



The Role of Flood Analysis in Different Return Periods Using Empirical Relationships for Small Watersheds in The Stability of Aquifers

Moen Tosan¹ | Zeynab Beyranvand²

1. M.Sc. Graduated, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

2. M.Sc. Graduated, Zabol University, Zabol, Iran.

✉ Corresponding Author: Moein.tosan@birjand.ac.ir

Received:
03 December 2023

Accepted:
27 December 2023

Published:
20 January 2024

Keywords:

*Flood Analysis,
Return Period,
SCS Method,
Hydrometry.*

Extended abstract

Introduction

In the design of engineering structures such as overflows, sewers, flood control plans, and water resources management, there is a need to obtain the maximum flood flow. Despite the statistical deficiencies and the absence of hydrometric stations in most of the small areas, choosing the appropriate methods according to the specific conditions of each area becomes very important. The present research examines several experimental methods of flood flow estimation. Among the methods used in this research, we can mention Fuller, Krieger, Deacon, and other methods based on the domain level. The results of the research show that the SCS method can significantly improve the accuracy and estimation of flood discharge by taking into account the temporal and spatial characteristics.

Materials and methods

To carry out hydrological studies in the basin, the hydrometric stations of Bagh Abbasi and Sanobar in Razavi Khorasan have been used. To estimate floods, methods such as Deacon's method, regional analysis method, Krieger's relation, and Fuller's relation were used.

Cite this article: Tosan, M. & Beyranvand, Z. (2023). The Role of Flood Analysis in Different Return Periods Using Empirical Relationships for Small Watersheds in The Stability of Aquifers. *Journal of Aquifer and Qanat Title*, 4 (1), 169-180. DOI: <http://doi.org/10.22077/jaaq.2023.6998.1054>



Copyright: © 2022 by the authors. Licensee Journal of Aquifer and Qanat. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Results and Discussion

In Deacon's method, after completing the statistics of the selected stations, the instantaneous maximum flow values of each station in the statistical period were obtained. Then this statistic was obtained with different return periods by HyFA software and by choosing the appropriate distribution that has the lowest standard error. In the regional analysis method, the results of different return periods were obtained by HyFA software and by choosing the appropriate distribution that has the lowest standard error. Dalrymple confidence limits with a return period of 10 years were obtained for different values of n . After implementing the lower (TL) and upper (TU) limits of the return period against the number of data (n) in the semi-logarithmic curve, the points related to the hydrometric stations in the test areas are plotted on the said curve. Any station whose position is outside the confidence limits is rejected in this test and is removed from the homogeneous area. To implement the points related to the hydrometric stations, the ratio of the 10-year instantaneous maximum discharge (Q_{10}) to the annual average ($Q_{2.33}$), $Q_{10}/Q_{2.33}$ of each station was calculated and their average was obtained for the tested area. It should be noted that in Gumbel's distribution, the long-term average of the annual maximum instantaneous discharge corresponds to the flood discharge with a return period of 2.33 years. Therefore, in these calculations, the flood discharge with a return period of 2.33 years ($Q_{2.33}$) is considered the average annual flood discharge. The average $Q_{10}/Q_{2.33}$ ratio obtained for the region in the previous step was multiplied by the $Q_{2.33}$ of each station to obtain the corrected Q_{10} values for each station (Q_{10}^*). Then, using the relationship between the return period and discharge (QT, T) for each station, the modified return period of 10 years (T_{10}^*) was calculated. The statistical effective period of each station (NE) was determined as the number of data (instantaneous maximum discharge) recorded annually plus half of the additional data of each station. Krieger and Fuller's methods were also investigated for flood calculation. According to the flood discharge which was estimated by different methods and presented in the above table, a visit was made to the area, soil texture, vegetation cover, and physical and topographic condition of the studied basin, the results of the regional analysis method are more reliable than the other presented methods. Therefore, these values are suggested as the flood of the basin.

Conclusion

The conclusion of this article shows that the use of the SC method for flood hydrograph analysis and basin flood discharge estimation is considered an effective and powerful tool due to its high accuracy and generalizability to different hydrological conditions. The flood hydrographs obtained by the SC method have not only been able to accurately and harmoniously react to various hydrological phenomena such as precipitation and water supply but also benefit from the ability of this method to recognize the patterns and temporal changes of floods. As another result, the estimation of the flood discharge of the basin based on the Sabobar and Bagh Abbasi stations is also justified and reliable. The result of this research shows that the SC method can provide a more accurate estimate of flood discharge compared to regional analysis and Krieger and Fuller methods. Examining these differences shows the important influence of the modeling method and the hydrological characteristics of the environment on the accuracy of the results. On the other hand, observing significant differences in the estimated flood discharge of the basin between different methods of regional analysis has also been significant. While the regional analysis method may lead to more differences in the flood discharge due to the inaccuracy in understanding the irrigation and spatial characteristics, the SC method, by taking into account the temporal and spatial characteristics, significantly improves the accuracy and ability to estimate the discharge. Therefore, the results of this research have not only improved the understanding of the flood behavior in the studied basins but also informed us of the importance of the fact that the use of the SC method can provide us with the analysis of the flood hydrograph and the accurate estimation of the flood discharge of the basins.



