



University of Tehran Press



Flood analysis in Darband and Golabdera rivers in urban areas of Tehran's north

Manijeh Ghahroudi Tali^{1*} | Shirin Masoudi²

1. Corresponding Author, Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Iran. Email: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

2. Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Iran. Email: Shirin.mas2020@gmail.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 18 December 2024
Revised 18 January 2025
Accepted 16 February 2025
Published 18 February 2025

Keywords:
Darband,
Golabdare,
HEC-RAS model,
Northern Tehran,
Urban flooding.

ABSTRACT

The Darband and Golabdare rivers present significant flood risks to northern Tehran. This study examines the downstream urban flood impacts of these rivers. Data sources include topography, rainfall records, elevation data with 59 cm accuracy, hydrometric and hydraulic data, and soil texture. Using the HEC-RAS model integrated with GIS, one-dimensional flood simulations were performed based on maximum flow for various return periods. The results highlight critical flow occurrences in Golabdare and Maqsood Beyk rivers. Transverse changes were observed, ranging from 0.4 to 1.5 m in Golabdare, 0.5 to 2.5 m in Darband, and 0.8 to 5 m in Maqsood Beyk. Flood-prone areas include sections with high flow velocities, such as narrow channels, steep slopes, outer arcs, and sudden channel widenings, where water accumulates and causes flooding.

Cite this article: Ghahroudi Tali, M. & Masoudi, Sh. (2025). Flood analysis in Darband and Golabdera rivers in urban areas of Tehran's north. *Environmental Hazards Management*, 11 (4), 289-303. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.387221.858>



© The Author(s). **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.387221.858>

Introduction

Flooding is a critical issue in Tehran, particularly in its northern basins, including the Darband basin. This basin comprises two rivers, Darband and Golabdare, and incorporates four watersheds: Darband, Golabdare, Saadabad, and Zargandeh. These watersheds consist of both mountainous and urban regions, making them highly susceptible to flooding. This research focuses on the flood effects of the Darband and Golabdare rivers on urban downstream areas.

Data and Method

The study uses 15 years of rainfall data (1386–1401), topographic maps, geological maps, Landsat 8 satellite images, elevation data with 59 cm accuracy, and hydrometric data, including peak discharge and soil characteristics. Geometric data include river system schematics, river cross-sections, and hydraulic structure details. The HEC-RAS model integrated with GIS was utilized to perform one-

dimensional steady-flow simulations for maximum flood flow under different return periods in the Darband, Golabdare, and Maqsood Beyk basins.

Results and discussion

For floods with a 50-year return period, longitudinal profile analysis reveals the potential for critical flow in Golabdare and Maqsood Beyk rivers. According to the Froude number, river flow at the outlet could reach a supercritical state. Transverse profile analysis indicates variations in water surface width during floods, influenced by river geometry and hydraulic conditions.

Flow width changes ranged from 3 to 13 meters in Golabdare, 5 to 26 meters in Darband, and 10 to 250 meters in Maqsood Beyk. Transverse changes were measured as 0.4–1.5 m in Golabdare, 0.5–2.5 m in Darband, and 0.8–5 m in Maqsood Beyk. Generally, river flow remains within the main channel for most of the year, accommodating two-year flood events. However, during significant floods (e.g., 50-year return period), flow exceeds channel capacity, raising water levels and spreading into floodplains. High-speed water flows occur in certain riverbank areas during floods, especially in narrow sections, steep slopes, outer arcs, and regions where the river channel abruptly widens. River morphology, geometry, bed roughness, and floodplain characteristics significantly influence these patterns.

Conclusion

After entering the Maqsood Beyk canal, floods from the Golabdare and Darband rivers affect urban areas in northern Tehran, particularly in districts 1 and 3. The Tajrish area is highly vulnerable to flooding from these rivers, as it serves as the confluence of the Darband, Golabdare, and Saadabad rivers, all of which flow into the Maqsood Beyk canal. Overall, floods originating from the Darband and Golabdare basins are a major contributor to urban flooding in northern Tehran.

References

- Fraji Monfared, Abolfazl; Ahmadi, Mehdi; Derafshi, Khabat; Khodadadi, masoud & Najafi, Esmail (2024). Urban development assessment in flood hazard areas using integrated HEC-RAS, SCS, and FAHP models: a case study of Pardisan Settlement, Qom. *Modeling Earth Systems and Environment*, pp.1-18. doi.org/10.1007/s40808-024-02053-9
- Damadi, Sakineh; Dehvari, Abdolhamid; Dahmardeh Ghaleno, Mohammad Reza & Ebrahimian, Mahboobeh (2021). Flood hazard zonation using HEC-RAS hydraulic model in Sarbaz River, Sistan and Baluchestan Province. *Watershed Engineering and Management*, Volume 13, Issue (3), 610-590 DOI: 10.22092/ijwmse.2021.124028.1573
- Estelaji, Faraz; Ghaderi, Narjes; Ghorbani, Mahsa; Naseri, Alireza; Zahedi, Rahim; Pourezzat, Ali ashghar; Keshavarzadeh, Mansour & Yousefi, hossein (2024). Efficiency evaluation of surface water collection infrastructure during floods: information analysis and zoning management. *Information Analysis*;2(2). doi.org/10.53964/jia.2024002
- Konan, Aime N'Guessa (2018). Urban Flood modelling and Floodplain Mapping using ArcGIS, HEC-HMS & HEC-RAS in Abidjan city, Côte D'Ivoire – West Africa: Case study of the watershed of Bonoumin - Rivière Palmeraie. Pan African University, <http://repository.pauwes-cop.net/handle/1/372>
- Madhuri, R; Y.S.L Sarath Raja; K. Srinivasa, Raju; Bonagiri, Sai Punith; & Kondiseti, Manoj (2021). Urban flood risk analysis of buildings using HEC-RAS 2D in climate change framework. *H2Open Journal* 4, no. 1 (2021): 262-275. DOI: org/10.2166/h2oj.2021.111
- Ogras, Selman & Onen, Fevzi (2020) Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering* 2020.1.6131982. Doi: 10.1155/2020/6131982
- Peker, İsmail Bilal; Gülbaz, sezar; Demir, Vahdettin; Orhan, Osman & Beden, Neslihan (2024). Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in flood modeling and flood hazard mapping. *Sustainability* 16 (3): 1226 DOI:org/10.3390/su16031226
- Rangari, Vinay Ashok; Umamahesh, N.V; & Bhatt, C.M (2019). Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(4), pp.1839-1851.). DOI: org/10.1007/s40808-019-00641-8
- Rezai, parviz; (2018). Determining the flood zone using GIS and HEC-RAS hydraulic model (case study: Goharood river in Rasht city. *Geography and environmental hazards*, (27), 41-56. DOI: 10.22067/geo.v0i0.69052

