Iranian Hydraulic Association
Journal of Hydraulics
Vol. 20, No. 4, PP. 123-136, Winter 2026

Research Article
https://doi.org/10.30482/jhyd.2025.524426.1738

Assessment of Legal Riverbed Boundary Delineation for Natural Streams Branched from Rivers in Floodplains Using a Hydraulic Analysis Approach: A Case Study of the Shahrstan Stream

Soran Ezati [1], Ziaedin Aidi[2], Seyed Hossein Mohajeri[3*]

1- Environmental Engineering Division, Civil & Environmental Engineering Faculty, Tarbiat Modares University.

2- River Engineering Department, Regional Water Company of Alborz, Karaj, Iran.

3- Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kharazmi University.

[*] **hossein.mohajeri@gmail.com**

Received: 20 May 2025
Accepted: 13 July 2025
Discussion: 21 March 2026

J. Hydraul.
Iranian Hydraulic Association
Homepage: www.jhyd.iha.ir

Abstract

Introduction: Determining legal riverbed boundaries in low-gradient floodplain environments is a persistent challenge, particularly in regions where traditional delineation relies on administrative or geomorphological approximations rather than hydraulic criteria. The Shahrstan Stream, a natural distributary of the Jajrood River in Tehran Province, exemplifies such a case. The Eastern Regional Water Authority designated a 600-meter-wide legal bed for the Shahrstan Stream near Abasabad village, an estimate that has sparked controversy due to its excessive breadth and apparent disconnect with hydraulic realities. To address this discrepancy, the current study investigates the hydraulic validity of various bed width scenarios for the Shahrstan Stream using a simple but robust analytical method. Instead of relying on conventional width estimation, the study adopts a performance-based approach focused on hydraulic behavior, specifically the ability of each width to sustain flood flows with sufficient flow energy. The Australian flood energy criterion (velocity × depth ≥ 0.3 m^2/s) is used as the threshold for identifying active flood-conveying sections. The objective is to develop a scientifically grounded, technically defensible estimate for the legal riverbed width of a disturbed floodplain stream, an approach that promotes more accurate and replicable outcomes in future river management decisions.

Methodology: This study applies Manning's hydraulic equation to evaluate the flood-carrying capacity of the Natural Shahrstan Stream under five proposed riverbed widths: 100, 200, 300, 400, and 600 meters. Given the extensive morphological changes and insufficient elevation precision in the study area, two-dimensional modeling was deemed impractical. Instead, a simplified analytical approach was adopted to assess stream hydraulics. The 25-year design flood discharge of the Jajrood River was estimated at 389 m^3/s. Based on satellite imagery and relative inundation areas, this value was proportionally reduced to approximately 39 m^3/s for the Shahrstan Stream. SPOT satellite data from 1986 and legal documentation from the Iran Water Resources Management Company and Sazeh Pardazi Iran Consulting Engineers supported the spatial and hydrological assessment. For each width scenario, Manning's formula was used to calculate average flow velocity, depth, and discharge. The

hydraulic validity of each scenario was evaluated against the Australian standard flood energy threshold (velocity × depth ≥ 0.3 m^2/s), a widely accepted criterion for determining active flood channels. The approach emphasizes practicality and replicability in similar floodplain contexts lacking high-resolution data. It integrates both hydrological theory and regulatory frameworks to yield a rational estimate for the legal riverbed boundary, as stipulated by Bulletin No. 307.

Results and Discussion: The hydraulic analysis demonstrated that the 600-meter bed width, as designated by the water authority, is a substantial overestimate. At a flow depth of 1 meter, this width would produce a discharge of approximately 1330 m^3/s—more than 34 times the estimated 25-year design discharge of 39 m^3/s. Adjusting the flow depth to align with the target discharge requires a depth of just 12 cm, which yields a velocity–depth product of 0.065 m^2/s. This value falls far below the minimum energy criterion, indicating insufficient hydraulic function. The intermediate widths—400, 300, and 200 meters—likewise failed to meet both the design discharge and the minimum energy threshold. Although deeper flows improved energy levels, they also produced excessive discharges inconsistent with the natural capacity of the stream, and shallower flows remained under-energized. In contrast, the 100-meter width demonstrated ideal hydraulic behavior. At a depth of 0.3 meters, the stream reached a velocity of 0.99 m/s and a discharge of 29.76 m^3/s. This configuration achieved the target velocity–depth threshold of 0.3 m^2/s while approaching the design discharge, offering a balanced and defensible estimate of the stream's legal riverbed. Higher flow depths further confirmed the flexibility of the 100-meter configuration, yielding discharges up to 219 m^3/s, without violating hydraulic constraints. These findings align with international practices in floodplain delineation and emphasize the importance of integrating flow energy criteria into legal and technical assessments. Unlike the traditional approach based solely on width extrapolation, this method offers a rational and replicable solution for disturbed floodplain systems. It also validates the use of simplified hydraulic models in settings where complex simulation is not feasible but regulatory compliance is essential.

Conclusion: This study confirms that the 100-meter riverbed width is the only configuration that satisfies both the hydraulic energy threshold (velocity × depth ≥ 0.3 m^2/s) and the 25-year design discharge (~39 m^3/s). Wider widths (200 to 600 meters) either generate unrealistically high discharges or insufficient flow energy, making them incompatible with the hydraulic behavior of the Shahrstan Stream. Therefore, the 100-meter width stands out as the most technically and legally appropriate boundary, offering a model approach for future delineation efforts under Bulletin No. 307 in similar disturbed floodplain environments.

Keywords: River bed, River Engineering, Floodplain, River Hydraulics, Numerical Modeling.

Conflict of Interest: The authors declared no potential conflicts of interest concerning the research, authorship, and publication of this article.

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and publication of this article.

Data Availability Statements: All information and results are presented in the text of the article. The datasets generated and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Authors' contribution:

First Author: Conceptualization, Methodology, Data curation, Formal analysis, Visualization, Writing – original draft.

Second Author: Conceptualization, Methodology, Formal analysis, review & editing, Supervision.

Third Author: Conceptualization, Methodology, Writing – review & editing, Supervision.

انجمن هیدرولیک ایران
نشریه هیدرولیک
سال ۲۰، شماره ۴، صفحات ۱۲۳-۱۳۶، زمستان ۱۴۰۴

مقاله پژوهشی
https://doi.org/10.30482/jhyd.2024.432211.1689

بررسی نحوه تعیین حد بستر قانونی نهرهای طبیعی منشعب از رودخانه در سیلاب‌دشت‌ها با رویکرد تحلیل هیدرولیکی - مطالعه موردی نهر شهرستان

سوران عزتی[۱]، ضیاالدین ایدی[۲]، سیدحسین مهاجری[۳]*

۱- دانشجو کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه تربیت مدرس.
۲- کارشناس دفتر مهندسی رودخانه، شرکت آب منطقه ای البرز.
۳- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

* **hossein.mohajeri@gmail.com**

دریافت: ۱۴۰۴/۰۲/۳۰، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۲، نقد و بررسی: ۱۴۰۵/۰۱/۰۱ وب‌گاه نشریه هیدرولیک: www.jhyd.iha.ir

