Research Paper

Investigating the Effects of Mulla Sadra Dam on The Resources and Consumptions of Kamfirooz Plain and Dorodzan Dam

Abolfazl Laghbdost arani [1], Heidar Zarei [2*], Freidon Radmanesh [3], Mehdi Zarghami [4]

[1] Ph.D. Student, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
[2] Associate Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
[3] Associate Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
[4] Professor, Department of Water Engineering, Faculty of civil Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran

10.22125/IWE.2023.173260

Received:
July 24, 2021
Accepted:
February 26, 2022
Available online:
June 25, 2023

Keywords:
Natural discharge, Dorodzan Dam, Trend removal method, Justin method, Icar method

Abstract

The construction of dams in downstream basins can have significant impacts on the environment and water resources. This study investigates the effects of the Mulla Sadra Dam in the upstream area of the Dorodzan Dam in southern Iran, where drought conditions and over-water withdrawal are prevalent. Data from various meteorological and hydrometry stations in and around the basin were analyzed for a 45-year period, and the discharge affected by Mulla Sadra Dam was calculated using the Chamriz hydrometry station as a reference. The natural discharge of Chamriz station was estimated using the Trend removal method, and water withdrawal upstream of the station was calculated. The discharge of 11 sub-basins was estimated using the gross runoff method or experimental methods such as Justin and Icar. Results show that the average annual natural discharge of Chamriz station was 33.62 m3/s, and the average annual water withdrawal upstream of the station was 9.47 m3/s. The average annual natural discharge of the upstream basin of Mulla Sadra Dam and Dorodzan Dam was 18.64 and 43.40 m3/s, respectively.

1. Introduction

The natural discharge of a river is a crucial factor in water resources engineering, as it represents the amount of water collected from upstream basins, accounting for any water withdrawals and returns. However, accurate statistics on water withdrawals are often lacking, making methods like the water balance approach challenging to use. This study explores various methods for estimating river discharge, including trend removal and modified trend elimination, as well as techniques that consider precipitation, physiographic characteristics, and annual runoff deficits. The materials and methods used in this study involved collecting data from meteorological and hydrometric stations in and around the basin, drawing iso-rainfall and iso-thermal maps, and estimating sub-basin discharge. The results of this

* **Corresponding Author:** Heidar Zarei
Address: Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran
Email: zareih@scu.ac.ir
Tel: +98916303305

study provide valuable information that can aid in the optimal management of water resources in the region.

2. Materials and Methods

To investigate the status of resources and consumption upstream of the Dorodzan Dam, data from various meteorological and hydrometric stations were collected. Iso-rainfall and iso-thermal maps were drawn for each sub-basin, and precipitation and temperature values were used to estimate discharge. The Chamriz hydrometry station was selected as the base station, but water withdrawals upstream of metering stations were considered. The effects of the Mulla Sadra Dam on the Chamriz station were removed, and the natural discharge of the station was estimated using the Trend removal method. The discharge of other sub-basins was estimated using the gross runoff method or other techniquesthat took into account physiographic characteristics. For sub-basin No. 10, where data was lacking, Justin and Icar's experimental methods were used, and the annual natural discharge was calculated by averaging these two methods.

3. Results

The study provided valuable information on the status of resources and consumption in the Kamfirooz Plain and Dorodzan Dam. Monthly maps of precipitation and temperature were used to help estimate sub-basin discharge, and the effects of the Mulla Sadra Dam on the Chamriz station were removed. The natural discharge of Chamriz station was estimated to be 33.62 m3/s, with an average annual water withdrawal upstream of the station of 9.47 m3/s. The natural discharge of the upstream basin of the Mulla Sadra Dam and Dorodzan Dam was estimated to be 18.64 and 43.40 m3/s, respectively. The discharge of other sub-basins was estimated using the gross runoff method, except for sub-basin No. 10, where Justin and Icar's experimental methods were used.

4. Discussion and Conclusion

The study provides valuable information for understanding the status of various balances in the region and for optimal management of surface and groundwater resources. The results can assist water officials and managers in the region in making informed decisions to ensure the sustainable use of water resources. The methods used in this study, including trend removal and modified trend elimination, as well as techniques that consider precipitation and physiographic characteristics, can be useful for estimating river discharge in other regions facing similar challenges. However, there are still limitations to these methods, such as the lack of accurate statistics on water withdrawals, and the need to consider the impacts of climate change on water resources. Future studies could focus on improving the accuracy of these methods and exploring new approaches to estimate river discharge. Overall, this study highlights the importance of understanding the impacts of dams on water resources and the need for sustainable management of water in the region.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no known competing personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper

Acknowledgments

The authors are grateful to the Research Council of the Shahid Chamran University of Ahvaz for financial support. Also great thanks to the Regional Water Company of Fars and Iran Water Resources Management Company for sharing the required data.

Funding The authors received funding from Shahid Chamran University of Ahvaz (GN: SCU.WH1401.589)

5. References

1) Kim, T.J. and R.A. Wurbs. 2011. Development of monthly naturalized flow using Water Rights Analysis Package (WRAP)-based methods. KSCE Journal of Civil Engineering, 15 (7): 1299-1307.
2) Fabre, J., R. Denis., A. Dezetter. and B. Grouillet. 2016. Reducing the gap between water demand and availability under climate and water use changes: assessing the effectiveness and robustness of adaptation. La Houille Blanche, 6: 21-29.

3) Young, A.R., R. Grew. and M.G.R. Holmes. 2003. Low flows 2000: a national water resources assessment and decision support tool. Water Science and Technology, 48 (10): 119-126.
4) Saka, F. and H.T. Babacan. 2019. Discharge Estimation by Drainage Area Ratio Method at Some Specific Discharges for 2251 Stream Gauging Station in East Black Sea Basin, Turkey. Journal of Investigations on Engineering & Technology, 2(1): 22-25.
5) Kebede, M.G., L. Wang., K. Yang., D. Chen., X. Li., T. Zeng. and Zh. Hu. 2020. Discharge Estimates for Ungauged Rivers Flowing over Complex High-Mountainous Regions Based Solely on Remote Sensing-Derived Datasets. remote sensing, 12(1064):1-22.
6) Liu, Sh ., Zh. Xie. and Y. Zeng. 2016 .Discharge Estimation for an Ungauged Inland River in an Arid Area Related to Anthropogenic Activities: A Case Study of Heihe River Basin, Northwestern China. Advances in Meteorology, 2016:1-11.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و دو . تابستان ۱۴۰۲

بررسی اثر سد ملاصدرا بر روی منابع و مصارف دشت کامفیروز و سد درودزن

ابوالفضل لقب دوست آرانی[۱]، حیدر زارعی*[۲]، فریدون رادمنش[۳]، مهدی ضرغامی[۴]

تاریخ ارسال:۱۴۰۰/۰۵/۰۲
تاریخ پذیرش:۱۴۰۰/۱۲/۰۷

مقاله پژوهشی

چکیده

با توجه به اثرات احداث سدها در حوضه‌های پایین دست، لزوم بررسی وضعیت و اثرات آنها یکی از مسائل مهم می‌باشد. در این مطالعه با توجه به شرایط خشکسالی‌ها و برداشت‌های بیش از حد در حوضه بالادست سد درودزن (در شمال استان فارس و جنوب کشور ایران)، و لزوم بررسی اثرات سد ملاصدرا در بالادست منطقه، به بررسی وضعیت منابع و مصارف این منطقه پرداخته شد. اطلاعات ایستگاه‌های مختلف هواشناسی و هیدرومتری موجود در داخل و اطراف حوضه استفاده شد. با توجه به این اطلاعات دوره آماری ۴۵ ساله (سال آبی ۵۵-۱۳۵۴ تا ۹۹-۱۳۹۸) مورد بررسی قرار گرفت. ایستگاه هیدرومتری چمریز (به عنوان ایستگاه مبنا) از سال ۱۳۸۸ به بعد متأثر از بهره‌برداری سد ملاصدرا است. لذا با استفاده از آمار ایستگاه چمریز و نسبت رواناب ناخالص، مقدار آبدهی متأثر از سد ملاصدرا در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹ در این ایستگاه محاسبه و جایگزین آمار آن گردید. سپس با استفاده از روش حذف روند، اقدام به برآورد آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز و برداشت آب در بالادست آن ایستگاه گردید. آبدهی زیرحوضه‌های مختلف (۱۱ زیرحوضه) با توجه به شرایط از روش رواناب ناخالص یا از روش‌های تجربی مثل جاستین و ایکار برآورد گردید. نتایج نشان داد که میزان آبدهی طبیعی متوسط سالانه ایستگاه چمریز برابر ۳۳/۶۲ مترمکعب در ثانیه برآورد گردید. میزان برداشت متوسط سالانه آب در بالادست ایستگاه ۹/۴۷ مترمکعب در ثانیه بدست آمد. میزان آبدهی طبیعی متوسط سالانه حوضه بالادست سد ملاصدرا و سد درودزن به ترتیب برابر ۱۸/۶۴ و ۴۳/۴۰ مترمکعب در ثانیه بدست آمد.

واژه‌های کلیدی: آبدهی طبیعی، سد درودزن، روش حذف روند، روش جاستین، روش ایکار.

[۱]- دانشجوی دکتری مهندسی منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز. Laghabdoost629@yahoo.com
[۲]*- دانشیار گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز (نویسنده مسئول). zareih@scu.ac.ir
[۳]- دانشیار گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز feridon_radmanesh@yahoo.com
[۴]- استاد گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تبریز، mzarghami@tabrizu.ac.ir

مقدمه

به دلیل توسعه‌ی کشاورزی و افزایش برداشت آب در محدوده‌ی آبریز مطالعه شده، آبدهی اغلب رودخانه‌ها در منطقه طرح، کاهش محسوسی را نشان می‌دهند. لذا طبیعی نمودن آبدهی این ایستگاه‌ها ضرورت دارد. منظور از طبیعی نمودن آبدهی این است که آبی که به صورت مصارف (در صورت داشتن آب بازگشتی، باید آب بازگشتی را در نظر گرفت) در بالادست حوضه ایستگاه ها برداشت شده است به آبدهی ایستگاه‌ها اضافه نمود. از این رو، طبیعی سازی رژیم آبدهی رودخانه از مهم ترین اقدامات اولیه در مهندسی منابع آب است. روش بیلان آبی که از آمار برداشت‌ها و برگشت‌های آب استفاده می‌کنند از همه‌ی روش‌ها دقیق‌تر است، اما احتیاج به آمار منظم و سیستماتیک برداشت‌های آب در دوره‌ی متناظر با آمار آبدهی دارد که معمولاً چنین آماری وجود ندارد. بنابراین، این روش در شرایط خاص برای موارد محدودی قابل استفاده است. با وجود این، روش‌هایی همچون حذف ترند و حذف ترند اصلاح شده قابلیت طبیعی سازی جریان در مقیاس سالانه را دارد (بایزیدی و همکاران، ۱۳۹۱).

جریان طبیعی شده را می‌توان برای شبیه‌سازی سناریوهای مختلف مدیریت آب و تأثیر این سناریوها بر کمیت آب در دسترس استفاده کرد (کیم و وربز، ۲۰۱۱). روش‌های طبیعی‌سازی نیز یکی از عناصر اساسی حمایت از سیاست‌های مدیریت آب را تشکیل می‌دهند. به عنوان مثال، دستورالعمل چارچوب آب معمولاً برای تعریف وضعیت طبیعی یک رودخانه به شرایط طبیعی آن متوسل می‌شود (بولو و پونت، ۲۰۱۵). در فرانسه، روش‌های طبیعی‌سازی برای تخمین حداکثر استخراج آب که جریان‌های زیست محیطی را حفظ می‌کنند، استفاده می‌شود (فابر و همکاران، ۲۰۱۶). در بریتانیا، آژانس محیط‌زیست دستورالعمل‌هایی را برای ارائه آمارهای طبیعی‌سازی شده با جریان کم ایجاد کرد تا تنظیم‌کننده‌ها بتوانند تصمیمات صدور مجوز را بگیرند (یانگ و همکاران ۲۰۰۳).

در ادامه به بررسی برخی از مطالعات که در آنها از آبدهی طبیعی استفاده شده است، پرداخته می‌شود. عیدی پور و همکاران (۱۳۹۶) با استفاده از روش حذف روند اقدام به طبیعی سازی آبدهی ماهانه حوضه بلبر نمودند و با استفاده از روش فیلتر دیجیتال بازگشتی اکهاردت جریان پایه را جداسازی نمودند.

شهبازی و همکاران (۱۳۹۷) سری زمانی ماهانه آبدهی ایستگاه‌ها را با روش حذف روند برای بدست آوردن توزیع طبیعی ماهانه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین با استفاده از روش حذف روند تعدیل شده مقادیر آبدهی اصلاح شد. نتایج نشان داد تلفیق روش حذف روند معمولی و روش Cindex می‌تواند در طبیعی سازی توام توزیع و مقدار ماهانه تاثیر بسزایی داشته باشد.

روش‌های مختلفی برای تخمین آبدهی حوضه‌های اندازه‌گیری نشده معرفی شده است که می‌توان آن‌ها را به سه دسته اصلی طبقه‌بندی کرد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۹). دسته اول شامل روش‌هایی است که بین بارش و رواناب تولید شده رابطه برقرار می‌کند (مانند روش های Inglis و De'Souza و وزارت آبیاری هند[1] (IDOI)). دسته دوم شامل روش هایی است که کسری رواناب سالانه را تخمین می‌زنند و رواناب سالانه را بر این اساس پیش‌بینی می‌کنند (مانند روش‌های Turc، Langbein، Coutagine و Khosla). دسته سوم روش هایی را پوشش می‌دهد که ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه‌ها را برای تخمین رواناب در نظر می‌گیرند (مانند روش‌های شورای تحقیقات کشاورزی هند[2] (ICAR)،

[1]-Indian Department of Irrigation
[2]-Indian Council of Agricultural Research

جاستین[1] و لیسی[2]). روش CN[3] نیز یکی از متداول‌ترین روش‌های تخمین رواناب حاصل از بارندگی است و شرایط مختلفی را در فرمول‌بندی آن در نظر می‌گیرد. با این وجود، تعیین CN و ضریب جذب اولیه آن هنوز چالش برانگیز است.