- Sayyad, Daniyal; Ghazavi, Reza & Omidvar, Ebrahim (2021). Preparation and analysis of flood risk map using HEC RAS and RAS MAPPER hydraulic model (Case study: Sok Cham river of Kashan). *Geography and Environmental Hazards*, 10(39), 19-37. doi.org/10.22067/geoh.2021.69554.1038.
- Yakhlefoune, Manel; Benabbas, Chaouki; GRECU, Florina; Belkendil, Abdeldjalil & KHARCHI, Takki-Eddine. (2023) Flood risk modelling using HEC-RAS and GIS in the semi-urban watershed of Oued Ziad (Constantine, North-Eastern Algeria). In *Forum Geografic*, vol. 22, no. 1. 2023. DOI: 10.5775/fg.2023. 094.i



تحلیل سیلاب‌های رودهای دربند و گلابدره در مناطق شهری شمال تهران

منیژه قهرودی تالی^{۱*} | شیرین مسعودی^۲

۱. نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: m-ghahroudi@sbu.ac.ir

۲. گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: Shirin.mas2020@gmail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

رودهای دربند و گلابدره از رودهایی هستند که از نظر سیلاب شمال شهر تهران را تهدید می‌کنند. این پژوهش به تحلیل اثرهای سیلاب این دو رود در مناطق شهری تحت نفوذ این دو رود پرداخته است. داده‌های استفاده شده شامل داده‌های توپوگرافی، داده‌های بارندگی، داده ارتفاعی با دقت ارتفاعی ۵۹ سانتی‌متر، داده‌های هیدرومتری و هیدرولیکی و بافت خاک است. با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS شبیه‌سازی تک‌بعدی بر مبنای حداکثر دبی جریان سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف محاسبه شد. نتایج حاصل از تغییرات سطح آب در نیمرخ‌های طولی و عرضی مقاطع منتخب، بیانگر احتمال رخداد جریان بحرانی برای گلابدره و مقصودبیک است. همچنین نتایج نشان داد که رودخانه‌های گلابدره، دربند و مقصودبیک دچار تغییرات عرضی شده‌اند و دامنه تغییرات در رودخانه‌های گلابدره ۰/۴ تا ۱/۵ متر، دربند ۰/۵ تا ۲/۵ متر و مقصودبیک ۰/۸ تا ۵ متر بوده است. در حاشیه رودخانه‌ها محدوده‌هایی وجود دارند که در زمان وقوع سیل، آب با سرعت زیادی در آنها جریان می‌یابد و در مکان‌هایی که مقطع رودخانه کم‌عرض و شیب کف زیاد باشد یا در قوس خارجی رودخانه و نیز در محل‌هایی که مقطع رودخانه یکباره عریض می‌شود، آب تجمع می‌یابد و سبب رخداد سیل می‌شود. سیل گلابدره و دربند پس از ورود به کانال مقصودبیک، سبب سیل‌گیری مناطق شهری شمال تهران به‌ویژه خیابان‌های مناطق ۱ و ۳ تهران می‌شود.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۰/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۱/۳۰

کلیدواژه:

دربند،

سیلاب شهری شمال تهران،

گلابدره،

مدل HEC-RAS.

استناد: قهرودی تالی، منیژه و مسعودی، شیرین (۱۴۰۳). تحلیل سیلاب‌های رودهای دربند و گلابدره در مناطق شهری شمال تهران. مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۱

(۴)، ۲۸۹-۳۰۳.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.387221.858>

© نویسندگان ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2025.387221.858>



۱. مقدمه

ایران به دلیل ویژگی‌های جغرافیایی، اقلیمی و ژئومورفولوژی دارای شرایط خاص از نظر رخدادهای مخاطره‌آمیز است. کلانشهر تهران به دلیل توسعه در رودخانه‌های شمال تهران و تعامل بین سیستم‌های محیط طبیعی در حال تغییر، ترکیب جمعیتی نامناسب شمال شهر (شامل بومی‌نشین، اعیان‌نشین و حاشیه‌نشین‌های مهاجر)، سوء مدیریت در بخش دولتی و برج‌سازی بخش خصوصی و سازه‌های شهری غیراصولی، دچار مخاطرات متعدد است [۱۶] که فراوانی رخداد سیل مهم‌ترین آن است؛ به طوری که تاکنون سیل‌های مکرر در حوضه‌های شمالی تهران به‌ویژه دربند و گلابدره رخ داده است. مصداق آن سیل ویرانگری است که ساعت ۱۳ چهارم مرداد ۱۳۶۶ رخ داد و تا میدان تجریش، بازارچه امامزاده صالح و مناطق مسکونی اطراف، خیابان شریعتی، قیصریه، ظفر، میرداماد و رسالت پیش رفت. سیل مذکور در ادامه به خیابان ملک‌پور سرازیر شد و با تخریب کناره مسیر جریان به اراضی، سازه‌های مسکونی و تجاری رسید. از طرف دیگر سیلاب وارد کانال مقصودییک در بخش جنوب غربی میدان تجریش شد و حدود ۸ کیلومتر به مسیر خود در سطح شهر ادامه داد. حوضه کوچکی که مساحت آن حدود ۳ درصد مساحت تهران بدون حواشی آن است، این چنین گل‌ولای را در شهر گسترش داد. این پژوهش به تأثیر سیلاب حوضه‌های دربند و گلابدره بر بخش‌های شهری مدل^۱ HEC-RAS در محیط GIS پرداخته است. مدل HEC-RAS برای تحقیق درباره سیلاب شهری مناسب است، به‌ویژه اگر جریان آب در کانال‌های باز، سازه‌های هیدرولیکی و جریان غیرماندگار متمرکز باشد. به بیان دیگر مزایای استفاده از مدل یادشده برای تحقیق درباره سیلاب شهری، شامل توانایی شبیه‌سازی جریان غیرماندگار و مدیریت شرایط پیچیده جریان است؛ به طوری که این مدل می‌تواند تغییرات ارتفاع سطح آب در شرایط مختلف (مانند وجود پل‌ها، لوله‌ها و سازه‌های هیدرولیکی) را تحلیل کند. ترکیب مدل اخیر با GIS به تحلیل دقیق‌تر و بصری‌سازی بهتر جریان سیلاب در شهرها کمک می‌کند. این نرم‌افزار رایگان است [۳].

