستگاه‌ها مشاهده شده‌است) در داده‌های خام دریافتی تعداد ایستگاه‌های استان کهگیلویه و بویراحمد ۴۷ ایستگاه می‌باشد. پس از جانمایی ایستگاه‌ها و تدقیق موقعیت آنها بر روی نقشه‌های موجود



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

صورت دلیلی برای رد فرض صفر مبتنی بر اینکه داده نرمال است، وجود نخواهد داشت. به عبارت دیگر توزیع داده‌ها نرمال است. (Luiz and Lima, 2021)

در این پژوهش برای بررسی همگن بودن داده‌ها از نرم افزار Minitab استفاده شد. (Sari and komarudin, 2021) در این قسمت داده‌های دسته بندی شده جدول حاصل از خروجی قسمت تفکیک داده‌ها به نرم افزار معرفی و وارد گردید و با استفاده از تست نرمال در قسمت محاسبات آماری محاسبات مربوطه انجام شد.

در این قسمت توزیع داده‌های ایستگاه‌هایی که سطح معنا داری محاسبه شده احتمال^۳ آنها بالای ۰/۰۵ بود نرمال در نظر گرفته شد. پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها در هر ایستگاه، غربالگری ایستگاه‌ها انجام شد و با توجه به پراکنش مناسب ایستگاه‌ها، ایستگاه‌های با داده‌های محدود و کمتر از ده سال و ایستگاه‌هایی که توزیع داده‌های آنها پایین‌تر از ۰/۰۵ بود حذف گردید. برای بازسازی داده‌های مفقود از دو روش کریجینگ و معکوس فاصله وزنی استفاده شده‌است.

روش کریجینگ دارای انواع مختلفی می‌باشد که در این پژوهش از روش کریجینگ معمولی خطی^۴ استفاده شده‌است.

معادله این تخمین به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$z'(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (2)$$

در رابطه (۲) $z'(x_0)$ مقدار برآورد شده، λ_i وزن یا اهمیت وابسته به نمونه i ، $z(x_i)$ مقدار اندازه گیری شده برای نمونه i ، n تعداد مقادیر اندازه گیری شده و x_0 محل پیشبینی می‌باشد. (Fung , et al., 2022)

و عکس‌های هوایی و بروز رسانی رقوم ارتفاعی آنها، ایستگاه‌ها در نرم افزار ArcMap در محیط GIS پیاده سازی شده و ایستگاه‌های داخل حوضه و با ایجاد یک حریم ۳۰ کیلومتری جهت پوشش بهینه محدوده مورد مطالعه انتخاب شده‌اند.

با توجه به جنس داده‌های دریافتی، داده‌های خام ایستگاه‌ها نیاز به تفکیک، دسته بندی و مرتب سازی داشته برای این امر ابتدا جدول ایستگاه‌های و داده‌های کلی فراخوانی شده و با استفاده از تابع یابنده MATCH داده‌های ایستگاه‌های غیر موجود در جدول ایستگاه‌های داخل حوضه و حریم حذف گردید.

سپس با ایجاد یک ستون کمکی در جدول داده‌های خام ارتباط کد ایستگاه و سال برقرار شد و با ایجاد تابع جستجوگر در تمام سلول‌ها، جدول تفکیکی ایستگاه، سال، ماه و داده تشکیل گردید. پس از تفکیک داده‌ها موقعیت مختصاتی هر ایستگاه از بانک داده تولید شده در نرم افزار ArcMap در محیط GIS فراخوانده شده و در جدول داده‌های تفکیک شده اضافه گردید تا امکان ورود اطلاعات به بانک داده بر اساس موقعیت مکانی ایستگاه فراهم گردد.

بررسی کنترل کیفیت آمار دریافتی بر اساس آزمون کولموگروف - اسمیرنوف^۲ مورد بررسی قرار گرفت.

$$D = \text{MAX}|F_0(x) - F_r(x)| \quad (1)$$

$$F_0(x) = \frac{K}{n}$$

در رابطه (۱) بالا k رتبه دسته داده، D آماره آزمون، n تعداد کل داده‌های مشاهده شده و $F_r(x)$ توزیع نظری تابع می‌باشد. اگر آماره آزمون بزرگتر یا مساوی ۰/۰۵ بدست آید، در این

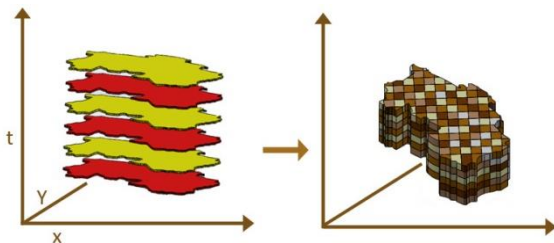
درک بهتر نتایج حاصله این ضریب از طریق رابطه ذیل نرمال شده‌است. (Fung, et al., 2022)

$$NRMSE = \frac{RMSE}{O_{Max} - O_{Min}} \quad (7)$$

که در رابطه (۷) O_{Max} حداکثر داده موجود و O_{Min} حداقل داده موجود می‌باشد. شاخص NRMSE عددی بین ۰ تا ۱ بوده و هرچه این عدد به صفر میل نماید دقت مدل استفاده شده بالاتر است. (Bhusal, et al., 2022)

تحلیل روند

پیش‌نیاز آنالیز روند^۸ تهیه گراف‌های سری زمانی است جهت تعیین روند در داده‌ها می‌باشد. از آنجا که مقایسه سری زمانی داده‌ها در یک نقطه واحد انجام می‌گیرد، جهت انجام این محاسبه کلیه نقاط محدوده مورد مطالعه نظیر به نظیر با یکدیگر مقایسه و ترسیم شد. این امر نیازمند ایجاد یک فایل رستری چند بعدی^۹ است. فایل رستر چند بعدی فایلی رستری است حاوی داده‌های سری زمانی که با تاریخ مشخص به صورت یک مکعب داده ذخیره می‌گردد (شکل ۲)



شکل ۲. شماتیک یک فایل رستر چند بعدی

این نوع از داده، قابلیت ایجاد سری زمانی به صورت آرایه‌ای در کلیه نقاط یک محدوده را فراهم می‌نماید. در این پژوهش با اعمال تاریخ به فایل‌های رستری تولید شده از روش معکوس فاصله وزنی اقدام به ساخت رسترهای چند بعدی برای هر ماه گردید. به طور مثال فایل رستر چند بعدی ماه مهر در هر نقطه حاوی مقدار بارش ماهانه از سال مبدا تا انتهای دوره می‌باشد. در این پژوهش جهت شناسایی وجود روند از رابطه من - کندال و جهت تعیین میزان شیب روند از رابطه شیب سن بهره گرفته شده‌است.

معادله من - کندال به شرح رابطه (۸) می‌باشد.

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \operatorname{sgn}(X_j - X_k) \quad (8)$$

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } x > 0 \\ 0 & \text{if } x = 0 \\ -1 & \text{if } x < 0 \end{cases}$$

روش دیگر روش معکوس فاصله وزنی یکی پر کاربردترین روش‌های میانجیابی در داده‌های بارش می‌باشد. معادله این تخمین به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{d_i^p}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}} \quad (3)$$

در رابطه (۳) Z مقدار مورد تخمین، Z_i مقادیر نمونه، n تعداد نقاط نمونه، d_i فاصله هر مکان تا محل نمونه و p عامل توان است. همانگونه که بیان شد نسبت کاهش وزن بستگی به مقدار P دارد اگر $P=0$ در نظر گرفته شود در این صورت کاهش در وزن با فاصله ایجاد نمی‌گردد و وزن در سطح فضا برابر فرض می‌شود و با افزایش مقدار P وزن برای نقاط دورتر با سرعت بیشتر کاهش می‌یابد اگر این مقدار خیلی بزرگ باشد عملاً نقاط دورتر جهت تخمین حذف می‌گردند. معمولاً در مطالعات این مقدار برابر ۲ در نظر گرفته می‌شود ولی می‌توان آن را با بررسی خطاها تدقیق نمود. (Fung, et al., 2022) در این پژوهش از روش معکوس فاصله وزنی به صورت استاندارد و توان ۲ استفاده شده‌است.

