



Estimating the Peak Discharge and Analyzing the Hydrological Changes of the River Case Study: The Mountainous Section of the Qaranqoo Chay River

Sayyad Asghari Saraskanrood ¹✉, Elnaz Piroozi ²

1- (Corresponding Author) Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Email: s.asghari@uma.ac.ir

2- Department of Natural Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Email: e.pirouzi@uma.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

27 November 2023

Received in revised form:

23 February 2024

Accepted:

29 March 2024

Available online:

2 May 2024

Keywords:

Hydrological Parameters,
Peak Discharge,
Experimental Methods,
Flood,
Qaranqoo Chay.

ABSTRACT

Knowing the maximum flow rate is necessary to deal with floods, and one of the main problems in watershed planning is the lack or absence of necessary statistics, especially hydrological statistics. Therefore, the absence or lack of hydrometric information in watersheds requires appropriate experimental methods to estimate the maximum discharge. Thus, this research aims to estimate the maximum discharge in the mountainous part of Qaranqoo Chay and analyze the hydrological changes of the river. This research relies on fieldwork, using satellite images and topographic and geological maps. In this research, the water velocity was first measured using the Costa and Jarrett method, and then the flood discharge was estimated based on that. The hydrological conditions of the river were also calculated according to the data of the upstream and downstream stations of the range and using 18 indicators. The research results show that the maximum flood estimated by the Costa method (89.60 m³/s) is closer to the observed values, which indicates the efficiency of this method. Based on the research findings, the connection of Saraskanroodchay, Shorchay, and Khatonabadchay branches, high slope and impervious formations, low cross-section and channelization of the flow, local blockage due to the fall of large stone fragments and the filling of the section can be considered as the reason for the high maximum flood values in the mountainous part of Qaranqoo Chay. In addition, the results of the study showed that the construction of the Sahand dam caused a fundamental change in the downstream flow regime, and these changes affected the hydrological characteristics.

Cite this article: Asghari Saraskanrood, S., & Piroozi, E. (2024). Estimating the Peak Discharge and Analyzing the Hydrological Changes of the River Case Study: The Mountainous Section of the Qaranqoo Chay River. *Physical Geography Research Quarterly*, 56 (1), 25-40.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2024.367818.1007793>



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended abstract

Introduction

One of the most vital topics in hydrology studies is the topic of flood and flooding, after which the necessity of investigating the maximum discharge of the river regime is raised. The absence or lack of hydrometric information in watersheds requires appropriate experimental methods to estimate the maximum discharge. Considering that there is no hydrometric station along the mountainous part of the Qaranqoo Chay River and considering the importance of the subject, the purpose of this research is to use the morphometric characteristics of the channel and the size of the rubble of the river bed to estimate the amount of flood discharge in this area.

Methodology

This research is based on fieldwork, using satellite images, hydrometric data, and topographical and geological maps, and it is descriptive-analytical in terms of its purpose and method. ENVI, Ecognition, Arc GIS, and Excel software have been used for image processing and data analysis. First, to estimate the maximum output flood, the data related to the morphometry of the channel, including the cross-sectional area, wet environment, hydraulic radius, and channel slope, were calculated according to field surveys and existing information layers. In the next step, the water speed was calculated. In this research, two Costa methods (based on particle diameter) and Jarrett method (based on the characteristics and morphometric conditions of the flow channel) were used to estimate the water flow speed. Then, the instantaneous peak discharge rate was calculated according to the obtained speed values. It has been obtained considering the area of the cross-sections, and finally, by comparing the discharge values obtained from the application of the method used in the current research with the observed and recorded discharge values from the studied area, the accuracy of the results has been verified. To investigate the hydrological changes in the study area, the data from Chapini and Mianeh stations have been analyzed using 18 hydrological indicators.

Results and Discussion

Using the Costa method, the maximum flow rate was calculated at 89.60 (m³/s), and based on the results of the Jarrett method, the flow rate was estimated at 137.87 (m³/s). Considering the flow return periods in the studied stations, it can be stated that the flow rate calculated by the Costa method at the Chapini station and the Haft-Mianeh tunnel has a return period of 10 and 5 years. However, the amount of discharge estimated by Jarrett's method at Chapini station and Haft-Mianeh tunnel, respectively, Flowhas 25 and 10-year returns. The comparison of the results generally shows that the data calculated by the Casta method is closer to the observed data. The results show that the main course of the river in the study area passes through Eocene rhyolitic, basaltic, and trachyandesite rocks. Due to the proper strength of the rocks in this part of the river path, the valley-river is full of twists and turns, and the eroded slopes are often rocks that have turned into bedrock due to alteration caused by igneous intrusions. Therefore, the areas of the study route with geologically and lithologically resistant surface formations and their permeability coefficient are very low, vegetation cover is insignificant, and they have a high peak flow rate and a more significant potential for flooding. In addition, many ravines overlook the valleys in the study area, and the valleys are V-shaped and deep. The rivers excavate and deepen their bed to achieve balance, which indicates that the topography of the basin is young. Therefore, erosion and transport of alluvial and sedimentary materials is very high in this basin.

Conclusion

Based on the sample of stone pieces taken from the river bed and its effect on the flood speed, it was determined that the strength and speed of the flood depended on the size of these stone pieces. The larger average of the b-axis of the rubble in the river bed indicates the high power and speed of the water. Therefore, the results of this research show that the maximum flood estimated by the Costa method is closer to the observed value. According to the research findings, geological formation conditions or rock types are related to the production of runoff

and floods in the studied area of Qaranqoo Chay. In addition, due to the joining of Saraskandchay, Shorchay, and Khatonabadchay branches, the slope is high, the cross-section is low, and the channelization of the flow, the local blockage due to the fall of large stone pieces and the filling of the section, the speed and power of the river are high in this area. Also, the investigation of hydrological indicators shows that with the construction of Sahand Dam, the annual flood discharge of the river and the peak point of the flow downstream have decreased.

Funding

This article is derived from a research project funded by the Research and

Technology Vice-Chancellor of University of Mohaghegh Ardabili.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

This article is derived from a research project funded by the Research and Technology Vice-Chancellor of University of Mohaghegh Ardabili. Therefore, we express our gratitude.



برآورد دبی حداکثر جریان و تحلیل تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه مطالعه موردی: بخش کوهستانی رودخانه قرانقوچای

صیاد اصغری سراسکانرود^۱، الناز پیروزی^۲

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: s.asghari@uma.ac.ir
۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. رایانامه: e.pirouzi@uma.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۹/۰۶

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۱۲/۰۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۱/۱۰

تاریخ چاپ:

۱۴۰۳/۰۲/۱۳

واژگان کلیدی:

پارامترهای هیدرولوژیکی،

دبی حداکثر،

روش‌های تجربی،

سیل،

قرانقوچای.

اطلاع از مقدار دبی حداکثر، لازمه مقابله با سیلاب می‌باشد و از مشکلات اساسی در برنامه‌ریزی‌های آبخیزداری، کمبود یا عدم وجود آمار لازم، بخصوص آمار هیدرولوژیکی است. لذا، عدم وجود و یا کمبود اطلاعات هیدرومتری در حوضه‌های آبخیز، کاربرد روش‌های تجربی مناسب جهت برآورد دبی حداکثر را الزامی می‌نماید. لذا، هدف این پژوهش برآورد دبی حداکثر در بخش کوهستانی قرانقوچای و تحلیل تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه می‌باشد. این پژوهش بر کارهای میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و زمین‌شناسی متکی می‌باشد. در این تحقیق ابتدا سرعت آب با استفاده از روش کاستا و جارت اندازه‌گیری شده و سپس بر اساس آن، میزان دبی سیلابی برآورد شده است. شرایط هیدرولوژیکی رودخانه نیز با توجه به داده‌های ایستگاه‌های بالادست و پایین‌دست محدوده و با استفاده از ۱۸ شاخص، محاسبه شد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد، حداکثر سیلاب برآورد شده از روش کاستا (m^3/s ۸۹/۶۰) به مقادیر مشاهده‌ای نزدیک‌تر است که این موضوع بیانگر کارایی این روش می‌باشد. بر اساس یافته‌های پژوهش؛ الحاق شاخه‌های سراسکنندچای، شورچای و خاتون‌آباد چای، شیب زیاد و سازندهای نفوذناپذیر، مقطع عرضی کم و کانالیزه شدن جریان، سد شدگی محلی ناشی از سقوط قطعات سنگی بزرگ و پرشدگی مقطع را می‌توان، علت بالا بودن مقادیر سیلاب حداکثر در بخش کوهستانی قرانقوچای دانست. به علاوه؛ نتایج مطالعه نشان داد که احداث سد سهند، در رژیم جریان پایین دست، تغییر اساسی ایجاد کرده است و این تغییرات بر ویژگی‌های هیدرولوژیکی تأثیر گذاشته است.