جدیدترین پژوهش‌ها در سال ۲۰۲۴، حاکی از بررسی مخاطره سیلاب و روش‌های کنترل و استفاده از حجم آب موجود در سیلاب‌ها در بخش‌های مسکونی از شهرهای بزرگ است. در پژوهشی برای ارزیابی کارایی زیرساخت‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی در هنگام سیل در رودخانه درکه تهران، مناطق مستعد سیل در امتداد رودخانه درکه با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال تعیین شد. با ادغام مدل هیدرولیک HEC-RAS با سیستم اطلاعات جغرافیایی، متغیرهای مشخصات فیزیوگرافی حوضه شامل مساحت، محیط، ارتفاع، شیب و عوامل مؤثر بر وقوع سیل مانند خاک، نفوذپذیری، هیدرولوژی، رواناب، عدد منحنی، کاربری اراضی و پوشش گیاهی را همراه با دیگر داده‌های هیدرولیکی و مشخصات جریان مانند شرایط مرزی، ضرایب زبری و طراحی تخلیه در مدل HEC-RAS گنجانده‌اند. نتایج نشان داد که تغییرات رودخانه شامل سطح مقطع، عرض سطح آب و سرعت متوسط جریان در بالادست رودخانه درکه رخ داده است و بنابراین نواحی پرخطر حاشیه رودخانه را شناسایی کرده‌اند [۲۳]. در همین سال ارزیابی خطر سیل در شهرک پردیسان قم با استفاده از مدل‌های یکپارچه و ۱۳ معیار انجام گرفت و محققان نتیجه گرفتند که علی‌رغم تعدیل‌های آبخیزداری و زیرساخت‌های جاده‌ای، به دلیل ناکافی بودن کانال داخل پردیسان برای مدیریت آب، مناطق سکونتگاهی فعلی در شهرک پردیسان در برابر سیل آسیب‌پذیرند [۲۴]. تحقیقی در سال ۲۰۲۴ به‌منظور ایجاد زیرساخت برای استقرار سیستم‌های هشدار اولیه در شانلی اورفه با به‌کارگیری روش HEC-RAS انجام گرفت و بخش‌هایی از رودخانه که در معرض تهاجم سیل بودند شناسایی شد. شایان ذکر است که سیل مخربی در شهر شانلی اورفه در سال ۲۰۲۳ رخ داده بود که سبب زخمی و کشته شدن مردم و خسارت ۱۵ میلیون دلاری به اقتصاد شهر شد [۲۵]. مدل‌سازی سیلاب برای حوضه رودخانه گوکسو در مرسین ترکیه با استفاده از نرم‌افزارهای GIS، HEC-RAS و HEC-HMS انجام گرفت و با نتایج روش وزارت محیط زیست، غذا و امور روستایی بریتانیا (DEFRA)^۲ مقایسه شد که نتیجه گرفته شد مدل‌های یادشده برای مدل‌سازی سیل و نقشه‌برداری خطر سیل قابل اعتماد و کاربردی است [۳۲]. شبیه‌سازی مدل هیدرولیک HEC-RAS همراه با GIS برای بررسی اثر عرض مقطع رودخانه در تشخیص مناطق سیل‌خیز در رودخانه گانگا از ایالت بیهار هند