برای انجام این روش‌ها، داده‌های دسته بندی شده به تفکیک ماه/سال و جدول مربوطه آن تهیه گردید و سپس با ایجاد یک پایگاه داده مکانی در محیط GIS داده‌های گردآوری شده به نرم افزار منتقل گردید و با تعیین موقعیت مکانی نقاط ایستگاهی، محاسبات مربوط انجام شد. ارزیابی مدل‌های اجرا شده کریجینگ و معکوس فاصله وزنی از سه روش جذر میانگین مربعات خطا^۶، میانگین خطای مطلق^۷، ضریب تعیین^۷ استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |S_i - O_i|}{n} \quad (5)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}} \right)^2 \quad (6)$$

در روابط (۴)، (۵) و (۶) بالا S مقدار پیش‌بینی شده، O مقدار مشاهده شده \bar{S} میانگین مقدار پیش‌بینی شده و \bar{O} میانگین مقدار مشاهده شده می‌باشد.

برای انجام این ارزیابی داده‌های موجود و داده‌های بازسازی شده توسط هر روش با استفاده از روابط یاد شده مورد بررسی قرار گرفت نقاط برداشت شده از نقشه‌های تولیدی با داده‌های موجود مقایسه شد در روش خطای جذر میانگین مربعات برای

نتیجه حاصل از معادلات (۱۴) و (۱۵) شیب خط میانه روند خواهد بود اگر این شیب مثبت باشد روند صعودی و در صورت منفی بودن روند نزولی است. پس از محاسبه، شیب بدست آمده در فاصله اطمینان مورد نظر توسط رابطه زیر بررسی می‌گردد.

$$C_a = Z_{1-\alpha/2} \sqrt{\text{Var}(s)} \quad (16)$$

که در رابطه (۱۶) Z آماره توزیع نرمال استاندارد در آزمون دوطرفه برای سطح اطمینان مورد نظر است و $\sqrt{\text{Var}(s)}$ از آزمون من کندال محاسبه گردیده‌است و حدود اعتماد بالا و پایین به کمک روابط زیر محاسبه می‌گردد.

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N + C_a}{2} \\ M_2 = \frac{N - C_a}{2} \end{cases} \quad (17)$$

حال M_1 و M_2 امین شیبها را از بین شیبهای محاسبه شده از رابطه (۱۷) استخراج و در صورتی که عدد صفر در دامنه آن قرارگیرد حاکی از عدم وجود روند و پذیرش فرض صفر (H_0) می‌باشد. برای بدست آوردن مقدار ثابت رابطه (B) نیز از روابط زیر استفاده می‌گردد. (Dad, et al., 2021)

$$\begin{aligned} B_i &= x_i - Q_{ti} \\ B &= \text{median}(B_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad (18)$$

با توجه به رابطه من - کندال، عملکرد این آزمون به صورت نقطه‌ای بوده و جهت تعیین روند، مقایسه سری زمانی در یک نقطه واحد انجام و به رابطه (۱۸) اعمال می‌گردد. در این پژوهش با توجه به نیاز و ماهیت آن و همچنین در قالب نوآوری، کلیه نقاط یک محدوده نظیر به نظیر با یکدیگر به رابطه من-کندال وارد گردید.

اعمال رابطه من-کندال بر روی رستر چند بعدی در نسخه ۲.۸ نرم افزار ArcGis Pro در سال ۲۰۲۱ میسر شد. در این پژوهش با اعمال تاریخ به فایل‌های رستری حاصل از روش معکوس فاصله وزنی رسترهای چند بعدی مقیاس ماهانه و سالانه ساخته شده و سپس با آنالیز بر روی داده‌های سری زمانی مقیاس‌های مذکور به ترتیب ۱ و ۱۲ نقشه در مقیاس‌های یاد شده حاوی آنالیز روند تولید گردید. این نقشه دارای ۵ باند است که باند ۱ شیب سن^۱، باند ۲ مقدار احتمال، باند ۳ امتیاز من - کندال^{۱۱}، باند ۴ واریانس امتیاز من-کندال و باند ۵ امتیاز Z^{۱۲} می‌باشد.

بحث

رکن اصلی در استفاده از آمار کیفیت داده‌های موجود می‌باشد. (Vyver, 2012) در این پژوهش همگنی داده‌ها در ایستگاه‌های مختلف پس از حذف ایستگاه‌های با داده کمتر از ۱۰ سال بررسی شد و ۳۰ ایستگاه در محدوده حوضه آبریز در

در این آزمون S میانگین صفر دارد و $E[S] = 0$ ، واریانس S از رابطه زیر محاسبه می‌شود
اگر $n > 10$:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{k=1}^m t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \quad (9)$$

اگر $n < 10$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (10)$$

در روابط (۹) و (۱۰) n تعداد داده‌های مشاهداتی، m تعداد سری‌هایی که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد. و در نهایت آماره آزمون از رابطه زیر حاصل می‌شود.

$$Z(s) = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{Var}(s)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (11)$$

در رابطه (۱۱) مقدار مثبت Z روند صعودی و مقدار منفی آن روند نزولی سری زمانی را مشخص شده و از جدول توزیع نرمال استاندارد با سطح اطمینان مورد نظر مقایسه می‌گردد. چنانچه نتیجه حاصل از معادله از نتیجه حاصل از جدول بزرگتر بود فرض صفر رد شده و بیانگر وجود روند می‌باشد. (Dad, et al., 2021) معادله روند خطی شیب سن به شرح ذیل می‌باشد.

$$f(t) = Q_t + B \quad (12)$$

در رابطه (۱۲) Q شیب خط روند و B مقدار ثابت است. در این راستا با استفاده از رابطه زیر شیب هر جفت داده متوالی سری محاسبه می‌گردد.

$$Q_i = \frac{(x_j - x_k)}{j - k} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, n \text{ And } j > k \quad (13)$$

که در رابطه (۱۳) x_j و x_k به ترتیب مقادیر داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های j و k است که باهم یک واحد زمانی اختلاف دارند. Q_i مقدار شیب برای هر جفت داده است. اگر n تعداد x_j در سری زمانی وجود داشته باشد. به اندازه $N = \frac{n(n-1)}{2}$ برآورد شیب خط (Q_i) خواهیم داشت و برای بدست آوردن میانه این شیبها اگر N فرد باشد رابطه برآوردکننده به صورت زیر می‌باشد.

$$Q_{med} = \frac{Q_{(N+1)}}{2} \quad (14)$$

و اگر N زوج باشد رابطه برآوردکننده شیب سن به صورت زیر خواهد بود.

$$Q_{med} = \frac{\frac{Q_{(N)}}{2} + \frac{Q_{(N+2)}}{2}}{2} \quad (15)$$

معکوس فاصله وزنی تولید شده بود بر اساس مرز محدوده برش خورده و سپس با ساخت یک مجموعه داده موزاییک^{۱۴} در پایگاه داده‌های جغرافیایی^{۱۵} یک رستر چند بعدی جدید ایجاد شد و بررسی روند بر اساس رابطه من-کندال و شیب سن صورت گرفت. این رستر چند بعدی قابلیت پردازش آرایه‌ای در کل محدوده به جای بررسی نقطه‌ای ایستگاه‌ها را فراهم نموده‌است. در بررسی‌های صورت گرفته پیشین اساس محاسبات نقاط ایستگاهی دارای داده بوده که در تحلیل من کندال و شیب سن لحاظ می‌گردید اما در این پژوهش کل نقاط محدوده نظیر به نظیر بر اساس نقشه‌های معکوس فاصله وزنی ساخته شده با یکدیگر مقایسه و محاسبات لازم صورت گرفته‌است. در این پژوهش ۸۹۱۵ نقطه در محدوده در هر معادله محاسبه شده‌است.