استناد: اصغری سراسکانرود، صیاد و پیروزی، الناز. (۱۴۰۳). برآورد دبی حداکثر جریان و تحلیل تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه مطالعه موردی: بخش کوهستانی رودخانه قرانقوچای. *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۵۶ (۱)، ۴۰-۲۵.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2024.367818.1007793>

مقدمه

ویژگی‌های جریان مانند میزان بده، تداوم، شدت و تغییرات آن از عوامل مهم ریخت‌شناسی در رودخانه‌هاست. جریان‌های رودخانه‌ای بر حسب دبی، دارای توان‌های متفاوتی برای فرسایش و رسوب‌گذاری هستند (اصغری سراسکانرود و همکاران، ۱۳۹۵:۴۶). سیل، جریان آبی است با تراز نسبتاً بالای رودخانه که در نتیجه آن، آب از اراضی پست اطراف رودخانه تجاوز می‌کند و به غرقابی شدن آن منجر می‌شود (قنوتی و همکاران، ۱۴۰۱:۳۷). سیلاب‌ها از فاجعه‌بارترین حوادث طبیعی به شمار می‌روند که به تغییرات مورفولوژیک قابل توجه در چشم‌انداز منطقه، مرگ‌ومیر و ضرر و زیان اقتصادی منجر می‌شوند (رمضانی و همکاران، ۱۴۰۰:۵۳؛ خان‌بابایی و همکاران، ۱۳۹۸:۱). رژیم‌های سیلابی با تغییرات زیاد شرایط کاملاً متفاوتی را نسبت به رژیم‌های یکنواخت، حتی در شرایط مساوی بودن حجم جریان سالانه، ایجاد می‌کنند (میرزاده، ۱۳۹۴:۲۳). مقابله با سیلاب در هر منطقه مستلزم اطلاع از مقدار دبی حداکثر می‌باشد (فتح‌زاده و جادیری، ۱۳۹۳:۱۰۵). یکی از مشکلات اساسی در برنامه‌ریزی‌های آبخیزداری، کمبود یا عدم وجود آمار لازم بخصوص آمار هیدرولوژیکی است. در این راستا، بسیاری از محققان سعی کرده‌اند روش‌های برآورد دبی پیک رودخانه‌ها را بدون تکیه بر داده‌های مشاهده‌ای دقیق باران توسعه دهند (Fookes et al., 2007; 173) و نتایج به‌دست‌آمده از این روش‌های تجربی می‌تواند با مدل‌های هیدرولیکی به‌دست‌آمده از داده‌های بارش و خصوصیات فیزیکی حوضه زهکشی، مقایسه شود (De Waele et al., 2011: 163). در کشور ایران با توجه به هزینه‌های بسیار زیاد ایستگاه‌های هیدرومتری از نظر احداث، نگهداری و آماربرداری، شاهد کمبود این ایستگاه‌ها در برخی حوضه‌های آبخیز می‌باشیم. به‌علاوه، متأسفانه ایستگاه‌های موجود در بسیاری از موارد دارای نواقص آماری می‌باشند. لذا، کمبود آمار و اطلاعات هیدرومتری یکی از مشکلات و معضلات اساسی در امر برآورد دبی‌های مختلف می‌باشد و همین امر سبب شده است که بسیاری از طرح‌های اجرا شده از جمله ساخت سدها، پل‌ها، جاده‌ها و ... با مشکلات عدیده‌ای مواجه شود. بدین منظور استفاده از روش‌هایی که بتواند با استفاده از آمارهای ناقص موجود، شرایط زمین‌شناسی و فیزیوگرافی موجود، دقیق‌ترین برآورد را از دبی داشته باشد، ضروری به نظر می‌رسد و به‌منظور تعیین میزان دبی پیک خروجی رودخانه‌ها که فاقد ایستگاه و آمار دبی می‌باشند، می‌توان از مدل‌ها و روش‌های تجربی استفاده نمود.

مطالعات مختلفی توسط محققان داخلی و خارجی، در زمینه برآورد دبی حداکثر رودخانه‌ای صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: ضغیمی و بهرامی (۱۳۹۲)، دبی حداکثر را با استفاده از اندازه قله‌سنگ‌های بستر رودخانه در حوضه‌های زیرابه و قوردانلو را مورد ارزیابی قرار دادند. بشیرگنبد و همکاران (۱۳۹۷)، با استفاده از روش‌های هیدرو اقلیمی آگرژ و گرادکس و تحلیل فراوانی، در حوضه آبخیز بختیاری دبی حداکثر سیل را برآورد کردند. شعبانی‌نیا و همکاران (۱۳۹۹)، برآورد مقادیر ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیلاب را با استفاده از تلفیق مدل‌های اتومات سلولی و SCS، در حوضه آبخیز لایچ‌رود، مورد بررسی قرار دادند. روستایی و همکاران (۱۴۰۲)، به بررسی حداکثر دبی حوضه هیدروژئومورفیک شیراز با استفاده از مدل توزیع گمبل پرداختند. فیشر^۱ (۲۰۰۴) در پژوهشی با توجه به قطعات سنگی رودخانه وارن در ایالت متحده و با استفاده از روش کاستا، ویلیامز و کاستر، سرعت انتقال این سنگ‌ها را در جریان‌های یخچالی مورد مطالعه قرار دادند. کیهو‌آ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از اندازه قطعات سنگی جابه‌جاشده و با توجه به روش تجربی کاستا به بررسی دبی‌های سیلابی در سینای جنوبی مصر پرداختند. الکساندر و کوکر^۳ (۲۰۱۶) جابه‌جایی

1. Fisher
2. Kehew
3. Alexander & Cooker

قلوه‌سنگ‌های بستر رودخانه در سیلاب‌های ناگهانی و تخمین شرایط جریان با استفاده از قلوه‌سنگ‌ها را مورد بررسی قرار دادند. خدور^۱ و همکاران (۲۰۱۹) برای سیل ۲۳ تا ۲۴ اکتبر ۲۰۰۸، حوضه کالایای مراکش به تخمین دبی اوج بر اساس مدل هیتوگراف مشخص و پارامترهای ژئومورفولوژیکی پرداختند. هوبر^۲ و همکاران (۲۰۲۰) با استفاده از اندازه تخته‌سنگ‌های بزرگ، سیلاب‌های طغیانی در محدوده هیمالیای مرکزی بررسی کردند.

رودخانه قرانقو، پرآب‌ترین و به لحاظ وسعت حوضه، وسیع‌ترین حوضه در سطح شهرستان هشتروود محسوب می‌گردد. حوضه رودخانه قرانقو به لحاظ شرایط خاص منطقه، مانند توپوگرافی، شیب‌دار بودن، وجود سازندهای با نفوذپذیری کم و شرایط اقلیمی از پتانسیل بالایی برای وقوع سیلاب برخوردار می‌باشد و رخداد این پدیده مخرب در طی چند سال گذشته موجب خسارات فراوانی شده است. محدوده مورد مطالعه در پژوهش حاضر، بخش کوهستانی رودخانه قرنقوچای (از روستای خراسانک هشتروود تا شهر میانه) می‌باشد که در این بازه از رودخانه، ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد. با توجه به اهمیت موضوع، در درجه اول هدف این پژوهش برآورد میزان دبی سیلابی با استفاده از ویژگی‌های مورفومتری کانال و اندازه قلوه‌سنگ‌های بستر رودخانه، می‌باشد و در این راستا ابتدا سرعت آب با استفاده از روش کاستا^۳ و جارت^۴ اندازه‌گیری شده و سپس بر اساس آن، میزان دبی سیلابی برآورد خواهد شد. در مرحله بعد به بررسی تغییرات هیدرولوژیکی، شرایط زمین‌شناسی و توپوگرافیک و نقش هر از این شرایط در ایجاد جریان‌های سیلابی در بازه کوهستانی رودخانه قرنقوچای، پرداخته خواهد شد.

روش پژوهش

این پژوهش بر پایه کارهای میدانی، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های هیدرومتری، مدل رقومی ارتفاع (با قدرت تفکیک ۱۲/۵×۱۲/۵ متر، ماهواره Alos و سنجنده Palsar اخذ شده از سایت دانشگاه آلاسکا)، نقشه‌های توپوگرافی (با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰)، زمین‌شناسی (با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰)، می‌باشد. از نظر هدف نیز، از نوع کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی-تحلیلی است. با توجه به سهولت اجرا و همچنین صحت نتایج به دست آمده از شاخص‌های استخراج آب، از این شاخص‌ها به منظور بررسی آب‌های سطحی استفاده گسترده‌ای می‌شود و در دهه‌های اخیر توجه محققان به طور عمده به استخراج پهنه‌های آبی با استفاده از این شاخص‌ها، معطوف بوده است (Liu et al., 2023:1). لذا در این پژوهش نیز، مسیر رودخانه با استفاده از تصاویر سنجنده لندست ۸ و با توجه به شاخص شاخص‌های استخراج آب MNDWI، با ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۹۷٪، استخراج شد (جدول ۱).

جدول ۱. معرفی شاخص MNDWI

مقدار پیکسل‌های آب	رابطه	شاخص
بزرگ‌تر از صفر	$(Green+MIR)/(Green-MIR)$	MNDWI
	$Landsat 8: (B3-B6)/(B3+B6)$	

منبع: (Xu, 2006:3028)

به‌منظور برآورد حداکثر سیلاب خروجی، ابتدا داده‌های مربوط به مورفومتری کانال از جمله؛ مساحت مقطع عرضی، محیط مرطوب، شعاع هیدرولیک، شیب کانال با توجه به پیمایش‌های میدانی و لایه‌های اطلاعاتی موجود، محاسبه گردید.

1. Khaddor
2. Huber
3. Costa
4. Jarrett

در مرحله بعد نسبت به محاسبه میزان سرعت آب اقدام گردید. در این پژوهش به منظور برآورد سرعت جریان آب از دو روش کاستا (مبتنی بر اندازه قطر ذرات) و روش جارت (مبتنی بر ویژگی و شرایط مورفومتری کانال جریان) استفاده شده است و سپس با توجه به مقادیر سرعت به دست آمده، دبی حداکثر لحظه‌ای با نظر به مساحت مقاطع عرضی به دست آمده است و در نهایت؛ با مقایسه مقادیر دبی حاصل از به کارگیری روش مورد استفاده در پژوهش حاضر با مقادیر دبی مشاهده‌ای و ثبت شده از محدوده مورد مطالعه، نسبت به صحت‌سنجی نتایج حاصله اقدام شده است.