1. HEC_RAS (hydraulic engineering center river analysis system)

2. Department for Environment, Food and Rural Affai

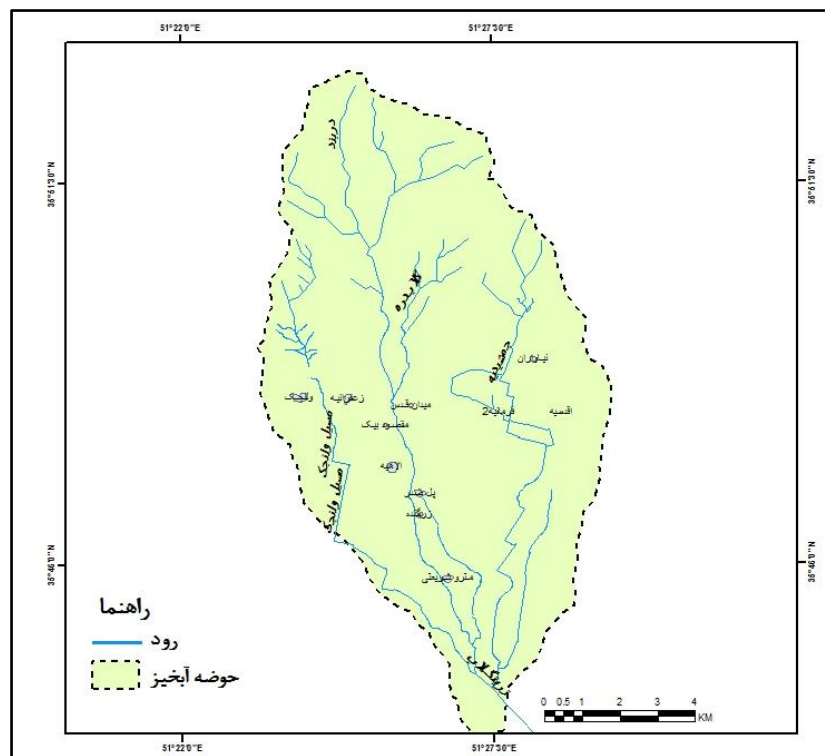
(۲۰۲۴) انجام گرفت که بر رابطه تغییرات عرض مقطع با تغییرات بخش سیلابی تأکید کرد [۳۴]. شبیه‌سازی سیلاب و ایجاد نقشه‌های آسیب‌پذیری در شهر خلکای واقع در استان گیلان نشان داد که به‌کارگیری HEC-RAS در شبیه‌سازی، نگرش وسیعی درباره سیل فراهم می‌کند [۱۸]. در پژوهش درباره کاهش سیلاب شهری با استفاده از مدل‌سازی هیدرودینامیکی دوبعدی در اربیل کردستان عراق از روش‌های کمی HEC-RAS استفاده شده است که در نتیجه مناطق مستعد سیل شناسایی شدند [۲۹]. شبیه تحقیق اخیر در سال ۲۰۲۲ در مناطق شهری برای تهیه نقشه مناطق سیل‌زده و حفاظت در برابر سیل در قسمتی از رودخانه واردار در شهرستان گسپیوار انجام گرفت و استفاده از مدل‌های هیدرودینامیکی تک‌بعدی HEC-RAS و دی‌های پیش‌بینی نشان داد که علت اصلی سیل، رودخانه واردار نبوده و احتمالاً دیگر پارامترهای محیطی دخیل بوده است [۲۶]. بررسی خطر سیل شهری ساختمان‌ها با استفاده از HEC-RAS دوبعدی در چارچوب تغییرات آب‌وهوایی در سال ۲۰۲۱ در سناریوهای مختلف انجام گرفت و شش راهبرد دفع سیلاب برای کاهش خطرهای ساختمان همراه با سرمایه لازم مطرح شد و بهترین راهبرد به دست آمد [۲۸]. در شهر آلونک عود زیاد (کنستانتین، شمال شرقی الجزایر) سیل مهیبی رخ داد که موجب خسارات زیادی شد. در سال ۲۰۲۳ محققان با هدف مدیریت پارامترهای تشدید سیلاب در این منطقه به پژوهش پرداختند و نتیجه گرفتند که عواملی که سبب افزایش ریسک سیلاب می‌شوند، ظرفیت ساختار هیدرولیکی را برآورد می‌کنند و این منطقه نیازمند توسعه کانال‌های آبی و تجهیز بستر رودخانه برای محافظت از سیلاب در محیط شهری است [۳۶]. در سال ۲۰۱۸ همسو با پژوهش اخیر، در شهر ابيجان ساحل عاج در غرب آفریقا در حوضه رودخانه ریویرا، محققان شبیه‌سازی جریان سیلاب‌ها را در کانال‌های رودخانه انجام دادند و شدت خسارت ناشی از سیلاب احتمالی را پیش‌بینی کردند [۲۷]. ارزیابی خطر آب‌گرفتگی در سیلاب‌های شهری با استفاده از HEC-RAS دوبعدی در سال ۲۰۱۹، برای بررسی عمق سیلاب شهری، روش‌هایی را برای کنترل سیلاب ارائه داده است [۳۳]. در تحلیل دشت سیلابی بین بزرگراه دیاربرک-سیلوان و پل تاریخی ده‌چشم در ترکیه با هدف ارزیابی مناطق سیل‌زده و ایجاد نقشه خطر سیل، مناطق پرخطر پیش‌بینی شد [۳۰]. خطر سیل در منطقه‌ای از زمین‌های مختلف شهر شفیلد در یورکشایر جنوبی انگلستان در سال ۲۰۲۴ از طریق ادغام HEC-RAS و GIS ارزیابی شد. سری زمانی متوسط جریان روزانه (هیدروگراف جریان) از رودخانه دان در طول سناریوهای رویداد سیل، به‌عنوان شرایط مرزی بالادست (نقطه ورودی) استفاده شد. درحالی که عمق نرمال به‌عنوان شرایط مرزی پایین‌دست برای شبیه‌سازی شرایط جریان ناپایدار در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیش از ۳۵ درصد از منطقه در صورت وقوع سیلاب بزرگ زیر آب خواهد رفت. همچنین مشاهده شد که بخش شمال شرقی منطقه گستره وسیعی از ویژگی‌های توپوگرافی از جمله ارتفاعات مختلف را نشان می‌دهد و بیشتر در معرض سیلاب شدید است. از شبیه‌سازی مشهود بود که افزایش ۱۰۰ درصدی در جریان رودخانه (تخلیه) سبب سیل تقریباً ۴۵ درصدی شهر می‌شود [۳۱]. پژوهش تطبیقی درباره دو نرم‌افزار HEC-RAS 2D و IBER 2D در مدل‌سازی سیلاب برای شهر البیاض در الجزایر برای دوره‌های بازگشت ۵۰، ۱۰۰ و ۱۰۰۰ سال در سال ۲۰۲۴ نشان داد که نرم‌افزار HEC-RAS مقادیر بیشتری از نرم‌افزار IBER برای سه دوره بازگشت در تخمین عمق آب داد و IBER مقادیر بیشتری نسبت به HEC-RAS در تخمین سرعت سیل ارائه کرد. نتایج مناطق سیل‌زده تقریباً یکسان بود و انحراف نسبی مناطق مقایسه‌شده بین ۱ تا ۳ درصد اختلاف داشت [۲۰]. در پژوهش تجزیه و تحلیل جامع، مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی و هیدرولیکی ۲۰۲۵ به این نتیجه رسیدند که ادغام HEC-RAS و HEC-HMS مطلوب‌ترین نتایج را برای مدل‌سازی سیل شهری ایجاد می‌کند، زمانی که کانال‌های باز اجزای کلیدی هستند و جایی که وسعت فضایی سیل، مشخصات سطح آب و سرعت آن به‌راحتی توسط HEC-RAS تعیین می‌شوند [۳۵]. بررسی کاربردهای مدل HEC-RAS برای سیل، کشاورزی و شبیه‌سازی کیفیت در سال ۲۰۲۴ بیانگر این بود که این نرم‌افزار از ساختار داده‌های هندسی رایج و روش‌های محاسباتی هندسی و هیدرولیکی رایج برای ارائه چهار مؤلفه هیدرولیکی یک‌بعدی برای محاسبات جریان ثابت، شبیه‌سازی جریان ناپایدار، محاسبات انتقال رسوب مرزی متحرک و تحلیل کیفیت آب از نسخه به‌روزرشده مدل HEC-RAS استفاده می‌کند [۳۷].