چکیده: یکی از چالش‌های تعیین حد بستر قانونی نهرها در کشور، مربوط به نهرهایی است که بستر آنها به شکل سنتی و بدون مدل‌سازی هیدرولیکی تعیین شده است. در پژوهش حاضر، با تمرکز به حد بستر قانونی نهر شهرستان (یکی از انشعابات رودخانه جاجرود) تفاوت بستر تعیین شده به شکل سنتی با رویکرد هیدرولیکی و بر اساس راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه (نشریه شماره ۳۰۷) بررسی می‌گردد. در رویکرد سنتی، عرض بستر نهر شهرستان در ضلع شرقی روستای عباس آباد شهرستان پاکدشت توسط شرکت آب منطقه‌ای، حدود ۶۰۰ متر اعلام شده است که موجب نارضایتی و اعتراض مجاورین این نهر می‌باشد. به منظور مدل‌سازی و برآورد دبی سیلاب نهر شهرستان و پهنه‌های سیلگیر رودخانه در حالت طبیعی، از تصاویر ماهواره SPOT مربوط به سال ۱۳۶۵ استفاده شد. پنج عرض بستر (۶۰۰، ۴۰۰، ۳۰۰، ۲۰۰، و ۱۰۰ متر) بررسی و پارامترهای هیدرولیکی شامل سرعت، دبی و حاصل‌ضرب سرعت و عمق محاسبه شدند. مطابق توصیه نشریه ۳۰۷ معیار استاندارد استرالیا با آستانه سرعت × عمق $\leq$ ۰.۳ مترمربع بر ثانیه برای شناسایی عرض بستر به‌کار رفت. نتایج مدل‌سازی نشان داد که دبی عبوری از نهر حدود ۱۰ درصد کل دبی سیلاب رودخانه جاجرود است. به علاوه مشاهده شد که عرض بستر ۱۰۰ متری، با دبی نزدیک به دبی سیلاب ۲۵ ساله و انطباق با معیار انرژی جریان، عرض مناسب بستر نهر شهرستان می باشد. این مطالعه نشان داد که روشی عملی پیشنهاد شده در نشریه شماره ۳۰۷ برای تعیین عرض بستر رودخانه های سیلابدشتی و کم شیب در شرایط بستر دستخورده از دقت مناسبی برخوردار است و می توان آن را در پروژه های مشاوره ای به کار برد.

کلیدواژگان: بستر رودخانه، مهندسی رودخانه، سیلاب‌دشت، هیدرولیک رودخانه، مدل‌سازی عددی.

۱- مقدمه

رودخانه‌ها و نهرهای طبیعی به‌عنوان شریان‌های حیاتی بوم‌سامانه‌های آبی، نقش بی‌بدیلی در تأمین آب، حفظ تنوع زیستی، و پشتیبانی از فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کنند. بااین‌حال، فشارهای ناشی از توسعه شهری، کشاورزی گسترده، و بهره‌برداری غیر پایدار از منابع طبیعی، موجب برهم‌خوردن تعادل هیدرولوژیکی و ریخت‌شناسی این سامانه‌ها شده است و از سوی دیگر تشدید تجاوز به بستر و حریم رودخانه به یک فرا بحران تبدیل شده است (Miri, 2020; Wohl, 2018). رودخانه‌ها بر مبنای ویژگی‌های جریان به سه دسته اصلی دائمی (با جریان پایدار در طول سال)، فصلی (فعال در دوره‌های بارندگی) و متناوب (جریان مقطعی و ناپایدار) تقسیم می‌شوند (Sauquet et al., 2021). از نظر هندسه مسیر نیز به‌طور معمول در یکی

از سه گروه مستقیم، پیچان یا شریانی قرار می‌گیرند (Li et al., 2025). موقعیت جغرافیایی نیز در این تقسیم‌بندی مؤثر است؛ به‌طوری‌که رودهای کوهستانی با شیب زیاد و جریان سریع، در مقابل رودهای دشتی با مسیر آرام و رسوب‌گذاری گسترده قرار می‌گیرند (Rinaldi et al., 2016). این طبقه‌بندی‌ها مبنای اولیه برای تحلیل‌های هیدرولیکی، طراحی سازه‌ها و تعیین پهنه‌های سیلابی به‌شمار می‌آیند. مدل‌سازی هیدرولیکی از جمله ابزار مهم برای شناخت رفتار جریان در رودخانه‌ها و پیش‌بینی پیامدهای سیلاب است. این فرایند با استفاده از داده‌هایی مانند شیب بستر، دبی جریان و زبری کناره‌ها، امکان شبیه‌سازی شرایط مختلف هیدرودینامیکی را فراهم می‌کند. در ایران، سیلاب‌دشت‌های رودخانه‌ای مانند جاجرود به دلیل موقعیت راهبردی و نزدیکی به منطقه‌های پرجمعیت، با چالش‌های بسیاری از جمله ساخت‌وسازهای غیرمجاز و تخریب بستر طبیعی روبه‌رو هستند. نهر شهرستان، یکی از انشعاب‌های کلیدی رودخانه جاجرود در منطقه پاکدشت، به دلیل تأثیر مستقیم بر اراضی زراعی و مسکونی، نیازمند مدیریت دقیق برای تعیین حد بستر قانونی است. این فرایند نه‌تنها به کاهش مخاطره‌های سیلاب کمک می‌کند، بلکه در حفاظت از منابع آب و پیشگیری از آسیب و زیان‌های زیست‌محیطی نقش مبنایی دارد. بستر به محدوده‌ای اطلاق می‌شود که آب به‌طور معمول در آن جریان دارد یا در زمان سیلاب به طور طبیعی گسترش می‌یابد، و حریم شامل ناحیه‌ای پیرامونی است که به دلیل خطرپذیری یا نیاز به حفاظت محیطی، محدودیت‌های ساخت‌وساز و بهره‌برداری در آن اعمال می‌شود (Christopher et al., 2024).

تعیین حد بستر قانونی رودخانه‌ها و نهرهای طبیعی از جمله چالش‌های کلیدی در مدیریت منابع آب و کاهش مخاطرات سیلاب است. بستر قانونی، به‌عنوان محدوده‌ای که جریان‌های سیلابی با دوره بازگشت مشخص را در خود جای می‌دهد، نقش مهمی در حفاظت از اراضی مجاور، مدیریت کاربری زمین، و حفظ بوم‌سامانه‌های آبی ایفا می‌کند (Federal Emergency Management Agency, 2005). تعیین حد بستر قانونی نیازمند تلفیق داده‌های هیدرولوژیکی، مشاهده‌های میدانی، تصویرهای سنجش از دور، نقشه‌های ناهمواری و پستی و بلندی، مدل‌های هیدرولیکی و چارچوب‌های قانونی است. در ایران، با توجه به افزایش ساخت‌وسازهای غیرمجاز در سیلابدشت‌ها و تغییرهای ریخت‌شناسی ناشی از فعالیت‌های انسانی، تعیین دقیق این محدوده دارای اهمیت ویژه‌ای است. در تعیین بستر قانونی رودخانه‌ها، استفاده از روش‌های دقیق در شبیه‌سازی سیلاب اهمیت بالایی دارد. Horritt & Bates (2002) با بررسی عملکرد سه مدل عددی شامل HEC-RAS، LISFLOOD-FP و TELEMAC-2D در بازه‌ای ۶۰ کیلومتری از رودخانه سِورن در انگلستان، دقت این مدل‌ها را در پیش‌بینی گسترش سیلاب با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سیلاب‌های سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که مدل‌های HEC-RAS و TELEMAC-2D پس از واسنجی می‌توانند پهنه سیلابی را با دقت خوبی پیش‌بینی کنند، در حالی‌که مدل LISFLOOD-FP برای دستیابی به نتایج قابل‌قبول، نیازمند واسنجی مستقیم با داده‌های مساحت سیلابی است. این بررسی می‌تواند مبنای علمی مناسبی برای تعیین حدود حریم رودخانه‌ها در منطقه‌های سیلاب‌خیز باشد (Horritt & Bates, 2002). همچنین Farrokhi & Majdzadeh Tabatabaei (2011) به بررسی هندسه بستر و حدود قانونی دو مسیل واقع در استان خراسان شمالی پرداختند. در این بررسی با بهره‌گیری از مدل‌سازی هیدرولیکی در محیط نرم‌افزار HEC-RAS و استفاده از نقشه‌های ناهمواری و پستی و بلندی، محدوده بستر قانونی بر پایه دبی مبنا تعیین شد. یافته‌های بیانگر آن بود که از طریق شبیه‌سازی سیلاب و تحلیل نتایج در قالب نقشه‌های GIS، می‌توان مرزهای بستر و حریم رودخانه را با دقت مناسبی ترسیم کرد. با این حال، در منطقه‌های با داده‌های ناهمواری و پستی و بلندی محدود یا تغییرپذیری‌های شدید بستر ناشی از فعالیت‌های انسانی، این مدل‌ها با چالش‌هایی روبه‌رو هستند. در چنین شرایطی، رویکردهای تجربی مانند معادله مانینگ و استانداردهای بین‌المللی، مانند معیار استرالیا برای بستر فعال به‌عنوان جایگزین‌های کاربردی مطرح شده‌اند که با تأکید بر انرژی جریان، امکان تمایز بین بستر فعال و حاشیه سیلاب را فراهم می‌کند و در بسیاری از پروژه‌های پژوهشی