آنالیز روند در مقیاس سالانه

نتایج محاسبات در مقیاس سالانه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۰۰۱۱ می‌باشد و روند معناداری برای بارش در مقیاس سالانه وجود ندارد. شکل ۵ نشان می‌دهد حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار بسیار ناچیز ۰/۰۰۷۴ و حداقل آن ۰ می‌باشد. شکل ۶ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در مقیاس سالانه می‌باشد.

استان به عنوان ایستگاه‌های مورد بررسی در این پژوهش انتخاب شده‌اند.

نقشه‌های رستری ساخته شده با داده‌های موجود مجدداً در نقاط ایستگاهی برداشت شد و با داده‌های اصلی در هر روش مقایسه گردید. خروجی حاصل از ارزیابی مدل‌ها در جدول (۱) آورده شده‌است.

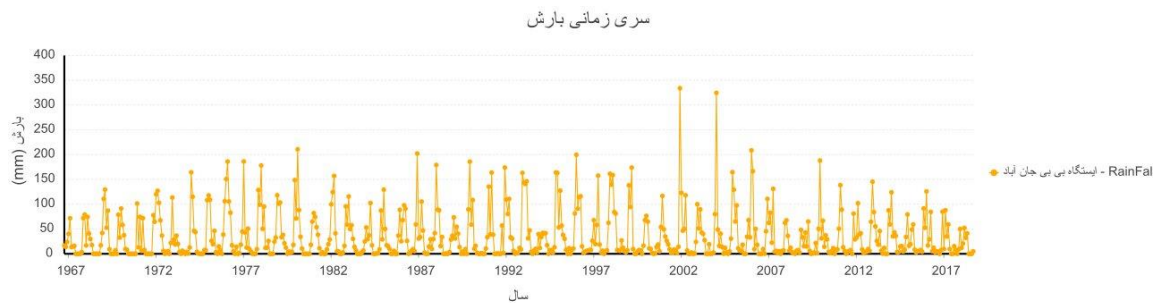
جدول ۱. نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌های اجرا شده

ردیف	روش	RMSE	NRMSE	MAE	R ²
۱	IDW	۱/۴۴	۰/۰۱۱	۰/۲۳۱	۰/۹۵
۲	Kriging	۲۲/۲۶	۰/۱۶۸	۱۱/۸۲۶	۰/۸۸۳

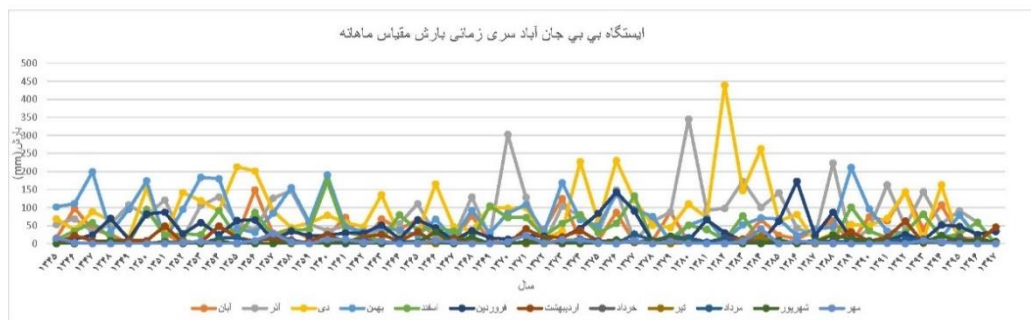
نتیجه حاصل از ارزیابی مدل‌ها نشان داد که استفاده از روش فاصله معکوس وزنی^{۱۳} در این منطقه برای بازسازی داده‌ها از مطلوبیت بیشتری برخوردار است. پس از آن یک فایل رستری چند بعدی برای مقیاس سالانه و ۱۲ فایل جهت بررسی و آنالیز روند در مقیاس ماهانه تولید گردید. با توجه به اینکه هر نقطه از محدوده در این فایل حاوی سری زمانی بارش مختص به خود می‌باشد. یک گراف مقیاس سالانه و یک گراف مقیاس ماهانه در شکل ۳ و ۴ به عنوان نمونه آورده شده‌است.

نتایج حاصل از آنالیز روند

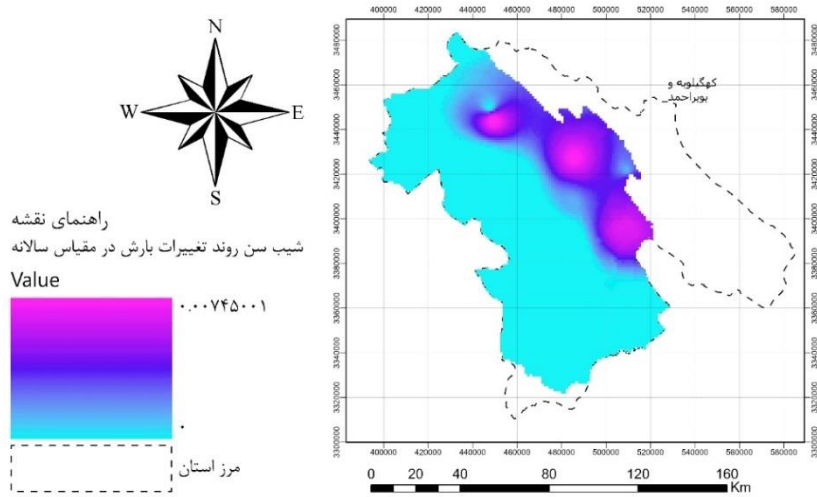
بررسی روند و آنالیز داده‌های توسط نرم افزار ArcGIS pro انجام شد. در این فرآیند ابتدا نقشه‌های بارش که به روش



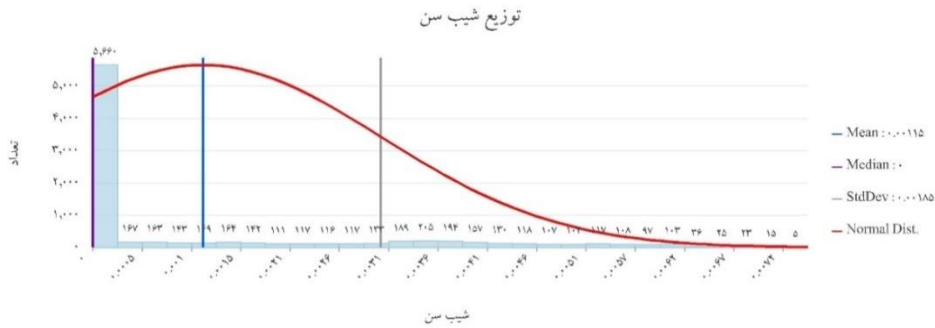
شکل ۳. گراف سری زمانی بارش سالانه ایستگاه بی بی جان آباد