پژوهش‌های متعددی در شهر و حوضه‌های مختلف ایران با استفاده از مدل‌ها و روش‌های مختلف انجام گرفته است که بیشتر نتایج، تعیین پهنه‌های سیل‌گیر، شدت تخریب و نقش عوامل مختلف را شامل می‌شود. بررسی دلایل رخداد سیلاب سال

۱۳۹۸ در بخش‌های شمالی شهرستان آق‌قلا نشان داد که مجموع عوامل بارش شدید باران در یک مقطع زمانی کوتاه، لایروبی نشدن رودخانه گرگان رود، احداث سازه‌های نامناسب و غیرمهندسی در طول مسیر رودخانه‌ها، ناپایداری و فرسایش خاک در سطوح شیبدار و عاری از پوشش گیاهی، تخریب پوشش گیاهی و کشاورزی سنتی در اراضی شیبدار، ارتفاع و شیب کم این بخش‌ها و تراکم کم کاربری اراضی سبب گسترش سیل در این محدوده بوده است [۱۰]. پژوهشی در خصوص بررسی سیلاب‌های شهری در شهر شیراز ضمن تعیین پهنه‌های درگیر با سیلاب، مناطق مناسب برای اسکان اضطراری در صورت بروز مخاطرات ژئومورفیک در حوضه رودخانه خشک شیراز را مشخص کرد [۱۷]. بررسی سیلاب در رودخانه سرباز در استان سیستان و بلوچستان در سال ۱۴۰۰ بیانگر رخداد سیل در دوره‌های بازگشت متفاوت در این بخش بوده است [۴]. بررسی و تحلیل فضایی مناطق سیل‌زده و سیل‌خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن در سال ۱۳۹۹ با استفاده ترکیبی از داده‌ها و روش‌های مختلف توسط رستمی و همکاران انجام گرفت. آنها به این نتیجه رسیدند که خروجی‌های حاصل از روش HEC-RAS بیانگر گستردگی وقوع سیلاب با افزایش دوره بازگشت است [۶]. پژوهشی در سال ۱۳۹۰ در خصوص دلایل گستردگی سیلاب در شمال شهر تهران، حاکی از ناهماهنگی کانال‌های متعدد در تهران با زهکشی طبیعی تهران است [۱۳]. در پژوهش دیگری در شمال تهران در سال ۱۳۹۸، علت رخداد سیلاب در حاشیه دره‌های شمال تهران، تغییر کاربری و افزایش ساخت‌وساز است [۱۱]. یافته‌های پژوهش در رودخانه گل‌لاز در محدوده شهر اشنویه، علت سیل را در مدیریت‌های ناصحیح و غیراصولی بیان کرده است [۱۴]. در سال ۱۴۰۳ پژوهشی مبنی بر پهنه‌بندی سیلاب در رودخانه شهرچای سیلاب با مدل هیدرولیکی HEC-RAS برای این پژوهش شبیه‌سازی جریان سیل در مسیر رودخانه شهرچای بود. پهنه‌بندی سیلاب با مدل هیدرولیکی HEC-RAS برای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله انجام گرفت. نتایج بیانگر طغیان پایین دست رودخانه در دوره‌های ۲ و ۵ ساله بود. برای سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۲۵ سال به بالا به دلیل افزایش دبی، در بازه اول مناطق حاشیه‌ای رودخانه و باغ‌ها در معرض پهنه‌بندی سیلاب قرار می‌گیرند و در بازه دوم مناطق شهری دچار تنش خواهند شد [۲]. در پژوهشی با هدف تهیه و تحلیل نقشه خطر سیلاب با استفاده از مدل HEC-RAS در شهر کاشان به این نتیجه رسیدند که سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله در روستاهای اطراف رودخانه سوک چم این شهر تأثیر بیشتری داشته است [۱۲]. در سال ۱۳۹۷ برای تعیین بازه‌های سیل‌گیر در رودخانه گوهررود رشت با استفاده از روش هیدرولیکی، نقشه مناطق سیل‌گیر تهیه شد و نتیجه گرفته شد که سیلاب‌هایی با دوره بازگشت ۵۰ ساله سبب طغیان رودخانه در یک بازه ۵۰۰ متری در ناحیه شمالی شهر خواهد شد [۸].

منطقه پژوهش

حوضه رودخانه دربند شامل دو رودخانه دربند و گلابدره است که از رودخانه‌های بزرگ حوضه آبریز تهران - کرج هستند. این رودخانه‌ها از کوه‌های توچال در شمال شهر تهران سرچشمه می‌گیرند. حوضه تحت بررسی در محدوده ۵۱ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و ۳۵ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی قرار گرفته است. این محدوده جزو حوضه آبریز شرق شهر تهران محسوب می‌شود و شامل چهار حوضه آبخیز دربند، گلابدره، سعدآباد و زرگنده است که به کانال مقصودبیک می‌رسد. حوضه‌های دربند و گلابدره و سعدآباد شامل دو قسمت کوهستانی و شهری هستند و از شمال به رشته‌کوه البرز، از شرق به خیابان دربند و شریعتی، از غرب به خیابان سرلشکر فلاحتی (زعفرانیه) و ولیعصر و از جنوب به خیابان فیاضی (فرشته) محدود می‌شود. این منطقه در حدود ۸۰ درصد از منطقه ۱ و ۲۰ درصد از منطقه ۳ و درصد بسیار کوچکی از منطقه ۷ تهران در نزدیکی بزرگراه رسالت را در بر می‌گیرد. بالادست منطقه جزء شهرستان شمیرانات است. تاریخچه بارندگی سالانه تهران حاکی از سال‌هایی است که مجموع بارندگی سالانه بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی‌متر است. همچنین در بعضی از سال‌ها این مقدار به ۲۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر نیز می‌رسد. افزایش بارش روزانه نسبت به مجموع سالانه در دهه اخیر سبب افزایش رخداد سیلاب شده است [۵]. به دلیل افزایش جمعیت، تغییرات عمده‌ای در پوشش و کاربری اراضی منطقه رخ داده است که به صورت افزایش ساخت‌وساز نمود پیدا کرده است. تغییر پوشش و کاربری‌ها سبب شده است که محدوده تحت بررسی با کاهش سطح نفوذپذیر، افزایش ضریب رواناب، تغییر در رژیم آبدی و تغییر در پارامترهای کیفی آب روبه‌رو شود (شکل ۱).



شکل ۱. حوضه دربند و گلابدره

روش تحقیق

داده‌های استفاده‌شده در این پژوهش شامل آمار بارندگی ۱۵ ساله در دوره آماری ۱۴۰۱-۱۳۸۶ از سایت سازمان هواشناسی کشور، داده‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ به تاریخ جولای ۲۰۲۲ از سایت زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا^۱، داده‌های ارتفاعی^۲ با قدرت تفکیک ارتفاعی ۵۹ سانتی‌متر تهیه‌شده توسط پهپاد، داده‌های هیدرومتری از جمله دبی پیک از شرکت مشاورین مهندسی مهتاب قدس و داده‌های مربوط به خاک از سازمان منابع طبیعی کشور است.