جهانی به‌کار گرفته شده است (Arcement & Schneider, 1989; Gordon et al., 2004; Hazard, 2017). با وجود این پیشرفت‌ها، نبود داده‌های محلی دقیق و ناهمگونی شرایط هیدرولوژیکی در منطقه‌ها خشک و نیمه‌خشک مانند ایران، همچنان شکاف‌های پژوهشی قابل‌توجهی ایجاد کرده است. در ایران، آیین‌نامه بستر و حریم رودخانه‌ها (مصوب ۱۳۷۹) و نشریه شماره ۳۰۷ سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی (۱۳۸۴) به چارچوب‌های قانونی و فنی برای تعیین بستر رودخانه‌ها پرداخته‌اند (Publication No. 307, 2005; Council of Ministers of the Islamic Republic of Iran, 2000). همچنین اغلب بررسی‌های صورت گرفته روی رودخانه‌های مخروط افکنه (Publication No. Mosaferi et al., 2019; 593, 2012) بر مبنای برداشت نقشه ناهمواری محدوده سیلابدشت و انجام مدلسازی هیدرولیکی استوار می باشند در حالی‌که در سیلابدشت جاجرود، به دلیل برداشت مصالح و ساخت‌وسازهای غیرمجاز و دستخوردگی بیش از اندازه بستر در اصل امکان تهیه نقشه ناهمواری و پستی و بلندی حالت طبیعی رودخانه ممکن نمی باشد و بنابراین اطلاعات موردنیاز مدلسازی هیدرولیکی در دسترس نیستند. این شکاف، ضرورت بررسی و ارزیابی جامع را برای نهر شهرستان برجسته می‌کند که بتواند با تلفیق داده‌های هیدرولوژیکی، معادله مانینگ، و معیارهای بین‌المللی، عرض بهینه بستر را شناسایی کند. عرض بستر نهر شهرستان در ضلع شرقی روستای عباس آباد شهرستان پاکدشت در استان تهران توسط شرکت آب منطقه ای تهران برابر حدود ۶۰۰ متر اعلام شده است. این عرض بستر موجب نارضایتی و اعتراض مجاورین این نهر شده است.

هدف از این پژوهش، بررسی اختلاف بین حد بستر اعلامی و روش مدل‌سازی هیدرولیکی منطبق بر نشریه ۳۰۷ سازمان برنامه بودجه (راهنمای پهنه بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه) می باشد. به این منظور اختلاف بین برآورد این ۲ روش بر عرض بستر نهر شهرستان به‌عنوان یکی از انشعاب‌های سیلاب‌بر رودخانه جاجرود مورد بررسی و مقدار بهینه بستر رودخانه تعیین شد. انتخاب این نهر به دلیل موقعیت خاص آن در پهنه سیلاب‌دشت و هم‌جواری با اراضی کشاورزی و خانه‌سراهای روستایی بوده است. در این بررسی، با بهره‌گیری از داده‌های مکانی و تحلیل شرایط هیدرولوژیکی منطقه و تحلیل‌های هیدرولیکی، سعی شده است میزان هم‌خوانی وضعیت موجود با الزام‌های قانونی بررسی شود و راهکارهای علمی برای مدیریت بهینه بستر رودخانه و کاهش مخاطره‌های ناشی از سیلاب ارائه شود.

۲- روش کار

۲-۱- منطقه مورد بررسی

رودخانه جاجرود از البرز مرکزی سرچشمه گرفته و پس از سدهای لتیان و ماملو وارد دشت پاکدشت می‌شود. حوضه آبریز رودخانه جاجرود خود جزئی از حوضه آبریز درجه‌دو دریاچه نمک به‌شمار می‌آیند، حوضه آبریز دریاچه نمک که یک حوزه آبریز اصلی درجه‌دو از ۳۰ حوزه آبریز کشور است، از نظر تقسیمات کشوری در حوزه آبریز درجه یک فلات مرکزی ایران قرار گرفته است. بر مبنای تقسیمات مصوب وزارت نیرو، حوضه آبریز رودخانه جاجرود در محدوده مطالعاتی لواسانات قرار دارد. حوضه آبریز جاجرود با مساحت تقریبی ۱۸۵۰ کیلومترمربع، بین مختصات جغرافیایی ′۵۸ °۵۳ تا ′۲۰ °۶۱ شرقی و ′۲۸ °۳۹ تا °۳۹ ′۸۹ شمالی قرار دارد (Najimi et al., 2023). نهر شهرستان، شاخه‌ای از رودخانه جاجرود، در شرق روستای عباس‌آباد لرنی (بخش شریف‌آباد، پاکدشت) واقع است و در حاشیه جنوبی سیلاب‌دشت جاجرود جریان دارد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی نهر شهرستان نمایش‌داده‌شده است.

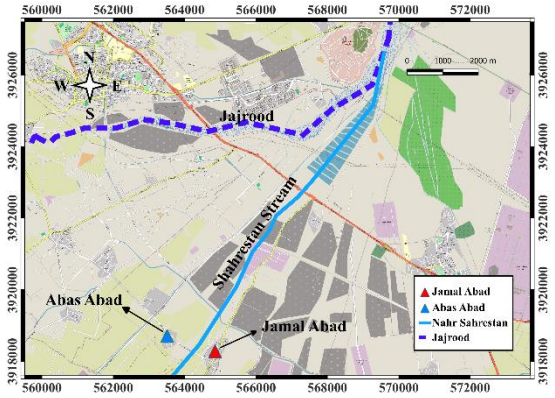

Fig. 1 Geographical Location of the Shahrestan Stream in the Jajroud River Floodplain

شکل ۱ موقعیت جغرافیایی نهر شهرستان در سیلابدشت جاجرود

۲-۲- رویکرد کلی و داده‌های بررسی

در این پژوهش برای بررسی و تعیین بستر قانونی نهر شهرستان از تحلیل‌های هیدرولوژیکی و هیدرولیکی استفاده شد. عرض‌های بستر ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، و ۶۰۰ متر با معادله مانینگ ارزیابی شدند. داده‌ها شامل تصویرهای ماهواره SPOT مربوط به سال ۱۳۶۵، نقشه‌های رقومی ارتفاعی، اطلاعات آب‌سنجی، و گزارش ساماندهی جاجرود (Sarzeh Pardazi Iran Consulting Engineers, 2014) بودند. آیین‌نامه بستر و حریم رودخانه‌ها (۱۳۷۹) و معیار استرالیا نیز به‌عنوان مبنای فنی و قانونی استفاده شدند.

۲-۳- تعیین حوضه آبریز

حوضه آبریز جاجرود با مساحت ۱۸۵۰ کیلومترمربع، با استفاده از نقشه‌های بزرگ‌مقیاس و تصویرهای ماهواره‌ای مشخص شد. این حوضه تا نقطه‌ای که رودخانه وارد دشت شده و به انشعاب‌های تقسیم می‌شود، ترسیم شد (شکل ۲).