نقش تحلیل سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف برای حوزه‌های کوچک فاقد ایستگاه در پایداری آبخوان‌ها

معین توسن^۱ | زینب بیرانوند^۲

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

✉ نویسنده مسئول: Moein.tosan@birjand.ac.ir

چکیده

در طراحی سازه‌های مهندسی از قبیل سرریزها، مجاری فاضلاب‌ها، طرح‌های کنترل سیلاب و مدیریت منابع آب، نیاز به بر آورد مناسبی از حداکثر دبی سیل می‌باشد. با وجود نواقص آماری و عدم وجود ایستگاه هیدرومتری در اکثر حوزه‌های کوچک، انتخاب روش‌های مناسب با توجه به شرایط خاص هر حوزه اهمیت بالایی پیدا می‌کند. تحقیق حاضر، به بررسی چندین روش تجربی بر آورد دبی سیل می‌پردازد. از جمله روش‌های مورد استفاده در این تحقیق می‌توان به فولر، کریگر، دیکن و سایر روش‌های مبتنی بر سطح حوزه اشاره کرد. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد که روش SCS با مد نظر گرفتن بهتر ویژگی‌های زمانی و مکانی، توانایی بهبود چشمگیری در دقت و تخمین دبی سیل را دارد. این پیشرفت در تحقیق نه تنها به بهبود درک از رفتار سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه منجر شده است بلکه به عنوان ابزاری قوی برای تحلیل هیدروگراف سیلاب و تخمین دبی سیل حوضه‌ها و پایداری آبخوان به نظر می‌رسد. از این رو، نتایج تحقیق نه تنها نقش اساسی در بهبود فهم از منابع آب خواهند داشت بلکه در حفظ پایداری آبخوان‌ها نیز اهمیت بالایی دارند. در کل، نتایج این تحقیق نه تنها به بهبود درک از رفتار سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه انجامیده است بلکه نشان دهنده این واقعیت است که استفاده از روش SCS می‌تواند در تحلیل هیدروگراف سیلاب و تخمین دبی سیلاب حوضه‌ها در راستای پایداری آبخوان به ما ارائه کند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۶

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

کلیدواژه‌ها:

تحلیل سیلاب،
دوره بازگشت،
روش SCS،
هیدرومتری.

مقدمه

چهار روش آشنا، با ۱ در مقایسه‌ای بین روش هیدروگراف واحد مصنوعی، SCS، مثلثی و کلارک و هیدروگراف‌های مشاهده‌ای، بهترین تشخیص داده شد. بررسی‌های موضوعی نیز از رویکردهای مختلف FRA منتشر شده است، از جمله در مورد: مسائل روش شناختی و مقیاس فضایی، عدم قطعیت، نقشه‌برداری، تجزیه و تحلیل و ارزیابی ریسک در مقیاس جهانی و آسیب اقتصادی.

به‌طور کلی در برآورد دبی پیک سیلاب هر سه روش آشنا، SCS و مثلثی در یک سطح اطمینان هستند و روش SCS با خطای کمتری نسبت به دیگر روش‌ها هیدروگراف‌های سیلاب‌های حوزه را برآورد می‌کنند (Shah Mohammadi, 1994). ایده‌ای که هیدروگراف استخراج شده از یک بارش لحظه‌ای دلالت بر ویژگی‌های شبکه هیدروگرافی حوزه داشته‌باشد، توسط انجمن مهندسین آمریکا در سال ۱۹۳۰ ارائه شد استخراج هیدروگراف و برای کاربرد هیدروگراف تحقیقات متعددی جهت تکمیل و واحد لحظه‌ای برای آنالیز هیدروگراف در حوضه‌های مختلف انجام شده است (Beighley & Moglen, 2003).

در این مقاله، تمرکز بر تحلیل سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف در دو ایستگاه مشاهده، یعنی ایستگاه باغ عباسی و صنوبر قرار گرفته است. انتخاب این دو ایستگاه به‌منظور نمایان سازی تفاوت‌ها در رفتار سیلاب در دو محیط مختلف با شرایط هیدرولوژیکی متفاوت انجام شده است. بررسی ویژگی‌های سیلاب در این دو محل به‌منظور درک بهتر الگوها و مشخصه‌های آبیاری موازی با اهداف مدیریت منابع آب و کنترل سیلاب کلیدی است (Armed Forces Geographic Organization, 2002).

از روابط تجربی نیز به‌منظور افزایش دقت در تحلیل سیلاب استفاده می‌شود. این روابط به‌ویژه در حوزه‌های کوچک و با داده‌های محدود، ابزارهای مؤثری برای ارتقا قابلیت پیش‌بینی و تفسیر سیلاب‌ها فراهم می‌آورند. این تحلیل‌ها ارتقا نظارت و کنترل بر رویدادهای سیلابی را ممکن می‌سازند و به تحلیل دقیق‌تر و کارآمدتر اثرات مخرب سیلاب بر ساختارهای زیرساختی کمک

تحلیل سیلاب به‌عنوان یکی از جنبه‌های بنیادین هیدرولوژی و علم آب، اهمیت ویژه‌ای در تحقیقات مربوط به جریان‌ات آبی و رفتار سیلاب‌ها دارد (Crobeddu et al., 2007). با توجه به تأثیر بی‌ترتیب جریان سیلاب بر مسائل مختلف اقتصادی و زیست‌محیطی، تحلیل دقیق و نوآورانه این پدیده می‌تواند به بهبود مدیریت منابع آب و پیش‌بینی اثرات سیلاب بر محیط زیست کمک کند. در این راستا، تحلیل سیلاب در دوره‌های بازگشت مختلف و برآورد مقادیر رسوب ویژه در حوزه‌های کوچک، ابزارهای اساسی برای مدیریت منابع آب و اقدامات پیشگیری از سوانح آبی به‌شمار می‌آید (Armed Forces Geographic Organization, 2005).

تجزیه و تحلیل و ارزیابی خطر سیل (FRA) یک زیررشته علمی یا مجموعه‌ای از تکنیک‌های مربوط به تجزیه و تحلیل کمی و ارزیابی خطر سیل، اجزاء، متغیرها و پارامترهای آن است (Díez-Herrero et al., 2020). مفهوم مدرن FRA مبتنی بر ترکیبی از خطر سیل، احتمال و پیامدهای منفی بالقوه سیل برای سلامت انسان، فعالیت‌های اقتصادی، محیط زیست و میراث فرهنگی است (Solin et al., 2023).