داده‌های هندسی تهیه‌شده شامل طرح شماتیک سیستم رودخانه، داده‌های مقاطع عرضی رودخانه و داده‌های سازه‌های هیدرولیکی است. هندسه رودخانه جزء اولین و اصلی‌ترین اطلاعات لازم برای شبیه‌سازی هیدرولیک رودخانه است. در واقع با ورود جریان به داخل رودخانه بر مبنای شکل سطح مقطع رودخانه، پارامترهای هیدرولیکی آن نظیر سرعت، عمق و سطح آب‌گرفتگی مشخص می‌شود. در این خصوص از مدل رقومی ارتفاع با دقت ۵۹ سانتی‌متر و شبکه آبراهه مستخرج از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استفاده شد. همچنین داده‌های شرایط مرزی رودخانه شامل هیدروگراف جریان یا دبی پیک ایستگاه‌های رودخانه به کار برده شد (منظور از داده‌های شرایط مرزی موارد سطح آب معلوم، عمق بحرانی، عمق نرمال و منحنی سنج به‌عنوان شرایط مرزی برای محاسبات هیدرولیکی است). برای شبیه‌سازی جریان در رودخانه قبل از اجرای مدل، ابتدا پلان و مقاطع عرضی رودخانه تهیه شد و ضرایب مقاومت در مجرای اصلی و سیلاب‌دشت‌ها و همچنین شرایط مرزی در بالادست و پایین‌دست آبراهه‌ها تعیین شد. در شکل ۲ موقعیت دو آبراهه گلابدره و دربند که به کانال مقصدویک می‌ریزند نشان داده شده است. این تحقیق با استفاده از مدل RAS-HEC در محیط GIS شبیه‌سازی تک‌بعدی بر مبنای حداکثر دبی جریان سیلاب با دوره برگشت‌های مختلف به‌عنوان جریان ماندگار در حوضه‌های دربند و گلابدره و مقصدویک انجام گرفت. محاسبه مدل در این نوع جریان براساس رابطه ۱ انجام گرفت [۷].

1. <https://earthexplorer.usgs.gov>

2. DEM

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 v_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 v_1^2}{2g} + h_e \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن g شتاب ثقل، h_e انرژی تلف‌شده، a_1, a_2 ضرایب سرعت، v_1, v_2 عمق آب و Z_1, Z_2 ارتفاع کانال اصلی است. مدل محاسبات جریان رودخانه براساس برش مقاطع انجام گرفت و حمل و ضریب سرعت براساس رابطه ۲ و انتقال زیربخش توسط رابطه ۳ محاسبه شد.

$$K = \frac{1.486}{n} AR^{1/2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

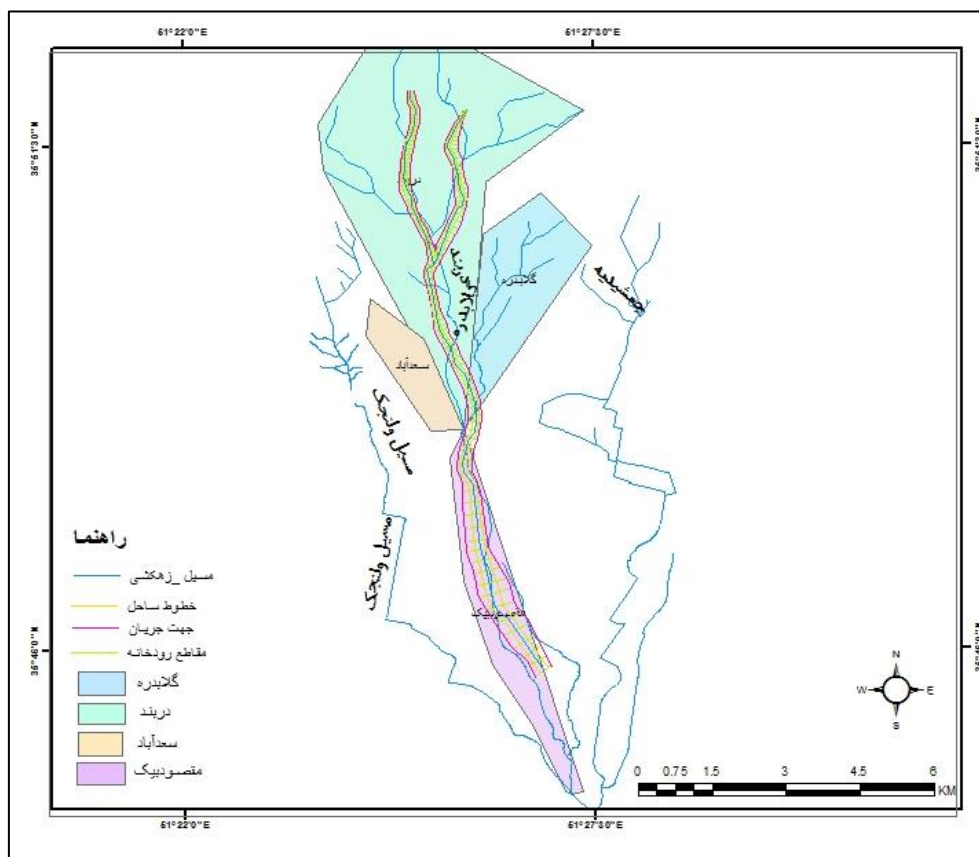
A = مساحت منطقه جریان زیربخش، n = ضریب زبری مانینگ در زیربخش، K حمل R در زیربخش و شعاع هیدرولیکی در زیر زیربخش. برش مقاطع شامل ساحل سمت چپ رودخانه، ساحل سمت راست رودخانه و قسمت اصلی رودخانه است.

$$Q = k_s f^{1/2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

K : حمل در زیربخش n : ضریب زبری مانینگ در زیربخش، A : مساحت منطقه جریان در زیربخش، R : شعاع هیدرولیکی در زیربخش است [۱۹]. جدول ۱ مشخصات مقاطع عرضی در بازه اصلی را نشان می‌دهد و شکل ۲، مقاطع هندسی و شرایط مرزی رودخانه‌هاست.