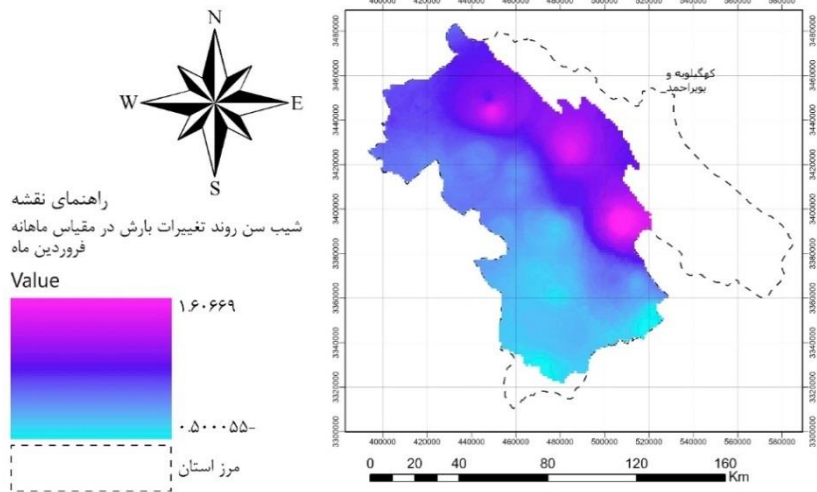
شکل ۴. گراف سری زمانی بارش ماهانه ایستگاه بی بی جان آباد



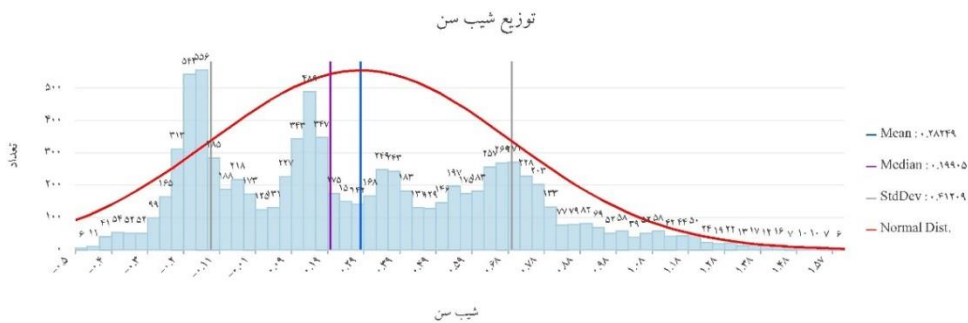
شکل ۵. آنالیز روند (شیب سن) در مقیاس سالانه بارش در محدوده مطالعه



شکل ۶. هیستو گرام شیب سن در مقیاس سالانه بارش در محدوده مطالعه



شکل ۷. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در فروردین ماه در محدوده مطالعه

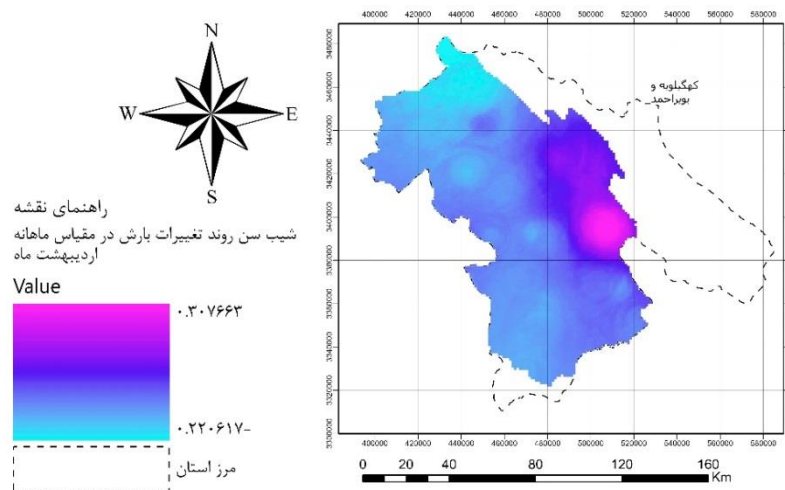


شکل ۸. هیستو گرام شیب سن در مقیاس ماهانه در فروردین ماه در محدوده مطالعه

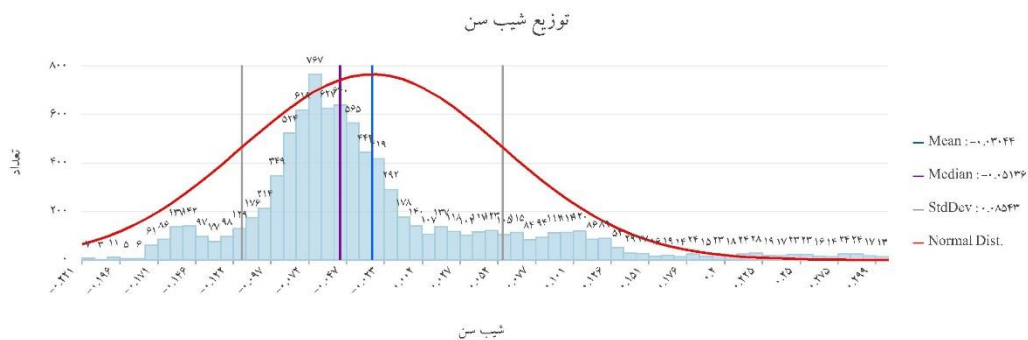
آنالیز روند در مقیاس ماهانه

نتایج محاسبات در اردیبهشت ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده $0/03-$ بوده است و بیانگر روند نزولی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۹ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار $0/31+$ و حداقل آن $0/22-$ می‌باشد. شکل ۱۰ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در اردیبهشت ماه می‌باشد.

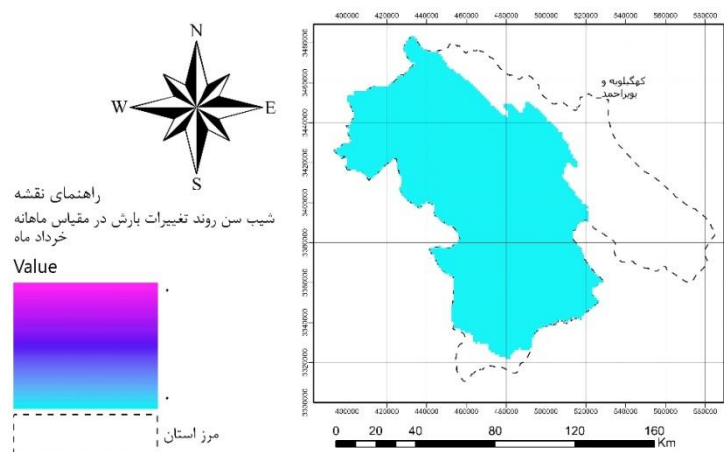
نتایج محاسبات در فروردین ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده $0/28+$ بوده است و بیانگر روند صعودی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۷ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار $1/61+$ و حداقل آن $0/5-$ می‌باشد. شکل ۸ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در فروردین ماه می‌باشد.



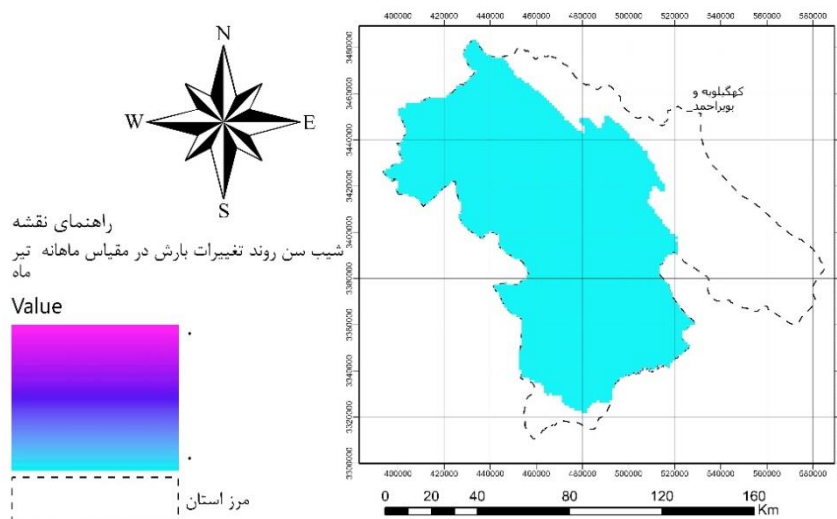
شکل ۹. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در اردیبهشت ماه در محدوده مطالعه