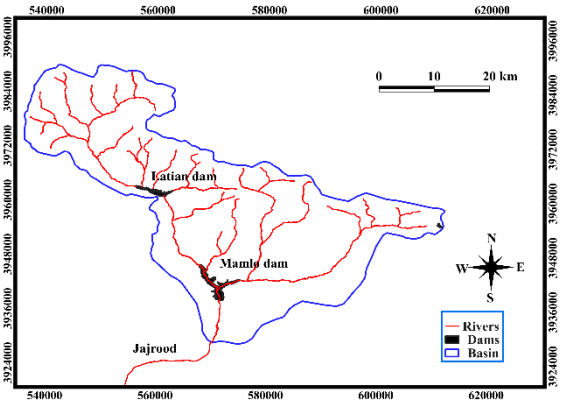

Fig. 2 The Jajroud River Watershed

شکل ۲ حوضه آبریز رودخانه جاجرود

۲-۴- تعیین دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای رودخانه جاجرود

بنابر تبصره یک ماده دو قانون توزیع عادلانه آب تعیین پهنای بستر در مورد هر رودخانه و نهر طبیعی و مسیل و مرداب و برکه طبیعی در هر محل بالتوجه‌به آمار هیدرولوژی رودخلنه‌ها و نهرها و داغاب در بستر طبیعی آنها بدون رعایت اثر ساختمان تأسیسات آبی تعیین می‌شود.

باتوجه‌به اینکه مبنای تعیین حد بستر رودخانه‌ها دبی سیلاب ۲۵ساله در حالت طبیعی و بدون دخالت سازه‌های مصنوعی مسیر جریان (از جمله سدها) است در این بخش به بررسی میزان این فراسنجه در بازه مورد بررسی پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه در مطالعات ساماندهی رودخانه جاجرود که به کارفرمایی شرکت آب منطقه‌ای تهران و توسط شرکت مهندسین مشاور سازه پردازی ایران به انجام رسیده دبی سیلاب در شرایط کنونی (شرایط کنترل شده توسط سد) استفاده شده است، بنابراین در این بررسی‌های ایستگاه‌های هیدرومتری پایین‌دست سازه‌های آبی کنترل‌کننده، مورد توجه قرار گرفته و چگونگی عملکرد سازه‌های آبی بر کاهش اوج پیک سیلاب در نظر گرفته شده است؛ بنابراین برای تعیین حد بستر قانونی رودخانه، دبی سیلاب باید در شرایط طبیعی و بدون درنظرگرفتن سازه‌های کنترل جریان محاسبه شود. ازآنجاکه ایستگاه‌های آب‌سنجی اطراف منطقه مورد بررسی از لحاظ مساحت حوضه آبریز تحت پوشش طیف مناسبی دارند، لذا امکان برقراری ارتباط بین دبی بیشینه لحظه‌ای با دوره برگشت T ساله با مساحت حوضه وجود دارد. باتوجه‌به اینکه در این محاسبه‌ها از آمار ایستگاه‌های آب‌سنجی پایین‌دست سدها استفاده نشده است؛ لذا می‌توان از دبی سیلاب منتج از این رابطه برای برآورد دبی سیلاب ۲۵ساله در حالت طبیعی رودخانه استفاده به عمل آورد. ازاین‌رو، با داده‌های ایستگاه‌های بالادست حوضه، رابطه همبستگی بین دبی پیک ۲۵ساله و مساحت حوضه برقرار شد تا دبی طبیعی از طریق رابطه ۱ تعیین شود.

$$Q_{T25} = A^{0.626} \times 3.504 \quad (1)$$

Q_{25} دبی پیک سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ساله (بر حسب مترمکعب بر ثانیه، m^3/s) و A مساحت حوضه آبریز (بر حسب کیلومترمربع، km^2) می‌باشد (Chow et al., 1988; Subcommittee on Hydrology, 1982).

۲-۵- تعیین دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برای نهر شهرستان

مطابق ماده یک آیین‌نامه مربوط به بستر و حریم

رودخانه‌ها و مسیل‌ها، نهر طبیعی مجرایی است که آب در آن به‌صورت دائم یا فصلی جریان داشته باشد و دارای حوضه آبریز مشخصی نباشد؛ لذا باتوجه‌به نبود امکان تعیین حوضه آبریز برای نهر شهرستان، نمی‌توان در تعیین دبی سیلاب ۲۵ساله در آن از روش‌های معمول هیدرولوژی استفاده کرد. روش معمول در این‌گونه مواقع برداشت نقشه ناهمواری و پستی و بلندی کل بازه‌های سیلاب‌دشتی رودخانه و اجرای مدل هیدرولیکی دوبعدی در شرایط جریان ناماندگار است. در این مدل‌سازی کل دبی رودخانه از بالادست وارد سیلاب‌دشت شده و مدل هیدرولیکی جریان را بر مبنای شرایط ناهمواری و پستی و بلندی بستر رودخانه در محدوده سیلاب‌دشت توزیع می‌کند و پس از آن می‌توان در هر مقطع از انشعاب‌های رودخانه در محدوده سیلاب‌دشت مقدارها دبی ورودی به هر انشعاب را تعیین نمود. اما در شرایط موجود رودخانه جاجرود امکان استفاده از این روش نیز وجود ندارد؛ زیرا ساخت‌وسازهای متراکم و برداشت مصالح رودخانه‌ای در گسترده و دست‌خوردگی‌های رخ‌داده در محدوده سیلاب‌دشت این رودخانه در اصل برداشت نقشه ناهمواری و پستی و بلندی شرایط طبیعی رودخانه را ناممکن کرده است و لذا امکان شبیه‌سازی شرایط طبیعی عبور جریان سیلاب از سیلاب‌دشت رودخانه جاجرود امکان‌پذیر نمی‌باشد.

راهکاری که در این بررسی برای برآورد دبی سیلاب نهر شهرستان استفاده شد تعیین نسبت پهنه سیلاب‌دشت نهر شهرستان نسبت به کل پهنه سیلاب‌دشت رودخانه جاجرود در شرایط طبیعی و پیش از رخداد دست‌خوردگی‌های بستر بوده است. این روش بر این فرض استوار است که در زمان عبور سیلاب، کل دبی جریان به‌صورت یکنواختی روی کل پهنه سیلاب‌دشت رودخانه پخش خواهد شد. هرچند در شرایط عادی و طبیعی رخداد این شرایط در سیلاب‌دشت‌ها بعید به نظر می‌رسد؛ ولی باتوجه‌به نبود اطلاعات مورد نیاز برای برآورد دقیق میزان سیلاب در بازه مورد نظر، در این بررسی بنا به‌ضرورت از این روش استفاده شده است. به‌منظور تعیین سهم سیلاب انشعاب نهر شهرستان از کل سیلاب جاجرود، از تصویر شماره SPOTCIBN36E051 ماهواره SPOT مربوط به سال ۱۹۸۶ میلادی (۱۳۶۵ شمسی) در تشخیص پهنه های سیلگیر رودخانه جاجرود در حالت طبیعی استفاده شده است. در شکل ۳ بازه‌های سیلابدشت رودخانه جاجرود نشان داده شده است. بر مبنای شکل ۳ کل عرصه پخش سیلاب در محدوده سیلابدشت رودخانه جاجرود حدود ۹۰۰۰ متر و عرض پهنه نهر شهرستان حدود ۹۰۰ متر بوده است. در ادامه به‌منظور تعیین بستر قانونی نهر شهرستان، پهنه سیلابی ناشی از دبی سیلاب ۲۵ ساله مبنای تحلیل قرار گرفت. با توجه به نبود داده‌های ناهمواری و پستی و بلندی دقیق (به دلیل ساخت‌وسازهای غیرمجاز و برداشت مصالح)، امکان شبیه‌سازی دوبعدی وجود نداشت و روش تحلیلی انتخاب شد.