برآورد سرعت جریان و دبی حداکثر

سرعت جریان تحت تأثیر شیب، ناهمواری بستر و شکل مقطع عرضی کانال رود است. به منظور محاسبه سرعت جریان، انواع روش‌های هیدرولیکی و ژئومورفولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش، برای محاسبه سرعت از روش‌های تجربی کاستا و جارت، استفاده شده است. روش محاسبه سرعت کاستا مبتنی بر اندازه‌گیری قطر ذرات بستر رودخانه و روش سرعت جارت مبتنی بر اندازه‌گیری‌های مورفومتری کانال می‌باشد. کاستا (۱۹۸۳)، با استفاده از اندازه قله‌سنگ‌های بستر رودخانه، به برآورد دبی حداکثر جریان در محدوده کلرادو پرداخت و یافته‌های او نشان داد که سرعت آب سیلاب قادر به جابه‌جایی بزرگ‌ترین سنگ‌ها می‌باشد که با استفاده از رابطه ۱، محاسبه می‌شود.

$$V = 0.18(d)^{0.487} \quad \text{رابطه ۱}$$

در رابطه فوق V : میزان سرعت بر حسب متر بر ثانیه؛ d : متوسط محور دوم (b) بزرگ‌ترین سنگ‌های انتقال داده شده توسط سیلاب در محل مقطع کانال بر حسب میلی‌متر می‌باشد. جارت (۱۹۹۰)، در پژوهشی به بررسی سیلاب‌های ناگهانی در کلرادو پرداخت و طبق روش ارائه شده در این مطالعه، به منظور محاسبه سرعت آب پارامترهای مورفومتری کانال جریان مورد نیاز می‌باشد. هدف مورفومتری کانال بررسی ارتباط ویژگی‌های شکل کانال با متغیرهای هیدرولوژیکی یا فرایندهای رودخانه‌ای است که به راحتی می‌تواند از طریق ویژگی‌های مورفومتریک کانال اندازه‌گیری شود. بنابراین کانال‌ها یک مکان منطقی و مؤثر به منظور بررسی تأثیرات ژئومورفیک نیرو، مقاومت، فرسایش، انتقال و رسوب‌گذاری محسوب می‌شوند (ضیغمی و بهرامی، ۱۳۹۲: ۵۴). با توجه به روش جارت، سرعت از رابطه ۲، برآورد می‌شود.

$$V = 3.17R^{0.83} S^{0.12} \quad \text{رابطه ۲}$$

که در رابطه فوق V : میزان سرعت بر حسب متر بر ثانیه؛ S : شیب به درصد؛ R : شعاع هیدرولیک به متر است. پس از محاسبه شاخص‌های مورد نظر و جایگزینی در فرمول، میزان سرعت آب به دست می‌آید. بعد از محاسبه سرعت و با در اختیار داشتن مساحت مقطع، مقدار دبی حداکثر با استفاده از معادله ۳ و ۴، به دست خواهد آمد.

$$Q = 0.18(d)^{0.487} \cdot A \quad \text{رابطه ۳}$$

$$Q = 3.17R^{0.83} S^{0.12} \cdot A \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن: Q : دبی بر حسب مترمکعب بر ثانیه؛ V : سرعت آب بر حسب متر بر ثانیه، A : مساحت بر حسب مترمربع است. در ادامه با توجه به این که روش کاستا و جارت، از نمونه روش‌های تجربی می‌باشند، نتایج حاصل از ضرایب روش‌های کاستا و جارت با مقادیر دبی مشاهده‌ای در دوره‌های بازگشت مختلف برآورد شده از توزیع گامبل، مقایسه خواهد شد.

بررسی تغییرات هیدرولوژیکی

روش‌های مبتنی بر شاخص‌های هیدرولوژیکی از ساده‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ارزیابی تغییرات رژیم هیدرولوژیکی ناشی از تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی مانند تغییر کاربری اراضی و احداث سد هستند (خسروی و همکاران، ۱۳۹۸: ۶۵۲). در مطالعه حاضر نیز به منظور بررسی تغییرات هیدرولوژیکی منطقه مطالعاتی، داده‌های ایستگاه چپینی و میانه (جدول ۲)، از سال ۱۳۷۴ تا ۱۴۰۱ و با استفاده از ۱۸ شاخص هیدرولوژیکی بررسی شده است. در این راستا، داده‌های دبی که به صورت روزانه بود، برای هر سال مرتب شد (از بیش‌ترین به کم‌ترین) و بعد با استفاده از فرمول ویبول (رابطه ۵)، احتمال وقوع آن‌ها مشخص شد.

$$\text{Weibull} = \frac{M}{N+1} \times 100 \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه، M ستون‌های مرتب‌شده و N تعداد روزهای سال یعنی ۳۶۵ است. سپس مقادیر هر یک از شاخص‌ها با توجه به ضرایب و توضیحات مربوطه محاسبه شد (جدول ۳).

جدول ۲. مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری مورد بررسی

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	سال تأسیس	ارتفاع	مساحت حوضه آبریز به کیلومتر مربع
چپینی	۱۴-۰۳-۴۷	۵۸-۲۳-۳۷	۱۳۷۲	۱۵۳۰	۱۵۲۵
تونل هفت میانه	۲۶-۴۰-۴۷	۵۶-۲۳-۳۷	۱۳۳۴	۱۱۰۰	۳۶۵۰

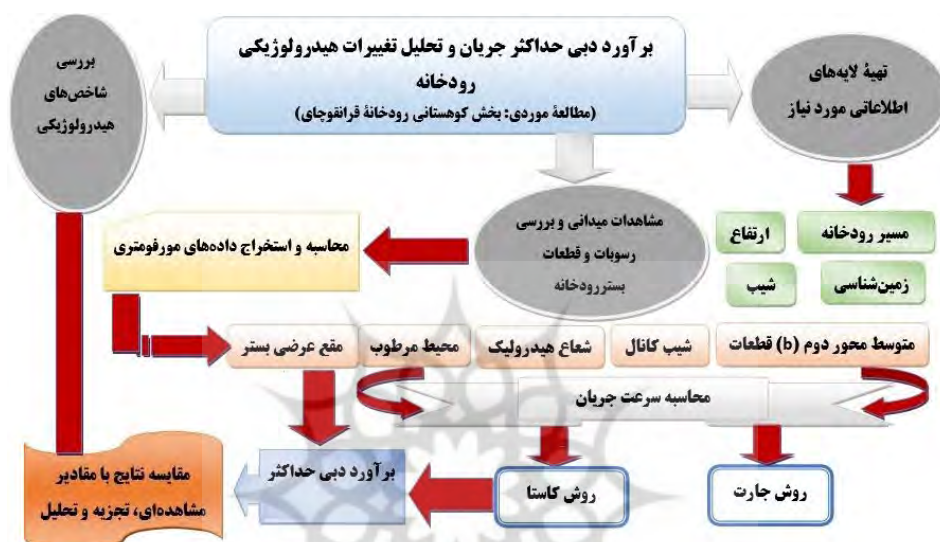
جدول ۳. شاخص‌های هیدرولوژیکی مورد استفاده در پژوهش

شاخص‌ها	واحد	توضیحات
Q5	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q10	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۱۰ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q15	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۱۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q35	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۳۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q50	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۵۰ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q65	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۶۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q75	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۷۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q85	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۸۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
Q95	(m ³ s ⁻¹)	برابر است با میزان دبی جریان که در ۹۵ درصد ایام سال، دبی مساوی یا بیش از مقدار مذکور باشد.
دبی نرمال پربابی	(m ³ s ⁻¹)	مقدار جریانی که در ۱/۴ از ایام سال به تعداد ۹۱ روز از سال دبی مساوی یا بالاتر از آن است.
دبی نرمال کم‌ابی	(m ³ s ⁻¹)	مقدار جریانی که در ۳/۴ از ایام سال به تعداد ۲۷۴ روز از دبی مساوی یا بالاتر از آن است.
دبی عادی	(m ³ s ⁻¹)	مقدار جریانی که در نیمی از ایام سال، یعنی ۱۸۲ = ۱/۲ * ۳۶۵، روز دبی مساوی یا بالاتر از آن است.
دبی میانگین	(m ³ s ⁻¹)	$Q = \sum v/t$ ؛ که در آن Q دبی میانگین، v مجموع حجم آب و t زمان است.
دبی مد	(m ³ s ⁻¹)	مقدار جریان یا محدوده‌ای از دبی است که بالاترین فراوانی وقوع را در طول سال داشته باشد.
دبی میانه	(m ³ s ⁻¹)	اگر دبی‌های هر سال را به صورت نزولی مرتب کنیم، دبی در روزهای ۱۸۲ و ۱۸۳ دبی میانه خواهد بود.
دبی حداقل	(m ³ s ⁻¹)	کم‌ترین دبی در طول سال است که با مرتب کردن دبی مربوط به هر سال به دست می‌آید.
دبی حداکثر	(m ³ s ⁻¹)	بیشترین دبی در طول سال است که با مرتب کردن دبی مربوط به هر سال به دست می‌آید.
دبی سالانه	(m ³ s ⁻¹)	مجموع دبی‌ها در طول یک سال است.

منبع: (Pirooz et al, 2022:7858)

با نظر به این موضوع که، ترسیم منحنی تداوم جریان (FDC)، از روش‌های ارزنده‌ای می‌باشد که اطلاعاتی مهمی در رابطه با دبی‌های رودخانه (اعم از جریان‌های کم و جریان سیلابی)، ارائه می‌نماید. در ادامه نسبت به ترسیم منحنی تداوم

جریان برای دو دوره قبل و بعد از احداث سد سه‌پند، اقدام شده است. به‌منظور ترسیم منحنی تداوم جریان، ابتدا داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌ها به دو دوره قبل و بعد از احداث سد (با توجه به سال ۱۳۸۵ که سال بهره‌برداری از سد سه‌پند بوده است)، تقسیم شدند. سپس داده‌های ۳۶۵ روزه مربوط به دبی‌های روزانه هر ایستگاه، برای هر دو دوره، از بیشترین مقدار به کم‌ترین مقدار دبی روزانه برای هر سال، مرتب شدند. در مرحله بعد از دبی‌های سورت‌بندی شده مربوط به دوره قبل از احداث سد، میانگین گرفته شده است. سپس داده‌های ۳۶۵ روزه مربوط به دبی‌های هر ایستگاه، برای هر دو دوره در محور Y و احتمال وقوع تجربی آن‌ها، در محور X نمایش داده شده است. شکل ۱، نمایشگر فلوجارت مربوط به فرآیند پژوهش است.