شکل ۱۰. هیستوگرام شیب سن در مقیاس ماهانه در اردیبهشت ماه در محدوده مطالعه



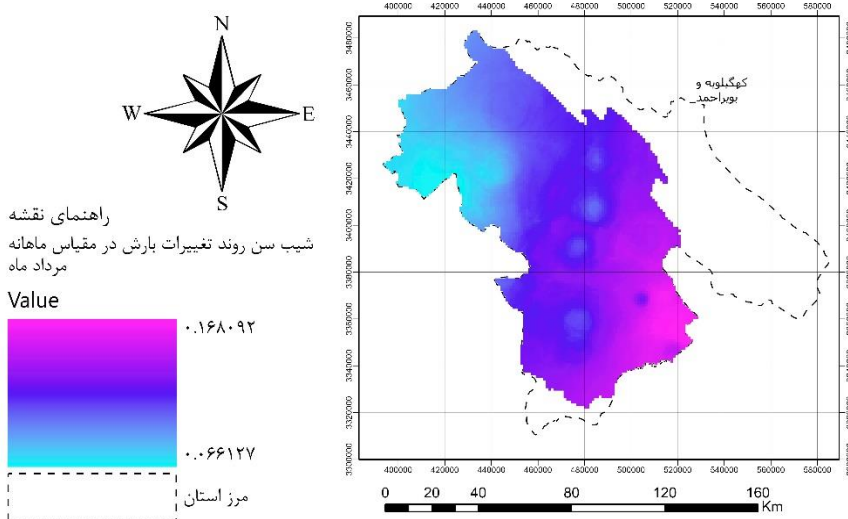
شکل ۱۱. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در خرداد ماه در محدوده مطالعه



شکل ۱۲. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در تیر ماه در محدوده مطالعه

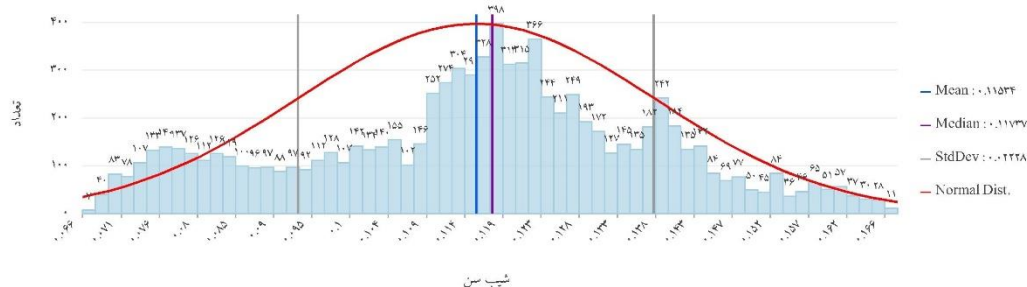
نتایج محاسبات در مرداد ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۱۱ بوده است و بیانگر روند صعودی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۱۳ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار ۰/۱۷ و حداقل آن ۰/۰۷ می‌باشد. شکل ۱۴ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در مرداد ماه می‌باشد.

نتایج محاسبات در خرداد و تیر ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰ بوده است و بیانگر عدم وجود روند در بارش این ماه‌ها می‌باشد. شکل ۱۱ و ۱۲ نمایانگر این محاسبات در این ماه‌ها می‌باشد.



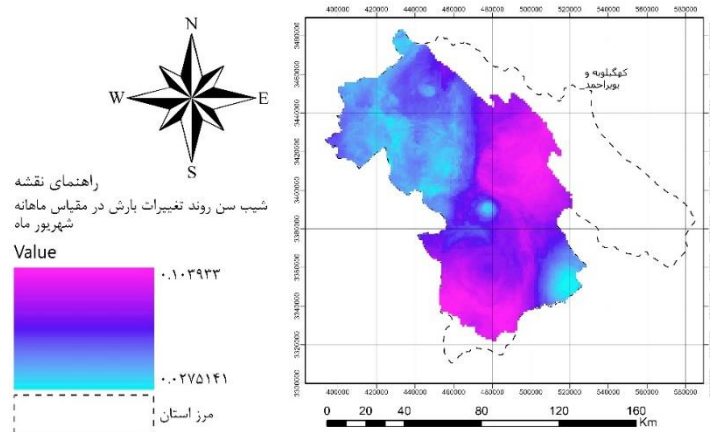
شکل ۱۳. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در مرداد ماه در محدوده مطالعه

توزیع شیب سن

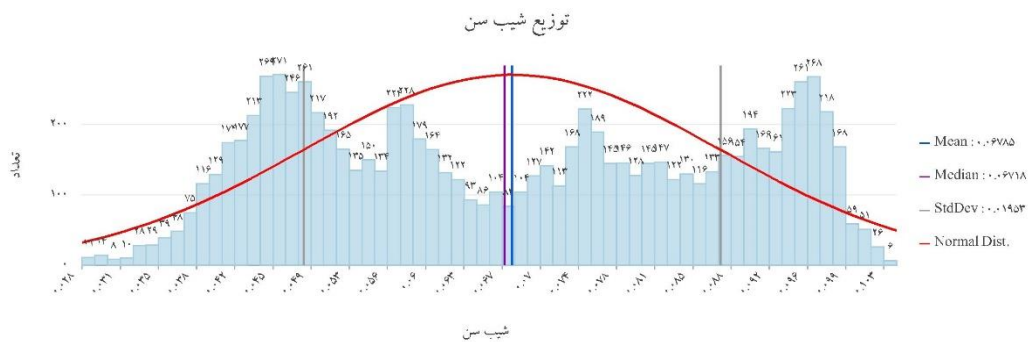


شکل ۱۴. هیستوگرام شیب سن در مقیاس ماهانه در مرداد ماه در محدوده مطالعه

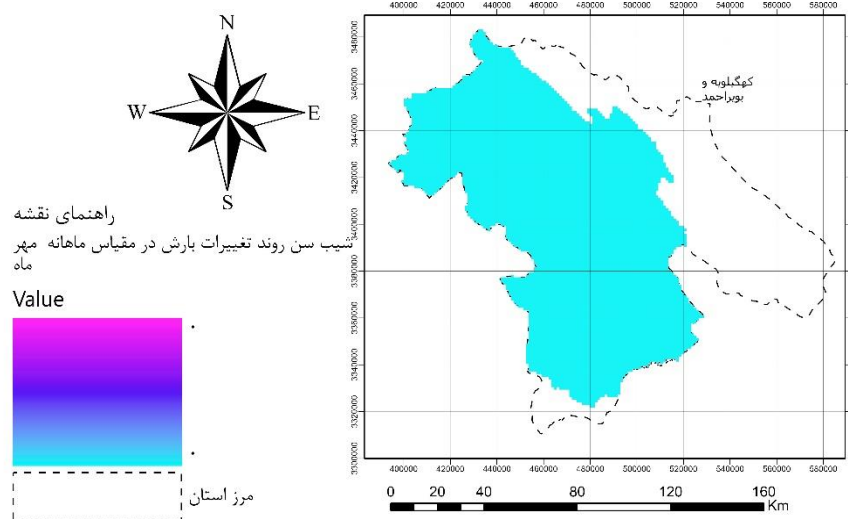
نتایج محاسبات در شهریور ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۰۶ بوده‌است و بیانگر روند ضعیف صعودی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۱۵ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار ۰/۱ و حداقل آن ۰/۰۳ می‌باشد. شکل ۱۶ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در شهریور ماه می‌باشد. نتایج محاسبات در مهر ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده صفر بوده‌است و بیانگر عدم وجود روند در بارش این ماه می‌باشد. شکل ۱۷ بیانگر محاسبات در این ماه می‌باشد.