جریان نهر با معادله مانینگ طبق رابطه ۲ محاسبه شد که دراین‌رابطه Q دبی جریان (مترمکعب بر ثانیه)، n ضریب زبری مانینگ، A سطح مقطع جریان، R شعاع هیدرولیکی (بر حسب متر) که برابر است با نسبت مساحت سطح جریان به محیط خیس شده و S شیب‌خط انرژی یا شیب بستر است.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

همچنین شیب طولی بستر از مدل‌های رقومی ارتفاعی و ضریب زبری مانینگ با روش کاون و مشاهده‌های میدانی تعیین شدند (Gioia & Bombardelli, 2001). مقطع نهر به‌صورت مستطیلی فرض شد. محاسبه‌های هندسی سطح مقطع شامل فراسنجه‌های، B (عرض کف نهر)، D (عمق جریان) بوده و شعاع هیدرولیکی، سطح مقطع جریان و سرعت جریان از رابطه‌های (۳)، (۴) و (۵) محاسبه شدند (Chaudhry, 2008; Song et al., 2016).

$$R = \frac{B \times D}{B + 2D} \quad (3)$$

$$A = B \times D \quad (4)$$

$$V = \frac{Q}{A} \quad (5)$$

درنهایت مقدار سرعت × عمق برای هر عرض (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰، و ۶۰۰ متر) در عمق‌های مختلف با آستانه ۰/۳ مترمربع بر ثانیه (معیار استاندارد استرالیا، بخش ۲-۷)

سنجیده شد تا ناحیه‌های بستر فعال (سرعت × عمق ≤ ۰/۳) از حاشیه کم‌خطر (سرعت × عمق > ۰/۳) تمایز یابند (Hazard, 2017).

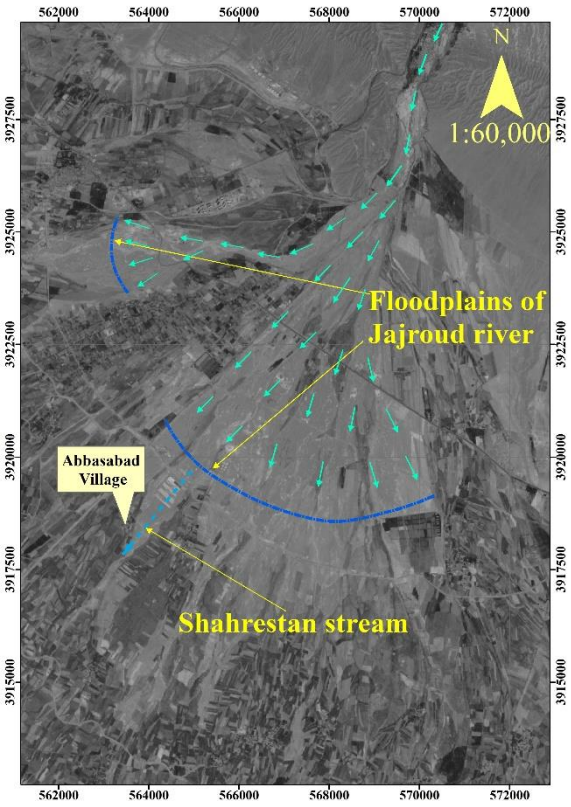

Fig. 3 Floodplain Zones of the Jajrud River in 1986

شکل ۳ بازه‌های سیلابدشت رودخانه جاجرود در سال ۱۹۸۶ میلادی

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی هیدرولیکی نهر شهرستان در عرض بسترهای مختلف

دبی سیلاب ۲۵ساله جاجرود، بر مبنای رابطه همبستگی با مساحت حوضه آبریز ۱۸۵۰ کیلومترمربع، ۳۸۹ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شد (رابطه ۱). پهنه سیل‌گیر نهر شهرستان ۹۰۰ متر و پهنه سیلابدشت جاجرود ۹۰۰۰ متر تعیین شد، که نشان‌دهنده سهم ۱۰ درصدی نهر از پهنه کل و دبی ۳۹ مترمکعب بر ثانیه برای نهر است. برای ارزیابی هیدرولیکی، در آغاز عرض بستر ۶۰۰ متر اعلامی آب منطقه ای و پس از آن عرض‌های بستر ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ متر در عمق‌های مختلف با معادله مانینگ با ضریب زبری ۰/۰۴۵ و شیب بستر ۰/۰۱ تحلیل شدند. در جدول ۱ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان برای پهنه سیلابی ۶۰۰ متر ارائه شده است.

بنابر اعلام شرکت آب منطقه‌ای، متوسط عرض بستر نهر شهرستان حدود ۶۰۰ متر است. در عرض بستر ۶۰۰ متر در حالتی که عمق جریان سیلاب عبوری در نهر شهرستان برابر یک متر باشد میزان دبی سیلاب عبوری از نهر برابر ۱۳۳۰ مترمکعب بر ثانیه می‌شود که حدود ۳۴ برابر دبی سیلاب ۲۵ ساله نهر می باشد. در صورتی‌که با همین عرض بستر مقدارها کمتری را برای عمق جریان سیلاب در نظر بگیریم به گونه ای که به همان عمق متناظر سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله برسیم در نهایت مطابق ستون آخر جدول به عمق ۱۲ سانتی‌متر می‌رسیم. این عمق بدان معناست، در صورتی‌که فرض شود عرض بستر قانونی ۶۰۰ متر برای نهر شهرستان صحیح باشد سیلابی با عمق ۱۲ سانتی‌متر و سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه از نهر عبور می کند. در بند ۵-۲-۳-۲ راهنمای پهنه بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه (Publication No. 307, 2005) اشاره شده در مواردی که پهنه سیلاب ۲۵ ساله به علت شیب کم اراضی حاشیه رودخانه خیلی گسترده باشد از راهکارهای دیگری می‌توان برای تعیین نشدن عرض بسترهای گسترده‌تر استفاده نمود. راهکار چهارم این دستورالعمل استفاده از استاندارد استرالیا در تعیین مرز بستر و حاشیه رودخانه می‌باشد. مطابق متن نشریه ۳۰۷ در استاندارد استرالیا، آن بخش از سطح مقطع جریان که حاصلضرب سرعت جریان در عمق در آن کمتر از ۱ مترمربع بر ثانیه است، سیلراه یا حاشیه رودخانه به‌شمار می‌آید و محدوده بستر منطقه‌هایی می‌باشد که حاصل‌ضرب بیشتر از ۱ مترمربع بر ثانیه باشد (Hazard, 2017).

بررسی دقیق متن اصلی استاندارد استرالیا نشان داد که متأسفانه متن این استاندارد در نشریه ۳۰۷ ایران به اشتباه تفسیر شده است. در این راهنما قید شده است که چنانچه حاصل‌ضرب عمق در سرعت جریان کمتر از ۰/۳ مترمربع بر ثانیه باشد آن محدوده ZONE H1 نامیده می شود، در این‌صورت خطری متوجه انسان، وسایل نقلیه و ساختمان‌ها نمی‌شود. ولی برای منطقه‌های بالاتر که حاصل‌ضرب بالا بزرگتر می شود می توان آنرا معادل بستر در آیین نامه

ایران در نظر گرفت. از این رو، این حاصلضرب در نشریه ۳۰۷ باید به ۰/۳ مترمربع بر ثانیه کاهش یابد. در ردیف آخر جدول ۱ حاصلضرب سرعت در عمق جریان ارائه شده است. برای ستون آخر جدول ۱ که میزان دبی عبوری تقریبا معادل دبی سیلاب ۲۵ ساله نهر می باشد میزان این حاصلضرب برابر ۰/۰۶ شده است بنابراین تصور عرض بستر ۶۰۰ متر برای عبور دبی سیلاب حدود ۳۹ مترمکعب بر ثانیه نمی تواند صحیح باشد و به حتم عرض بستر این مقدار سیلاب باید از این عرض بسیار کمتر باشد. حتی بدون توجه به این استاندارد، جریانی با عمق ۱۲ سانتی‌متر و سرعت ۰/۵ متر بر ثانیه با ماهیت سیلاب قابل قبول نمی باشد.

بر مبنای جدول ۱، در صورت عبور سیلابی به میزان ۱۷۹ مترمکعب بر ثانیه از عرض ۶۰۰ متر، حاصلضرب موردنظر برابر ۰/۳ می‌شود در حالی‌که این میزان دبی حدود ۴/۵ برابر دبی سیلاب ۲۵ ساله نهر شهرستان می باشد.