در ادامه به بررسی برخی از مطالعات که در زمینه برآورد آبدهی حوضه‌ها و زیرحوضه‌ها، به خصوص در حوضه‌های فاقد آمار استفاده شده است، پرداخته می شود: لیو و همکاران (۲۰۱۶) برآورد دبی در حوضه فاقد آمار رودخانه هیهه[4]، در شمال غربی چین را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه، روشی برای تخمین دبی ماهانه براساس اطلاعات ناپیوسته مکانی-زمانی، مانند انحراف آب برای آبیاری، برنامه‌ریزی تخصیص آب، و روابط آماری دبی در مکان‌های مختلف پیشنهاد شد. نتایج نشان داد که این روش برای ارائه پشتیبانی مربوط به مدیریت آب یا تحقیقات اکو هیدرولوژیکی امکان پذیر بوده و می‌تواند به سایر مکان‌های مشابه گسترش یابد.

سکا و باباکان (۲۰۱۹) برآورد دبی سه حوضه مشابه در شرق دریای سیاه در کشور ترکیه را با روش نسبت مساحت زهکشی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده موفقیت آمیز بودن روش داشت.

کبده و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های مشتق شده از سنجش از راه دور (تصاویر لندست)، اقدام به برآورد آبدهی رودخانه لهاسا[5] در حوضه کوهستانی فاقد آمار آن پرداختند. نتایج حاکی از رضایت‌بخش بودن روش استفاده شده داشت.

حسینی (۱۳۹۲) روش‌های مختلف را برای محاسبه آورد سالانه حوضه جارو مورد بررسی قرار داد. از میان روش‌های کتاین، انجمن کشاورزی هند و جاستین، با وجود تشابه برآوردهای روش‌های مختلف با هم، روش جاستین به داده‌های تجربی در منطقه نزدیکتر بود.

قضاوی و همکاران (۱۳۹۵) بررسی نتایج روش‌های تجربی ایکار، خوزلا و جاستین به منظور برآورد رواناب سالانه در حوضه آبخیز چاه بریش در استان سیستان و بلوچستان می‌باشد. نتایج نشان داد که روش ایکار ضرایب بسیار پایین و روش جاستین ضرایب به نسبت پایینی به دنبال داشته است. با توجه به نتایج و بازدید صحرایی از حوضه مورد مطالعه، در پایان از بین تمامی روش‌های مورد استفاده به نظر می‌رسد روش خوزلا، نتیجه بهتری را نسبت به سایر روش‌های مورد مطالعه در این حوضه ارائه داده است. بنابراین توصیه می‌شود که از روش‌های تجربی با توجه به ساده بودن و کم هزینه بودن آنها در مطالعات منابع طبیعی در صورت واسنجی و کالیبره شدن آنها استفاده شود.

ناصری و همکاران (۱۳۹۹) ارزیابی روش‌های تجربی برای تخمین جریان در حوضه‌های فاقد آمار را برای حوضه آبخیز سفیدرود مورد بررسی قرار دادند. با توجه به نتایج، روش جاستین برای مناطقی که دارای شیب ارتفاعی و دمای بالا و در عین حال دارای ضریب جریان بالا هستند، توصیه می‌شود. روش IDOI برای زیرحوضه‌هایی که نسبت رواناب به بارندگی بالایی دارند بهترین عملکرد را دارد. روش Coutagine نشان داد که عملکرد متوسط در اکثر حوضه‌های مورد مطالعه، نشان می‌دهد می‌توان از آن برای تولید نتایج محافظه کارانه در بسیاری از زمینه‌های مورد مطالعه استفاده کرد.

همچنین برخی از مطالعات در منطقه مورد مطالعه و سایر حوضه‌های مشابه صورت گرفته است که به آنها نیز اشاره می‌گردد. احمدی و همکاران (۱۳۹۷) با به کارگیری مدل ویپ، شبیه‌سازی منابع و مصارف آب نقاط تقاضای پایین دست سدهای ملاصدرا، درودزن و سیوند واقع در حوضه آبخیز بختگان- مهارلو در استان فارس را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که

[1]-Justin
[2]-Lacey
[3]-SCS Curve Number
[4]-Heihe
[5]-Lhasa

آب مورد نیاز اراضی کشاورزی دشت کربال فقط در ماه-های آبان و بهمن با اطمینان ۱۰۰ درصد قابل تأمین است و در مابقی ماه‌های سال، درصد اطمینان تأمین آب کشاورزی صفر است. اطاعت و صالحیان (۱۳۹۹) تحلیل منابع و مصارف و ناپایداری منابع آب در حوضه آبریز زاینده رود را مورد بررسی قرار دادند. روش انجام این پژوهش به صورت توصیفی- تحلیلی و با اتکا بر تحلیل داده‌های منابع و مصارف آب می‌باشد. نتایج پژوهش نشان داد که منابع آب حوضه در دهه‌های اخیر روند کاهشی داشته ولی مصارف آب حوضه روند متفاوتی داشته است.

علی‌رغم اینکه در بیشتر مطالعات از داده‌های ثبت شده ایستگاه‌های هیدرومتری در مطالعات منابع آب استفاده می‌شود، این مسئله باعث ایجاد خطا در برآورد ها شده، به طوری که در اکثر حوضه‌های میانی به دلیل در نظر نگرفتن برداشت‌ها و آب‌های بازگشتی، آبدهی حوضه‌های میانی صفر در نظر گرفته شده یا دارای اثر منفی در آبدهی ایستگاه‌ها می‌شوند. این مطلب در ارزیابی اولیه داده‌های ایستگاهی حوضه بالادست سد درودزن، به دلیل طبیعی نمودن آبدهی (مصنوعی بودن آبدهی و جریان کنترل شده خروجی از سد ملاصدرا) کاملاً مشخص می‌باشد. لذا در این مطالعه به منظور بررسی اثرات سد ملاصدرا بر حوضه بالادست سد درودزن، منابع و مصارف این حوضه مورد بررسی قرار گرفت. در شکل (۱) فلوچارت مراحل مختلف برآورد آبدهی و برداشت آب در بالادست سدهای ملاصدرا و درودزن و حوضه‌های میانی ارائه شده است. همانطوری که در این فلوچارت مشخص می‌باشد، با ترسیم نقشه های هم‌بارش و هم‌دمای ماهانه برای زیرحوضه‌ها در سال‌های مختلف به جای استفاده از اطلاعات یک ایستگاه، دقت برآوردها افزایش یافت. همچنین با استفاده از روش‌های مختلف برای برآورد آبدهی زیرحوضه‌ها، سعی شد بتوان دقیق‌ترین برآورد را از آبدهی طبیعی آنها داشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز طشک-بختگان و مهارلو با مساحت ۳۱۴۵۱/۸ کیلومتر مربع در استان فارس واقع شده است. این حوضه آبریز به دو حوضه با کد سه رقمی به نام‌های طشک-بختگان و مهارلو و ۲۷ محدوده مطالعاتی با کد چهار رقمی تقسیم می‌شود. حوضه آبریز سد درودزن، جزئی از حوضه طشک- بختگان و مهارلو، به وسعت ۴۳۴۲ کیلومترمربع در شمال استان فارس واقع گردیده است. حوضه آبریز سد درودزن در محدوده جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۴ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و صفر دقیقه تا ۳۰ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. بالغ بر ۹۵ درصد مساحت حوضه در محدوده استان فارس و مابقی (۵ درصد) در محدوده استان کهکیلویه و بویر احمد قرار گرفته است. این حوضه دارای سه دشت کامفیروز، خسروشیرین و آسپاس می‌باشد. از لحاظ ارتفاعی بلندترین نقطه حوضه به ارتفاع ۳۷۰۸ متر و پست‌ترین نقطه حوضه در خروجی آن به ارتفاع ۱۶۲۷ متر از سطح دریا می‌باشد که اختلاف ارتفاع بین پست‌ترین و بلندترین نقطه‌ی حوضه ۲۰۸۱ متر است. رودخانه کر یکی از رودخانه‌های مهم حوضه آبریز بختگان می‌باشد. بر روی این رودخانه، سد ملاصدرا در محلی به نام تنگ براق و نیز سد درودزن که در نزدیکی روستای درودزن می‌باشد، احداث گردیده است. طول رودخانه کر ۳۵۵ کیلومتر و حوضه آبریز آن در محل پل خان در حدود ۱۳۲۰۰ کیلومترمربع است. این رودخانه دارای آب دائم بوده و رژیم آن برفی-بارانی است و بخش عمده‌ای از آب آن به مصرف کشاورزی رسیده و به همین علت د فصل تابستان و در پایاب گاهی فاقد آب می‌باشد. رودخانه کر پس از تلاقی شاخه‌های اولیه خود از میان دره‌ای در جهت جنوب خاوری جریان یافته و پس از عبور از روستاهای داخل مسیر وارد دریاچه سد درودزن می‌شود. در شکل (۲) موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری در حوضه آبریز

طشک-بختگان و مهارلو، در استان فارس و کشور ایران نشان داده شده است.

آماده سازی داده‌ها

داده‌های این مطالعه، شامل داده‌های بارش و دما ایستگاه‌های هواشناسی و داده‌های آبدهی ایستگاه‌های هیدرومتری از شرکت آب منطقه‌ای استان فارس اخذ گردید. بررسی و تطویل داده‌های بارش با نرم افزار HEC-4 صورت گرفت. سپس به منظور بررسی داده‌های پرت، از روش باکس پلات[1] در نرم افزار Excel استفاده شد. در صورت مواجهه با داده‌های پرت، آن داده‌ها حذف و دوباره با نرم افزار HEC-4 بازسازی صورت گرفت. برای ترسیم نقشه‌ها از نرم‌افزار GIS و روش کریجینگ استفاده شد. نقشه‌های هم‌بارش ماهانه برای منطقه مورد مطالعه ترسیم شد. سپس مقادیر بارش ماهانه برای محدوده‌های مطالعاتی و حوضه بالادست ایستگاه های هیدرومتری استخراج گردید.

برای بررسی داده‌های دما و تطویل آنها از روش تفاضلات استفاده شد. بعد از بررسی داده‌های پرت، نقشه‌های هم‌دمای ماهانه برای منطقه مورد مطالعه ترسیم شد. سپس مقادیر دمای ماهانه برای محدوده های مطالعاتی و حوضه بالادست ایستگاه‌های هیدرومتری استخراج گردید.

در شکل (۳) موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری، رودخانه‌ها، زیرحوضه‌ها و محدوده‌های مطالعاتی در بالادست سد درودزن نشان داده شده است. در جدول (۱) زیرحوضه‌های بالادست سد درودزن، به همراه مساحت، بارش و دمای آنها جهت استفاده در روش رواناب ناخالص و فرمول‌های تجربی ارائه شده است. در این جدول مقادیر بارش سالانه و دمای سالانه حاصل از ترسیم نقشه‌های همبارش و همدما، بدست آمده است. همانطوری‌که قابل مشاهده است بارش سالانه در بالادست سد درودزن برابر ۵۵۹/۰۶ میلیمتر و دمای متوسط سالانه آن برابر ۱۳/۵۹ درجه سانتیگراد بدست آمده است. با بررسی داده‌های آبدهی ایستگاه‌های هیدرومتری، مسائل خاصی مشخص شد. اولین مشکل این بود که دوره آماری ایستگاه‌های هیدرومتری متفاوت بود. برای این منظور با استفاده از ایستگاه هیدرومتری چمریز که دارای آمار کامل‌تری بود و نرم افزار HEC-4 صورت گرفت. بعد از بررسی داده‌های پرت، آمار ایستگاه‌های هیدرومتری کامل گردید. ایستگاه‌های هیدرومتری استفاده شده از سال ۱۳۵۳ دارای آمار می‌باشند ولی دارای نواقص آماری هستند، همچنین ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید-گاودار که تقریباً در انتهای محدوده مطالعاتی آسپاس قرار گرفته تا سال ۱۳۸۴ دارای آمار می‌باشد. آمار این ایستگاه با استفاده از نرم افزار HEC-4 و ایستگاه‌های دیگر به خصوص دهکده سفید-سفید و چمریز کامل گردید. با توجه به دوره آماری بارش، دما و آمار ایستگاه‌های هیدرومتری، دوره آماری ۴۵ ساله (از سال آبی ۵۵-۱۳۵۴ تا سال آبی ۹۹-۱۳۹۸) برای بررسی منابع و مصارف بالادست سد درودزن انتخاب شد. مشکل دیگری که مشاهده شد این بود که این ایستگاه‌های هیدرومتری در انتهای محدوده‌های مطالعاتی قرار نداشتند و مشکل دیگر این بود که زمانی که داده‌های دو ایستگاه هیدرومتری دهکده سفید-سفید و گاودار را با هم جمع نموده و با داده‌های ورودی به سد ملاصدرا (که براساس گفته‌های متصدی آمار برداری سد ملاصدرا با توجه به تفاضل خروجی و ورودی‌ها محاسبه می‌شود) متفاوت بود. همچنین زمانی که با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری، اقدام به محاسبه آبدهی حوضه‌های میانی گردید، مشاهده شد که مقادیر آبدهی حوضه‌های میانی منفی بدست می‌آید، این موارد نشان از برداشت آب در این زیرحوضه‌ها داشت، برای این منظور اقدام به طبیعی سازی آمار ماهانه ایستگاه های هیدرومتری گردید.