شکل ۱۵. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در شهریور ماه در محدوده مطالعه



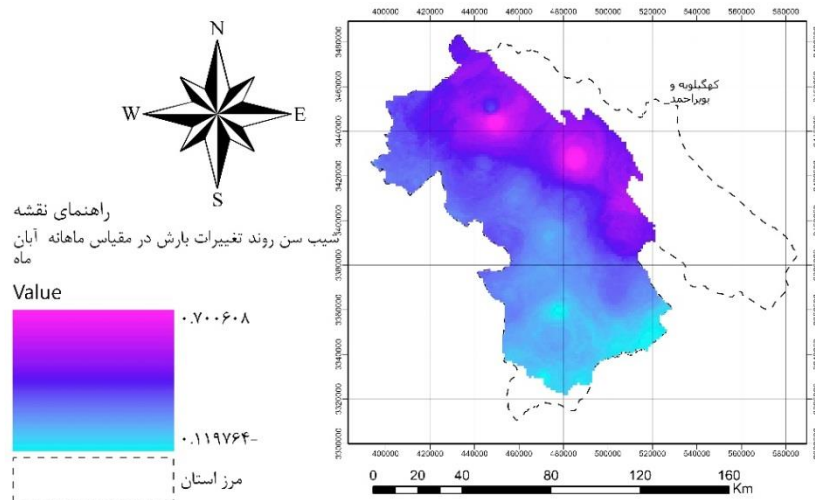
شکل ۱۶. هیستوگرام شیب سن در مقیاس ماهانه در شهریور ماه در محدوده مطالعه



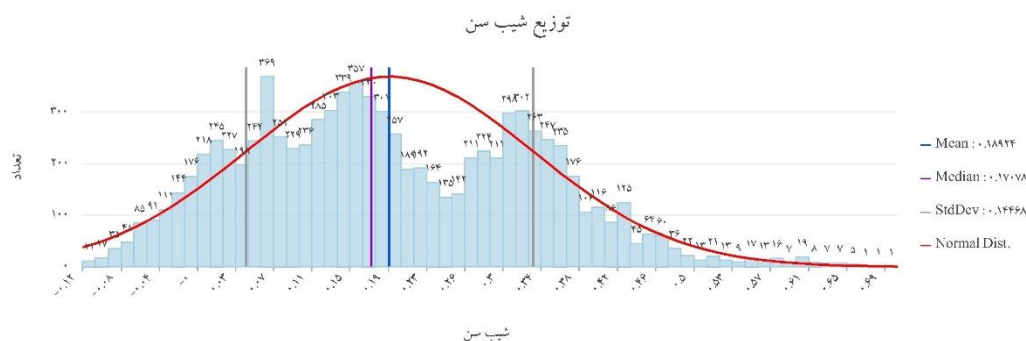
شکل ۱۷. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در مهر ماه در محدوده مطالعه

نتایج محاسبات در آبان ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۶۲ بوده است و بیانگر روند صعودی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۲۰ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار ۲/۵۹ و حداقل آن ۰/۲- می‌باشد. شکل ۲۱ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در آذر ماه می‌باشد.

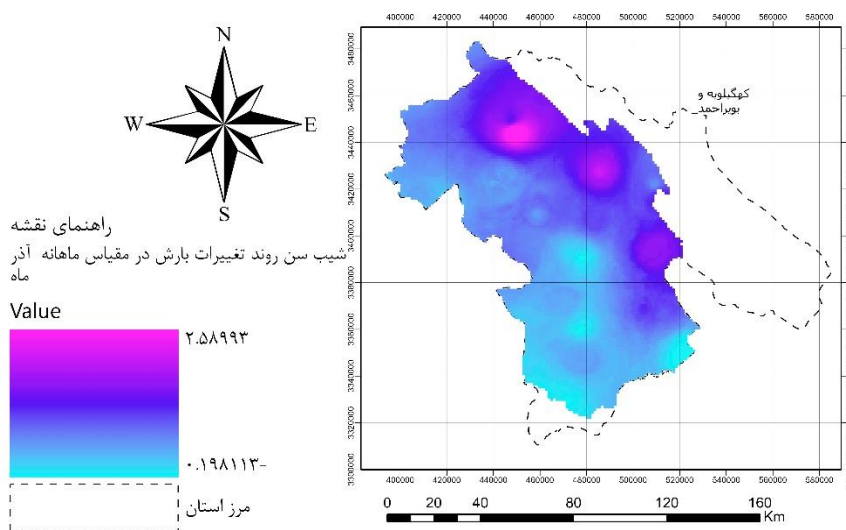
نتایج محاسبات در آبان ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۱۹ بوده است و بیانگر روند صعودی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۱۸ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار ۰/۷ و حداقل آن ۰/۱۲- می‌باشد. شکل ۱۹ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در شهریور ماه می‌باشد.



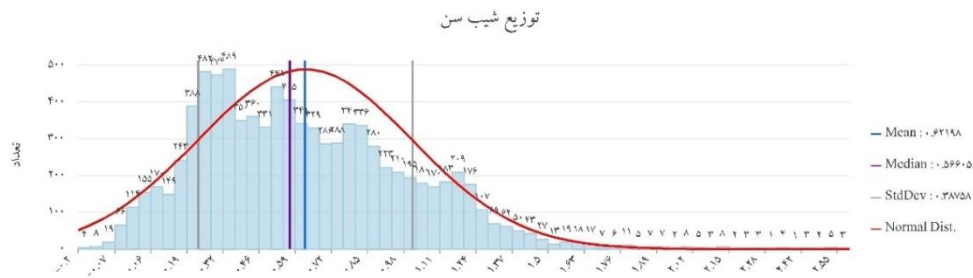
شکل ۱۸. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در آبان ماه در محدوده مطالعه



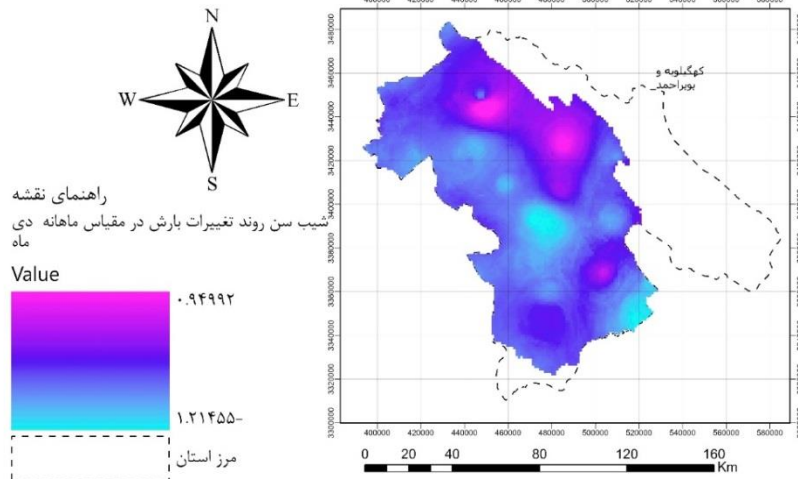
شکل ۱۹. هیستوگرام شیب سن در مقیاس ماهانه در آبان ماه در محدوده مطالعه