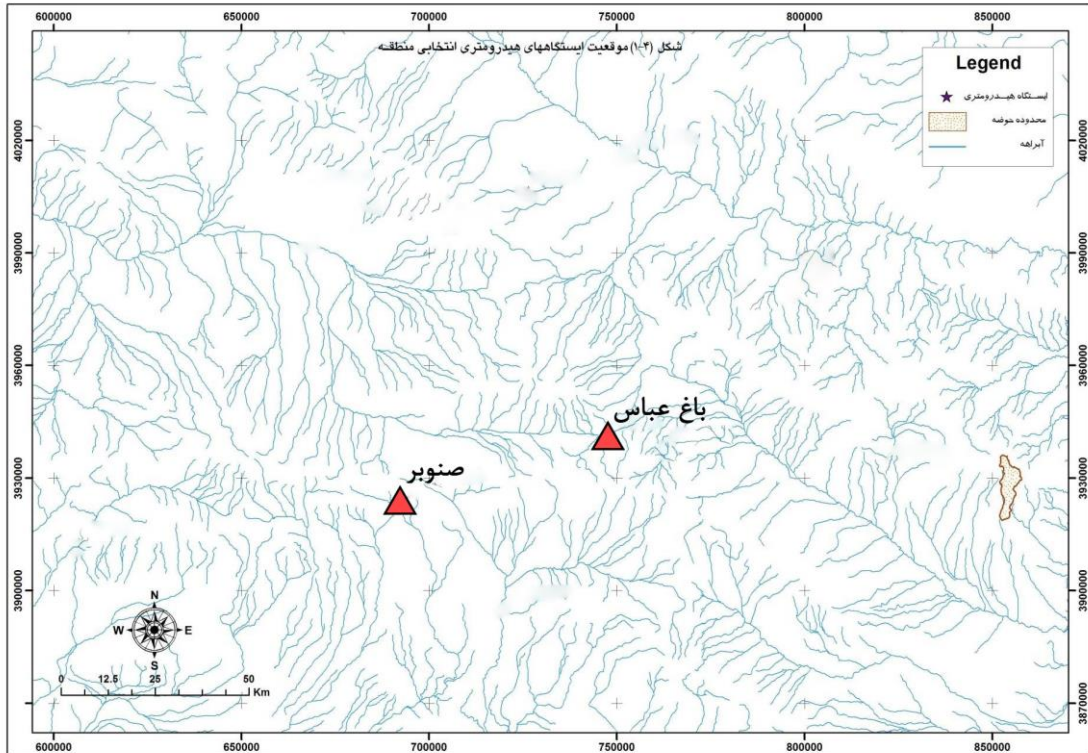
مهندسان اغلب تمایل به استفاده از داده‌های آماری ساده و فراگیر برگرفته از مطالعات قبلی نسبت به داده‌های پیچیده، و یا محاسبات جدید برای مطالعات خود دارند (Singh, 1992). آن‌ها در موارد نیاز می‌توانند با استفاده از آمار موجود اقدام به تکمیل و تطویل آمار مورد نیاز کنند. متخصصان علم هیدرولوژی استفاده از هیدروگراف واحد مصنوعی حوزه آبریز را یکی از روش‌های کاربردی برای برآورد میزان دبی پیک سیلاب برای حوزه‌های آبریز فاقد داده‌های هیدروکلیماتولوژی می‌دانند (Ghiyasi, 1996). در یکی از این روش‌ها بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی حوزه آبریز می‌توان مشخصات هیدروگراف واحد مصنوعی را تعیین کرد. در روش دیگر با استفاده از مشخصه‌های کمی ژئومورفولوژی و سرعت جریان در پیک سیلاب در حوضه‌ها، هیدروگراف واحد را استخراج می‌کنند. این روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای ژئومورفولوژی نامیده می‌شود. استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و

جهت انجام مطالعات هیدرولوژی در حوضه، از ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه که اسامی آن‌ها در جدول ۱ درج گردیده استفاده شده‌است. موقعیت این ایستگاه‌ها در شکل ۱ مشاهده می‌گردد.

می‌نمایند. در این تحقیق، به بررسی چندین روش تجربی برآورد دبی سیل می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

۱- منطقه مورد مطالعه



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی

Fig 1. Location of Selected Hydrometric Stations

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی

Table 1. Specifications of Selected Hydrometric Stations

مساحت Area (Km ²)	ارتفاع Height (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	تأسیس Established	رودخانه River	ایستگاه Station	ردیف Row		
۲۷۳	۱۶۳۰	۳۵	۳۴	۵۹	۴۳	۱۳۴۶	فریمان	باغ عباسی	۱
۷۶	۱۷۶۰	۳۵	۲۵	۵۹	۰۷	۱۳۵۲	شصت دره	سنوبر	۲

برآورد سیلاب روش دیکن

به منظور برآورد سیلاب‌های حداکثر لحظه‌ای از آمار سیلاب ایستگاه هیدرومتری تیمنک در دوره آماری مورد نظر استفاده شده است. برای این منظور ابتدا آمار ایستگاه با استفاده از نرم‌افزار HyFA آنالیز شده و توزیع لوگ پیرس ون تیپ ۳ با کمترین خطای استاندارد به عنوان توزیع مناسب انتخاب شده است.

$$\varphi_1 = \varphi_2 \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^{0.75} \quad (1)$$

که در این رابطه A مساحت حوضه (کیلومتر مربع)، A₂ مساحت ایستگاه (کیلومتر مربع)، Q₂ سیلاب ایستگاه (مترمکعب در ثانیه) و Q₁ سیلاب حوضه (مترمکعب در ثانیه) می‌باشد.

روش تحلیل منطقه‌ای

برای این منظور از آمار ایستگاه‌های هیدرومتری باغ عباسی و صنوبر استفاده شده است. جهت تکمیل آمار ایستگاه‌های مذکور در دوره آماری از روابط هم‌بستگی بین آمار دبی حداکثر لحظه‌ای در سال‌های دارای آمار در ایستگاه‌های مشابه از نظر شرایط هیدرولوژیکی استفاده شده است.