[1]-Box Plot

طبیعی سازی (Naturalization) **آبدهی**

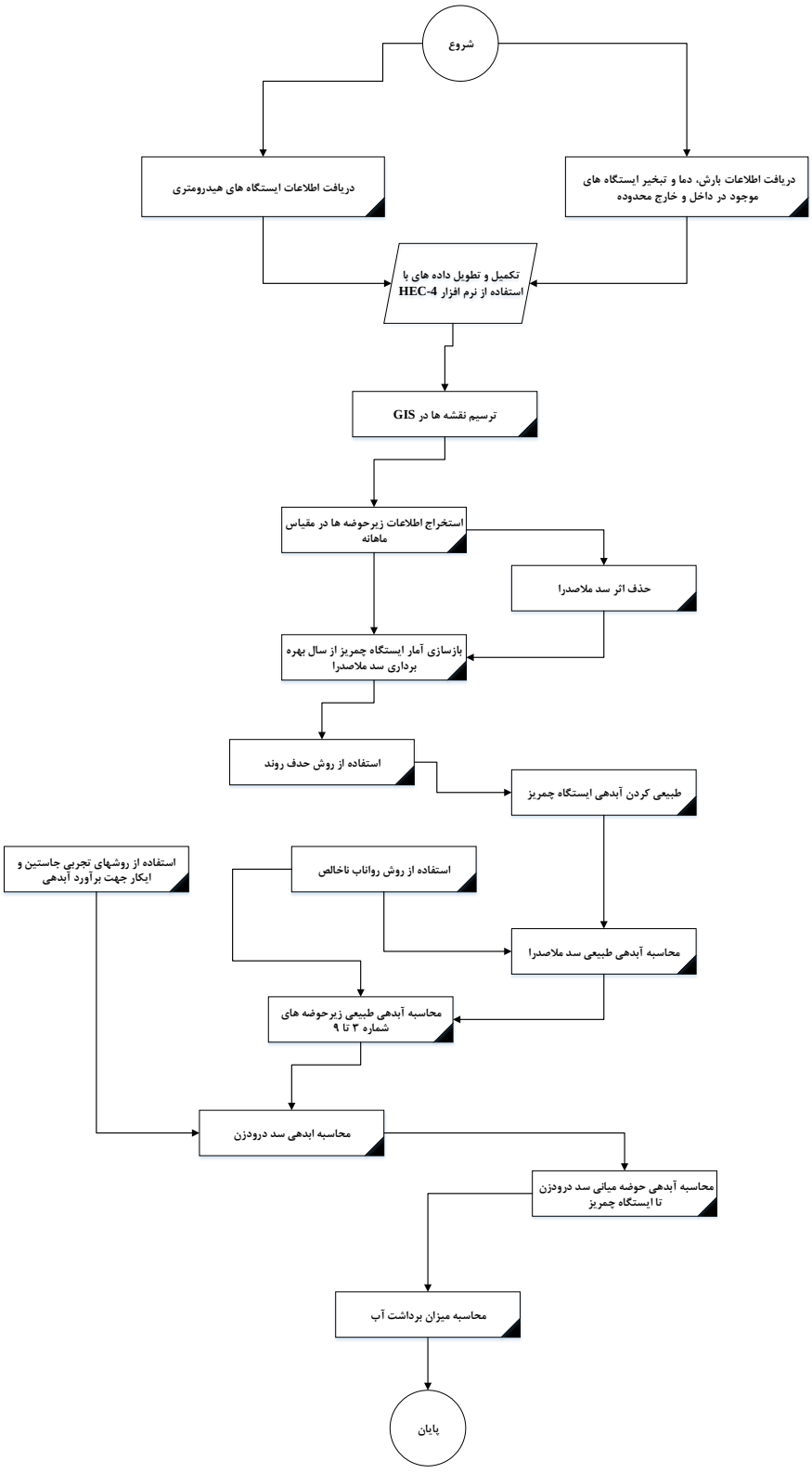
با توجه به توسعه برداشت آب کشاورزی و سایر مصارف از منابع آب سطحی و زیرزمینی طی سال‌های اخیر و اثرات آن بر آبدهی حوضه‌های آبریز، جریان ثبت شده در اغلب ایستگاه‌های هیدرومتری دارای رژیم طبیعی نبوده و متأثر از برداشت آب بالادست می‌باشد. رشد فزاینده برداشت آب در طی سالیان گذشته باعث روند کاهشی در آمار آبدهی بلند مدت ایستگاه‌ها شده است. بر اساس توضیحات فوق و از آنجا که استفاده از داده‌های تاریخی گذشته از فرضیات حاکم بر شبیه سازی سیستم‌های منابع آب است، طبیعی‌سازی رژیم آبدهی رودخانه‌ها امری اجتناب ناپذیر خواهد بود. در غیر این صورت، امکان اعمال صحیح مؤلفه‌های بیلان منابع و مصارف در مطالعات برنامه ریزی منابع آب میسر نخواهد شد. برای طبیعی‌سازی رژیم جریان، به آمار و اطلاعات جامع سری زمانی درازمدت ماهانه و سالانه برداشت‌ها و مصارف، آب برگشتی و سایر اطلاعات نیاز است که در کشور ما قابلیت دسترسی آن ناچیز بوده و به صورت پراکنده و بعضاً موردی اندازه‌گیری شده است.

در سال‌های اخیر استفاده از روش حذف روند برای طبیعی‌سازی جریان مطرح شده است. فرض اساسی این روش آن است که اگر در یک دوره آماری بلند مدت، روند بارش‌ها نزدیک به صفر و روند آبدهی نزولی باشد، روند نزولی آبدهی مربوط به افزایش برداشت‌ها است که می‌توان با حذف روند به تخمینی از آن دست یافت. مراحل این روش طبق روش‌شناسی معاونت امور آب و آبفا به شرح زیر است:

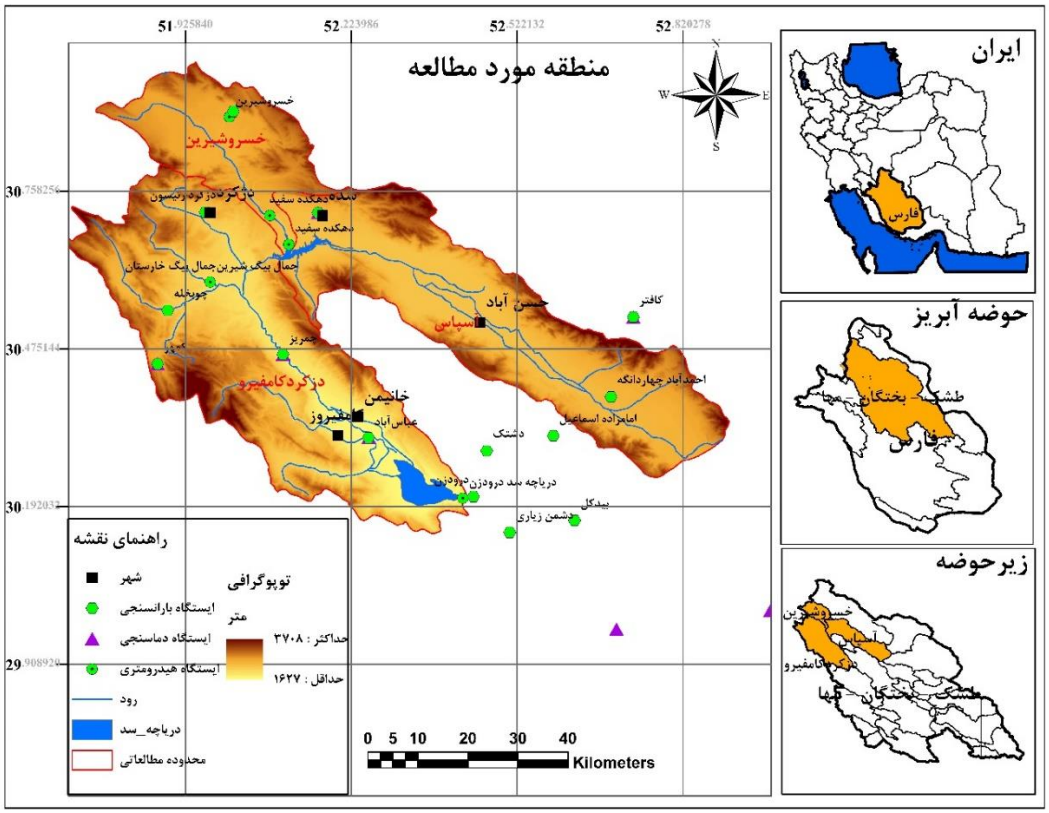
مرحله اول: تعیین دوره آماری ایستا که تعداد دوره های تر و خشک در آن یکسان باشد. برای این کار از سری دراز مدت بارش سالانه در حوضه آبریز ایستگاه استفاده می‌شود، به طوری‌که بارش در دوره مورد مطالعه فاقد روند معنی‌دار باشد.

مرحله دوم: بررسی روند سری دراز مدت آبدهی سالانه ثبت شده در ایستگاه مورد مطالعه.

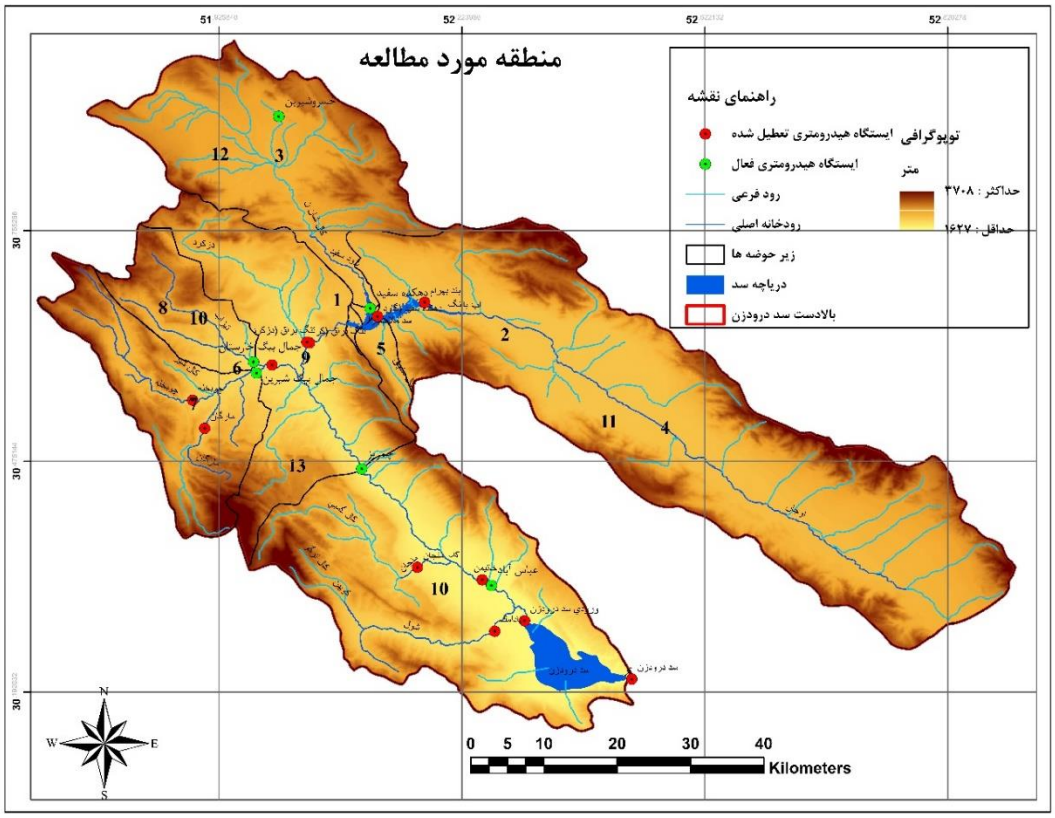
مرحله سوم: استفاده از شیب خط ترند (یا ضریب متغیر X) با علامت مخالف و ضرب آن در شماره سال آبی و جمع با آبدهی اتفاق افتاده در همان سال. بدین ترتیب، آبدهی طبیعی یا رژیم طبیعی جریان بدست می‌آید.



شکل (۱): فلوچارت مراحل مختلف در این مطالعه.



شکل (۲):موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های استفاده شده در استان فارس و کشور ایران.



شکل (۳): موقعیت زیرحوضه‌ها وحوضه ایستگاه‌های هیدرومتری در بالادست سد درودزن.

جدول (۱): مشخصات زیرحوضه‌ها در بالادست سد درودزن.

شماره زیرحوضه	نام زیرحوضه	مساحت (کیلومتر مربع)	میانگین بارش سالانه (میلیمتر)	میانگین دمای سالانه (درجه سانتیگراد)
۱	حوضه ایستگاه چمریز	۳۳۹۶/۷۹	۵۵۰/۳۴	۱۳/۳۱
۲	حوضه سد ملاصدرا	۲۲۵۳/۴۶	۴۶۰/۰۲	۱۳/۰۷
۳	حوضه ایستگاه دهکده سفید-سفید	۶۱۳/۹۰	۴۵۰/۴۴	۱۳/۰۴
۴	حوضه ابستگاه دهکده سفید-گاودار	۱۵۸۱/۹۱	۴۶۲/۱۳	۱۳/۰۷
۵	میانی سد ملاصدرا و دهکده‌های سفید	۵۷/۶۶	۵۰۳/۸۹	۱۳/۴۰
۶	میانی چمریز و سد ملاصدرا	۱۱۴۳/۴۵	۶۱۱/۳۴	۱۲/۹۱
۷	حوضه ایستگاه جمالبیگ-شیرین	۳۸۰/۷۹	۷۰۰/۶۸	۱۲/۳۲
۸	حوضه ایستگاه جمالبیگ-شورخارستان	۱۸۰/۲۴	۶۲۰/۱۶	۱۲/۸۹
۹	میانی چمریز، سد ملاصدرا و جمال بیگها	۵۸۲/۴۱	۵۵۰/۱۹	۱۳/۳۱
۱۰	میانی چمریز و سد درودزن	۹۴۳/۵۳	۴۹۰/۲۳	۱۴/۲۴
۱۱	حوضه سد درودزن	۴۳۴۰/۳۲	۵۵۹/۰۶	۱۳/۵۹
۱۲	محدوده آسپاس	۱۶۲۸/۷۲	۴۶۳/۳۱	۱۳/۰۸
۱۳	محدوده خسروشیرین	۶۱۸/۶۸	۴۵۰/۸۲	۱۳/۰۲
۱۴	محدوده دزکرد ـ کامفیروز	۲۰۹۲/۹۱	۵۵۶/۴۶	۱۳/۴۱

روابط تجربی مورد استفاده

در این بخش دو رابطه تجربی به نام‌های جاستین و ایکار ارائه می‌گردد. فرمول رابطه جاستین در معادله (۱) و رابطه ایکار در معادله (۲) ارائه شده است.

$$R(Q) = \frac{CS^{0.155}P^2}{1.8T_m + 32} \quad (۱)$$

$$R(Q) = \frac{CP^{1.44}}{T_m^{1.34}A^{0.0613}} \quad (۲)$$

در روابط فوق: $R(Q)$: ارتفاع ر واناب (سانتی‌متر)، S: شیب حوضه، A : مساحت حوضه (مترمربع یا کیلومتر مربع برحسب مورد)، P : متوسط بارش حوضه (سانتی‌متر)، T_m: متوسط دمای حوضه (درجه سانتیگراد)، C: ضرایب روابط می‌باشد. شیب حوضه (S) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$S = \frac{H_{max} - H_{min}}{\sqrt{A}} \quad (۳)$$

H_{max} و H_{min} به ترتیب حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه است (برحسب متر). مساحت حوضه آبریز در رابطه ایکار برحسب کیلومتر مربع و در رابطه شیب حوضه برحسب مترمربع می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۵). در جدول (۲) پارامترهای روش‌های جاستین و ایکار برای استفاده در زیرحوضه‌های مورد نیاز ارائه شده است.