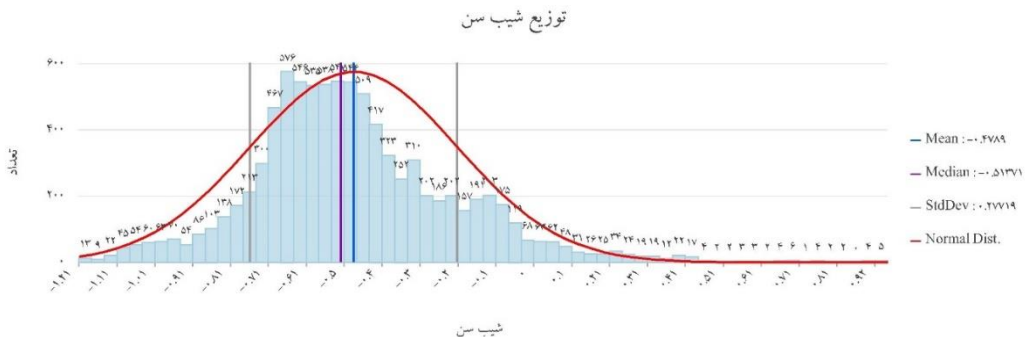
شکل ۲۰. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در آذر ماه در محدوده مطالعه



شکل ۲۱. هیستوگرام شیب سن در مقیاس ماهانه در آذر ماه در محدوده مطالعه



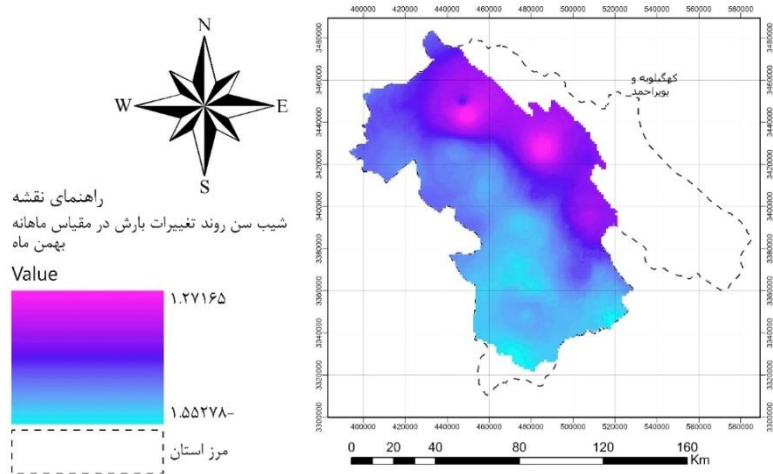
شکل ۲۲. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در دی ماه در محدوده مطالعه



شکل ۲۳. هیستوگرام شیب سن در مقیاس ماهانه در دی ماه در محدوده مطالعه

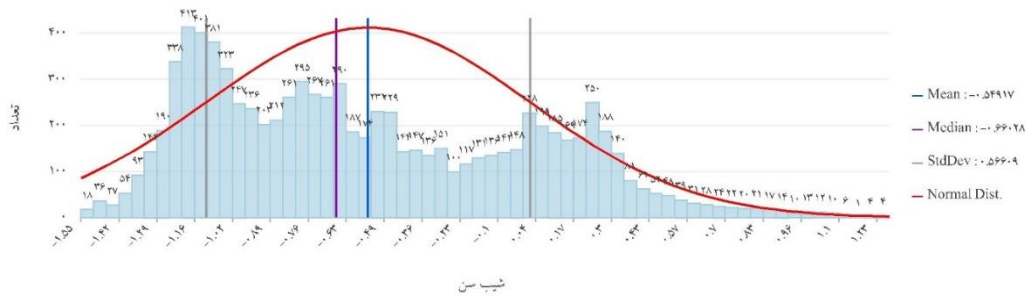
مقدار ۱/۲۷ و حداقل آن ۱/۵۶- می‌باشد. شکل ۲۵ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در بهمن ماه می‌باشد. نتایج محاسبات در اسفند ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۱۴- بوده‌است و بیانگر روند نزولی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۲۶ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار ۰/۸۸ و حداقل آن ۰/۸۹- می‌باشد. شکل ۲۷ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در اسفند ماه می‌باشد. خلاصه نتایج حاصل از آنالیز روند در محدوده مورد مطالعه بین سالهای ۱۳۴۵ لغایت ۱۳۹۷ به شرح جدول (۲) می‌باشد.

نتایج محاسبات در دی ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۴۸- بوده‌است و بیانگر روند نزولی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۲۲ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای مقدار ۰/۹۴ و حداقل آن ۱/۲- می‌باشد. شکل ۲۳ هیستوگرام شیب سن در محدوده مطالعاتی در دی ماه می‌باشد. نتایج محاسبات در بهمن ماه نشان می‌دهد که متوسط شیب سن در این محدوده ۰/۵۵- بوده‌است و بیانگر روند نزولی بارش در این ماه می‌باشد. شکل ۲۴ نشان می‌دهد که حداکثر شیب سن در محدوده مطالعه در حوضه آبریز در مناطق مرتفع و دارای

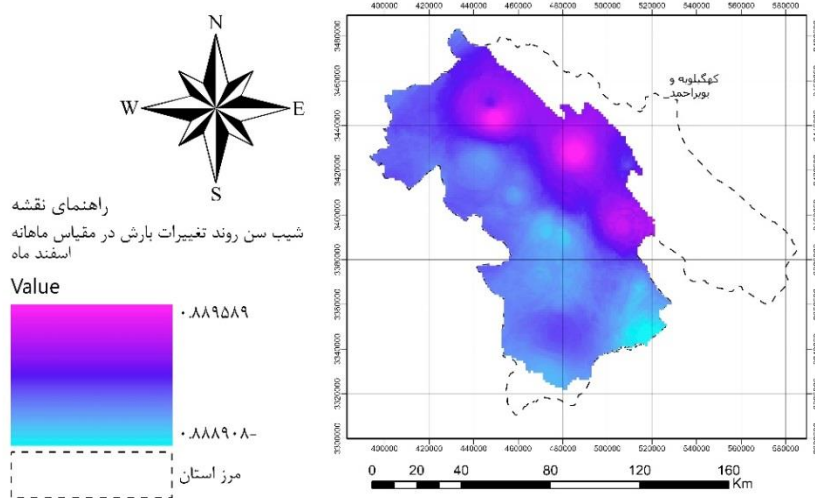


شکل ۲۴. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در بهمن ماه در محدوده مطالعه