در این بخش جهت انجام آزمون تجانس (یکنواختی) از روش دالریمپل استفاده گردید. این روش برای کنترل تجانس ایستگاه‌ها در مناطق همگن به کار می‌رود. در این روش، متغیر تعدیل یافته Yt به صورت زیر تعریف می‌گردد:

$$Y_t = -Ln(-Ln((T-1)/T)) \quad (2)$$

که در آن T دوره بازگشت سیلاب می‌باشد. انحراف استاندارد متغیر تعدیل یافته Yt در توزیع گامبل به صورت زیر است:

$$\sigma_r = \frac{e^Y}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{T-1}} \quad (3)$$

که در آن n تعداد داده‌های مشاهده‌ای می‌باشد. با فرض توزیع نرمال متغیر تعدیل یافته، ۹۵٪ برآوردها داخل محدوده قرار می‌گیرند. در صورت در نظر گرفتن $\pm 2\sigma_y$

دوره بازگشت ۱۰ ساله، این محدوده به صورت زیر حاصل می‌شود.

$$2\sigma_y = \frac{0.666e^Y}{\sqrt{n}} \quad (4)$$

از آنجا که به ازای T=10، متغیر تعدیل یافته Yt در توزیع گامبل برابر ۲/۲۵ می‌شود، حدود اطمینان را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$2.25 \pm 6.33/\sqrt{n} \quad (5)$$

رابطه کریگر

یکی از فرمول‌های تجربی که به طور گسترده برای تعیین دبی حداکثر سیل در سطح حوضه‌های آبریز کوچک و بزرگ مورد استفاده قرار گرفته است فرمول کریگر است (Chow et al., 1998). به علت بهره‌گیری از مجموعه اطلاعات جهانی جهت ارائه این فرمول جنبه عمومی استفاده از این رابطه افزایش یافته است (Tavana & Yousefnezhad, 2006). وجود ضریب منطقه‌ای در این رابطه کالیبر کردن فرمول برای منطقه به وسیله تعیین این ضریب از مزیت‌های دیگر این رابطه می‌باشد. فرمول کریگر به صورت زیر بیان می‌شود:

$$Q = 46 C A^{0.894A^{(-0.048)}} \quad (6)$$

ضریب C که تعیین مقدار آن برای منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است که هم به صورت تجربی و یا با استفاده از آمار و اطلاعات حوضه‌های مجاور به دست می‌آید که البته صورت دوم از دقت بیشتری برخوردار است.

برای تعیین ضریب C از آمار دبی پیک سالیانه ایستگاه تیمنک در دوره شاخص استفاده شده است. آمار مذکور توسط نرم‌افزار HyFA آنالیز شده و با دوره بازگشت‌های متفاوت محاسبه شده است. حال با معلوم بودن مساحت بالادست ایستگاه تیمنک و جایگزینی در فرمول فوق مقدار C با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه می‌شود. حال با داشتن مقدار C با دوره بازگشت‌های مختلف و قرار دادن مساحت حوضه مطالعاتی در رابطه کریگر دبی سیلاب حوضه با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه می‌شود.

رابطه فولر

و شرایط اقلیمی مشابه حوضه مطالعاتی می‌باشد، با استفاده از آمار این ایستگاه در سال‌های (۸۵-۸۴ الی ۹۸-۹۷) ضریب C را به دست می‌آوریم. ابتدا آمار دبی پیک سالیانه ایستگاه را با نرم‌افزار HyFA در دوره بازگشت‌های مختلف آنالیز می‌کنیم (Q_p) و سپس با توجه به مساحت ایستگاه، Q_{MAX} و سپس ضریب C را با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه می‌کنیم.

نتایج و بحث

پس از تکمیل آمار ایستگاه‌های انتخابی مقادیر دبی حداکثر لحظه‌ای هر ایستگاه در دوره آماری در جدول ۲ آمده است. سپس این آمار با دوره بازگشت‌های مختلف توسط نرم‌افزار HyFA و با انتخاب توزیع مناسب که دارای کمترین خطای استاندارد باشد به دست آمد. نتیجه محاسبات در جدول ۲ درج شده است.

فولر رابطه‌های تجربی متعددی به صورت زیر ارائه کرده است و امتیاز آن نسبت به بسیاری از روش‌ها، در نظر گرفتن دوره بازگشت سیلاب در آن می‌باشد.

$$Q_{MAX} = CA^{0.8}(1 + \beta \log T) \quad (7)$$

$$Q_p = Q_{MAX}(1 + 2.66A^{-0.3})$$

Q_p و Q_{MAX} به ترتیب حداکثر دبی متوسط ۲۴ ساعته و دبی اوج لحظه‌ای مربوط به آن برحسب مترمکعب بر ثانیه در دوره بازگشت T سال است. مقدار C ضریبی است که بستگی به شرایط اقلیمی و جغرافیایی و خصوصیات حوضه داشته و می‌توان آن را با استفاده از آمار ایستگاه‌های موجود در منطقه به دست آورد و در حوضه‌های فاقد آمار به کار برد. A مساحت حوضه به کیلومتر مربع و ضریب طغیان منطقه‌ای بوده و برای حوضه‌های معمولی همانند حوضه مورد مطالعه برابر ۰/۸ در نظر گرفته می‌شود. با توجه به اینکه ایستگاه تیمنک از لحاظ موقعیت جغرافیایی

جدول ۲. برآورد سیلاب حوضه مورد مطالعه با استفاده از روش دیکن

Table 2. Flood Estimation of The Studied Basin Using Deacon's Method

دوره بازگشت (سال)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰
Return period (years)	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰۰
سیلاب ایستگاه تیمنک	۴۹/۹	۱۰۶/۷	۱۴۸/۲	۲۰۰/۶	۲۳۸/۱	۲۷۳/۵	۳۴۷/۴	۳۷۵/۶	۴۵۴/۶
Flooding of Timnak station (m^3/s)	۴۹/۹	۱۰۶/۷	۱۴۸/۲	۲۰۰/۶	۲۳۸/۱	۲۷۳/۵	۳۴۷/۴	۳۷۵/۶	۴۵۴/۶
سیلاب حوضه	۹/۲	۱۹/۷	۲۷/۳	۳۶/۹	۴۳/۹	۵۰/۴	۶۴	۶۹/۲	۸۳/۷
flood basin (m^3/s)	۹/۲	۱۹/۷	۲۷/۳	۳۶/۹	۴۳/۹	۵۰/۴	۶۴	۶۹/۲	۸۳/۷

دوره بازگشت ۱۰ ساله به ازای مقادیر مختلف n به صورت جدول ۳ حاصل می‌شود که در آن T_L : حد پایین دوره بازگشت، T_U : حد بالای دوره بازگشت و n: تعداد داده‌ها می‌باشد.