جدول (۲): پارامترهای روش‌های جاستین و ایکار

	پارامترها	ایستگاه چمریز	سد درودزن
T	دمای متوسط (c)	۱۳/۳۵	۱۳/۶۴
P	بارش متوسط (mm)	۵۵۰/۳۴	۵۵۹/۰۶
A	مساحت (کیلومتر مربع)	۳۳۹۶/۷۹	۴۳۴۰/۳۲
H_{min}	حداقل ارتفاع حوضه (m)	۱۷۷۸/۰۰	۱۶۲۷/۰۰
H_{max}	حداکثر ارتفاع حوضه (m)	۳۷۰۸/۰۰	۳۷۰۸/۰۰
R(Q)	ارتفاع رواناب (mm)	۳۱۲/۱۱	
R(Q)	ارتفاع رواناب (cm)	۳۱/۲۱	
P	بارش متوسط (cm)	۵۵/۰۳	۵۵/۹۱
S	شیب حوضه	۰/۰۳	۰/۰۳
C	جاستین	۰/۹۷۹۲	
C	ایکار	۵/۱۵۷۷	

نتایج و بحث

به منظور برآورد منابع و مصارف حوضه بالادست سد درودزن، اقدام به طبیعی سازی آبدهی ایستگاه‌ها و حوضه‌های میانی بین آنها جهت محاسبه برداشت‌های آب گردید. با توجه به موقعیت ایستگاه‌ها، ایستگاه چمریز برای طبیعی سازی انتخاب شد. به منظور طبیعی‌سازی رژیم آبدهی ایستگاه هیدرومتری چمریز، ابتدا سری زمانی بارش سالانه در حوضه ایستگاه چمریز بدست آمد. بدین منظور از آمار ایستگاه‌های باران سنجی موجود در داخل و خارج حوضه استفاده گردید. با ترسیم نقشه‌های همبارش ماهانه و سالانه با استفاده از روش کریجینگ، مقدار بارش سالانه برای حوضه این ایستگاه از نقشه‌های همبارش ترسیم شده، استخراج گردید. سپس نمودار پراکنش بارندگی حوضه ایستگاه چمریز ترسیم شد. پس از بررسی بازه های زمانی مختلف، دوره آماری ۷۹-۱۳۵۴ (سال آبی ۵۵-۱۳۵۴ تا سال آبی ۸۰-۱۳۷۹) که مطابق شکل (۴) دارای کمترین شیب بوده به عنوان دوره ایستایی بارش (فاقد روند معنی‌دار) انتخاب گردید.

چنانچه سری زمانی داده‌های بارش دارای سیر صعودی یا نزولی باشند، گفته می‌شود که داده‌ها دارای روند (trend) هستند. به عبارت دیگر، در آزمون روند هدف بررسی وضعیت تغییرات متغیر بارش با تغییر

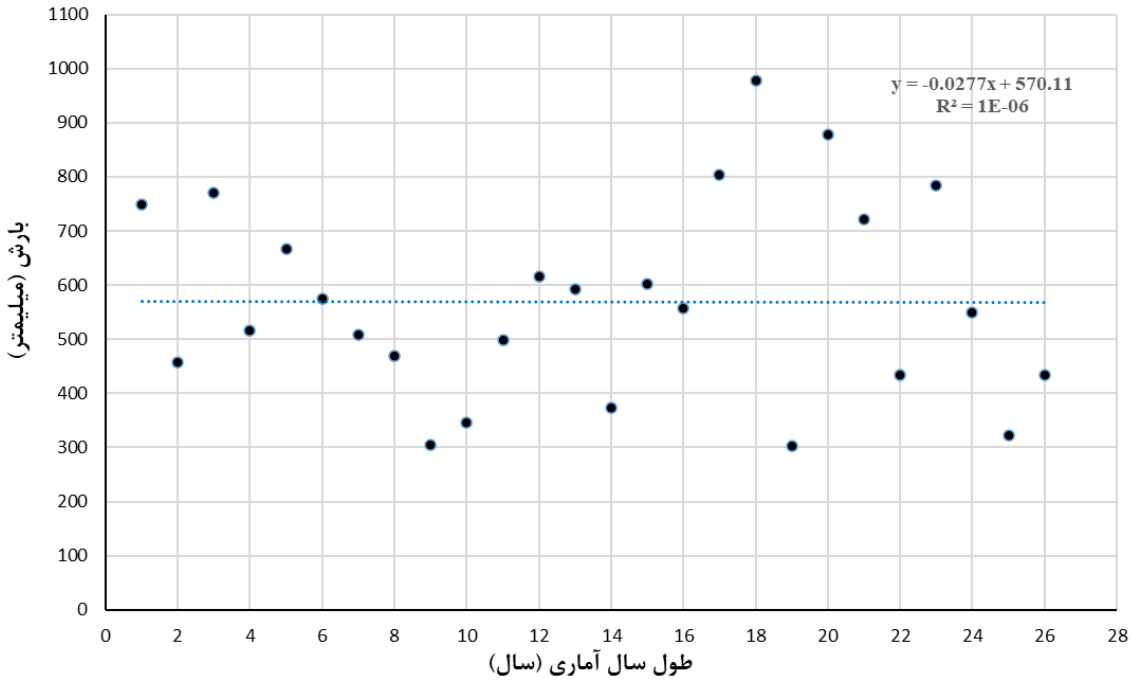
پارامتر زمان (T) می‌باشد. آزمون‌های بررسی روند داده ها به دو دسته پارامتری و غیر پارامتری تقسیم می شوند. روش‌های پارامتری عموماً مبتنی بر فرضیات خطی بودن روند و نرمال بودن توزیع باقیمانده‌ها هستند. اما روش‌های ناپارامتری از این دیدگاه دارای محدودیت‌های کمتری بوده و به همین دلیل کاربرد آن‌ها در سال‌های اخیر به طور وسیعی افزایش داشته است. از مهم‌ترین روش‌های ناپارامتری می‌توان به آزمون‌های من-کندال و اسپیرمن اشاره نمود که در این مطالعه برای بررسی فرضیه ایستایی بارش‌های سالانه حوضه ایستگاه چمریز در دوره ۷۹-۱۳۵۴ مورد استفاده قرار گرفته‌اند. آزمون ناپارامتری من-کندال ابتدا توسط Mann در سال ۱۹۴۵ ارائه و سپس توسط Kendall در سال ۱۹۷۵ بر پایه رتبه داده‌ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. مقدار Z در آزمون من-کندال با توجه به سطح اطمینان ۹۵ ٪ معادل ۱/۹۶، بر اساس سطح اطمینان ۹۰٪ برابر با ۱/۶۴ و براساس سطح اطمینان ۹۹٪ برابر با ۲/۵۷۶ است.

فرضیه ایستایی بارش سالانه حوضه آبریز ایستگاه هیدرومتری چمریز در دوره ۷۹-۱۳۵۴ مطابق جدول (۳) با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار گرفته است.

در روش آزمون اسپیرمن، مقدار Z با توجه به سطح اطمینان ۹۵ درصد، اگر مقدار Z کمتر از ۱/۹۶، بر اساس سطح اطمینان ۹۰ درصد، اگر کمتر از ۱/۶۴، و براساس سطح اطمینان ۹۹ درصد اگر کمتر از ۲/۵۷۶ باشد، فرض صفر پذیرفته شده و سری زمانی بارش سالانه مورد مطالعه دارای روند نیست. فرضیه ایستایی بارش سالانه حوضه آبریز ایستگاه هیدرومتری چمریز در دوره ۷۹-۱۳۵۴ مطابق جدول (۴) با استفاده از آزمون اسپیرمن مورد بررسی قرار گرفته است.

آبدهی طبیعی ایستگاه هیدرومتری چمریز

از آن‌جا که ایستگاه هیدرومتری چمریز از سال ۱۳۸۸ به بعد متأثر از بهره‌برداری سد ملاصدرا است، ابتدا بایستی فرآیند حذف اثرات سد ملاصدرا و بازسازی آمار به نحو مقتضی انجام گیرد. بدین منظور با استفاده از آمار ایستگاه چمریز و نسبت رواناب ناخالص، مقدار آبدهی متأثر از سد ملاصدرا در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹ در این ایستگاه محاسبه و جایگزین آمار آن گردید. در جدول (۵) مقادیر آبدهی ایستگاه چمریز ارائه شده است. داده‌های بازسازی شده در این ایستگاه به صورت Bold شده نمایش داده شده است.



شکل (۴):بررسی روند تغییرات بارش سالانه در دوره ایستا (۷۹-۱۳۵۴).

جدول(۳) بررسی روند بارش با استفاده از آزمون من-کندال

حوضه آبریز	Total S score	Standard Deviation	Zm	در سطح ۰/۱	در سطح ۰/۰۵	در سطح ۰/۰۱
ایستگاه چمریز	۱۲	۱۴۱/۴۹	۰/۰۷۸	روند معنی‌داری ندارد	روند معنی‌داری ندارد	روند معنی‌داری ندارد

جدول (۴):بررسی روند بارش با استفاده از آزمون اسپیرمن

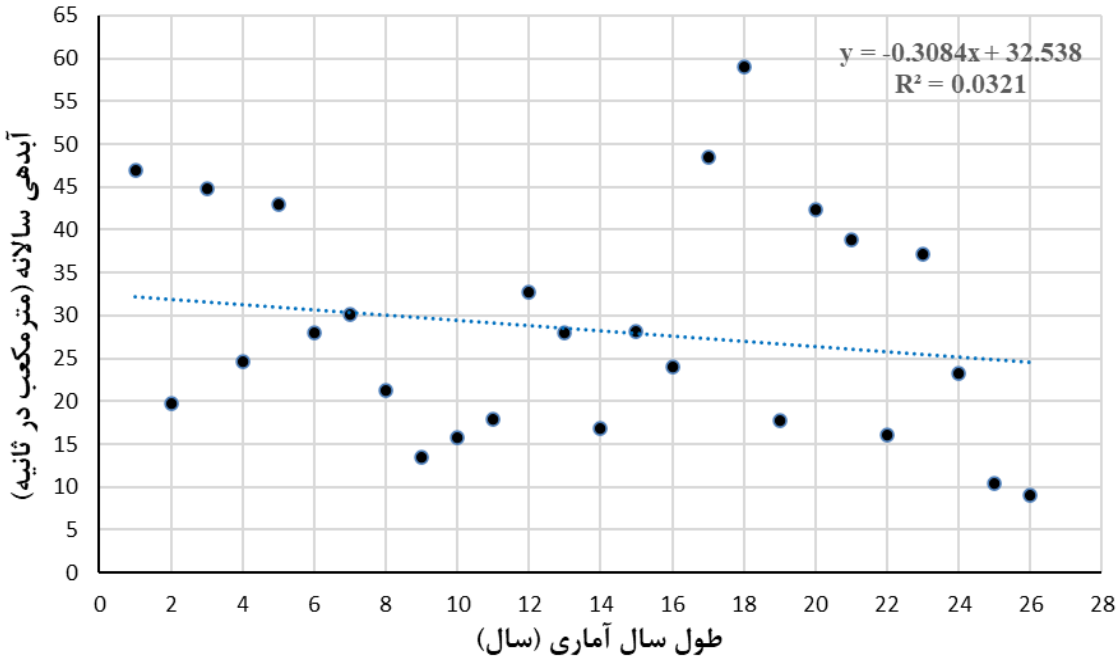
حوضه آبریز	Rho	Zm	در سطح ۰/۱	در سطح ۰/۰۵	در سطح ۰/۰۱
ایستگاه چمریز	۰/۰۰۸	۰/۰۵۷	روند معنی‌داری ندارد	روند معنی‌داری ندارد	روند معنی‌داری ندارد

جدول (۵):مقادیر آبدهی بازسازی شده در ایستگاه چمریز (مترمکعب در ثانیه).