جدول ۱ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان در پهنه سیلابی ۶۰۰ متر

Table 1 Hydraulic Specifications of the Shahrestan Stream in the 600-meter Floodplain

Parameters	Values									
Depth of flow: h (m)	1	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.12
Velocity: v (m/s)	2.22	2.07	1.91	1.75	1.58	1.40	1.21	1.00	0.76	0.54
Discharge: Q (m^3/s)	1330.38	1116.37	917.59	734.67	568.35	419.51	289.28	179.14	91.16	38.92
V·D (m^2/s)	2.22	1.86	1.53	1.22	0.95	0.70	0.48	0.30	0.15	0.06

ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان برای پهنه سیلابی با عرض‌های ۴۰۰، ۳۰۰ و ۲۰۰ متر، در جدول‌های ۲ تا ۴ به‌ترتیب را نشان داده شده است. این عرض‌ها نیز همانند عرض بستر ۶۰۰ متر، با دبی هدف (۳۹ مترمکعب بر ثانیه) و معیار استاندارد استرالیا (سرعت × عمق ≤ ۰/۳ مترمربع بر ثانیه) هم‌خوانی ندارند. در این عرض‌ها، در عمق‌های پایین‌تر (۰/۱۲ و ۰/۲ متر)، مقدار فراسنجه سرعت × عمق به‌مراتب کمتر از حد آستانه بوده و نشان‌دهنده تشکیل نشدن بستر فعال است. در عمق ۰/۳ متر که معیار آستانه در آن مد نظر قرار گرفته، مقدار سرعت × عمق به‌دقت برابر ۰/۳ یا کمتر از آن ثبت شده است؛ اما در این حالت دبی‌های حاصل بسیار بیش از دبی هدف (۳۹ مترمکعب بر ثانیه) هستند.

جدول ۲ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان در پهنه سیلابی ۴۰۰ متر

Table 2 Hydraulic Specifications of the Shahrestan Stream in the 400-meter Floodplain

Parameters	Values									
Depth of Flow: D (m)	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.12
Velocity: V (m/s)	2.21	2.07	1.91	1.75	1.58	1.40	1.20	0.99	0.76	0.54
Discharge: Q (m^3/s)	885.94	743.51	611.19	489.40	378.65	279.52	192.77	119.38	60.76	25.94
V·D (m^2/s)	2.21	1.86	1.53	1.22	0.95	0.70	0.48	0.30	0.15	0.06

جدول ۳ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان در پهنه سیلابی ۳۰۰ متر

Table 3 Hydraulic Specifications of the Shahrestan Stream in the 300-meter Floodplain

Parameters	Values									
Depth of Flow: D (m)	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.12
Velocity: V (m/s)	2.21	2.06	1.91	1.75	1.58	1.40	1.20	0.99	0.76	0.54
Discharge: Q (m^3/s)	663.72	557.08	457.99	366.77	283.80	209.52	144.51	89.51	45.56	19.45
V·D (m^2/s)	2.21	1.86	1.53	1.22	0.95	0.70	0.48	0.30	0.15	0.06

جدول ۴ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان در پهنه سیلابی ۲۰۰ متر

Table 4 Hydraulic Specifications of the Shahrestan Stream in the 200-meter Floodplain

Parameters	Values									
Depth of Flow: D (m)	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.12
Velocity: V (m/s)	2.21	2.06	1.90	1.74	1.57	1.40	1.20	0.99	0.76	0.54
Discharge: Q (m^3/s)	441.51	370.65	304.79	244.13	188.95	139.53	96.26	59.63	30.36	12.96
V·D (m^2/s)	2.21	1.85	1.52	1.22	0.94	0.70	0.48	0.30	0.15	0.06

در جدول ۵ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان برای عرض بستر ۱۰۰ متر ارائه شده است. در عمق ۰/۱۲ متر، سرعت جریان برابر با ۰/۵۴ متر بر ثانیه، دبی برابر با ۶/۴۸ مترمکعب بر ثانیه، و حاصل‌ضرب سرعت و عمق برابر با ۰/۰۶ مترمربع بر ثانیه بود که بسیار کمتر از معیار ۰/۳ مترمربع بر ثانیه است. در عمق ۰/۳ متر، سرعت جریان ۰/۹۹ متر بر ثانیه و دبی ۲۹/۷۶ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شد. در این حالت، حاصل‌ضرب سرعت و عمق به‌دقت برابر با ۰/۳ مترمربع بر ثانیه بود که با معیار استاندارد استرالیا برای شناسایی بستر فعال مطابقت دارد. همچنین، دبی در این حالت به مقدار هدف (۳۹ مترمکعب بر ثانیه) نزدیک است و شرایط متعادلی از نظر انرژی جریان و ظرفیت انتقال ایجاد می‌کند. در عمق‌های بیشتر، مانند ۰/۵ و ۱ متر، به ترتیب دبی‌ها به ۶۹/۵۳ و ۲۱۹/۳۱ مترمکعب بر ثانیه افزایش می‌یابند که به‌وضوح فراتر از دبی هدف بوده و بیانگر ظرفیت اضافی جریان در این حالت هستند؛ بنابراین، عرض ۱۰۰ متر تنها حالتی است که در عمق ۰/۳ متر هم‌زمان معیار انرژی جریان را تأمین کرده و به دبی طراحی نزدیک می‌شود، و در نتیجه می‌توان آن را به‌عنوان گزینه‌ای بهینه برای تعیین بستر قانونی نهر شهرستان در نظر گرفت.

جدول ۵ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان در پهنه سیلابی ۱۰۰ متر

Table 5 Hydraulic Specifications of the Shahrestan Stream in the 100-meter Floodplain

Parameters	Values									
Depth of flow: D (m)	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.12
Velocity: V (m/s)	2.19	2.05	1.89	1.74	1.57	1.39	1.20	0.99	0.76	0.54
Discharge: Q (m^3/s)	219.31	184.23	151.59	121.50	94.10	69.53	48.00	29.76	15.16	6.48
V·D (m^2/s)	2.19	1.84	1.52	1.22	0.94	0.70	0.48	0.30	0.15	0.06

برای شناسایی عرض بهینه بستر نهر شهرستان، در جدول ۶ همه عرض‌ها در حالتی که دبی به‌دقت ۳۹ مترمکعب بر ثانیه باشد، مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنها عرض ۱۰۰ متر می‌تواند به طور هم‌زمان به دبی هدف و معیار کمترین انرژی جریان (سرعت × عمق $\leq$ ۰/۳ مترمربع بر ثانیه) دست یابد. در عرض ۶۰۰ متر، جریان با عمق ۰/۱۲ متر و سرعت ۰/۵۴ متر بر ثانیه عبور می‌کند که حاصل‌ضرب سرعت و عمق برابر ۰/۰۶۵ مترمربع بر ثانیه است؛ این مقدار به‌مراتب کمتر از حد آستانه و نمایانگر جریان بسیار کم‌انرژی است. عرض ۴۰۰ متر نیز با عمق ۰/۱۵۳ متر و سرعت ۰/۶۳۶ متر بر ثانیه، حاصل‌ضرب سرعت و عمق ۰/۰۹۸ مترمربع بر ثانیه را نشان می‌دهد. در عرض ۳۰۰ متر، با عمق ۰/۱۸۲ متر و سرعت ۰/۷۱۴ متر بر ثانیه، مقدار سرعت × عمق برابر با ۰/۱۳۰ مترمربع بر ثانیه ثبت شده است. عرض ۲۰۰ متر، به‌رغم افزایش عمق به ۰/۲۳۳ متر و سرعت به ۰/۸۳۹ متر بر ثانیه، تنها به مقدار ۰/۱۹۵ مترمربع بر ثانیه برای شاخص سرعت × عمق می‌رسد. همه این عرض‌ها مقدارهای کمتر از آستانه ۰/۳ مترمربع بر ثانیه دارند و از نظر هیدرولیکی برای بستر فعال قابل‌پذیرش نیستند. در مقابل، عرض ۱۰۰ متر با عمق ۰/۳۵۳ متر و سرعت ۱/۱۰۵ متر بر ثانیه، شاخص سرعت × عمق برابر ۰/۳۹۰

مترمربع بر ثانیه را به‌دست داده است که هم از آستانه استاندارد فراتر رفته و هم دبی را به طور دقیق تأمین کرده است.