روش تحلیل منطقه‌ای

نتایج دوره بازگشت‌های مختلف توسط نرم‌افزار HyFA و با انتخاب توزیع مناسب که دارای کمترین خطای استاندارد باشد به دست آمد. حدود اطمینان دل‌ریمپل با

جدول ۳. حدود اطمینان دل‌ریمپل برای آزمون تجانس

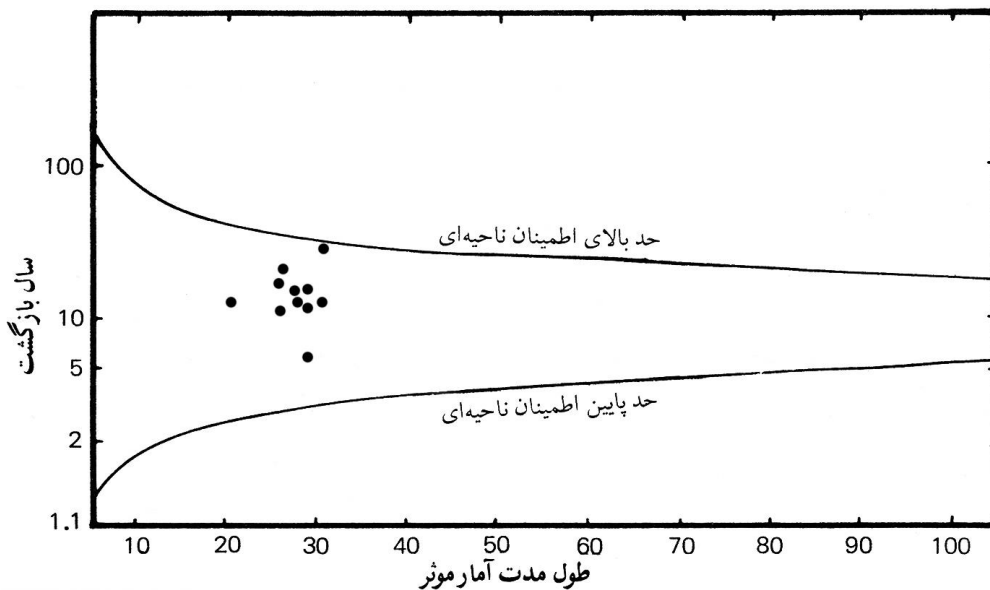
Table 3. Dalrymple Confidence Limits for Homogeneity Test

تعداد داده	حد بالا (T_U)	حد پایین (T_L)
Number of data	upper limit	lower limit
۵	۱۶۰	-۰/۵۸
۱۰	۷۰	۲۵
۲۰	۴۰	۸۳
۵۰	۲۴	۱/۳۵
۱۰۰	۱۸	۱/۶۲
۲۰۰	۱۵	۱/۸
۵۰۰	۱۳	۱/۹۷
۱۰۰۰	۱۲	۲/۵

منطقه در مرحله قبل، در $Q_{2.33}$ هر ایستگاه ضرب گردید تا مقادیر اصلاح شده Q_{10} برای هر ایستگاه (Q_{10}^*) حاصل شود. سپس با استفاده از رابطه دوره بازگشت و دبی (Q_T) حاصله برای هر ایستگاه، دوره بازگشت اصلاح شده ۱۰ ساله (T_{10}^*) محاسبه گردید. دوره مؤثر آماری هر ایستگاه (n_E) به صورت تعداد داده‌های (دبی حداکثر لحظه‌ای) مشاهده‌ای سالانه ثبت شده به اضافه نصف تعداد داده‌های تکمیلی هر ایستگاه تعیین شد.

سپس نقاط (n_E, T_{10}^*) متناظر برای هر ایستگاه روی نمودار آزمون دالریمل پیاده گردیدند. نتایج محاسبات n_E و T_{10}^* برای ایستگاه‌های انتخابی در جدول ۴ منعکس شده‌است. در شکل ۲ نیز آزمون تجانس به روش دالریمل برای حوضه مورد مطالعه ارائه شده‌است. بر اساس این شکل، تمامی ایستگاه‌های انتخابی در محدوده اطمینان قرار می‌گیرد.

پس از پیاده کردن حدود پایین (T_L) و بالا (T_U) دوره بازگشت در مقابل تعداد داده‌ها (n) در منحنی نیمه لگاریتمی، نقاط مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری در مناطق مورد آزمون بر روی منحنی مزبور پیاده می‌شود. هر ایستگاهی که موقعیت آن خارج از حدود اطمینان قرار گیرد، در این آزمون مردود شناخته می‌شود و از منطقه همگن خارج می‌گردد. برای پیاده کردن نقاط مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری، نسبت دبی حداکثر لحظه‌ای ۱۰ ساله (Q_{10}) به میانگین سالانه ($Q_{2.33}$)، $Q_{10}/Q_{2.33}$ هر ایستگاه محاسبه شده و متوسط آن‌ها برای منطقه مورد آزمون به دست آمد. لازم به ذکر است که در توزیع گامبل، میانگین دراز مدت دبی حداکثر لحظه‌ای سالانه مطابق با دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲/۳۳ سال است. بنابراین در این محاسبات نیز دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲/۳۳ ساله ($Q_{2.33}$) به عنوان دبی متوسط سالانه سیلابی در نظر گرفته شده‌است. متوسط نسبت $Q_{10}/Q_{2.33}$ حاصله برای



شکل ۲. آزمون تجانس به روش دالریمل برای منطقه مورد مطالعه

Fig 2. Homogeneity Test by Dalrymple Method for The Studied Area

برای ایستگاه‌های منطقه نشان می‌دهد. حال یک رابطه هم‌بستگی بین مساحت ایستگاه‌های انتخابی و دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲/۳۳ آن‌ها برقرار می‌کنیم که رابطه آن در شکل ۳ ارائه شده‌است.