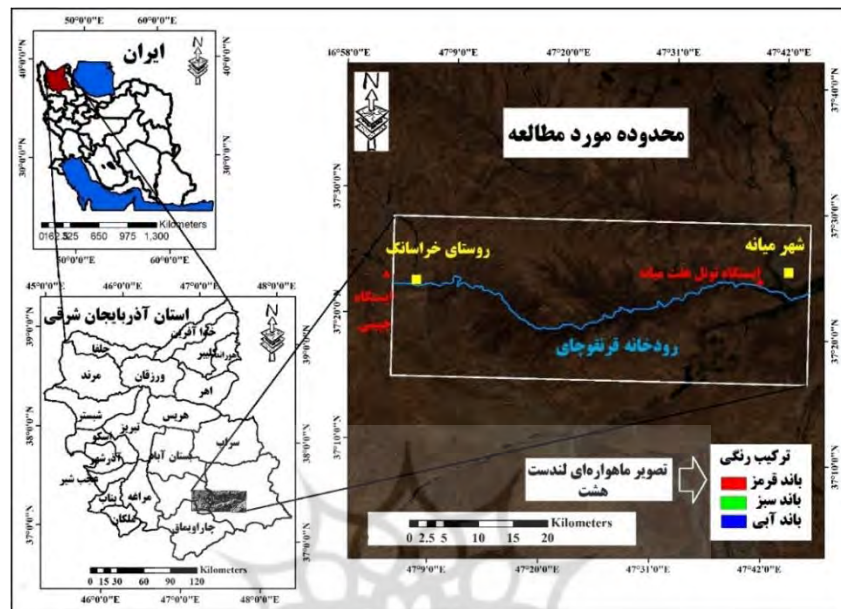


شکل ۱. فلوجارت مربوط به فرآیند پژوهش

محدوده مورد مطالعه

حوضه رودخانه قرانقو به‌عنوان یکی از زیر حوضه‌های قزل‌اوزن، در موقعیت جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و ۳۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه عرض شمالی قرار دارد (شکل ۲). به‌طور کلی حوضه آبریز قرنقو توسط یک رودخانه اصلی به نام قرنقوچای، با راستای شرقی-غربی و چهار رودخانه فرعی منتهی به آن با نام‌های کلغان‌چای، سراسکند، شورچای و شورچه‌چای زهکش می‌گردد. کوه بزداغ با ارتفاع ۳۷۰۷ متر، مرتفع‌ترین بخش حوضه و محل اتصال آن به قزل‌اوزن در ۱۰۴۳ متر، پست‌ترین نقطه حوضه است و بین حداکثر و حداقل ارتفاع حوضه، ۲۵۶۲ متر اختلاف ارتفاع وجود دارد. خصوصیات فیزیوگرافی حوضه قرنقوچای در جدول ۴، بیان شده است. اقلیم این محدوده نیز متأثر از موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های توپوگرافی محلی است. به ترتیب طبق روش تقسیم‌بندی دومارتن و اقلیم‌نمای آمبرژه، این محدوده دارای اقلیم نیمه‌خشک و نیمه‌خشک سرد است. متوسط بارش در آن نیز ۳۷۳/۵ میلی‌متر است و بیش‌ترین بارندگی محدوده، در فصل بهار - فروردین و اردیبهشت‌ماه، اتفاق می‌افتد. فصل زمستان، دومین فصل پر باران محدوده است و نزولات جوی آن، به‌طور عمده به‌صورت بارش‌های برف است. سیمای ساختاری حوضه عمدتاً متأثر از فازهای کوهزایی آلپی است که از زمان اتوسن با شروع رخدادهای آتش‌فشانی آغاز و با توسعه ارتفاعات و ناهمواری‌های ولکانیکی، آذرآواری و بعضاً قاره‌ای-دریایی در دوره‌های الیگوسن، میوسن و پلیوسن ادامه یافته و اواخر پلیوسن و اوایل کواترنر، تحت تأثیر آخرین فازهای چین‌خوردگی، چهره امروزی به خود گرفته است. محدوده مورد مطالعه

در پژوهش حاضر، بخش کوهستانی رودخانه قرنقوچای (مسیر رودخانه از روستای خراسانک واقع در شهرستان هشترود تا شهر میانه) به طول ۷۷ کیلومتر، می‌باشد. مسیر مورد مطالعه از رودخانه قرنقوچای، متشکل از سازندهای آندزیت - بازالت، توف آندزیتی تا بازالتی، داسیت تا آندزیت، مارن، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا، مارن قرمز، مارن گچی، ماسه سنگ و کنگلومرا (سازند قرمز بالایی)، ریولیت تا ریوداسیت، کانال جریان و رسوبات دشت سیلابی می‌باشد.



شکل ۲. نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

جدول ۴. مشخصات فیزیوگرافی حوضه قرنقوچای

مساحت حوضه (کیلومتر مربع)	محیط حوضه (کیلومتر)	حداقل ارتفاع (متر)	حداکثر ارتفاع (متر)	طول رودخانه (کیلومتر مربع)	تراکم کل آبراهه	درصد شیب رودخانه	ضرایب شکل		عرض طول	
							شوم	میلر		
۳۵۹۲/۵	۳۷۸/۵۹	۱۰۴۳	۳۷۰۷	۱۹۰	۱/۳۶	۲/۰۱	۰/۱۳	۱/۷۷	۰/۴۱	۰/۳۲
									۲۱/۴۰	۱۶۷/۹۰

یافته‌ها

محاسبه سرعت جریان و دبی حداکثر

منطقه مطالعاتی به لحاظ لیتولوژی، عمدتاً از سنگ‌های آتشفشانی تشکیل یافته است و حاکمیت شرایط یخبندان و ذوب مجدد یخ، نوسان شدید دما و شرایط توپوگرافی موجود در منطقه، نقش مهمی را در تخریب سازندهای سطحی و برون‌زدهای سنگی به صورت کریوکلاستی، هیدروکلاستی و ترموکلاستی بر عهده دارد. لذا، در مسیر مورد مطالعه از رودخانه قرنقوچای، در دیواره‌های پرشیب که حالت عمودی و پرتگاهی دارند و سازندهای سطحی که اغلب سنگ‌های آذرین شکاف‌دار هستند و بیشتر در معرض تخریب مکانیکی، قرار دارند، ریزش سنگ‌ها و بلوک‌های لق شده به صورت جدایش مجزای تکه سنگ‌های بزرگ از دیواره‌های سنگی پرشیب (به‌ویژه؛ ریزش‌های سنگی در اثر خالی شدن پاشنه دامنه‌ها قابل مشاهده است. در بین واحدهای لیتولوژیکی، کنگلومراها به علت دانه‌ای بودن (توسط سیمانی از مواد ریزتر به هم متصل شده‌اند) و همچنین حضور درز و شکاف‌های فراوان و وجود رطوبت کافی در ارتفاعات و هوازدگی شدید، بیشتر ریزش‌های سنگی را ایجاد می‌کنند. با توجه به اینکه، نمونه‌برداری از مواد بستر به منظور استخراج اندازه قطر قطعات سنگی

مورد نیاز می‌باشد. در مرحله اول، قطعات سنگی حاصل از ریزش از رسوبات موجود در بستر رودخانه که در طی جریان‌های سیلابی جابه‌جا شده‌اند، تفکیک شد. در شکل ۳، تصاویری از نمونه قطعات سنگی حاصل از ریزش دیواره‌های پرشیب در مسیر مورد مطالعه، نشان داده شده است.



شکل ۳. تصاویری از قطعات سنگی حاصل از ریزش دیواره‌ها پرشیب در بخش کوهستانی رودخانه قرانقوچای

بعد از شناسایی و تفکیک رسوبات بستر رودخانه از سنگ‌های حاصل از ریزش و سقوط سنگ‌ها، از بستر رودخانه تعداد ۱۸ نمونه از قلوه‌سنگ‌های بستر رودخانه برداشت شد و سپس میانگین محور دوم (b)، قطعات محاسبه شد (جدول ۵). در شکل ۴، تصاویری از نمونه رسوبات موجود در بستر رودخانه قرانقوچای از روستای خراسانک تا شهر میانه، نمایش داده شده است.

جدول ۵. میانگین محور دوم (b) قلوه‌سنگ‌های برداشت‌شده از بستر رودخانه در بخش کوهستانی قرانقوچای به میلی‌متر

شماره نمونه	میانگین محور دوم به میلی‌متر	شماره نمونه	میانگین محور دوم به میلی‌متر	شماره نمونه	میانگین محور دوم به میلی‌متر
۱	۲۰۰	۷	۱۶۵	۱۳	۲۴۰
۲	۱۸۴	۸	۶۲	۱۴	۱۷۰
۳	۴۵۰	۹	۹۵	۱۵	۲۲۰
۴	۷۵	۱۰	۲۲۵	۱۶	۱۶۰
۵	۶۹۰	۱۱	۳۷۰	۱۷	۵۱۰
۶	۴۵	۱۲	۱۵۰	۱۸	۱۸۵



شکل ۴. تصاویری از رسوبات و قطعات سنگی حمل شده توسط جریان‌های سیلابی در بستر رودخانه در محدوده مطالعاتی

مقطع عرضی متوسط در طول یک دوره زمانی زیاد تغییر نمی‌کند و فقط به دنبال وقوع سیلاب‌های شدید، ممکن هست تغییر پیدا کند. لذا، در هنگام انجام محاسبات هیدرولیکی، محاسبه و بررسی مقطع عرضی از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. شکل ۵، تصاویری از مقاطع عرضی قرنقوچای در بخش کوهستانی آن می‌باشد. به‌علاوه، از آن نظر که در مطالعات هیدرولیک جریان رودخانه، شرایط عمومی جریان و مقدار شیب، محیط مرطوب و شعاع هیدرولیک تعیین می‌گردد، شاخص‌های هیدرولیک بازه مکانی مورد مطالعه از رودخانه قرنقوچای در جدول ۶ ذکر شده است.