توزیع شیب سن

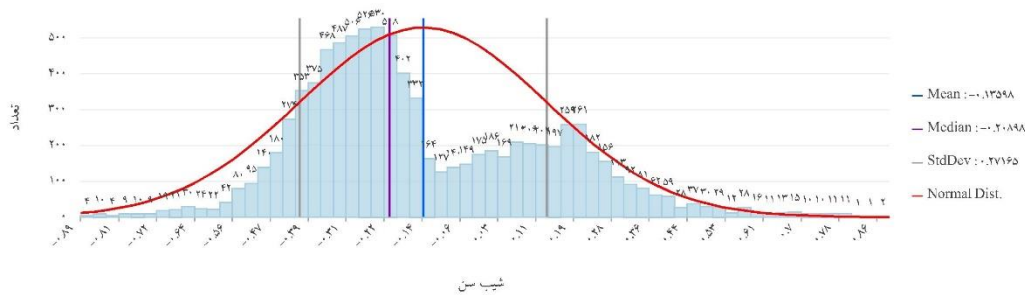


شکل ۲۵. هیستو گرام شیب سن در مقیاس ماهانه در بهمن ماه در محدوده مطالعه



شکل ۲۶. آنالیز روند در مقیاس ماهانه در اسفند ماه در محدوده مطالعه

توزیع شیب سن



شکل ۲۷. هیستو گرام شیب سن در مقیاس ماهانه در بهمن ماه در محدوده مطالعه

جدول ۲. خلاصه نتایج تحلیل روند محدوده مورد مطالعه در حوضه آبریز زهره جراحی

ردیف	مقیاس	میانگین شیب سن	امتیاز من- کندال	روند بر اساس شیب سن	ردیف	مقیاس	میانگین شیب سن	امتیاز من- کندال	روند بر اساس شیب سن
۱	سالانه	۰/۰۱۱	۵۵۳۲/۵۶	بدون روند	۸	مهر	۰	-۴۷/۹۲	بدون روند
۲	فروردین	۰/۲۸	۷۳/۷۵	روند صعودی	۹	آبان	۰/۱۹	۸۴/۸۲	روند صعودی
۳	اردیبهشت	-۰/۰۳	-۴۶/۹۵	روند نزولی	۱۰	آذر	۰/۶۲	۱۱۴/۴۶	روند صعودی
۴	خرداد	۰	۱۳۱/۸۸	بدون روند	۱۱	دی	-۰/۴۸	-۸۹/۴۹	روند نزولی
۵	تیر	۰	۳۷۹/۹۳	بدون روند	۱۲	بهمن	-۰/۵۵	-۱۳۶/۶۸	روند نزولی
۶	مرداد	۰/۱۱	۳۹۹/۲۶	روند صعودی	۱۳	اسفند	-۰/۱۴	-۴۸/۷۹	روند نزولی
۷	شهریور	۰/۰۶	۳۲۵/۲۲	روند صعودی					

نتیجه گیری

از محدودیت‌های این پژوهش می‌توان به عدم وجود شبکه مناسب ایستگاه‌های هواشناسی و نیز عدم تمایل به گردش مناسب اطلاعات و ارائه آن به پژوهشگران در سازمان‌های مربوطه اشاره نمود. مدیریت منابع آب بالاخص در بخش کشاورزی که عمده مصرف‌کننده آن بوده و خود دارای ابعاد اقتصادی و اجتماعی کلان است امری اجتناب ناپذیر است و با توجه به تاثیر زمان تامین آب جهت بهینه سازی بهره وری در این بخش این پژوهش می‌تواند پایه‌ای جهت بازنگری در الگو و زمان کشت در این منطقه باشد. به عبارتی تغذیه آبخوان‌ها در حوضه، فرآیند ذخیره سازی و فرآیند مصرف بایست با تغییرات جدید سازگاری حاصل نماید. پیشنهاد می‌گردد تحقیقی جهت بررسی روش‌های سازگاری با تغییرات روند بارش در این حوضه صورت گیرد.

مدیریت منابع آب جهت جلوگیری از تنش‌های اجتماعی و اقتصادی و آسیب‌های زیست محیطی امری ضروری است و نیاز اصلی مدیریت منابع علم به میزان و زمان آورد آن منابع می‌باشد. در پژوهش حاضر روند تغییرات الگوی بارش در محدوده مورد مطالعه مورد بررسی قرار گرفت در مطالعات صورت گرفته پیشین در نقاط دیگر کشور، اساس محاسبات نقاط ایستگاهی دارای داده بوده که در محاسبات تحلیل روند لحاظ می‌گردید اما در این پژوهش کل نقاط محدوده نظیر به نظیر بر اساس رستر چند بعدی ساخته شده با یکدیگر مقایسه و محاسبات لازم صورت گرفته‌است. نتایج نشان داد که در مقیاس سالانه تغییراتی در میزان بارش مشاهده نشده ولی در مقیاس ماهانه شاهد روند نزولی و یا صعودی بارش در این محدوده هستیم به عبارت دیگر جابجایی زمان بارش در محدوده اتفاق افتاده است.

Reference:

- Bhusal, A., Parajuli, U., Regmi, S., Kalra, A. (2022). Application of Machine Learning and Process-Based Models for Rainfall-Runoff Simulation in DuPage River Basin, Illinois. *Hydrology*, 9(7), 117. doi:10.3390/hydrology9070117
- Ceyhunlu, A., and Ceribasi, G. (2021). Analysis of total monthly precipitation of Susurluk Basin in Turkey using innovative polygon trend analysis method. *Journal of Water and Climate Change* |, 12, 1532-1543. doi:10.2166/wcc.2020.253
- Dad, J., Muslim, M., Rashid, I., Rashid, I., Reshi, Z., (2021). Time series analysis of climate variability and trends in Kashmir Himalaya. *Ecological Indicators*, 126, 107690. doi: 10.1016/j.ecolind.2021.107690
- Fung, K., Chew, K., Huang, Y., Ahmed, A., Teo, F., Ng, J., and Elshafie, A. (2022). Evaluation of spatial interpolation methods and spatiotemporal modeling of rainfall distribution in Peninsular Malaysia. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(2), 101571. doi: 10.1016/j.asej.2021.09.001
- Harka, A., Jilo, N., Behulu, F. (2021). Spatial-temporal rainfall trend and variability assessment in the Upper Wabe Shebelle River Basin, Ethiopia: Application of innovative trend analysis method. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 37, 100915. doi: 10.1016/j.ejrh.2021.100915
- Hossain, S., Mingying, M., Delin, H. (2020). Climate Change in Bangladesh: Evidence from Temperature, Precipitation, and Rainfall. *International Journal of Arts Humanities and Social Sciences Studies*, 5(10), 80-88.
- Kamble, P., and Ovhal, V. (2018). Green Economy in Developing Countries: An Analytical Study. *Journal of Shivaji University (Humanities and Social Sciences)*, 51(1), 24-37.
- Luiz, A. J., and Lima, M. A. (2021). Application of the Kolmogorov-Smirnov test to compare greenhouse gas emissions over time. *Brazilian Journal of Biometrics*, 39(1), 60-70. doi:10.28951/rbb.v39i1.498
- Mojtaba, N., and Ghermezcheshmeh, b. (2019). Investigating the rainfall trend suitable opportunities for harvesting rainwater (case study of Caspian region). 8th National Conference on Rainwater Catchment Systems (p. 11). Mashhad: Ferdowsi university. (in Farsi)
- Rai, S., Dahal, B., Anup, K. (2022). Climate change perceptions and adaptations by indigenous Chepang community of Dhading, Nepal. *GeoJournal*. doi:10.1007/s10708-022-10577-9

- Sari, R., and komarudin, a. (2021). Confirmatory Factor Analysis (CFA) Model for Testing Normality with the Weight Least Square (WLS) Estimation Method. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 13(1), 12-20. doi:10.31958/js.v13i1.3169
- Tantoh, H. B. (2021). Water metering in piped community-based water supply systems: the challenge of balancing social and economic benefits. *Development in Practice*, 31, 781-793. doi:10.1080/09614524.2021.1937546
- Vyver, H. (2012). Spatial regression models for extreme precipitation in Belgium. *Water Resources Research*, 48(9). doi:10.1029/2011WR011707
- Wang, Y., Xu, Y., Tabari, H., Wang, J., Wang, Q., Song, S., and Hu, Z. (2020). Innovative trend analysis of annual and seasonal rainfall in the Yangtze River Delta, eastern China. *Atmospheric Research*, 104673. doi:10.1016/j.atmosres.2019.104673.

یادداشت‌ها

- ¹ *Iran Water Resources Management Company*
- ² *Kolmogorov–Smirnov Test (k-s test)*
- ³ *P-Value*
- ⁴ *Ordinary Linear Kriging*
- ⁵ *Root Mean Square Error (RMSE)*
- ⁶ *Mean Absolute Error (MAE)*
- ⁷ *Determination Coefficient (R2)*
- ⁸ *Trend Analysis*
- ⁹ *Multidimensional Raster*
- ¹⁰ *Sen's Slope*
- ¹¹ *Mann-Kendall Score (S)*
- ¹² *Z-Score*
- ¹³ *IDW*
- ¹⁴ *Mosaic Dataset*
- ¹⁵ *Geodatabase*