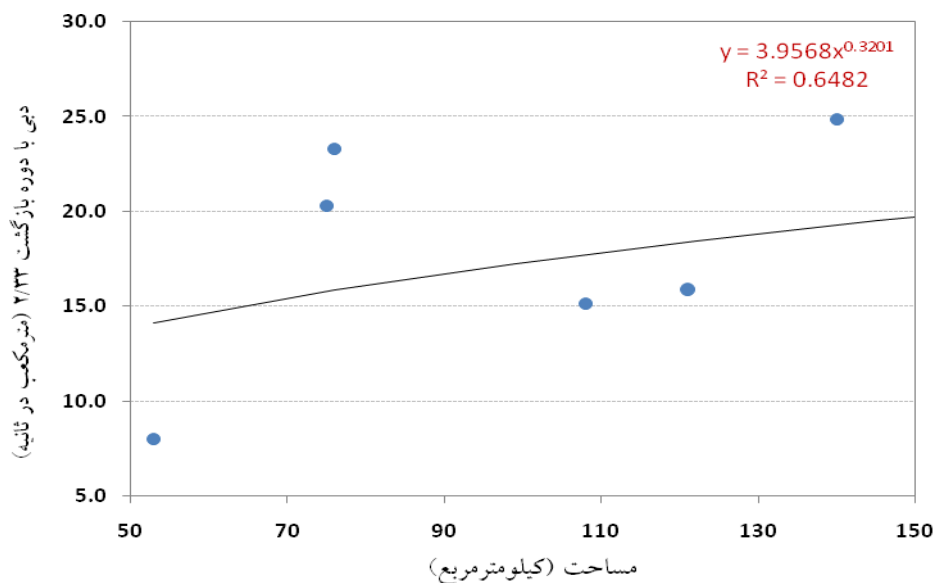
سپس نسبت دبی حداکثر لحظه‌ای با هر دوره بازگشت (Q_T) به میانگین سیلاب سالانه ($Q_{2.33}$) برای هر ایستگاه محاسبه شده و سپس میانه نسبت‌ها برای هر دوره بازگشت محاسبه شده‌است. جدول ۵ نسبت دبی با دوره بازگشت‌های مختلف به دبی با دوره بازگشت $T=2/33$ را

جدول ۴. نتایج محاسبات n_E و T_{10}^* برای ایستگاه‌های انتخابی
 Table 4. Calculation Results of n_E and T_{10}^* for Selected Stations

n_E	تعداد داده‌های تکمیل شده	تعداد داده‌های ثبت شده	T_{10}^*	Q_{10}^*	$Q_{10}/Q_{2.33}$	Q_{10}	$Q_{2.33}$	ایستگاه	ردیف
	Number of completed data	Number of recorded data							
۲۹	۴	۲۷	۶/۳	۸۳/۷	۵	۱۳۸/۱	۲۷/۴	باغ عباسی	۱
۲۸	۶	۲۵	۱۵/۲	۷۱	۳	۶۸/۸	۲۳/۳	صنوبر	۲

جدول ۵. نسبت دبی با دوره بازگشت‌های مختلف به دبی با دوره بازگشت $T = ۲/۳۳$ در ایستگاه‌های مورد مطالعه
 Table 5. The Ratio of Discharge with Different Return Periods to Discharge with Return Period $T=2.33$ in the Studied Stations

دوره بازگشت											مساحت	ایستگاه
Return period												
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۲۰	۱۰	۵	۲	۲۷۳	باغ عباسی
۲۰۴/۴	۷۸/۳	۵۶/۷	۳۵/۸	۲۴/۵	۱۶/۲	۱۰/۲	۸/۷	۵	۲/۶	۰/۸		
۳۲/۵	۱۷/۵	۱۴/۲	۱۰/۶	۸/۳	۶/۳	۴/۷	۴/۲	۳	۱/۹	۰/۸		



شکل ۳. رابطه همبستگی بین مساحت ایستگاه‌ها و دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲/۳۳

Fig 3. The Correlation between the Area of the Stations and the Flood Discharge with the Return Period Of 2.33

دوره بازگشت‌های مختلف برای حوضه محاسبه می‌گردد که نتایج آن در جدول ۶ ارائه شده‌است.

حال با قرار دادن مساحت حوضه در این رابطه مقدار $Q_{2.33}$ را برای آن به دست می‌آوریم. نهایتاً با ضرب کردن مقدار $Q_{2.33}$ در مقادیر میانه محاسبه شده در مرحله قبل دبی سیلاب با

جدول ۶. دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف حوضه به روش تحلیل منطقه‌ای (cms)

Table 6. Flood Discharge with Different Return Periods of The Basin by Regional Analysis Method (cms)

دوره بازگشت (سال)								
Return period (years)								
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲
۳۶۷	۱۹۹/۳	۱۶۴/۳	۱۰۱/۳	۷۹/۷	۶۰/۹	۳۹	۲۵/۸	۱۱/۹

رابطه کریگر

جدول ۷ نتایج حاصل از محاسبات روش کریگر را نشان می‌دهد.