جدول ۶ ویژگی‌های هیدرولیکی نهر شهرستان برای دبی سیلاب ۲۵ ساله (۳۹ مترمکعب بر ثانیه)

Table 6 Hydraulic Characteristics of the Shahrestan Stream for 25-Year Flood Discharge (39 m³/s)

Parameters	values				
Bed Width (m)	100	200	300	400	600
Depth (m)	0.353	0.233	0.182	0.153	0.120
Velocity (m/s)	1.105	0.839	0.714	0.636	0.541
V·D (m²/s)	0.390	0.195	0.130	0.098	0.065

در شکل ۴ دبی جریان در مقابل عرض بستر برای عمق ثابت ۰/۳ متر نشان داده شده است. در این نمودار، عرض ۶۰۰ متر دبی ۱۷۹/۱۴ مترمکعب بر ثانیه، عرض ۴۰۰ متر دبی ۱۱۹/۳۸ مترمکعب بر ثانیه، عرض ۳۰۰ متر دبی ۸۹/۵۱ مترمکعب بر ثانیه، و عرض ۲۰۰ متر دبی ۵۹/۶۳ مترمکعب بر ثانیه تولید کردند، که همگی بسیار فراتر از دبی هدف ۳۹ مترمکعب بر ثانیه بودند. عرض ۱۰۰ متر با دبی ۲۹/۷۶ مترمکعب بر ثانیه نزدیک‌ترین مقدار به دبی هدف را نشان داد. این نمودار به‌صورت دیداری تأیید می‌کند که عرض ۱۰۰ متر از نظر هیدرولیکی مناسب‌ترین گزینه است، در حالی که عرض‌های بزرگ‌تر با واقعیت جریان نهر همخوانی ندارند.

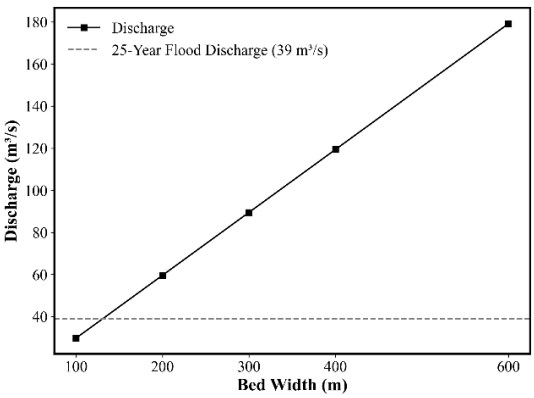

Fig. 4 Variation of Flow Discharge versus Channel Width at Fixed Depth of 0.3 m

شکل ۴ تغییرپذیری‌های دبی جریان نسبت به عرض بستر برای عمق ثابت ۰/۳ متر

شکل ۵ شاخص انرژی جریان (حاصل‌ضرب سرعت و عمق) را برای دبی سیلاب ۲۵ ساله (۳۹ مترمکعب بر ثانیه) در مقابل عرض بستر نشان می‌دهد. این نمودار نشان می‌دهد که عرض ۶۰۰ متر با سرعت × عمق برابر با ۰/۰۶۵، عرض ۴۰۰ متر با ۰/۰۹۸، عرض ۳۰۰ متر با ۰/۱۳۰، و عرض ۲۰۰ متر با ۰/۱۹۵ مترمربع بر ثانیه، همگی کمتر از آستانه استاندارد ۰/۳ مترمربع بر ثانیه هستند. تنها عرض ۱۰۰ متر با شاخص سرعت × عمق برابر ۰/۳۹۰ توانسته است از این معیار عبور کند. این نتایج بیانگر آن است که جریان در عرض‌های بیش از ۱۰۰ متر انرژی کافی برای تشکیل بستر فعال سیلابی را ندارد و بنابراین این ناحیه‌ها بیشتر به‌عنوان حاشیه‌های غیرفعال سیلابی قابل طبقه‌بندی هستند.

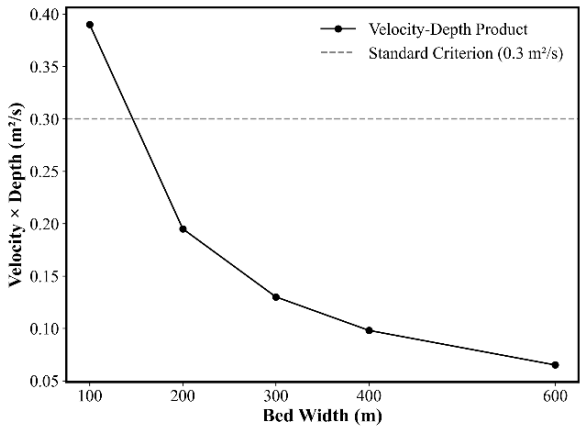

Fig. 5 Variation of Velocity-Depth Product (V·D) versus Channel Width for 39 m³/s Discharge

شکل ۵ تغییرپذیری‌های حاصل‌ضرب سرعت و عمق نسبت به عرض بستر برای دبی ۳۹ مترمکعب بر ثانیه

شکل ۶ تغییرپذیری‌های عمق جریان را برای دبی ثلبت ۳۹ مترمکعب بر ثانیه در عرض‌های مختلف بستر نهر شهرستان نشان می‌دهد. در این نمودار، مشخص است که با افزایش عرض بستر، عمق جریان به‌طور یکنواخت کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که عمق درعرض ۱۰۰ متر برابر با ۰/۳۵۳

متر، و در عرض ۶۰۰ متر به تنها ۰/۱۲۰ متر می‌رسد. با توجه به اینکه عمق جریان نقش کلیدی در تأمین شاخص انرژی جریان دارد، کاهش آن در عرض‌های بالاتر منجر به افت قابل‌توجه انرژی جریان شده و از تشکیل بستر فعال جلوگیری می‌کند. ازاین‌رو، عرض‌های بالاتر از ۱۰۰ متر به‌لحاظ هیدرولیکی شرایط لازم برای بستر فعال سیلابی را ندارند.

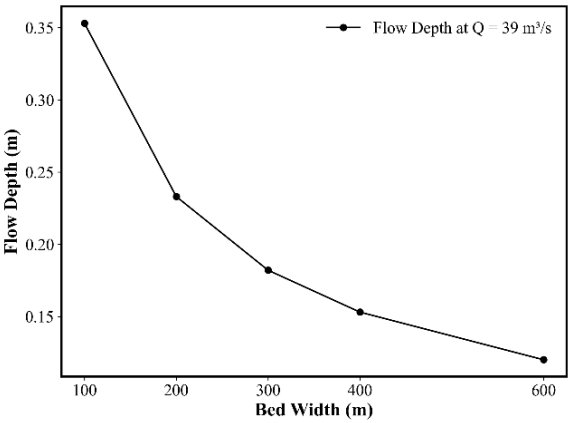

Fig. 6 Flow Depth Variation versus Bed Width for the 25-Year Flood Discharge (39 m³/s)

شکل ۶ تغییرپذیری‌های عمق جریان در مقابل عرض بستر برای دبی سیلاب ۲۵ ساله (۳۹ مترمکعب بر ثانیه)

نتایج این پژوهش نشان داد که عرض ۶۰۰ متر از نظر هیدرولیکی توجیه‌پذیر نیست، زیرا در عمق‌های کم جریانی با انرژی ناکافی تولید می‌کند و در عمق‌های بالاتر دبی‌هایی بسیار بیشتر از هدف ایجاد می‌کند، که با ماهیت نهر شهرستان ناسازگار است. عرض‌های میانی ۴۰۰، ۳۰۰، و ۲۰۰ متر نیز به دلیل (سرعت × عمق ≤ ۰/۳ مترمربع بر ثانیه) ناکافی در عمق‌های پایین یا دبی‌های بیش از حد در عمق‌های بالاتر، مناسب نبودند. عرض ۱۰۰ متر با تولید دبی نزدیک به هدف و هم‌خوان و سازگار با معیار (سرعت × عمق ≤ ۰/۳ مترمربع بر ثانیه)، به‌عنوان برآورد منطقی برای بستر قانونی شناسایی شد.