شکل ۵. تصاویری از مقاطع عرضی قرنقوچای در بخش کوهستانی (از روستای خراسانک تا شهر میانه)

جدول ۶. شاخص‌های هیدرولیک در محدوده مورد مطالعه از قرنقوچای

مقدار عددی	شاخص‌های هیدرولیک	مقدار عددی	شاخص‌های هیدرولیک
۲/۱۹	شعاع هیدرولیک به متر (R)	۳۵	مساحت مقطع عرضی به مترمربع (A)
۰/۰۲۷	مقدار شیب به درصد (S)	۱۶	محیط مرطوب به متر (P)

بعد از محاسبه سرعت و با در اختیار داشتن مساحت مقطع، مقدار دبی حداکثر به دست آمد. در بازه کوهستانی از خراسانک تا میانه قرنقوچای، ایستگاه هیدرومتری وجود ندارد و به‌منظور مقایسه مقادیر دبی برآورد شده با دبی مشاهده‌ای، دو ایستگاه چپینی (واقع شده قبل از شروع مسیر مطالعاتی) و ایستگاه تونل هفتم میانه (واقع شده بعد از مسیر مطالعاتی)، استفاده گردید و مقایسه نتیجه نشان می‌دهد که داده‌های محاسبه‌ای به روش کاستا، به داده‌های مشاهده‌ای نزدیک‌تر است (جدول ۷).

جدول ۷. برآورد میزان سرعت و دبی بر حسب روابط کاستا و جارت

روابط	میزان سرعت (m/s)	مقدار دبی (m ³ /s)	دبی مشاهده‌ای ایستگاه چپینی	دبی مشاهده‌ای ایستگاه تونل ۷ میانه
کاستا	۲/۵۶	۸۹/۶۰	تاریخ: ۱۴۰۱/۰۱/۱۱	تاریخ: ۱۴۰۱/۰۱/۱۴
جارت	۳/۹۳	۱۳۷/۸۷	۵۵/۲۰	۷۲/۸۰

با نظر به دوره‌های بازگشت دبی در ایستگاه‌های مورد بررسی (جدول ۸)، می‌توان اذعان داشت که مقدار دبی محاسبه‌شده توسط روش کاستا در ایستگاه چپینی و تونل هفت میانه، به ترتیب؛ دارای دوره بازگشت ۱۰ و ۵ ساله است. ولی مقدار دبی برآورد شده توسط روش جارت در ایستگاه چپینی و تونل هفت میانه، به ترتیب؛ دبی بازگشت ۲۵ و ۱۰ ساله دارد.

جدول ۸. نتایج برآورد دبی با دوره‌های بازگشت مختلف

دوره بازگشت	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
چپینی	۴۵/۸۴	۷۹/۳۰	۱۰۳/۷۸	۱۳۵/۰۳	۱۶۰/۲۶	۱۸۵/۹۵	۲۱۵/۵۳
تونل هفت میانه	۶۲/۲۱	۱۱۶/۶۶	۱۴۰/۲۹	۱۸۲/۸۹	۲۱۴/۰۸	۲۴۸/۳۹	۳۲۱/۳۷

بررسی تغییرات هیدرولوژیکی

احداث سد از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رفتار هیدرولوژیک رودخانه‌ها و حوضه‌های آبخیز می‌باشد (اصغری سراسکانرود و پیروزی، ۱۴۰۰:۱۰۸) و در نتیجه احداث سد و اختلال در جریان آب و حمل رسوب، تغییراتی در بالادست و پایین‌دست محل احداث سد به وجود می‌آید (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۶:۶۵۸). سد سهند در سال ۱۳۸۵ (در مختصات $37^{\circ} 24' 42''$ شمالی $46^{\circ} 53' 6''$ شرقی) با ارتفاع ۴۷ متر از بستر رودخانه، از نوع سد خاکی با هسته ناتراوای رسی و حجم مفید ۱۳۵ میلیون مترمکعب، با اهداف تأمین آب کشاورزی و نوشیدنی منطقه هشتگرد بر روی رودخانه قراوقچای بهره‌برداری شده است. جهت بررسی نقش احداث سد و اثبات اثرات آن در تغییرات دبی جریانی، ابتدا انواع شاخص‌های هیدرولوژی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در کل بازه زمانی (۱۳۷۴ تا ۱۴۰۱) محاسبه گردید (جدول ۹) و سپس نسبت به محاسبه شاخص‌ها در دو دوره قبل و بعد از احداث سد (جدول ۱۰)، اقدام شد.

جدول ۹. شاخص‌های هیدرولوژی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در کل بازه زمانی (۱۳۷۴ تا ۱۴۰۱)

مقادیر	شاخص ایستگاه	دبی نرمال پرابی	دبی نرمال کم‌ابی	دبی عادی	دبی میانگین	دبی میانه	دبی حداقل	دبی حداکثر	مجموع سالانه	
چپینی	۱/۷	-۱/۱۰	۱/۱۶	۱/۷۴	۱/۱۶	۰	۱۴/۷	۶۲۵/۵۸		
تونل ۷ میانه	۲/۰۳	-۱/۱۴	-۱/۲۵	۲/۳۸	۰/۲۷	۰	۱۳/۸	۱۳۰۹/۷۸		
چپینی	۱۵/۲	۳/۰۶	۸/۳	۱۴/۹۶	۸/۳	۱/۲	۱۹۵/۸	۵۴۶۳/۲۷		
تونل ۷ میانه	۳۰/۱	۵/۳	۱۴/۴	۲۲/۹۴	۱۴/۴	-۰/۵۷	۸۴۵	۸۳۷۳/۵۳		
چپینی	۷/۳۲	-۰/۹۵	۳/۹۴	۶/۱۲	۳/۹۴	-۰/۱۹	۷۵/۲۳	۲۲۷۸/۶۵		
تونل ۷ میانه	۱۰/۰۲	۱/۱۸	۵/۲۳	۸/۵۸	۵/۴۷	-۰/۰۷	۱۰۸/۴۲	۳۱۲۵/۸۱		
چپینی	۳/۴۵	-۰/۹۵	۱/۷۴	۳/۳۷	۱/۷۴	-۰/۳۵	۵۱/۹۹	۱۲۳۱/۳۷		
تونل ۷ میانه	۵/۸۵	۱/۴۲	۳/۵۴	۵/۳۹	۳/۶۵	-۰/۱۵	۱۶۹/۲۵	۱۹۷۱/۴۲		
مقادیر	شاخص ایستگاه	Q5	Q10	Q15	Q35	Q50	Q65	Q75	Q85	Q95
چپینی	۴/۰۵	۳/۵۱	۳/۲۸	۱/۳۸	۱/۱۶	-۰/۰۶	۰	۰	۰	۰
تونل ۷ میانه	۹/۷۴	۶/۱۸	۵/۸۶	۱/۱۸	-۰/۳۴۲	۰	۰	۰	۰	۰
چپینی	۵۸/۳	۴۵	۳۴/۸	۹/۴	۸/۳	۵/۶	۳/۰۶	۲/۱۲	۱/۵	۱/۵
تونل ۷ میانه	۹۲	۵۸/۶	۵۴/۸	۲۱	۱۴/۴	۱۰/۳	۵/۳	۱/۷۵	-۰/۶۶	-۰/۶۶
چپینی	-۰/۲۹۶	-۰/۳۸۹	-۰/۴۹۱	۲/۱۲	۳/۹۲	۵/۰۸	۷/۲۱	۱۲/۵۴	۲۲/۷۹	۲۲/۷۹
تونل ۷ میانه	۳۲/۴۸	۲۰/۶۷	۱۹/۳۰	۷/۱۲	۵/۳۴	۲/۷۳	۱/۲۳	۰/۴۰	-۰/۱۲۲	-۰/۱۲۲
چپینی	۱۶/۹۲	۱۲/۲۶	۸/۱۵	۱/۹۷	۱/۷۹	۱/۲۲	-۰/۹۵	-۰/۵۷	-۰/۴۲	-۰/۴۲
تونل ۷ میانه	۲۴/۱۴	۱۴/۳۶	۱۳/۴۴	۴/۴۳	۳/۵۲	۲/۶۹	۱/۴۱	۰/۴۳	-۰/۱۸	-۰/۱۸

جدول ۱۰. میانگین شاخص‌های هیدرولوژی در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دو دوره قبل و بعد از احداث سد سهند