جدول ۷. نتایج محاسبه دبی سیلاب حوضه با استفاده از روش کریگر (cms)

Table 7. The Results of Calculating The Flood Discharge of The Basin Using The Krieger Method (cms)

دوره بازگشت (سال)								
Return period (years)								
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲
دبی سیلاب ایستگاه تیمنک								
۴۵۴/۶	۳۷۵/۶	۳۴۷/۴	۲۷۳/۵	۲۳۸/۱	۲۰۰/۶	۱۴۸/۲	۱۰۶/۷	۴۹/۹
مقدار C								
۸/۹	۷/۴	۶/۸	۵/۴	۴/۷	۳/۹	۲/۹	۲/۱	۱
دبی سیلاب حوضه								
۹۹/۹	۹۲/۴	۸۱/۶	۷۲/۷	۶۳/۳	۵۳/۳	۳۹/۴	۲۸/۴	۱۳/۳

رابطه فولر

جدول ۸ مقادیر دبی پیک لحظه‌ای را برای حوضه با دوره بازگشت نشان می‌دهد.

جدول ۸. مقادیر دبی پیک لحظه‌ای حوضه با استفاده از روش فولر

Table 8. Instantaneous Peak Discharge Values of the Basin Using Fuller's Method

دوره بازگشت (سال)								
Return period (years)								
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲
حوضه Q_p								
۹۵/۹	۷۹/۲	۷۳/۳	۵۷/۷	۵/۲	۴۲/۳	۳۱/۳	۲۲/۵	۱/۵
Q_p of basin								

حوضه مورد مطالعه، نتایج روش تحلیل منطقه‌ای نسبت به سایر روش‌های ارائه شده قابل اطمینان‌تر بوده، لذا این مقادیر به‌عنوان سیلاب حوضه پیشنهاد می‌گردد. جدول ۱۰ برآورد نهایی سیلاب در حوضه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

خلاصه نتایج برآورد دبی سیلاب حوضه مطالعاتی با روش‌های مختلف در جدول ۹ درج شده است. با توجه به دبی سیلاب‌ها که با روش‌های مختلف برآورد و در جدول فوق ارائه گردید، بازدید صورت گرفته از منطقه، بافت خاک، پوشش گیاهی، وضعیت فیزیکی و توپوگرافیک

جدول ۹. خلاصه نتایج برآورد دبی سیلاب حوضه مطالعاتی با روش‌های مختلف (cms)

Table 9. Summary of the Results of Estimating the Flood Discharge of the Study Basin with Different Methods (cms)

دوره بازگشت (Return period)									روش (Method)
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۳۶۷	۱۹۹/۳	۱۶۴/۳	۱۰۱/۳	۷۹/۷	۶۰/۹	۳۹	۲۵/۸	۱۱/۹	تحلیل منطقه‌ای (Regional analysis)
۸۳/۷	۶۹/۲	۶۴	۵۰/۴	۴۳/۹	۳۶/۹	۲۷/۳	۱۹/۷	۹/۲	دیکن (deacon)
۹۹/۹	۹۲/۴	۸۱/۶	۷۲/۷	۶۳/۳	۵۳/۳	۳۹/۴	۲۸/۴	۱۳/۳	کریگر (Krieger)
۹۵/۹	۷۹/۲	۷۳/۳	۵۷/۷	۵۰/۲	۴۲/۳	۳۱/۳	۲۲/۵	۱۰/۵	فولر (Fuller)

جدول ۱۰. برآورد نهایی سیلاب در حوضه مورد مطالعه (cms)

Table 10. Final Estimate of Floods in the Studied Basin (cms)

دوره بازگشت (سال) Return period									دبی سیلاب (cms) flood discharge (cms)
۱۰۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۳۶۷	۱۹۹/۳	۱۶۴/۳	۱۰۱/۳	۷۹/۷	۶۰/۹	۳۹	۲۵/۸	۱۱/۹	

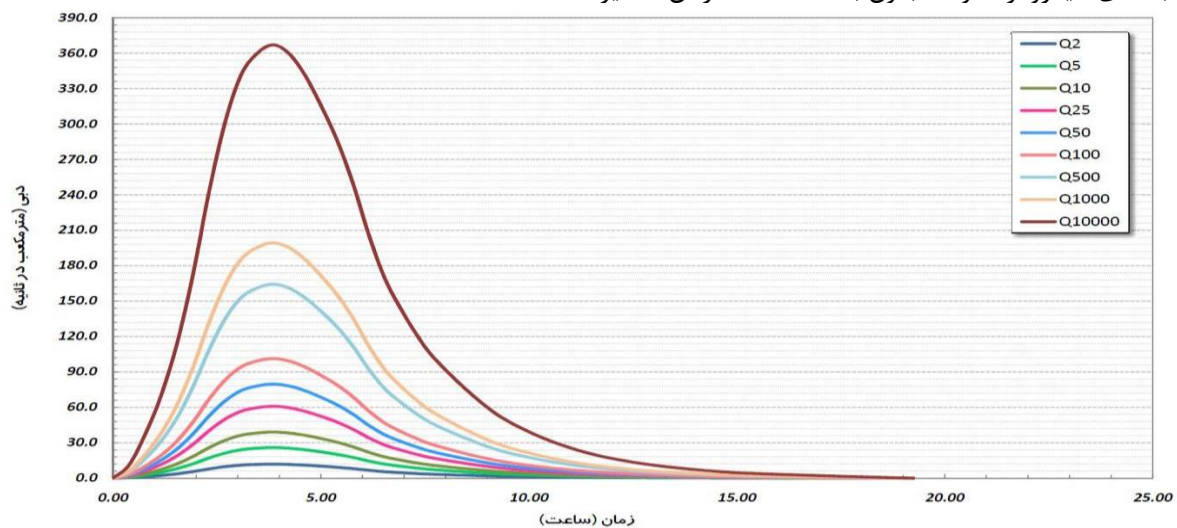
نسبت زمان (t/t_p) در مقابل نسبت دبی هیدروگراف (Q/Q_p) داده شده است به دست می‌آید. برای به دست آوردن مختصات نقاط هیدروگراف کافی است مقادیر T_p و Q_p در دست باشند. t_p از معادله زیر محاسبه می‌شوند:

$$t_p = 0.6t_c + \sqrt{t_c} \quad (۸)$$

که در آن: t_c : زمان تمرکز حوضه (ساعت) و t_p : زمان رسیدن به دبی پیک (ساعت) می‌باشد. هیدروگراف سیلاب حوضه در دوره بازگشت‌های مختلف رسم شده که نتایج آن در شکل ۴ ارائه شده است.