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهرور	سالانه
۱۳۵۴-۵۵	۱۴/۴۹	۱۴/۳۱	۲۰/۷۶	۳۰/۴۵	۱۲۵/۰۱	۹۸/۴۶	۹۴/۶۷	۷۱/۸۳	۳۱/۲۷	۲۲/۸۱	۲۱/۳۰	۱۸/۶۵	۴۶/۸۳
۱۳۵۵-۵۶	۱۳/۲۵	۱۷/۱۴	۱۹/۶۳	۲۶/۴۱	۲۸/۶۹	۳۲/۷۳	۳۳/۸۲	۲۰/۸۱	۱۱/۴۳	۱۰/۳۸	۱۱/۰۲	۱۱/۴۴	۱۹/۶۵
۱۳۵۶-۵۷	۱۰/۸۷	۲۵/۲۴	۲۴/۰۳	۱۸۹/۱۸	۵۹/۹۳	۷۱/۱۰	۵۷/۹۲	۳۱/۶۸	۱۸/۵۳	۱۶/۲۵	۱۷/۳۹	۱۴/۵۸	۴۴/۳۶
۱۳۵۷-۵۸	۱۴/۴۵	۱۵/۴۱	۳۴/۰۹	۲۷/۱۴	۴۴/۴۷	۳۷/۴۱	۴۵/۷۰	۲۳/۸۶	۱۷/۴۰	۱۱/۷۱	۱۱/۱۹	۱۲/۶۸	۲۴/۵۳
۱۳۵۸-۵۹	۱۰/۸۲	۱۰/۷۴	۲۲/۲۲	۳۲/۲۰	۷۴/۷۲	۱۰۹/۶۰	۱۱۸/۸۵	۵۵/۵۱	۲۸/۰۶	۲۰/۴۲	۱۵/۹۱	۱۶/۳۳	۴۲/۸۰
۱۳۵۹-۶۰	۱۳/۵۹	۱۴/۹۵	۲۰/۲۴	۲۷/۸۴	۴۶/۷۶	۵۴/۰۴	۵۵/۶۰	۴۵/۰۰	۱۸/۲۱	۱۶/۰۱	۱۲/۹۶	۱۱/۵۰	۲۷/۹۸
۱۳۶۰-۶۱	۹/۰۱	۱۰/۵۴	۱۷/۷۶	۱۳/۸۵	۳۲/۵۳	۸۲/۳۴	۹۸/۲۹	۴۰/۲۵	۲۱/۳۳	۱۴/۹۳	۱۰/۳۰	۹/۷۸	۳۰/۰۱
۱۳۶۱-۶۲	۹/۰۳	۲۹/۱۱	۱۶/۷۵	۲۳/۰۷	۲۷/۶۶	۳۸/۳۵	۴۴/۶۶	۲۶/۶۲	۱۳/۶۴	۸/۴۸	۸/۱۵	۹/۵۵	۲۱/۱۸
۱۳۶۲-۶۳	۹/۳۸	۱۰/۶۲	۱۳/۰۸	۱۳/۱۸	۱۴/۸۲	۱۲/۶۶	۴۱/۹۶	۱۶/۷۹	۸/۴۵	۶/۹۱	۶/۴۷	۷/۱۶	۱۳/۴۸
۱۳۶۳-۶۴	۵/۷۳	۹/۳۹	۱۵/۰۷	۲۶/۹۵	۴۶/۹۶	۲۷/۷۶	۲۵/۷۸	۷/۸۹	۶/۹۷	۶/۱۵	۵/۶۲	۵/۷۶	۱۵/۷۱
۱۳۶۴-۶۵	۶/۴۱	۹/۶۱	۱۷/۷۶	۱۷/۴۲	۱۵/۰۵	۲۲/۲۴	۴۷/۵۹	۳۹/۲۴	۱۴/۳۴	۹/۴۸	۷/۴۱	۷/۹۰	۱۷/۹۱

سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
۱۳۶۵-۶۶	۶/۲۶	۹/۰۶	۱۰۰/۳۲	۵۱/۸۸	۳۶/۷۴	۶۱/۶۹	۶۳/۳۶	۲۶/۱۷	۱۱/۷۷	۹/۴۵	۹/۲۵	۷/۰۲	۳۲/۵۰
۱۳۶۶-۶۷	۷/۵۵	۱۱/۳۴	۱۳/۵۶	۲۸/۵۸	۵۱/۶۴	۹۳/۱۶	۴۵/۸۹	۳۷/۰۶	۱۳/۹۴	۱۲/۰۰	۱۰/۰۳	۱۰/۳۳	۲۷/۶۸
۱۳۶۷-۶۸	۱۰/۴۱	۱۱/۲۲	۱۵/۹۵	۲۱/۰۴	۱۷/۷۶	۴۴/۸۵	۳۴/۵۸	۱۶/۲۰	۷/۶۹	۷/۸۹	۶/۷۶	۷/۲۱	۱۶/۶۸
۱۳۶۸-۶۹	۷/۲۹	۱۶/۴۹	۴۵/۹۹	۳۳/۲۱	۷۱/۱۲	۵۷/۹۴	۴۳/۰۰	۲۱/۵۷	۱۱/۶۴	۱۰/۵۵	۱۰/۱۳	۹/۰۷	۲۷/۹۳
۱۳۶۹-۷۰	۸/۵۲	۹/۳۱	۱۰/۸۴	۲۲/۰۰	۵۲/۵۴	۶۴/۶۴	۵۹/۰۰	۱۹/۳۳	۱۲/۱۹	۱۰/۴۰	۱۰/۳۶	۸/۴۷	۲۳/۸۲
۱۳۷۰-۷۱	۱۰/۶۴	۸/۹۳	۷۰/۲۹	۵۴/۷۳	۴۶/۱۰	۹۲/۲۷	۹۳/۸۹	۸۸/۹۵	۵۸/۵۵	۲۳/۵۷	۱۸/۵۴	۱۵/۶۲	۴۸/۴۴
۱۳۷۱-۷۲	۱۴/۰۶	۱۴/۵۹	۲۲/۹۱	۷۶/۱۹	۹۶/۹۱	۲۲۲/۷۲	۱۰۸/۴۱	۶۳/۰۰	۲۸/۲۶	۲۰/۹۷	۲۰/۲۸	۱۹/۲۴	۵۸/۳۷
۱۳۷۲-۷۳	۲۲/۷۲	۲۵/۵۶	۲۸/۸۴	۲۶/۸۴	۲۸/۵۹	۲۵/۶۲	۱۸/۴۴	۹/۵۸	۷/۱۳	۶/۵۲	۷/۱۹	۶/۸۲	۱۷/۶۷
۱۳۷۳-۷۴	۶/۸۸	۲۸/۹۲	۸۰/۳۹	۵۷/۲۹	۱۰۹/۵۷	۶۹/۹۲	۶۳/۴۱	۳۵/۳۱	۱۷/۹۷	۱۴/۴۱	۱۲/۶۴	۱۱/۸۰	۴۲/۰۵
۱۳۷۴-۷۵	۱۱/۸۷	۱۳/۷۰	۱۵/۶۸	۲۲/۳۴	۴۹/۵۷	۱۱۲/۶۵	۱۲۰/۸۱	۶۰/۴۷	۲۱/۰۸	۱۳/۶۱	۱۱/۵۸	۱۲/۲۶	۳۸/۶۷
۱۳۷۵-۷۶	۱۱/۲۹	۱۰/۳۷	۱۷/۷۷	۱۴/۷۲	۱۳/۴۶	۱۵/۵۰	۵۱/۸۷	۲۶/۹۹	۹/۲۱	۷/۴۶	۶/۶۰	۶/۷۰	۱۶/۰۳
۱۳۷۶-۷۷	۶/۷۲	۷/۹۴	۱۴/۶۱	۳۵/۶۵	۱۰۹/۱۴	۸۰/۴۳	۱۰۸/۷۲	۳۰/۸۳	۱۷/۳۳	۱۴/۰۹	۱۱/۱۶	۱۰/۱۶	۳۷/۰۶
۱۳۷۷-۷۸	۱۰/۶۸	۱۰/۸۰	۱۱/۹۳	۱۴/۲۶	۲۰/۹۴	۱۰۲/۲۸	۵۲/۳۲	۱۷/۷۹	۱۲/۱۰	۹/۵۲	۸/۵۲	۸/۲۴	۲۳/۰۳
۱۳۷۸-۷۹	۹/۶۶	۹/۴۶	۱۱/۰۹	۱۱/۱۹	۲۲/۵۲	۲۲/۰۷	۱۳/۶۳	۶/۴۲	۵/۳۰	۴/۴۳	۴/۸۰	۵/۲۵	۱۰/۴۰
۱۳۷۹-۸۰	۶/۳۳	۸/۲۹	۱۳/۶۵	۱۵/۴۹	۱۱/۵۸	۱۶/۷۱	۱۴/۷۳	۷/۶۷	۴/۶۴	۳/۱۱	۳/۳۱	۳/۶۱	۹/۰۳
۱۳۸۰-۸۱	۵/۴۱	۵/۸۹	۸۷/۱۸	۱۰۴/۴۰	۵۸/۱۵	۵۵/۰۸	۷۹/۸۸	۴۲/۲۶	۱۹/۱۳	۱۲/۹۳	۱۱/۶۷	۱۰/۴۰	۴۰/۸۱
۱۳۸۱-۸۲	۱۲/۰۵	۱۱/۸۰	۲۰/۰۹	۱۹/۹۶	۴۴/۳۱	۶۵/۶۱	۷۱/۳۷	۳۵/۴۴	۱۴/۱۶	۱۰/۵۲	۹/۳۳	۷/۹۲	۲۶/۷۷
۱۳۸۲-۸۳	۸/۷۵	۹/۱۴	۱۵/۹۳	۱۲۶/۶۴	۸۸/۹۷	۷۵/۵۳	۷۷/۰۳	۴۱/۶۷	۱۸/۱۹	۱۴/۸۴	۱۳/۱۹	۱۱/۷۲	۴۱/۵۳
۱۳۸۳-۸۴	۱۳/۱۳	۱۳/۶۲	۳۰/۴۹	۴۵/۳۹	۵۴/۳۳	۹۲/۳۹	۶۳/۵۴	۲۳/۴۱	۱۲/۶۷	۱۰/۵۱	۱۱/۰۲	۱۰/۲۹	۳۱/۴۵
۱۳۸۴-۸۵	۱۱/۶۲	۱۲/۹۰	۱۵/۰۲	۶۹/۲۸	۷۴/۷۸	۳۲/۹۲	۳۰/۷۲	۱۴/۳۹	۹/۹۷	۱۱/۸۲	۸/۵۴	۷/۱۹	۲۴/۷۳
۱۳۸۵-۸۶	۸/۵۲	۱۰/۵۴	۱۷/۸۴	۱۲/۲۹	۱۴/۸۰	۲۰/۱۶	۱۰۷/۷۶	۳۲/۶۶	۳۳/۸۷	۳۲/۵۰	۲۳/۷۲	۲۵/۵۹	۲۸/۶۱
۱۳۸۶-۸۷	۲۴/۹۴	۳۶/۶۷	۱۶/۴۶	۲۷/۷۰	۴۸/۹۳	۳۲/۷۲	۴/۴۷	۳/۵۴	۲/۸۴	۱۶/۴۷	۱۴/۰۹	۲/۵۳	۱۹/۰۶
۱۳۸۷-۸۸	۱۰/۳۰	۳/۹۴	۴/۶۸	۴/۴۷	۱۸/۱۷	۴/۸۳	۸/۹۹	۵/۲۰	۴/۰۶	۹/۰۵	۶/۷۰	۵/۷۱	۷/۱۷
۱۳۸۸-۸۹	**۶/۷۷**	**۵/۷۶**	**۱۵/۰۵**	**۹/۰۰**	**۲۴/۰۲**	**۴۸/۸۱**	**۱۵/۰۸**	**۱۰/۳۴**	**۸/۴۷**	**۱۳/۵۹**	**۱۰/۲۸**	**۱۶/۴۴**	**۱۵/۱۸**
۱۳۸۹-۹۰	**۴/۳۳**	**۵/۸۵**	**۷/۶۷**	**۵/۳۰**	**۳۹/۱۹**	**۱۰۸/۲۹**	**۵۷/۴۴**	**۲۲/۵۷**	**۱۰/۲۳**	**۱۹/۱۵**	**۱۶/۱۴**	**۱۴/۰۲**	**۲۵/۶۳**
۱۳۹۰-۹۱	**۶/۸۶**	**۲۴/۷۲**	**۳۹/۶۲**	**۳۷/۸۹**	**۶۰/۴۶**	**۵۴/۸۸**	**۷۴/۷۹**	**۴۶/۱۵**	**۲۵/۸۷**	**۱۹/۷۷**	**۲۰/۴۸**	**۱۵/۶۱**	**۳۵/۵۲**
۱۳۹۱-۹۲	**۹/۳۴**	**۱۱/۲۴**	**۲۹/۶۴**	**۴۱/۱۵**	**۴۷/۵۲**	**۵۵/۰۸**	**۴۰/۸۱**	**۳۹/۵۱**	**۲۷/۵۴**	**۱۹/۰۶**	**۱۵/۴۵**	**۱۳/۷۸**	**۲۹/۰۷**
۱۳۹۲-۹۳	**۶/۱۳**	**۹/۷۷**	**۸/۶۰**	**۱۳/۲۶**	**۲۵/۷۶**	**۴۰/۴۳**	**۷۶/۵۷**	**۶۱/۹۳**	**۱۴/۷۰**	**۸/۱۸**	**۶/۷۹**	**۶/۶۸**	**۲۳/۲۹**
۱۳۹۳-۹۴	**۱۰/۴۴**	**۸/۲۹**	**۱۶/۰۹**	**۱۰/۴۶**	**۲۰/۳۱**	**۴۳/۸۰**	**۴۲/۵۱**	**۱۳/۱۳**	**۱۲/۴۸**	**۱۶/۸۳**	**۱۶/۴۶**	**۱۲/۵۹**	**۱۸/۵۷**
۱۳۹۴-۹۵	**۶/۰۳**	**۶/۱۰**	**۷/۹۲**	**۴۳/۹۶**	**۴۵/۷۳**	**۱۳/۰۷**	**۱۸/۳۰**	**۱۶/۲۶**	**۴/۲۳**	**۵/۳۵**	**۳/۵۵**	**۲/۶۷**	**۱۴/۳۳**
۱۳۹۵-۹۶	**۸/۷۹**	**۲۰/۲۶**	**۹/۲۰**	**۵/۹۰**	**۱۰/۴۱**	**۱۳/۴۰**	**۳۵/۲۶**	**۸/۹۱**	**۳/۳۶**	**۳/۹۹**	**۲/۵۴**	**۴/۵۵**	**۱۰/۵۳**
۱۳۹۶-۹۷	**۲/۸۳**	**۵/۰۳**	**۸/۹۷**	**۷/۴۷**	**۷/۲۷**	**۸/۸۵**	**۳۴/۴۱**	**۸/۳۰**	**۳/۲۵**	**۱/۱۵**	**۰/۷۷**	**۱/۱۶**	**۷/۴۶**
۱۳۹۷-۹۸	**۳/۱۷**	**۹/۶۴**	**۲۲/۴۷**	**۲۲/۵۰**	**۳۹/۴۸**	**۳۰/۹۱**	**۱۱۵/۲۵**	**۳۱/۴۴**	**۱۲/۵۲**	**۱۷/۳۴**	**۱۶/۷۶**	**۲۰/۴۲**	**۲۸/۶۰**
۱۳۹۸-۹۹	**۱۲/۳۷**	**۱۱/۹۷**	**۳۰/۶۲**	**۴۰/۱۹**	**۴۲/۰۷**	**۴۴/۱۴**	**۷۵/۲۰**	**۵۴/۱۶**	**۱۹/۶۵**	**۱۷/۱۶**	**۱۵/۴۹**	**۱۵/۲۳**	**۳۱/۵۲**
میانگین کل	۹/۷۷	۱۳/۰۳	۲۴/۴۲	۳۴/۶۷	۴۴/۸۸	۵۵/۷۸	۵۷/۴۷	۳۰/۱۸	۱۵/۲۴	۱۲/۷۰	۱۱/۱۵	۱۰/۴۸	۲۶/۵۳

خط روند آبدهی‌های بازسازی شده ایستگاه هیدرومتری چمریز در بازه زمانی ۷۹-۱۳۵۴ (سال‌های آبی ۵۵-۱۳۵۴ تا ۸۰-۱۳۷۹) که متناظر با دوره ایستایی بارش است، در شکل (۵) آورده شده است. در جدول (۶) فرآیند طبیعی‌سازی ایستگاه هیدرومتری چمریز و در جدول (۷) مقادیر حدی آبدهی ماهانه طبیعی ایستگاه چمریز (زیرحوضه شماره ۱) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه ایستگاه چمریز ۳۳/۶۲ مترمکعب در ثانیه می باشد. بیشترین میزان آبدهی آن ۶۳/۹۲ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان این آبدهی ۱۶/۲۵ مترمکعب در ثانیه بوده است.