ایستگاه	شاخص دوره زمانی	دبی نرمال پرابی	دبی نرمال کم‌ابی	دبی عادی	دبی میانگین	دبی میانه	دبی حداقل	دبی حداکثر	مجموع سالانه	
چپینی	قبل احداث سد	۹/۱۴	-۰/۷۷	۵/۱۱	۸/۲۵	۵/۱۱	۰	۱۰۴/۲۲	۳۰۱۴/۲۶	
	بعد از احداث سد	۵/۳۳	۱/۱۴	۲/۷۶	۳/۹۷	۲/۷۶	-۰/۲۷	۳۸/۵۴	۱۶۴۷/۴۰	
تونل ۷ میانه	قبل احداث سد	۱۳/۲۶	۱/۳۷	۷/۵۸	۱۱/۱۵	۷/۶۱	-۰/۱۱	۱۷۰/۹۵	۴۰۷۱/۶۱	
	بعد از احداث سد	۶/۴۸	-۰/۹۶	۲/۸۷	۶/۰۱	۳/۳۴	-۰/۰۳	۴۵/۸۹	۲۱۸۰/۰۲	
ایستگاه	شاخص دوره زمانی	Q5	Q10	Q15	Q35	Q50	Q65	Q75	Q85	Q95
چپینی	قبل احداث سد	۳۱/۷۰	۲۲/۸۷	۱۷/۰۷	۶/۰۸	۵/۱۶	۲/۴۷	-۰/۷۶	-۱/۱۱	-۰/۰۰۸
	بعد از احداث سد	۱۳/۲۷	۱۰/۵۴	۷/۹۰	۳/۲۴	۲/۶۷	۱/۶۲	۱/۱۴	-۰/۷۸۰	-۰/۵۱۸
تونل ۷ میانه	قبل احداث سد	۳۹/۸۷	۲۵/۶۹	۲۴/۰۳	۹/۸۴	۷/۷۲	۳/۷۱	۱/۴۰	-۰/۱۰	-۰/۰۰۲
	بعد از احداث سد	۲۵/۰۹	۱۵/۶۶	۱۴/۵۸	۴/۳۹	۲/۹۷	۱/۷۴	۱/۰۵	-۰/۳۹۷	-۰/۱۰۶

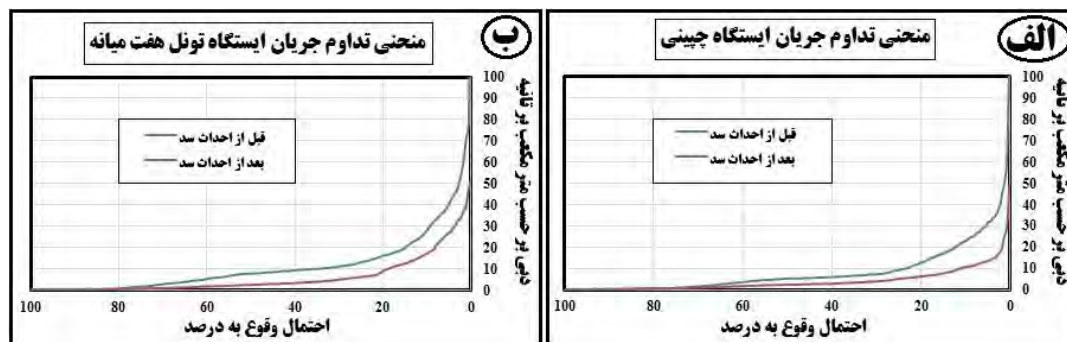
بحث

در تشریح نتایج حاصله، قابل ذکر می‌باشد که نوع تشکیلات و جنس سازندهای مجرای رودخانه از نظر میزان فرسایش و نفوذپذیری دارای اهمیت می‌باشد و بر میزان و سرعت جریان آب تأثیر دارد و می‌تواند به نوسانات شدیدی در میزان دبی منجر شود. در بازه کوهستانی رودخانه قرنقوچای، واحدهای آندزیتی، جوان‌ترین سنگ‌های آتش‌فشانی دره اصلی و چند دره فرعی محسوب می‌شوند که سنی معادل پلیستوسن دارند. اما قله منفرد و بخش‌های مرتفع حوضه، از آندزیت‌ها و بازالت‌های حاصل از فعالیت‌های آتش‌فشان دوران دوم تشکیل شده‌اند. در بخش‌های شمال و جنوب دره اصلی قرنقوچای، می‌توان تشکیلات دیگری، مانند ماسه‌سنگ‌های قرمز را مشاهده نمود که اغلب با کنگلومرا، مارن و سنگ‌های سیلیتی و گاهی با ژئیس همراه هستند. لذا با توجه به اینکه مسیر اصلی رودخانه در بازه مطالعاتی از میان سنگ‌های ریولیتی، بازالتی و تراکی آندزیتی ائوسن عبور می‌نماید. به دلیل استحکام مناسب سنگ‌های این بخش از مسیر رودخانه، دره - رودخانه در این بخش پر پیچ‌وتاب است و دامنه‌های فرسوده، غالباً سنگ‌هایی هستند که در اثر دگرسانی ناشی از نفوذی‌های آذرین به صورت خاکواره درآمده‌اند. به علاوه، خاکسترهای آتش‌فشانی نیز، از جمله واحدهای سطحی هستند که، در بخش بالادست گسترده شده‌اند و سایش این واحدها در دره‌ها و سرازیری آن‌ها به داخل دره‌ها و ورود آن‌ها به آب‌های جاری، به افزایش بار رسوبی رودخانه‌ها منجر شده و در بخش‌هایی، به صورت توده‌ای، به داخل دره‌ها فروریخته‌اند. بنابراین، مناطقی از مسیر مطالعاتی که از نظر زمین‌شناسی و لیتولوژی دارای سازندهای سطحی مقاوم بوده و ضریب نفوذپذیری آن‌ها بسیار کم و پوشش گیاهی ناچیز است، از میزان دبی پیک بالا و از پتانسیل بیشتر برای بروز سیلاب برخوردار هستند. از آثار سیلاب‌های اتفاق افتاده در بستر رودخانه قرنقو می‌توان به ورود رسوبات از مسیل‌های فرعی و ورود رسوبات در محل اتصال به رودخانه در زمان سیلابی و تخریب دیوارهای حفاظتی ایجادشده، اشاره کرد. همچنین در اثر عبور سیل‌ها و دبی‌های بالای آب از رودخانه در پیچ‌ها، دیواره‌های خارجی پیچ‌ها ریزش کرده و باعث بیشتر شدن قوس در پیچ‌ها و عقب رانده شدن زمین‌های اطراف شده است. لذا، در بازه مورد مطالعه، کناره‌های سست نیز منجر به عریض شدن کانال و پشته‌های داخل مجرا، می‌شود. می‌توان گفت، با توجه به نوع سازندهای سطحی موجود در منطقه، بر اثر وقوع سیلاب‌ها، سالانه حجم قابل توجهی از رسوبات درشت‌دانه و ریزدانه بر اثر فرسایش به همراه سیلاب‌ها وارد بستر رودخانه می‌شوند و در بستر بزرگ رودخانه که تنها در مواقع سیلابی از آب لبریز می‌شود، قله‌سنگ‌ها و تخته‌سنگ‌های درشت دیده می‌شود. بستر کنونی رودخانه نیز که آب در آن جریان دارد، شامل؛ رسوبات قله‌سنگ، شن و ماسه ناپیوسته است و رودخانه از میان بستر سیلابی جریان دارد.

وضعیت پستی و بلندی و شیب یک منطقه نیز از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی حوضه آبخیز است که نقش مهمی در نحوه شکل‌گیری هیدرولوژی آب‌های سطحی و زیرزمینی، میزان جریان و سرعت حرکت آب دارند. محدوده مطالعاتی در حدفاصل رشته‌کوه بزقوش در شمال شرق، توده آتش‌فشانی سه‌پند در شمال غرب و رشته‌کوه‌های تخت سلیمان واقع در شهرستان چاراویماق (در جنوب)، قرار گرفته است. موقعیت مکانی حاصل از پیوند عناصر واحدهای توپوگرافی فوق‌الذکر باعث شکل‌یابی منطقه به صورت یک چاله بسته‌ای شده است که تنها به سمت شرق و دره قزل‌اوزن باز می‌شود. ناحیه شمال غربی و غرب منطقه مطالعاتی که جزو دامنه‌های جنوب شرقی توده کوهستانی سه‌پند محسوب می‌شود، دارای ارتفاع عمومی زیاد و شیب تند و جهت شیب جنوب شرقی می‌باشد که به تدریج از شدت شیب کاسته می‌شود و امتداد آن به جهت میانه تا ارتفاع ۱۰۴۷ متری کشیده می‌شود. دره‌های محدوده به صورت V شکل و عمیق هستند و رودها برای رسیدن به تعادل اقدام به حفر بستر و عمیق‌تر کردن بستر خود می‌کنند، که این امر نشانگر جوان بودن توپوگرافی حوضه می‌باشد. لذا میزان

فرسایش و حمل مواد آبرفتی و رسوبی در این قسمت از حوضه بسیار بالا است. در قسمت‌های پایین دست (نزدیک به میانه) عرض دره افزایش پیدا کرده و در نتیجه دشت سیلابی در بستر آن شکل گرفته است. به علاوه، در طول مسیر مورد مطالعه از رودخانه قرنقوچای، سراسکندچای که از ارتفاع ۲۱۶۰ متری سرچشمه می‌گیرد و با راستای شمال غرب-جنوب شرق جریان دارد، در نزدیکی خراسانک از جناح چپ به رودخانه قرنقو تخلیه می‌گردد و پس از حدود ۹ کیلومتر پایین تر، شاخه بزرگی بنام شورجه‌چای به قرنقو می‌پیوندد و از این نقطه به بعد عرض رود قرنقو به‌طور ناگهانی کاهش می‌یابد. رودخانه خاتون‌آباد نیز بعد از روستاهای خاتون‌آباد، ناولیق و قلعه جوق به مسیر اصلی رودخانه قرنقوچای ملحق می‌شود و از این قسمت تا نقطه خروجی این حوضه در نزدیکی میانه، شاخه مهم دیگری به آن متصل نمی‌شود و لذا، افزایش دبی در این بازه نسبت به مقادیر دبی دو ایستگاه چپینی و میانه، قابل توجه است. به بیان دیگر، با نظر به اینکه رودخانه در این مسیر، در دره‌های پرشیب و پر انرژی به همراه سازندهای نفوذناپذیر و با مقطع عرضی کم جریان دارد. الحاق این شاخه‌ها می‌تواند به تغییرات قابل ملاحظه‌ای دبی منجر شوند و به تبع سرعت و قدرت جریان نیز افزایش پیدا می‌کند. به طوری که، با افزایش سرعت به دلیل کانالیزه شدن جریان در این مسیر، رودخانه قدرت حمل رسوبات و قطعات سنگی بزرگ را نیز پیدا می‌کند.