هیدروگراف سیلاب‌ها

محاسبه حجم رواناب حاصل از بارندگی رگباری با استفاده از شماره منحنی (CN) یک روش شناخته شده بین‌المللی است. سازمان حفاظت خاک آمریکا این روش را که موسوم به روش SCS یا هیدروگراف واحد بدون بعد است. در سال ۱۹۵۷ ارائه کرده است. نتایج کار بر روی آن نشان داد که مدل قادر است بر روی هر نوع حوزه آبخیز شهری، طبیعی، مختلط (ترکیبی از شهری و طبیعی) به کار رود (Ghahroudi Talei, 2006). برای رسم هیدروگراف سیلاب‌ها از روش SCS استفاده شده است. در این روش مختصات هیدروگراف واحد از جدول نسبت‌های هیدروگراف واحد بدون بعد SCS که در آن مقادیر



شکل ۴. ابعاد هیدروگراف سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف

Fig 4. Flood Hydrograph Dimensions with Different Return Periods

نتیجه‌گیری

مشاهده تفاوت‌های قابل توجه در دبی سیلاب تخمین زده شده حوزه بین روش‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای نیز قابل توجه بوده است. در حالی که روش تحلیل منطقه‌ای ممکن است به دلیل نادراستی در درک خصوصیات آبیاری و مکانی به اختلافات بیشتری در دبی سیلاب منجر شود، روش SC با در نظر گرفتن بهتر ویژگی‌های زمانی و مکانی موجب بهبود چشمگیر در دقت و توانایی تخمین دبی می‌گردد. از این رو، نتایج این تحقیق نه تنها به بهبود درک از رفتار سیلاب در حوضه‌های مورد مطالعه انجامیده است بلکه اهمیت واقعیت که استفاده از روش SC می‌تواند در تحلیل هیدروگراف سیلاب و تخمین دقیق دبی سیلاب حوضه‌ها به ما ارائه کند، خبر می‌دهد. این نتایج می‌توانند به‌عنوان یک پایه نظری برای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی در زمینه مانیتورینگ و کنترل حوادث آبی و هیدرولوژی باشند، به‌خصوص در راستای حفظ پایداری آبخانه‌ها و ایجاد سیاست‌های مؤثر در این زمینه.

نتیجه‌گیری نهایی این مقاله نشان می‌دهد که استفاده از روش SC برای تحلیل هیدروگراف سیلاب و برآورد دبی سیلاب حوضه، به دلیل دقت بالا و قابلیت تعمیم پذیری به شرایط مختلف هیدرولوژیکی، یک ابزار مؤثر و قدرتمند محسوب می‌شود. هیدروگراف‌های سیلاب حاصل از روش SC نه تنها توانسته‌اند به‌طور دقیقی و هماهنگ با پدیده‌های هیدرولوژیکی مختلف مانند بارش و آبرسانی واکنش نشان دهند، بلکه از توانایی این روش در تشخیص الگوها و تغییرات زمانی سیلاب‌ها نیز بهره‌مند شوند. به‌عنوان نتیجه‌ای دیگر، برآورد دبی سیلاب حوضه بر اساس ایستگاه‌های صنوبر و باغ عباسی نیز توجیه‌پذیر و قابل اطمینان می‌باشد. حاصل این تحقیق نشان می‌دهد که روش SC قادر به ارائه تخمین دقیق‌تری از دبی سیلاب در مقایسه با روش‌های تحلیل منطقه‌ای و کریگر و فولر است. بررسی این تفاوت‌ها نشان‌دهنده تأثیر مهم نحوه مدل‌سازی و ویژگی‌های هیدرولوژیکی محیط بر دقت نتایج است. از سوی دیگر،

منابع

- Shah mohammadi, Z. (1994). *The Feasibility of Using Artificial Unit Hydrograph Methods in the Khorasan Watershed*. Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
- Tavana, M. H., & Yousefnezhad, F. (2006). *Investigation of the Dominant Flow Trend in Rivers: A Case Study of the Qarehsoo River, Kermanshah*. Seventh International Seminar on Engineering. [In Persian].
- Díez-Herrero, A., & Garrote, J. (2020). Flood risk assessments: Applications and uncertainties. *Water*, 12(8), 2096.
- Solin, L., & Skubincan, P. (2013). Flood risk assessment and management: review of concepts, definitions and methods. *Geogr. J*, 65, 23-44.
- Armed Forces Geographic Organization. (2002). *Cultural Geography of the Country's Counties*. Armed Forces Geographic Organization Publications, Tehran. [In Persian].
- Armed Forces Geographic Organization. (2005). *Cultural Geography of the Rivers in the Watershed of the Persian Gulf and the Oman Sea*. Armed Forces Geographic Organization Publications, Tehran. [In Persian].
- Beighley, R. E., & Moglen, G. E. (2003). Adjusting measured peak discharges from an urbanizing watershed to reflect a stationary land use signal. *Water resources research*, 39(4).
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1988). *Applied Hydrology*.
- Crobeddu, E., Bennis, S., & Rhouzlane, S. (2007). Improved rational hydrograph method. *Journal of hydrology*, 338(1-2), 63-72.
- Ghahroudi Talei, M. (2006). Evaluation of the SCS Model in Estimating Runoff in the Karaj Great Dam Watershed. *Geography and Development Journal*, 4(7), 185-198. [In Persian].
- Ghiyasi, N. (1996). *Application of Instantaneous Geomorphological Unit Hydrograph in the Imam Watershed*. Master's thesis, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. [In Persian].
- Singh, V. P. (1992). *Elementary hydrology*. (No Title). Statistical Yearbook. (2007). Country Management and Planning Organization, Kermanshah.Iran. [In Persian].