جدول ۱. مشخصات مقاطع عرضی در بازه مطالعاتی

نام رودخانه	نام شاخه	طول رودخانه (KM)	تعداد مقاطع عرضی	متوسط فاصله بین مقاطع (M)
رودخانه گلابدره	شاخه اصلی	۲/۳۶	۷۸	۳۰
رودخانه دربند	شاخه اصلی	۲/۲۴	۷۱	۳۰
رودخانه مقصدیبیک	شاخه اصلی	۵/۳۶	۱۸۱	۳۰



شکل ۲. مقاطع هندسی و شرایط مرزی رودخانه

با عنایت به اینکه مقاومت جریان نقش مؤثری در تراز سطح آب و سرعت جریان در هر مقطع دارد، تعیین ضریب مقاومت که معرف شرایط واقعی رودخانه باشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این پژوهش از ضریب مقاومت (مانینگ) جریان^۱ (n) استفاده شد. از عوامل مؤثر در مقدار ضریب مانینگ می‌توان به دانه‌بندی مواد بستر، درجه ناهمواری رودخانه، تأثیر نسبی موانع، گسترش و تراکم پوشش گیاهی و شکل مسیر مورفولوژی رودخانه اشاره کرد. برای تخمین مقدار این ضریب در بازه رودخانه‌ها، ابتدا سه قسمت آبراهه اصلی و سیلاب‌دشت‌های سواحل راست و چپ تقسیم شد. سپس برای تعیین n از بازدید صحرایی، قضاوت مهندسی و جدول‌های پیشنهادی روش Cowan استفاده شد. در این روش براساس جنس آبراهه اصلی یا سیلاب‌دشت، مقدار پایه‌ای برای n انتخاب و برای پوشش گیاهی، نامنظمی مقطع، موانع عمومی، راستای آبراهه، تغییرات شکل و اندازه آبراهه تصحیحاتی (جدول ۲) (رابطه ۴) [۲۱] تعیین شد.

$$n = \sum_{i=0}^4 m \quad \text{رابطه ۴}$$

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

میزان n پایه، براساس نوع مصالح کانال، ناهمواری سطح بستر رودخانه، شکل و اندازه مقطع و نوع و میزان پوشش گیاهی کانال تعیین شده است. میزان m با توجه به میزان پیچ‌وخم رودخانه و نسبت Lm/Ls ، تعیین شد که Ls طول مستقیم دامنه مورد نظر و Lm طول پیچ‌وخم کانال در همان بازه و در مسیر رودخانه است. جدول ۲، ضرایب زبری مانینگ برای اجزای مختلف رودخانه به روش Cowan را نشان می‌دهد. با استفاده از روش Cowan و بازدهای میدانی مقادیر ضرایب مانینگ برای دامنه مطالعاتی تعیین و در جدول ۳ ارائه شد [۲۱، ۲۲].

جدول ۲. ضرایب زبری مانینگ برای اجزای مختلف رودخانه به روش Cowan

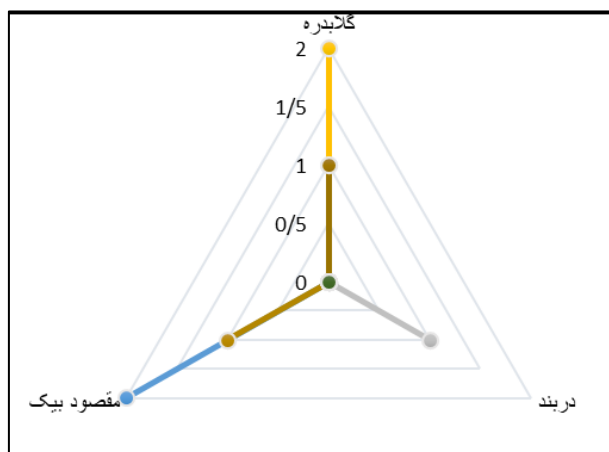
مقدار ضریب مانینگ	شاخص ضریب مانینگ	شرایط رودخانه
۰/۰۲	n ₀	بستر خاکی
۰/۰۲۵		بستر سنگی
۰/۰۲۴		شن ریز
۰/۰۲۸		شن درشت
۰	n ₁	صاف
۰/۰۰۵		کمی صاف
۰/۰۱		نسبتاً صاف
۰/۰۲		زبر
۰	n ₂	تغییرات جزئی
۰/۰۰۵		تغییرات متوسط
۰/۰۱-۰/۰۱۵		تغییرات شدید
۰	n ₃	قابل اغماض
۰/۰۱-۰/۰۱۵		موانع کم
۰/۰۲-۰/۰۳		موانع زیاد
۰/۰۴-۰/۰۶		موانع خیلی زیاد
۰/۰۰۵-۰/۰۱	n ₄	گیاهان کوتاه‌قد
۰/۰۱-۰/۰۲۵		گیاهان متوسط
۰/۰۲۵-۰/۰۵		گیاهان بلند
۰/۰۵-۰/۱		گیاهان خیلی بلند
ضریب تصحیح	M	وضعیت انحنا مسیر
۱		کم
۱/۱۵		نسبتاً زیاد
۱/۳		خیلی زیاد
		Lm/Ls
		۱-۱/۲
		۱/۲-۱/۵
		>۱/۲

جدول ۳. مقادیر ضریب زبری مانینگ و پارامترهای مؤثر در آن در دامنه مطالعاتی

ضریب مانینگ کل			ضریب	ضریب	ضریب	ضریب	درجه	ضریب مانینگ	رودخانه
ساحل راست	ساحل چپ	بستر	مربوط به انحنای مسیر	مربوط به پوشش گیاهی	مربوط به موانع موجود	حاصل از تغییرات مقطع	ناهمواری در سطح کانال	مربوط به دانه‌بندی	
۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۴	۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	گلابدره
۰/۰۶۵	۰/۰۶۵	۰/۰۴۲	۱	۰/۰۱	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۲۵	دربند
۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲۴	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱۸	مقصودبیک