همچنین، با توجه به نتایج مطالعه می‌توان اذعان داشت که بعد از احداث و بهره‌برداری از سد سهند، دبی رودخانه و به‌ویژه دبی سالانه که دبی سیلابی رودخانه می‌باشد، در پایین دست کاهش یافته است و به تبع کاهش دبی سیلابی به کاهش بسیار واضح و مشخص، دبی رسوبی نیز منجر می‌گردد. به منظور بررسی دقیق تر نقش احداث سد سهند در مقدار و سرعت دبی، با توجه به داده‌های ایستگاه‌های چپینی و تونل هفت میانه، منحنی تداوم جریان برای دو دوره قبل و بعد از احداث سد تهیه شد. با بررسی منحنی تداوم جریان مشاهده می‌گردد که در ایستگاه چپینی (شکل ۶- الف)؛ قبل از احداث سد، دبی با شیب بالا (احتمال وقوع ۳۳ درصد) $6/70$ دبی با شیب متوسط (احتمال وقوع ۶۶ درصد) $2/19$ و دبی با شیب پایین (احتمال وقوع ۱۰۰ درصد) $0/759$ است و بعد از احداث، دبی با شیب بالا (احتمال وقوع ۳۳ درصد) برابر با $3/84$ ، دبی با شیب متوسط (احتمال وقوع ۶۶ درصد) برابر با $1/49$ و دبی با شیب پایین (احتمال وقوع ۱۰۰ درصد) برابر با $0/410$ است. در ایستگاه تونل هفت میانه نیز (شکل ۶- ب)، قبل از احداث سد، دبی با شیب بالا (احتمال وقوع ۳۳ درصد) $10/25$ ، دبی با شیب متوسط (احتمال وقوع ۶۶ درصد) $3/48$ و دبی با شیب پایین (احتمال وقوع ۱۰۰ درصد) $0/113$ است و بعد از احداث، دبی با شیب بالا (احتمال وقوع ۳۳ درصد) برابر با $4/61$ ، دبی با شیب متوسط (احتمال وقوع ۶۶ درصد) برابر با $1/54$ و دبی با شیب پایین (احتمال وقوع ۱۰۰ درصد) برابر با $0/29$ است. بنابراین، کاهش جریان اوج به تغییر شاخص‌های مورفولوژیکی مانند نیمرخ عرضی و طولی و شاخص‌های هیدرولیکی مانند عمق آب و سرعت جریان منجر شده است و احداث سد سهند تغییراتی اساسی همچون کاهش دبی در فصل پربابی و کاهش مواد رسوبی در پایین دست را به دنبال داشته است.



شکل ۶. الف: منحنی تداوم جریان ایستگاه چینی، ب: منحنی تداوم جریان ایستگاه تونل هفت میانه

نتیجه گیری

عوامل متعددی در ظهور سیلاب و شدت آن مؤثر می‌باشند که امکان بررسی این عوامل نیاز به تحقیقات جامع‌تری دارد. برای این منظور در بسیاری از حوضه‌های آبخیز به دلیل عدم وجود ایستگاه هیدرومتری و یا وجود نواقص آماری زیاد، نیاز به انتخاب روش‌های مناسب با توجه به شرایط و خصوصیات حوضه‌ها می‌باشد. در این پژوهش، به منظور برآورد دبی پیک جریان رودخانه در بازه کوهستانی قرانقوچای از دو روش کاستا (مبتنی بر اندازه قطر ذرات) و روش جارت (مبتنی بر ویژگی و شرایط مورفومتری کانال جریان)، استفاده شده و سپس نسبت به تحلیل شرایط طبیعی و انسانی مؤثر در دبی (شرایط لیتولوژیکی، فیزیوگرافی و تغییرات هیدرولوژیکی رودخانه)، اقدام شده است. با توجه به نمونه قطعات سنگی برداشت شده در بستر رودخانه و تأثیری که در میزان سرعت سیلاب دارد، مشخص شد که قدرت و سرعت سیلاب تابعی از اندازه این قطعات سنگی می‌باشد. بزرگ‌تر بودن میانگین محور b قله‌سنگ‌ها در بستر رودخانه نشان‌دهنده بالا بودن قدرت و سرعت آب است. لذا، نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که حداکثر سیلاب برآورد شده از روش کاستا (با مقدار دبی $۸۹/۶۰ \text{ m}^3/\text{s}$) به مقدار مشاهده‌ای نزدیک‌تر است و نتایج مطالعه حاضر با نتایج مطالعات؛ بهرامی و ضیغمی (۱۳۹۲)، فیشر (۲۰۰۴)، که هیو و همکاران (۲۰۱۰)، الکساندر و کوکر (۲۰۱۶)، مبنی بر کارایی روش برآورد پیک سیلاب با استفاده از قطر قله‌سنگ‌های بستر رودخانه (روش کاستا)، همخوانی دارد. بنابراین می‌توان بیان داشت که روش مورد استفاده در این تحقیق می‌تواند روشی کاربردی در جهت برآورد دبی حداکثر در مناطق مشابه محدوده مورد مطالعه پژوهش حاضر، مورد استفاده قرار گیرد.

همچنین؛ بر اساس یافته‌های پژوهش، به دلیل ماهیت کوهستانی بازه مورد مطالعه از قرنقوچای، شیب بستر رودخانه در طول مسیر نسبتاً بالا می‌باشد و نقاط دارای سرعت زیاد جریان، به‌طور عمده با مسیرهای اصلی رودخانه در دره‌های پرشیب و اغلب با تشکیلات زمین‌شناسی از نوع سخت (سنگ‌های آذرین) و نفوذناپذیر منطبق هستند. لذا، وجود شرایط سازند زمین‌شناسی یا نوع سنگ، با تولید رواناب و سیلاب محدوده مطالعاتی در ارتباط است. بازه مورد مطالعه از رودخانه قرنقوچای با توجه به الحاق شاخه‌های سراسکندچای، شورچای و خاتون‌آباد چای، شیب زیاد، مقطع عرضی کم و کانالیزه شدن جریان، سد شدگی محلی ناشی از سقوط قطعات سنگی بزرگ و پرشدگی مقطع، نسبت به ایستگاه بالادست و پایین‌دست، دارای مقادیر بالایی از دبی حداکثر می‌باشد و لذا سرعت و قدرت رودخانه نیز در این بازه افزایش می‌یابد. به‌علاوه با توجه به نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های هیدرولوژیکی، می‌توان ادعان داشت که از سال ۱۳۸۵ به دلیل احداث سد سه‌پند، دبی سالانه که دبی سیلابی رودخانه می‌باشد و نقطه اوج جریان در پایین‌دست، کاهش یافته که نشان‌دهنده تأثیر ذخیره مخزن سد است.

حامی مالی

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی از محل اعتبارات معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد.

سهام نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی از محل اعتبارات معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه محقق اردبیلی می‌باشد. از این رو تشکر و قدردانی خود را اعلام می‌داریم.

منابع

- اسماعیلی، رضا؛ لرستانی، قاسم و بازیار، غفور. (۱۳۹۶). اثرات احداث سد بر ویژگی‌های پیچان رودی قسمت‌های میانی گرگان‌رود. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۹ (۴)، ۶۵۷-۶۶۶. doi:10.22059/JPHGR.2018.226482.1007002
- اصغری سراسکانرود، صیاد و پیروزی، الناز. (۱۴۰۰). بررسی اثرات احداث سد سهند بر شرایط هیدرولوژیکی رودخانه و تحلیل تغییرات شکل هندسی مجرای قرانقوچای (از بازه پایین دست سد سهند تا روستای خراسانک). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۱۱ (۳)، ۹۹-۱۲۲.
- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ زینالی، بتول و اصغری سراسکانرود، صالح. (۱۳۹۵). بررسی نحوه توزیع قدرت رودخانه و تنش برشی و اثرات مخاطره‌آمیز آن در محدوده شهری سراسکانرودچای. *تحقیقات علوم جغرافیایی*، ۳۱ (۱)، ۵۶-۴۵.
- بشیرگنبد، محمد؛ مقدم‌نیا، علیرضا؛ خلیقی سیگارودی، شهرام؛ مهدوی، محمد؛ پاکه، امانوئل و لانگ، میشل. (۱۳۹۷). بررسی مقایسه‌ای روش‌های تحلیل فراوانی و هیدرو اقلیمی برای برآورد دبی حداکثر سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز بختیاری). *مرتج و آبخیزداری*، ۷۱ (۳)، ۶۱۲-۵۹۵. doi:10.22059/jrwm.2018.260184.1274
- خان‌بابایی، زهرا؛ مقیمی، ابراهیم؛ مقصودی، مهران؛ یمانی، مجتبی؛ و علوی پناه، کاظم. (۱۳۹۸). بررسی عوامل کنترل‌کننده پاسخ رودخانه‌های کوهستانی به واقعه سیلاب شدید (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد ایلام). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۱ (۵۱)، ۱۵-۱. doi:10.22059/JPHGR.2019.242256.1007119
- شعبانی‌نیا، حسن؛ متولی، صدرالدین؛ جانباز قبادی، غلامرضا و خالدی، شهریار. (۱۳۹۹). برآورد مقادیر ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیلاب با استفاده از تلفیق مدل‌های اتومات سلولی و SCS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لایچ‌رود). *مخاطرات محیط طبیعی*، ۹ (۲۴)، ۷۹-۹۸. doi:10.22111/JNEH.2020.29704.1515
- روستایی، شهرام؛ افتخار، حسن؛ کرمی، فریبا و نگهبان، سعید. (۱۴۰۲). بررسی حداکثر دبی مقادیر رواناب حوضه هیدروژئومورفیک شیراز با استفاده از مدل توزیع گمبل. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲ (۴)، ۱۱۷-۱۳۷. doi:10.22067/GEOEH.2022.77273.1245
- رمضانی، محمدابراهیم؛ خداپناه، کیومرث و مجنون‌ی توتاخانه، علی. (۱۴۰۰). بررسی و تحلیل عوامل انسانی و محیطی مؤثر بر آسیب‌پذیری روستاها در برابر سیل سال ۱۳۹۶ شهرستان عجب‌شیر. *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۱۱ (۴)، ۵۲-۷۰.