شکل (۵): بررسی روند آبدهی سالانه ایستگاه چمریز (آمار بازسازی با حذف اثر سد ملاصدرا).

جدول (۶): فرآیند طبیعی سازی آبدهی ایستگاه هیدرومتری چمریز (مترمکعب در ثانیه).

ردیف	سال آبی	آبدهی غیرطبیعی ایستگاه (مترمکعب در ثانیه)	شیب خط روند	برداشت آب (مترمکعب در ثانیه)	آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز (مترمکعب در ثانیه)
۱	۱۳۵۴-۵۵	۴۶/۸۳۵	۰/۳۰۸۴	۰/۳۰۸	۴۷/۱۴
۲	۱۳۵۵-۵۶	۱۹/۶۴۹	۰/۳۰۸۴	۰/۶۱۷	۲۰/۲۷
۳	۱۳۵۶-۵۷	۴۴/۳۶۲	۰/۳۰۸۴	۰/۹۲۵	۴۵/۲۹
۴	۱۳۵۷-۵۸	۲۴/۵۳۰	۰/۳۰۸۴	۱/۲۳۴	۲۵/۷۶
۵	۱۳۵۸-۵۹	۴۲/۸۰۵	۰/۳۰۸۴	۱/۵۴۲	۴۴/۳۵
۶	۱۳۵۹-۶۰	۲۷/۹۷۸	۰/۳۰۸۴	۱/۸۵۰	۲۹/۸۳
۷	۱۳۶۰-۶۱	۳۰/۰۰۷	۰/۳۰۸۴	۲/۱۵۹	۳۲/۱۷
۸	۱۳۶۱-۶۲	۲۱/۱۷۶	۰/۳۰۸۴	۲/۴۶۷	۲۳/۶۴
۹	۱۳۶۲-۶۳	۱۳/۴۷۷	۰/۳۰۸۴	۲/۷۷۶	۱۶/۲۵
۱۰	۱۳۶۳-۶۴	۱۵/۷۱۰	۰/۳۰۸۴	۳/۰۸۴	۱۸/۷۹
۱۱	۱۳۶۴-۶۵	۱۷/۹۱۳	۰/۳۰۸۴	۳/۳۹۲	۲۱/۳۱
۱۲	۱۳۶۵-۶۶	۳۲/۴۹۷	۰/۳۰۸۴	۳/۷۰۱	۳۶/۲۰

ردیف	سال آبی	آبدهی غیرطبیعی ایستگاه (مترمکعب در ثانیه)	شیب خط روند	برداشت آب (مترمکعب در ثانیه)	آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز (مترمکعب در ثانیه)
۱۳	۱۳۶۶-۶۷	۲۷/۶۸۴	۰/۳۰۸۴	۴/۰۰۹	۳۱/۶۹
۱۴	۱۳۶۷-۶۸	۱۶/۶۸۳	۰/۳۰۸۴	۴/۳۱۸	۲۱/۰۰
۱۵	۱۳۶۸-۶۹	۲۷/۹۳۱	۰/۳۰۸۴	۴/۶۲۶	۳۲/۵۶
۱۶	۱۳۶۹-۷۰	۲۳/۸۱۷	۰/۳۰۸۴	۴/۹۳۴	۲۸/۷۵
۱۷	۱۳۷۰-۷۱	۴۸/۴۳۹	۰/۳۰۸۴	۵/۲۴۳	۵۳/۶۸
۱۸	۱۳۷۱-۷۲	۵۸/۳۶۹	۰/۳۰۸۴	۵/۵۵۱	۶۳/۹۲
۱۹	۱۳۷۲-۷۳	۱۷/۶۶۵	۰/۳۰۸۴	۵/۸۶۰	۲۳/۵۲
۲۰	۱۳۷۳-۷۴	۴۲/۰۴۸	۰/۳۰۸۴	۶/۱۶۸	۴۸/۲۲
۲۱	۱۳۷۴-۷۵	۳۸/۶۶۸	۰/۳۰۸۴	۶/۴۷۶	۴۵/۱۴
۲۲	۱۳۷۵-۷۶	۱۶/۰۳۰	۰/۳۰۸۴	۶/۷۸۵	۲۲/۸۲
۲۳	۱۳۷۶-۷۷	۳۷/۰۵۶	۰/۳۰۸۴	۷/۰۹۳	۴۴/۱۵
۲۴	۱۳۷۷-۷۸	۲۳/۰۳۳	۰/۳۰۸۴	۷/۴۰۲	۳۰/۴۳
۲۵	۱۳۷۸-۷۹	۱۰/۳۹۸	۰/۳۰۸۴	۷/۷۱۰	۱۸/۱۱
۲۶	۱۳۷۹-۸۰	۹/۰۳۱	۰/۳۰۸۴	۸/۰۱۸	۱۷/۰۵
۲۷	۱۳۸۰-۸۱	۴۰/۸۱۰	۰/۳۰۸۴	۸/۳۲۷	۴۹/۱۴
۲۸	۱۳۸۱-۸۲	۲۶/۷۶۷	۰/۳۰۸۴	۸/۶۳۵	۳۵/۴۰
۲۹	۱۳۸۲-۸۳	۴۱/۵۲۶	۰/۳۰۸۴	۸/۹۴۴	۵۰/۴۷
۳۰	۱۳۸۳-۸۴	۳۱/۴۴۶	۰/۳۰۸۴	۹/۲۵۲	۴۰/۷۰
۳۱	۱۳۸۴-۸۵	۲۴/۷۳۰	۰/۳۰۸۴	۹/۵۶۰	۳۴/۲۹
۳۲	۱۳۸۵-۸۶	۲۸/۶۰۶	۰/۳۰۸۴	۹/۸۶۹	۳۸/۴۸
۳۳	۱۳۸۶-۸۷	۱۹/۰۵۶	۰/۳۰۸۴	۱۰/۱۷۷	۲۹/۲۳
۳۴	۱۳۸۷-۸۸	۷/۱۷۱	۰/۳۰۸۴	۱۰/۴۸۶	۱۷/۶۶
۳۵	۱۳۸۸-۸۹	۱۵/۱۸۴	۰/۳۰۸۴	۱۰/۷۹۴	۲۵/۹۸
۳۶	۱۳۸۹-۹۰	۲۵/۶۳۴	۰/۳۰۸۴	۱۱/۱۰۲	۳۶/۷۴
۳۷	۱۳۹۰-۹۱	۳۵/۵۲۳	۰/۳۰۸۴	۱۱/۴۱۱	۴۶/۹۳
۳۸	۱۳۹۱-۹۲	۲۹/۰۷۲	۰/۳۰۸۴	۱۱/۷۱۹	۴۰/۷۹
۳۹	۱۳۹۲-۹۳	۲۳/۲۹۵	۰/۳۰۸۴	۱۲/۰۲۸	۳۵/۳۲
۴۰	۱۳۹۳-۹۴	۱۸/۵۶۹	۰/۳۰۸۴	۱۲/۳۳۶	۳۰/۹۱
۴۱	۱۳۹۴-۹۵	۱۴/۳۳۴	۰/۳۰۸۴	۱۲/۶۴۴	۲۶/۹۸
۴۲	۱۳۹۵-۹۶	۱۰/۵۲۹	۰/۳۰۸۴	۱۲/۹۵۳	۲۳/۴۸
۴۳	۱۳۹۶-۹۷	۷/۴۶۴	۰/۳۰۸۴	۱۳/۲۶۱	۲۰/۷۳
۴۴	۱۳۹۷-۹۸	۲۸/۶۰۵	۰/۳۰۸۴	۱۳/۵۷۰	۴۲/۱۷
۴۵	۱۳۹۸-۹۹	۳۱/۵۱۵	۰/۳۰۸۴	۱۳/۸۷۸	۴۵/۳۹
	حداکثر	۵۸/۳۶۹	۰/۳۰۸۴	۸/۰۱۸	۶۳/۹۲
	متوسط	۲۹/۳۷۴	۰/۳۰۸۴	۶/۳۲۲	۳۵/۷۰
	حداقل	۹/۰۳۱	۰/۳۰۸۴	۴/۶۲۶	۱۷/۰۵

آبدهی طبیعی سد ملاصدرا (زیرحوضه ۲)

بعد از طبیعی نمودن آبدهی ماهانه ایستگاه چمریز و نسبت رواناب ناخالص، آبدهی طبیعی سد ملاصدرا محاسبه شد. در جدول (۷) آبدهی طبیعی سد ملاصدرا (زیرحوضه شماره ۲) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه سد ملاصدرا ۱۸/۶۴ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی آن ۳۵/۴۵ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان این آبدهی ۹/۰۱ مترمکعب در ثانیه بوده است..

جدول (۷): مقادیر حدی آبدهی طبیعی ماهانه زیرحوضه‌های ۱ و ۲ (مترمکعب در ثانیه).

زیرحوضه	مقادیر حدی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
	حداکثر	۳۸/۲۶	۵۶/۲۵	۱۱۱/۷۴	۱۹۳/۱۲	۱۳۰/۰۳	۲۴۳/۹۰	۱۶۹/۹۲	۹۸/۵۷	۶۴/۸۸	۴۳/۷۱	۳۱/۹۰	۳۴/۴۲	۶۳/۹۲
۱	متوسط	۱۳/۰۸	۱۷/۲۱	۳۰/۸۵	۴۳/۱۹	۵۶/۶۵	۶۹/۴۳	۷۳/۴۹	۳۷/۸۴	۱۹/۰۷	۱۶/۴۷	۱۴/۳۷	۱۳/۵۵	۳۳/۶۲
	حداقل	۴/۶۸	۷/۰۹	۱۰/۹۹	۷/۶۰	۱۷/۸۷	۱۱/۸۹	۶/۸۶	۵/۴۳	۴/۳۶	۳/۲۰	۲/۱۳	۳/۲۱	۱۶/۲۵
	حداکثر	۲۱/۲۲	۳۱/۱۹	۶۱/۹۶	۱۰۷/۰۹	۷۲/۱۰	۱۳۵/۲۵	۹۴/۲۲	۵۴/۶۶	۳۵/۹۸	۲۴/۲۴	۱۷/۶۹	۱۹/۰۹	۳۵/۴۵
۲	متوسط	۷/۲۵	۹/۵۴	۱۷/۱۱	۲۳/۹۵	۳۱/۴۱	۳۸/۵۰	۴۰/۷۵	۲۰/۹۸	۱۰/۵۸	۹/۱۳	۷/۹۷	۷/۵۲	۱۸/۶۴
	حداقل	۲/۵۹	۳/۹۳	۶/۰۹	۴/۲۱	۹/۹۱	۶/۵۹	۳/۸۰	۳/۰۱	۲/۴۲	۱/۷۸	۱/۱۸	۱/۷۸	۹/۰۱

آبدهی طبیعی زیرحوضه‌های ۳ و ۴

با استفاده از آبدهی ایستگاه‌های دهکده سفید-سفید و گاودار، با استفاده از نسبت رواناب ناخالص آنها نسبت به آبدهی طبیعی سد ملاصدرا، آبدهی طبیعی زیرحوضه‌های ۳ و ۴ محاسبه شد. با توجه به محدودیت صفحات در این پژوهش، مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی این زیر حوضه‌ها در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه زیرحوضه شماره ۳، ۴/۹۷ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۹/۴۶ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۲/۴۰ مترمکعب در ثانیه بوده است. با توجه به جدول (۸) متوسط آبدهی طبیعی سالانه زیرحوضه شماره ۴، ۱۳/۱۵ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۲۵/۰۰ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۶/۳۶ مترمکعب در ثانیه بوده است.

آبدهی طبیعی زیرحوضه شماره ۵

آبدهی طبیعی این زیرحوضه برابر تفاضل آبدهی طبیعی سد ملاصدرا (زیرحوضه شماره ۲) از مجموع آبدهی دو زیرحوضه شماره ۳ و ۴ می‌باشد. مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی این زیر حوضه در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۰/۵۲ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۰/۹۹ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۰/۲۵ مترمکعب در ثانیه بوده است.

آبدهی طبیعی زیرحوضه شماره ۶

آبدهی طبیعی این زیرحوضه برابر تفاضل آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز (زیرحوضه شماره ۱) از آبدهی طبیعی سد ملاصدرا (زیرحوضه شماره ۲) می‌باشد. مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی این زیر حوضه در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۱۴/۹۸ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۲۸/۴۷ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۷/۲۴ مترمکعب در ثانیه بوده است.

آبدهی طبیعی زیرحوضه شماره ۷

آبدهی طبیعی این زیرحوضه، با توجه به آبدهی زیرحوضه شماره ۶ و نسبت رواناب ناخالص محاسبه شد. مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی این زیر حوضه در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۵/۷۲ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۱۰/۸۷ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۲/۷۶ مترمکعب در ثانیه بوده است.

آبدهی طبیعی زیرحوضه شماره ۸

آبدهی طبیعی این زیرحوضه، با توجه به آبدهی زیرحوضه شماره ۶ و نسبت رواناب ناخالص محاسبه شد. مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی این زیر حوضه در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۲/۳۹ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۴/۵۵ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۱/۱۶ مترمکعب در ثانیه بوده است.