۴- نتیجه‌گیری

این پژوهش با هدف بازنگری در تعیین حد بستر قانونی نهر شهرستان، یکی از انشعاب‌های رودخانه جاجرود، با رویکرد هیدرولیکی و بر پایه راهنمای نشریه ۳۰۷ انجام شد. با بهره‌گیری از تصویرهای ماهواره‌ای SPOT و معادله مانینگ، پیش‌فرض‌های مختلف عرض بستر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مدل‌سازی نشان داد که عرض ۱۰۰ متر با دبی تقریبی ۳۹ مترمکعب بر ثانیه و هم‌خوانی با معیار انرژی جریان (سرعت × عمق ≤ ۰/۳ مترمربع بر ثانیه)، تنها گزینه مناسب برای تعیین بستر قانونی نهر شهرستان است. عرض‌های بیشتر (۲۰۰ تا ۶۰۰ متر) به دلیل انطباق نداشتن با شرایط هیدرولیکی نهر، به‌ویژه در تولید دبی‌های غیرواقعی یا انرژی جریان ناکافی، مردود شناخته شدند. این بررسی اثربخشی رویکرد پیشنهادی در نشریه ۳۰۷ را برای تعیین بستر رودخانه‌های کم‌شیب و دستخورده تأیید می‌کند و کاربرد آن را در مطالعه‌های مشاوره‌ای مشابه توصیه می‌کند. در ادامه، بهره‌گیری از داده‌های ناهمواری و پستی و بلندی با دقت بالاتر و مدل‌های عددی پیشرفته می‌تواند موجب افزایش دقت نتایج شود.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ گونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

منابع مالی

نویسنده (نویسندگان) هیچ گونه حمایت مالی برای تحقیق، تالیف و انتشار این مقاله دریافت نکردند.

دسترسی به داده‌ها

همه اطلاعات و نتایج در متن مقاله ارائه شده است. مجموعه داده‌های تولید شده و یا تحلیل شده در طول مطالعه حاضر، در صورت درخواست معقول، از نویسنده مسئول در دسترس هستند.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، مدیریت داده‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، نگارش – پیش‌نویس اولیه.

نویسنده دوم: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، تجزیه و تحلیل داده‌ها، بررسی و ویرایش، نظارت.

نویسنده سوم: ایده‌پردازی، روش‌شناسی، نگارش – بررسی و ویرایش، نظارت.

۵- منبع‌ها

Arcement, G.J. & Schneider, V. R. (1989). Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. U.S. Geological Survey.

Chaudhry, M.H. (2008). Open-channel flow. Springer, 523p.

Chow, V.T., Maidment, D.R. & Mays, L.W. (1988). Applied Hydrology, McGraw-Hill.

Christopher, N., Vachette, A., Horne, A. & Kosovac, A. (2024). Enhancing river floodplain management with nature-based solutions: Overcoming barriers and harnessing enablers. Wiley Interdisciplinary Reviews: *Water*, *11*(4), e1723, https://doi.org/10.1002/wat2.1723.

Council of Ministers of the Islamic Republic of Iran (2000). Regulations on the bed and riparian zone of rivers, canals, watercourses, marshes, natural ponds, and water supply, irrigation, and drainage networks (Decree No. 36046/T23687H). (In Persian)

Federal Emergency Management Agency (2005). NFIP floodplain management requirements: A study guide and desk reference for local officials (FEMA 480).

Farrokhi, E. & Majdzadeh Tabatabaei, M.R. (2011). Determining the boundary of river bed and riparian zone (Case study: Chureh Nab and Kalgabin ephemeral rivers). The 1st International and 3rd National Conference on Dams and Hydropower Plants, Tehran, Iran. (In Persian)

Gioia, G. & Bombardelli, F. (2001). Scaling and similarity in rough channel flows. *Physical Review Letters*, *88*(1), 014501. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.88.014501.

Google Earth. (n.d.). Satellite imagery of the study area. Retrieved from https://earth.google.com

Gordon, N.D., McMahon, T.A., Finlayson, B.L., Gippel, C.J. & Nathan, R.J. (2004). Stream hydrology: An introduction for ecologists. John Wiley & Sons.

Hazard, A.F. (2017). Australian disaster resilience handbook collection: Guide. Australian Government Publishing Service.

Horritt, M.S. & Bates, P.D. (2002). Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation. *Journal of Hydrology*, *268*(1–4), 87–99.

Iran Water Resources Management Company. (n.d.). Hydrometric station data. Tehran, Iran. (In Persian)

Islamic Republic of Iran. (1983). Fair Water Distribution Law, March 7, 1983. (In Persian)

Jamab Consulting Engineers. (n.d.). Atlas of the country's water resources maps. Tehran, Iran. (In Persian)

Li, Y., Zhang, Y., Zheng, N., Li, L., Ji, H., Bao, Z. & Feng, Z. (2025). Global classification of river morphology based on inland water dynamics characterization and digital elevation data. *Scientific Reports*, *15*(1), 14258. https://doi.org/10.1038/s41598-025-14258-0.

Miri, M. (2020). The reflection on legal challenges infringement to the river bed and riparian zone in Iran. *Iran-Water Resources Research*, *16*(1), 428–446. (In Persian)

Mosafari, M., Rostami, M., Namdarst, J., Eghbali, M.R. & Sijani, M. (2019). Improving the accuracy of determining the bed of alluvial fan rivers by integrating morphological studies, socio-economic factors, and one-dimensional and two-dimensional flood modeling. 18th Iran Hydraulic Conference, Tehran, Iran. (In Persian)

Publication No. 307 (2005). Floodplain zoning and riverbed and riparian boundary determination guide. Iran Water Resources Management Company & Management and Planning Organization of Iran, Tehran, Iran. (In Persian)

Publication No. 593 (2012). Guide for Studies of Alluvial Fan Rivers. Deputy for Strategic Planning and Supervision, Office of Engineering and Technical Standards for Water and Wastewater, Ministry of Energy, Iran. (In Persian)

Najimi, F., Aminnejad, B. & Nourani, V. (2023). Assessment of climate change's impact on flow quantity of the Jajrood River in Iran using hydroclimatic models. *Sustainability*, *15*(22), 15875. https://doi.org/10.3390/su152215875

Rinaldi, M., Gurnell, A., Del Tánago, M.G., Bussettini, M. & Hendriks, D. (2016). Classification of river morphology and hydrology to support management and restoration. *Aquatic Sciences*, *78*, 17–33.

Sarzeh Pardazi Iran Consulting Engineers (2014). Jajrud River restoration studies. Tehran, Iran. (In Persian)

Sauquet, E., Shanafield, M., Hammond, J.C., Sefton, C., Leigh, C. & Datry, T. (2021). Classification and trends in intermittent river flow regimes in Australia, northwestern Europe and USA: A global perspective. *Journal of Hydrology*, *597*, 126170. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126170

Soltani, S. & Jafari, G. (2021). Rivers and coasts in

natural rivers. *Hydrology Research*, *48*(1), 133–146.

Subcommittee on Hydrology (1982). Guidelines for determining flood flow frequency (Bulletin 17B). U.S. Department of the Interior, Geological Survey.

Ven Te Chow. (1959). Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill, New York.

the mirror of law (including laws, approvals, regulations, circulars, and legal inquiries), 3rd ed. Iran Water Resources Management Company Publishing. (In Persian)

Song, S., Schmalz, B., Zhang, J., Li, G. & Fohrer, N. (2016). Application of modified Manning formula in the determination of vertical profile velocity in

© 2026 The Author(s). Published by Iranian Hydraulic Association, Tehran, Iran. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.