خسروی، غلامرضا؛ سعدالدین، امیر؛ اونق، مجید؛ بهره‌مند، عبدالرضا و مصطفوی، حسین. (۱۳۹۸). طبقه‌بندی و تعیین تغییرات رژیم جریان آب رودخانه‌ای با استفاده از شاخص‌های هیدرولوژیکی IHA مطالعه موردی: (رودخانه خرمارود - استان گلستان). *اكوهیدرولوژی*، ۶ (۳)، ۶۷۱-۶۵۱. doi:10.22059/IJE.2019.269287.982

ضیغمی، بهاره و بهرامی، شهرام. (۱۳۹۲). برآورد دبی حداکثر با استفاده از اندازه قله‌سنگ‌های بستر رودخانه در حوضه‌های زیرابه و قوردانلو. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۴ (۴)، ۶۰-۴۷. DOR:20.1001.1.20085362.1392.24.4.6.7

فتح‌زاده، علی و جایدری، اعظم. (۱۳۹۲). اصلاح ضریب کریگر براساس دوره‌های بازگشت مختلف به‌منظور برآورد دبی حداکثر سیل (مطالعه موردی: حوضه آبریز ایران مرکزی). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۲ (۳)، ۱۲۱-۱۰۵. doi:10.22067/GEO.V010.23976

قنوتی، عزت‌اله؛ صفاری، امیر؛ احمدآبادی، علی‌احمد و وارسته، شهرام. (۱۴۰۱). تحلیل و مدیریت خطر سیلاب‌های شهری با رویکرد ژئومورفولوژی (کلان‌شهر کرج)، *پژوهش‌های فرسایش محیطی*. ۱۲ (۴)، ۵۳-۲۶.

میرزاده، گرسیوز. (۱۳۹۴). بررسی ریخت‌شناسی (مورفولوژیکی) رودخانه در پایین‌دست سد کرخه با استفاده از روش‌های تجربی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب، گروه عمران، استاد راهنما: آرش ادیب، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز.

References

- Alexander, J., & Cooker, M.J. (2016). Moving boulders in flash floods and estimating flow conditions using boulders in ancient deposits. *Sedimentology*, 63 (6), 1582-1595. doi:10.1111/sed.12274
- Asghari Saraskanrood, S., & Piroozzi, E. (2021). Investigation of the effects of construction of Sahand dam on the hydrological conditions of the river and analysis of changes in the geometric shape of Qaranqoochay canal (from the lower reaches of Sahand dam to Khorasanak village), *Environmental Erosion Research Journal*, 11 (3), 99-122. [In Persian].
- Asghari Saraskanrou, S., Zeinali, B., & Asghari Saraskanrou, S. (2016). Evaluation of River Power Distribution, Shear Stress and Their Hazard Effects on the Urban Range of Saraskand Chay River. *Geographical research*, 31 (1), 46-58. [In Persian].
- Bashirgonbad, M., Moghaddam-Nia, A., Khalighi Sigaroodi, S., Mahdavi, M., Paquet, E., & Lang, M. (2018). Comparative Study of Frequency Analysis and Hydro-climatic Methods for Estimating Maximum Flood Discharge (Case Study: Bakhtiary Watershed). *Journal of Range and Watershed Managment*, 71(3), 595-612. doi: /10.22059/jrwm.2018.260184.1274 [In Persian].
- Costa, E.J. (1983). Paleohydrolik reconstruction of flash flood peaks from boulder deposits in the Colorado front range. *Geological society of America bulletin*, 94, 986- 1004. doi:10.1130/0016-7606
- De Waele, J., Martina, M.L.V., Sanna, L., Cabras, S., & Cossu, Q.A. (2010). Flash flood hydrology in karstic terrain: Fluuminedu canyon, central- east Sardinia. *Geomorphology*, 120, 162-173. doi:10.1016/j.geomorph.2010.03.021
- Esmaili, R., Lorestani, G., & Baziar, G. (2017). Effects of dam Reservoir on characteristics of meandering river in Gorgan River. *Physical Geography Research*, 49(4), 657-666. doi:10.22059/JPHGR.2018.226482.1007002 [In Persian].
- Fathzadeh, A., & Jaydari, A. (2013). Creager's coefficient modification base on the common return periods in order to peak flood estimation (Case study: Central part of Iran). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 2(3), 105-121. doi:10.22067/GEO.V010.23976 [In Persian].
- Fisher, T.G. (2004). River Warren boulders, Minnesota, USA: catastrophic paleoflow indicators in the southern spillway of glacial Lake Agassiz. *BOREAS*, 33, 349-358. doi:10.1111/j.1502-3885.2004.tb01245.x
- Fookes, P.G., Mark Lee, E., & Griffiths, J.S. (2007). *Engineering Geomorphology*. whittles Publishing, England, 312 P.
- Ghanavati, E., Saffari, A., & Ahmadabadi, A. (2022). Varasteh S. Risk Analysis and Management of Urban Floods with Geomorphological Approach (Karaj Metropolis). *Environmental erosion research*, 12 (4), 26-53. [In Persian].

- Huber, M.L., Lupker, M., Gallen, S.F., Christ, M., & Gajurel, A.P. (2020). Timing of exotic, far-traveled boulder emplacement and paleo-outburst flooding in the central Himalayas. *Earth Surface Dynamics*, 8, 769–787. doi:10.5194/esurf-8-769-2020
- Khanbabaee, Z., Moghimi, E., Maghsoudi, M., Yamani, M., & Alavipanah, S. K. (2019). Investigation on the Factors Controlling the Response of Mountain Rivers to Extreme Flood Event (Case Study: Upstream Ilam Dam). *Physical Geography Research*, 51(1), 1-15. doi:10.22059/JPHGR.2019.242256.1007119 [In Persian].
- Kehew, A.E., Milewski, A., & Soliman, F. (2010). Reconstructing an extreme flood from boulder transport and rainfall–runoff modelling: Wadi Isla, South Sinai, Egypt. *Global and Planetary Change*, 70 (1-4), 64-75. doi:10.1016/j.gloplacha.2009.11.008
- Jarrett, R.D. (1990). Hydrologic and hydraulic research in mountain rivers'. *Water resources bulletin*, 26 (3), 419–429. doi:10.1111/j.1752-1688.1990.tb01381.x
- Khaddor, I., Achab, M., Ben jbara, A., & Hafidi Alaoui, A. (2019). Estimation of Peak Discharge in a Poorly Gauged Catchment Based on a Specified Hyetograph Model and Geomorphological Parameters: Case Study for the 23–24 October 2008 Flood, KALAYA Basin, Tangier, Morocco. *Hydrology*, 6(1),1-10. doi:10.3390/hydrology6010010
- Liu, S., Wu, Y., Zhang, G., Lin, N., & Liu, Z. (2023). Comparing Water Indices for Landsat Data for Automated Surface Water Body Extraction under Complex Ground Background: A Case Study in Jilin Province. *Remote Sensing*, 15(6), 1-31. doi:10.3390/rs15061678
- Mirzadeh, G. (2014). Morphological investigation of the river downstream of Karkheh dam using experimental methods, Master's thesis on water, Department of Civil Engineering, supervisor: Arash Adib, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz. [In Persian].
- Piroozii, E., Madadi, A., Asghari Saraskanrood, S., & Sihag, P. (2022). Morphological Analysis and Evaluation of Givi-chay River Conduit Form (Northwest of Iran). *Water Supply*, 22 (10), 7851–7872. doi:10.2166/ws.2022.279
- Ramazani, M E., Khodapanah, K., & Majnoui-Toutakhaneh, A. (2021). Investigation and Analysis of Human and Environmental Factors Affecting the Vulnerability of Rural Settlements to Floods in 2017 in Ajabshir County. *Environmental erosion research*, 11 (4), 52-70. [In Persian].
- Roostaei, S., efekhar, H., Karami, F., & Neghaban, S. (2023). Investigation of maximum discharge of runoff values in Shiraz hydro geomorphic basin using Gamble distribution model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4),117-137. doi:10.22067/GEOEH.2022.77273.1245 [In Persian].
- khosravi, G., Sadodin, A., Ownegh, M., Bahreman, A., & Mostafavi, H. (2019). Classification and identification of changes in river flow regime using the Indicators of Hydrologic Alteration (IHA) Case study: (The Khormarud River- Tilabad Watershed- Golestan Province). *Iranian journal of Ecohydrology*, 6(3), 651-671. doi:10.22059/IJE.2019.269287.982 [In Persian].
- Shabaninia, H., Motevalli, S., Janbaz Ghobadi, G., & Khaledi, S. (2020). Estimating of runoff height and flood maximum discharge using Cellular Automata and SCS models, (Case Study: Lavijrood watershed). *Journal of Natural Environmental Hazards*, 9(24), 79-98. doi:10.22111/JNEH.2020.29704.1515 [In Persian].
- Xu, H. (2006). Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 27(14), 3025-3033. doi:10.1080/01431160600589179
- Zaighami, B., & Bahrami, S., (2014). Estimating the peak discharge by means of boulder size of river beds of Zirabe and Qoordanloo catchments. *Geography and Environmental Planning*, 24(4), 47-60. DOR:20.1001.1.20085362.1392.24.4.6.7 [In Persian].