آبدهی طبیعی زیرحوضه شماره ۹

آبدهی طبیعی این زیرحوضه، با تفاضل آبدهی زیرحوضه شماره ۶ از مجموع آبدهی دو زیرحوضه ۷ و ۸ محاسبه شد. مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی این زیر حوضه در جدول (۸) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۶/۸۷ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۱۳/۰۵ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۳/۳۲ مترمکعب در ثانیه بوده است

.

جدول (۸): مقادیر حدی آبدهی طبیعی ماهانه زیرحوضه شماره ۳ تا ۹ (مترمکعب در ثانیه).

زیرحوضه	سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهرور	سالانه
	حداکثر	۵/۶۶	۸/۳۲	۱۶/۵۳	۲۸/۵۷	۱۹/۲۳	۳۶/۰۸	۲۵/۱۳	۱۴/۵۸	۹/۶۰	۶/۴۷	۴/۷۲	۵/۰۹	۹/۴۶
۳	متوسط	۱/۹۳	۲/۵۵	۴/۵۶	۶/۳۹	۸/۳۸	۱۰/۲۷	۱۰/۸۷	۵/۶۰	۲/۸۲	۲/۴۴	۲/۱۳	۲/۰۰	۴/۹۷
	حداقل	۰/۶۹	۱/۰۵	۱/۶۳	۱/۱۲	۲/۶۴	۱/۷۶	۱/۰۱	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۴۷	۰/۳۱	۰/۴۷	۲/۴۰
	حداکثر	۱۴/۹۶	۲۲/۰۰	۴۳/۷۰	۷۵/۵۲	۵۰/۸۵	۹۵/۳۸	۶۶/۴۵	۳۸/۵۵	۲۵/۳۷	۱۷/۰۹	۱۲/۴۸	۱۳/۴۶	۲۵/۰۰
۴	متوسط	۵/۱۱	۶/۷۳	۱۲/۰۶	۱۶/۸۹	۲۲/۱۵	۲۷/۱۵	۲۸/۷۴	۱۴/۸۰	۷/۴۶	۶/۴۴	۵/۶۲	۵/۳۰	۱۳/۱۵
	حداقل	۱/۸۳	۲/۷۷	۴/۳۰	۲/۹۷	۶/۹۹	۴/۶۵	۲/۶۸	۲/۱۲	۱/۷۱	۱/۲۵	۰/۸۳	۱/۲۶	۶/۳۶
	حداکثر	۰/۵۹	۰/۸۷	۱/۷۴	۳/۰۰	۲/۰۲	۳/۷۹	۲/۶۴	۱/۵۳	۱/۰۱	۰/۶۸	۰/۵۰	۰/۵۳	۰/۹۹
۵	متوسط	۰/۲۰	۰/۲۷	۰/۴۸	۰/۶۷	۰/۸۸	۱/۰۸	۱/۱۴	۰/۵۹	۰/۳۰	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۵۲
	حداقل	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۲۵
	حداکثر	۱۷/۰۴	۲۵/۰۶	۴۹/۷۸	۸۶/۰۳	۵۷/۹۲	۱۰۸/۶۵	۷۵/۶۹	۴۳/۹۱	۲۸/۹۰	۱۹/۴۷	۱۴/۲۱	۱۵/۳۳	۲۸/۴۷
۶	متوسط	۵/۸۳	۷/۶۷	۱۳/۷۴	۱۹/۲۴	۲۵/۲۴	۳۰/۹۳	۳۲/۷۴	۱۶/۸۶	۸/۵۰	۷/۳۴	۶/۴۰	۶/۰۴	۱۴/۹۸
	حداقل	۲/۰۸	۳/۱۶	۴/۸۹	۳/۳۸	۷/۹۶	۵/۲۹	۳/۰۶	۲/۴۲	۱/۹۴	۱/۴۳	۰/۹۵	۱/۴۳	۷/۲۴
۷	حداکثر	۶/۵۱	۹/۵۷	۱۹/۰۰	۳۲/۸۴	۲۲/۱۱	۴۱/۴۷	۲۸/۸۹	۱۶/۷۶	۱۱/۰۳	۷/۴۳	۵/۴۲	۵/۸۵	۱۰/۸۷

زیرحوضه	سال آبی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهرور	سالانه
	متوسط	۲/۲۲	۲/۹۳	۵/۲۵	۷/۳۴	۹/۶۳	۱۱/۸۱	۱۲/۵۰	۶/۴۳	۳/۲۴	۲/۸۰	۲/۴۴	۲/۳۰	۵/۷۲
	حداقل	۰/۸۰	۱/۲۱	۱/۸۷	۱/۲۹	۳/۰۴	۲/۰۲	۱/۱۷	۰/۹۲	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۵۵	۲/۷۶
	حداکثر	۲/۷۳	۴/۰۱	۷/۹۶	۱۳/۷۶	۹/۲۶	۱۷/۳۷	۱۲/۱۰	۷/۰۲	۴/۶۲	۳/۱۱	۲/۲۷	۲/۴۵	۴/۵۵
۸	متوسط	۰/۹۳	۱/۲۳	۲/۲۰	۳/۰۸	۴/۰۴	۴/۹۵	۵/۲۳	۲/۷۰	۱/۳۶	۱/۱۷	۱/۰۲	۰/۹۷	۲/۳۹
	حداقل	۰/۳۳	۰/۵۰	۰/۷۸	۰/۵۴	۱/۲۷	۰/۸۵	۰/۴۹	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۱۵	۰/۲۳	۱/۱۶
	حداکثر	۷/۸۱	۱۱/۴۹	۲۲/۸۲	۳۹/۴۴	۲۶/۵۵	۴۹/۸۱	۳۴/۷۰	۲۰/۱۳	۱۳/۲۵	۸/۹۳	۶/۵۱	۷/۰۳	۱۳/۰۵
۹	متوسط	۲/۶۷	۳/۵۱	۶/۳۰	۸/۸۲	۱۱/۵۷	۱۴/۱۸	۱۵/۰۱	۷/۷۳	۳/۸۹	۳/۳۶	۲/۹۳	۲/۷۷	۶/۸۷
	حداقل	۰/۹۶	۱/۴۵	۲/۲۴	۱/۵۵	۳/۶۵	۲/۴۳	۱/۴۰	۱/۱۱	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۴۳	۰/۶۶	۳/۳۲

آبدهی طبیعی زیرحوضه‌های شماره ۱۰ و ۱۱

در ادامه بایستی آبدهی حوضه میانی حد فاصل ایستگاه هیدرومتری چمریز تا سد درودزن برآورد. بدین منظور ابتدا بایستی آبدهی‌های ماهانه سد درودزن طبیعی‌سازی شود، اما محدودیت‌های پیش رو برای این طبیعی‌سازی به شرح زیر است:

۱- عدم وجود آمار مدون از برداشت آب‌های حد فاصل ایستگاه چمریز تا سد درودزن: یکی از فرض‌های اساسی در فرآیند طبیعی‌سازی آبدهی با روش حذف روند، افزایش تدریجی برداشت آب است. اما بایستی توجه داشت بخشی از اراضی هدف سد ملاصدرا نیز در حد فاصل ایستگاه چمریز و سد درودزن به بهره‌برداری رسیده‌اند، بنابراین قبل از اجرای فرآیند طبیعی‌سازی با روش حذف روند نیاز به حذف اثرات برداشت آب شبکه-هایی است که از سال ۱۳۸۸ به صورت یکباره و نه با روند افزایش تدریجی در حد فاصل ایستگاه چمریز و سد درودزن به بهره‌برداری رسیده‌اند. این امر خود مستلزم وجود سری زمانی ماهانه و سالانه بلند مدت از برداشت‌ها است که آمار مدونی از آن وجود ندارد.

۲- نیاز به تطویل ۲۵ ساله آمار ورودی به سد درودزن و خطای ناشی از تطویل آمار با توجه به عدم همبستگی مناسب در بسیاری از ماه‌ها با ایستگاه جمریز به عنوان ایستگاه معرف و مبنای منطقه طرح. همچنین به دلیل اینکه ورودی به سد درودزن با توجه به خروجی آب آن و افت سد آب در ماه‌های مختلف محاسبه می‌شود و آب خروجی به صورت تنظیم شده می‌باشد، نمی‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳- بدیهی است قبل از شروع فرآیند طبیعی‌سازی سد درودزن از روش حذف روند، بایستی اثر بهره‌برداری از سد ملاصدرا حذف شود که تنها بر اساس آمار بهره برداری سد ملاصدرا و برآورد حوضه میانی حد فاصل سد ملاصدرا تا سد درودزن میسر است. این در حالی است که برآورد آورد حوضه میانی فوق خود مسأله اصلی و محور بحث است. بدین مفهوم که اگر چه یکی از اهدف اصلی ما از طبیعی‌سازی آبدهی سد درودزن آن است که در نهایت از تفاضل آبدهی آن با ایستگاه چمریز برای برآورد حوضه میانی استفاده نماییم اما فرآیند حذف اثرات سد ملاصدرا از آبدهی سد درودزن بدون برآورد حوضه میانی امکان پذیر نیست و این یک تسلسل و دور باطل است. به عبارت ساده‌تر ما آبدهی طبیعی سد درودزن را نیاز داریم تا حوضه میانی بین ایستگاه چمریز و سد درودزن (زیر حوضه شماره ۱۰) را محاسبه نماییم اما طبیعی کردن آبدهی سد درودزن خود مستلزم برآورد حوضه میانی جهت حذف اثرات بهره برداری سد ملاصدرا است.

۴- تفاضل آمار ثبت شده ایستگاه چمریز و سد درودزن در وضع موجود در برخی از ماه‌ها منفی است که امکان مستقیم برآورد حوضه میانی مورد نظر در بند سه را امکان پذیر نمی‌سازد.

بنابراین در ادامه تصمیم گرفته شدکه از روش‌های جاستین و ایکار برای محاسبه آبدهی طبیعی سد درودزن با مبنا قرار دادن آمار طبیعی ایستگاه چمریز استفاده نمود.

شیوه استفاده از این روابط بدین صورت می‌باشد که ابتدا با استفاده از مقادیر بارش سالانه، دمای سالانه، شیب حوضه و مساحت حوضه ایستگاه چمریز، مقدار ضرایب جاستین و ایکار برای ایستگاه چمریز به صورت سال به سال محاسبه می‌شود. سپس با استفاده از این ضرایب، به همراه مقادیر بارش و دمای سالانه، شیب و مساحت حوضه سد درودزن و استفاده از روابط (۱) و (۲)، مقدار آبدهی سالانه طبیعی سد درودزن محاسبه شد. با توجه به نتایج ارائه شده دو روش، تصمیم بر استفاده از میانگین آبدهی طبیعی سالانه محاسبه شده دو روش جاستین و ایکار گرفته شد. در جدول (۲) پارامترها و ضرایب این دو روش ارائه شده است. تا اینجا آبدهی طبیعی سالانه محاسبه شده است، ولی لازم است آبدهی طبیعی سالانه به آبدهی‌های طبیعی ماهانه تبدیل شود. برای این منظور با استفاده نسبت رواناب ناخالص، آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز به محل سد درودزن منتقل شده و ضرایب ماهانه آبدهی برای سد درودزن محاسبه شد. سپس با ضرب نمودن ضریب‌های ماهانه در آبدهی طبیعی سالانه سد درودزن، آبدهی طبیعی ماهانه سد درودزن محاسبه گردید. در جدول (۹) مقادیر حدی آبدهی‌های ماهانه طبیعی سد درودزن ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۴۳/۴۰ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۷۷/۰۹ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۲۱/۴۸ مترمکعب در ثانیه بوده است. تفاضل آبدهی طبیعی ماهانه سد درودزن (زیرحوضه شماره ۱۱) از آبدهی طبیعی ماهانه ایستگاه چمریز (زیرحوضه شماره ۱) برابر آبدهی طبیعی زیرحوضه شماره ۱۰ می‌باشد. مقادیر متوسط، حداکثری و حداقلی زیر حوضه شماره ۱۰، در جدول (۹) ارائه شده است. با توجه به این جدول متوسط آبدهی طبیعی سالانه این زیرحوضه ۹/۷۸ مترمکعب در ثانیه می‌باشد. بیشترین میزان آبدهی محاسبه شده برابر ۳۱/۸۰ مترمکعب در ثانیه و کمترین میزان آبدهی آن ۲/۵۸ مترمکعب در ثانیه بوده است.

جدول (۹): مقادیر حدی آبدهی طبیعی ماهانه زیرحوضه‌های شماره ۱۰ و ۱۱ (مترمکعب در ثانیه).

زیرحوضه	مقادیر حدی	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهرور	سالانه
	حداکثر	۴۹/۷۹	۷۳/۲۰	۱۷۲/۲۳	۳۲۸/۷۵	۱۶۶/۴۰	۲۷۳/۰۴	۲۰۰/۰۰	۱۲۸/۲۴	۸۳/۲۸	۵۳/۱۴	۳۹/۶۱	۴۱/۸۴	۷۷/۰۹
۱۱	متوسط	۱۶/۸۷	۲۲/۵۱	۴۰/۶۷	۵۷/۳۰	۷۲/۶۸	۸۸/۴۷	۹۴/۲۶	۴۸/۶۹	۲۴/۵۶	۲۱/۱۴	۱۸/۵۱	۱۷/۴۱	۴۳/۴۰
	حداقل	۵/۵۰	۹/۰۳	۱۱/۸۳	۸/۱۸	۲۱/۸۹	۱۴/۹۹	۸/۹۳	۷/۰۶	۵/۶۸	۴/۳۵	۲/۸۹	۴/۳۵	۲۱/۴۸
	حداکثر	۱۱/۵۳	۲۲/۶۹	۶۰/۴۸	۱۳۵/۶۳	۴۲/۹۷	۵۰/۹۷	۴۳/۰۶	۳۴/۳۴	۱۸/۳۹	۱۲/۴۹	۱۲/۴۷	۱۰/۴۵	۳۱/۸۰
۱۰	متوسط	۳/۸۰	۵/۳۰	۹/۸۲	۱۴/۱۰	۱۶/۰۳	۱۹/۰۴	۲۰/۷۷	۱۰/۸۵	۵/۴۹	۴/۶۷	۴/۱۴	۳/۸۵	۹/۷۸
	حداقل	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۸۴	۰/۵۸	۲/۷۳	۳/۱۱	۲/۰۷	۱/۶۴	۱/۱۳	۱/۱۴	۰/۷۶	۰/۸۴	۲/۵۸

بعد از محاسبه آبدهی طبیعی در هر یک از زیرحوضه‌ها، با مقایسه مقادیر طبیعی شده برای هر زیرحوضه با مقادیر ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری می‌توان میزان برداشت آب در بالادست هر ایستگاه هیدرومتری را مشخص نمود. در جدول (۱۰) میزان برداشت متوسط آب در طول دوره ۴۵ ساله برای بالادست ایستگاه هیدرومتری چمریز ارائه شده است. با توجه به این جدول میزان برداشت سالانه آب در بالادست این ایستگاه (زیرحوضه شماره ۱) برابر ۹/۴۷ مترمکعب در ثانیه می باشد. براساس این جدول مشاهده می‌شود که در ماه‌های دی تا اردیبهشت میزان برداشت آب بالاتر از میزان برداشت متوسط (۹/۴۷ مترمکعب در ثانیه) می باشد.

بررسی وضعیت ایستگاه چمریز با توجه به آمار ثبت شده در ایستگاه نشان می‌دهد که آبدهی ثبت شده در طول دوره آماری ۱۳۵۴ تا ۱۳۸۸ (قبل از احداث سد)

برابر ۲۸/۰۶ مترمکعب در ثانیه بوده است، به طوری‌که بعد از احداث سد ملاصدرا، آبدهی ثبت شده در این ایستگاه در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ به ۱۲/۰۸ مترمکعب در ثانیه رسیده است. این در حالی است که زمانی که اثر سد ملاصدرا در آبدهی حذف شود، آبدهی ایستگاه به ۲۱/۷۹ مترمکعب در ثانیه می‌رسد. بنابراین می‌توان دریافت که حدود ۸۰ درصد آبدهی ایستگاه چمریز به دلیل وجود سد ملاصدرا کمتر شده است. همچنین آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز در طول دوره ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ برابر با ۳۴/۱۳ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است. در مورد اثر سد ملاصدرا بر روی ورودی به سد درودزن به دلیل اینکه آمار ثبت شده ای در ایستگاه ورودی به سد موجود نیست، امکان برآورد کمی وجود نداشت. این در حالی است که آبدهی طبیعی سد درودزن در این دوره زمانی (۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸) مطالعه برابر با ۴۴/۷۷ مترمکعب در ثانیه برآورد شده است.

جدول (۱۰): میزان برداشت زیرحوضه شماره ۱ (مترمکعب در ثانیه).

مترمکعب در ثانیه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سالانه
آبدهی طبیعی	۱۳/۰۸	۱۷/۲۱	۳۰/۸۵	۴۳/۱۹	۵۶/۶۵	۶۹/۴۳	۷۳/۴۹	۳۷/۸۴	۱۹/۰۷	۱۶/۴۷	۱۴/۳۷	۱۳/۵۵	۳۳/۶۲
آبدهی ثبت شده	۹/۰۱	۱۱/۸۵	۲۲/۴۸	۳۲/۳۳	۴۱/۲۹	۵۱/۲۱	۵۱/۶۸	۲۷/۰۸	۱۳/۸۳	۱۱/۳۰	۹/۹۲	۹/۲۶	۲۴/۱۵
برداشت آب	۴/۰۷	۵/۳۶	۸/۳۷	۱۰/۸۷	۱۵/۳۶	۱۸/۲۲	۲۱/۸۱	۱۰/۷۶	۵/۲۴	۵/۱۷	۴/۴۶	۴/۲۹	۹/۴۷

مقایسه آبدهی طبیعی زیرحوضه‌ها

بعد از محاسبه آبدهی زیرحوضه‌های مختلف، مقایسه‌ای بین نتایج بدست آمده صورت گرفت. با توجه به موقعیت زیرحوضه‌ها، مساحت و شاخه‌های فرعی رودخانه‌ها، زیرحوضه شماره ۱۱ (بالادست درودزن) دارای بیشترین آبدهی طبیعی با مقدار متوسط ۴۳/۴۰ مترمکعب در ثانیه بوده و زیرحوضه شماره ۵ (میانی بین سد ملاصدرا و ایستگاه‌های دهکده‌های سفید و گاودار) با آبدهی طبیعی متوسط ۰/۵۲ مترمکعب در ثانیه دارای کمترین آبدهی بوده است.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به منظور بررسی وضعیت منابع و مصارف در بالادست سد درودزن از اطلاعات و آمار ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری موجود در داخل و اطراف حوضه استفاده شد. با ترسیم نقشه‌های هم بارش و هم‌دمای ماهانه در سال‌های مختلف برای زیرحوضه‌های مختلف، مقادیر بارش و دما برای هر یک از زیرحوضه‌ها، جهت کمک به برآورد دقیق‌تر آبدهی زیرحوضه‌ها استفاده شد. با توجه به آمار ایستگاه‌های هیدرومتری، ایستگاه چمریز به عنوان ایستگاه مبنا انتخاب شد. به دلیل برداشت آب در بالادست ایستگاه های هیدرومتری، میزان آبدهی حوضه‌های میانی منفی محاسبه می‌شد. از آن‌جا که ایستگاه هیدرومتری چمریز از سال ۱۳۸۸ به بعد متأثر از بهره‌برداری سد ملاصدرا است، ابتدا بایستی فرآیند حذف اثرات سد ملاصدرا و بازسازی آمار به نحو مقتضی انجام گیرد. بدین منظور با استفاده از آمار ایستگاه چمریز و نسبت رواناب ناخالص، مقدار آبدهی متأثر از سد ملاصدرا در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۹ در این ایستگاه محاسبه و جایگزین آمار آن گردید. سپس با استفاده از روش حذف روند، اقدام به برآورد آبدهی طبیعی ایستگاه چمریز و برداشت آب در بالادست آن ایستگاه گردید. برای سایر زیرحوضه‌ها نیز با توجه به نسبت رواناب خالص اقدام به محاسبه آبدهی طبیعی آنها شد. برای زیرحوضه شماره ۱۰ (حوضه میانی بین ایستگاه چمریز و سد درودزن) به دلیل نداشتن اطلاعات و محدودیت‌های فراوان، از روش‌های تجربی جاستین و ایکار استفاده شد و با میانگین گرفتن از این دو روش اقدام به محاسبه آبدهی طبیعی سالانه

و بعد از آن اقدام به محاسبه آبدهی طبیعی بالادست سد درودزن گردید. نتایج نشان می‌دهد که آبدهی ثبت شده در ایستگاه چمریز در طول دوره آماری ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸، به دلیل بهره برداری از سد ملاصدرا، حدود ۸۰ درصد کاهش یافته است که این موضوع در محاسبات آبدهی طبیعی و در نظر گرفتن حذف اثر سد ملاصدرا بر آبدهی ایستگاه چمریز لحاظ شده است، به طوری که آبدهی طبیعی این ایستگاه در این بازه زمانی ۳۴/۱۳ مترمکعب در ثانیه محاسبه شد. همچنین در این منطقه به دلیل تعطیل شدن تعداد زیادی از ایستگاه‌های هیدرومتری به خصوص در ورودی به سد درودزن و دشت کامفیروز، نتایج این مطالعه می‌تواند کمک مناسبی برای بررسی وضعیت منطقه در سال‌های آتی باشد. محاسبات صورت گرفته در این مطالعه، می‌تواند به عنوان اطلاعات مفید برای بررسی وضعیت بیلان‌های مختلف موجود در منطقه، مدیریت بهینه آب‌های سطحی و زیرزمینی و بررسی وضعیت سیستمی در این محدوده مورد استفاده قرار گیرد. مسئولان و مدیران آب در این منطقه می‌توانند از خروجی‌های این تحقیق در جهت مدیریت بهینه و مناسب منابع آبی در منطقه گام بردارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این تحقیق، از شرکت آب منطقه‌ای فارس به دلیل همکاری‌های لازم و در اختیار قرار دادن اطلاعات مورد نیاز این مطالعه، کمال تقدیر و تشکر را بعمل می‌آورند.

منابع

احمدی، م.ح.، یوسفی، ح.، فرزین، س. و رجب‌پور، ر. ۱۳۹۷. مدیریت منابع و مصارف آب سدهای ملاصدرا، سیوند و درودزن در حوضه آبخیز بختگان-مهارلو. علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال دوازدهم، شماره ۴۲، ص۴۱-۳۱.

اطاعت، ج. و صالحیان، س. ۱۳۹۹. تحلیل منابع و مصارف و ناپایداری منابع آب در حوضه آبریز زاینده رود. مهندسی آبیاری و آب ایران، سال دهم، شماره ۳۹، ص ۱۵۸-۱۴۲.

بایزیدی، ش.، مورکی علی‌آباد، ه. و زعفرانی‌زاده، م. ۱۳۹۱. طبیعی سازی آبدهی ایستگاه‌های هیدرومتری با روش Cindex حذف ترند تعدیل شده. نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، اصفهان. https://civilica.com/doc/165892.

حسینی، ی. ۱۳۹۲. انتخاب روش مناسب برای محاسبه آورد سالانه حوضه آبخیز با بررسی روش‌های مختلف برآورد دبی سالانه (حوضه جارو). اولین همایش ملی زهکشی در کشاورزی پایدار، تهران. https://civilica.com/doc/309788.

شهبازی، علی. ۱۳۹۷. برآورد آبدهی طبیعی با توزیع ماهانه در ایستگاه‌های آب سنجی حوضه مارون جراحی. هفتمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران،یزد. https://civilica.com/doc/845679.

علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد، ۶۷۵ صفحه.

عیدی‌پور، ا.، پورحقی، ا.، شکرالهی، ا. و یوسفی، ح. ۱۳۹۷. تدقیق جداسازی جریان پایه با استفاده از آبدهی ماهانه طبیعی شده. اکوهیدرولوژی، سال چهارم، شماره ۳، ص ۹۲۱-۹۱۱.

قضایی، ر.، سقازاده، ن. و اسدی نلیوان، ا. ۱۳۹۱. برآورد آبدهی با استفاده از روش‌های تجربی در حوضه فاقد آمار. یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، یاسوج. https://civilica.com/doc/510855.

ناصری، م.، زهرایی، ب.، پورسیاهی سامیان، ح. و خدادای، م. ۱۳۹۹. ارزیابی روش‌های تجربی برآورد جریان در حوضه‌های بدون ایستگاه نمونه پژوهش (حوضه سفید رود بزرگ). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره سی و دوم، شماره ۱، ص ۲۴-۱.

Bouleau, G. and D. Pont. 2015. Did you say reference conditions? Ecological and socio-economic perspectives on the European water framework directive. Environmental Science & Policy, 47: 32-41.

Fabre, J., R. Denis., A. Dezetter. and B. Grouillet. 2016. Reducing the gap between water demand and availability under climate and water use changes: assessing the effectiveness and robustness of adaptation. La Houille Blanche, 6: 21-29.

Kebede, M.G., L. Wang., K. Yang., D. Chen., X. Li., T. Zeng. and Zh. Hu. 2020. Discharge Estimates for Ungauged Rivers Flowing over Complex High-Mountainous Regions based Solely on Remote Sensing-Derived Datasets. remote sensing, 12(1064):1-22.

Kendall, M.G. 1975. Rank correlation methods. Charles Griffin, London.

Kim, T.J. and R.A. Wurbs. 2011. Development of monthly naturalized flow using Water Rights Analysis Package (WRAP)-based methods. KSCE Journal of Civil Engineering, 15 (7): 1299-1307.

Liu, Sh ., Zh. Xie. and Y. Zeng. 2016 .Discharge Estimation for an Ungauged Inland River in an Arid Area Related to Anthropogenic Activities: A Case Study of Heihe River Basin, Northwestern China. Advances in Meteorology, 2016:1-11.

Mann, H.B. 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica, 13: 245-259.

Saka, F. and H.T. Babacan. 2019. Discharge Estimation by Drainage Area Ratio Method at Some Specific Discharges for 2251 Stream Gauging Station in East Black Sea Basin, Turkey. Journal of Investigations on Engineering & Technology, 2(1): 22-25.

Young, A.R., R. Grew. and M.G.R. Holmes. 2003. Low flows 2000: a national water resources assessment and decision support tool. Water Science and Technology, 48 (10): 119-126.

Investigating The Effects of Mulla Sadra Dam on The Resources and Consumptions of Kamfirooz Plain and Dorodzan Dam

Abolfazl Laghbdost arani[1], Heidar Zarei[*2], Freidon Radmanesh[3], Mehdi Zarghami[4]

Abstract

The construction of dams in downstream basins can have significant impacts on the environment and water resources. This study investigates the effects of the Mulla Sadra Dam in the upstream area of the Dorodzan Dam in southern Iran, where drought conditions and over-water withdrawal are prevalent. Data from various meteorological and hydrometry stations in and around the basin were analyzed for a 45-year period, and the discharge affected by Mulla Sadra Dam was calculated using the Chamriz hydrometry station as a reference. The natural discharge of Chamriz station was estimated using the Trend removal method, and water withdrawal upstream of the station was calculated. The discharge of 11 sub-basins was estimated using the gross runoff method or experimental methods such as Justin and Icar. Results show that the average annual natural discharge of Chamriz station was 33.62 m3/s, and the average annual water withdrawal upstream of the station was 9.47 m3/s. The average annual natural discharge of the upstream basin of Mulla Sadra Dam and Dorodzan Dam was 18.64 and 43.40 m3/s, respectively.

Keywords: Natural discharge, Dorodzan Dam, Trend removal method, Justin method, Icar method.

[1]-Ph.D. Student, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. Laghabdoost629@yahoo.com.

[2*]-Associate Professor, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran (corresponding author). zareih@scu.ac.ir.

[3]-Associate Professor, , Department of Water Resources Engineering, Faculty of Water Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. feridon_radmanesh@yahoo.com.

[4]-Professor, Department of Water Engineering, Faculty of civil Engineering, Tabriz University, Tabriz, Iran. mzarghami@tabrizu.ac.ir.