یافته‌های پژوهش و بحث

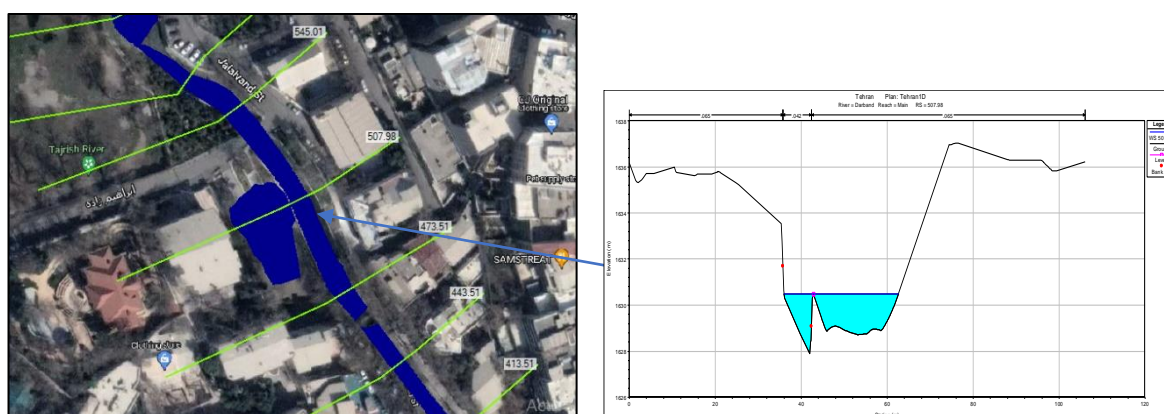
در اجرای پژوهش هر کدام از رودخانه‌ها به زیرحوضه‌های کوچک‌تری تقسیم شد. منطقه پژوهش شامل بخش برون‌شهری رودخانه‌های دربند و گلابدره و بخش داخل شهری کانال مقصودبیک تا زرگنده و خیابان شریعتی است (شکل ۲). نتایج حاصل از تغییرات سطح آب در بازه مطالعاتی در نیمرخ‌های طولی، مقاطع منتخب برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله بیانگر احتمال رخداد جریان بحرانی برای گلابدره و مقصودبیک است. عدد فرود، عدد بدون بعد است و در حالت جریان بحرانی به ۱ و در جریانی فوق‌بحرانی به بیشتر از ۱ هم می‌رسد (شکل ۳). همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد، جریان رودخانه در خروجی‌های گلابدره و مقصودبیک احتمال رسیدن به حالت‌های فوق‌بحرانی را دارند.



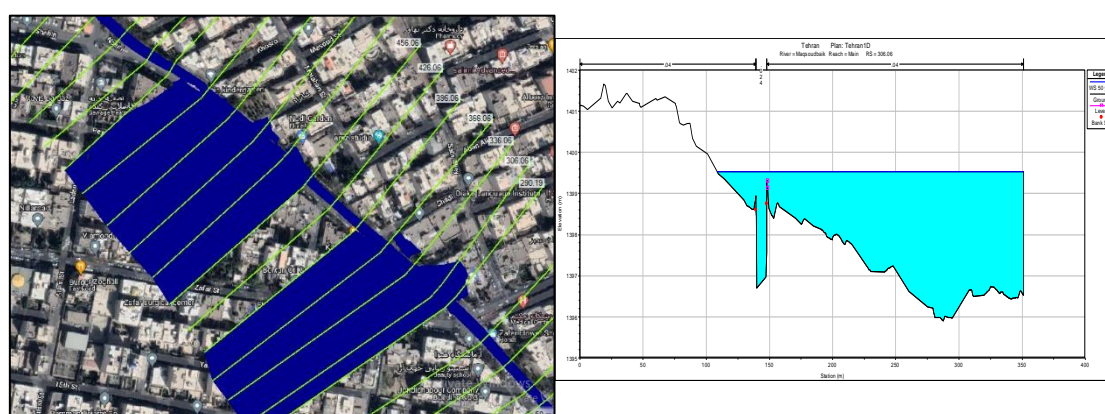
شکل ۳. تغییرات عدد فرود در حوضه‌های تحت بررسی

تغییرات سطح آب در نیمرخ‌های عرضی مقاطع منتخب برای سیلاب با دوره بازگشت ۵۰ ساله بیانگر تغییرات عرض سطح آب در منطقه است. پارامتر عرض سطح آب تابع هندسه رودخانه و شرایط هیدرولیکی موجود است. به طوری که با تنگ شدن مقطع جریان، کاهش شیب آبراهه، افزایش ضریب زبری و افزایش دبی، جریان عرض سطح آب نیز افزایش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که عرض جریان در رودخانه گلابدره در بازه ۳ تا ۱۳ متر، در رودخانه دربند در بازه ۵ تا ۲۶ متر و در رودخانه مقصودبیک در بازه ۱۰ تا ۲۵۰ متر دچار تغییرات عرضی شده است. به طوری که دامنه تغییر آن در رودخانه‌های گلابدره ۰/۴ تا ۱/۵ متر، دربند ۰/۵ تا ۲/۵ متر و مقصودبیک ۰/۸ تا ۵ متر است. جریان آب در رودخانه‌ها در بیشتر روزهای سال در سطح پایینی از مقطع رودخانه قرار دارد و کانال رودخانه فقط قابلیت گنجایش بده سیلاب‌های دوساله را در حالت کاملاً پر دارد و هنگامی که یک سیل بزرگ (با دوره بازگشت‌های ۵۰ساله) اتفاق می‌افتد، جریان نمی‌تواند به‌طور کامل در مقطع کانال اصلی رودخانه جای گیرد. بنابراین سطح جریان بالا می‌آید و در دشت سیلابی رودخانه پخش می‌شود. با این توضیحات بدیهی است که همه خسارات ناشی از سیل، در سیلاب‌دشت رخ می‌دهد که دلیل آن تصرف سیلاب‌دشت‌ها توسط بشر برای اسکان، کشاورزی و کاربری‌های دیگر است. افزون‌بر این در حاشیه رودخانه بازه‌هایی وجود دارند که در زمان وقوع سیل نه‌تنها آبرگیر هستند، بلکه آب در آنها جریان

می‌باید و از سرعت به نسبت زیادی برخوردارند که به این بازه‌ها، بازه‌هایی طغیانی گفته می‌شود. این حالت از سیل‌گیری در مکان‌هایی که مقطع رودخانه کم‌عرض و شیب کف زیاد باشد یا در قوس خارجی رودخانه و محل‌هایی که مقطع رودخانه یکباره عریض شود و آب تجمع‌یافته در بالادست با سرعت زیادی در حرکت باشد اتفاق می‌افتد. بازه‌های طغیانی به غیر از شرایط توپوگرافی، ریخت‌شناسی و شکل هندسی مسیر رودخانه به شرایط زبری بستر و سیلاب‌دشت در محل نیز بستگی دارد. نتایج پژوهش اخیر بازه‌های طغیانی و سیل‌گیر دره‌ها را در دوره بازگشت ۵۰ ساله محاسبه کرده است. شرایط در دو بازه طغیانی رودخانه‌های دربند و مقصودبیک با تصاویر مقایسه شده است. پروفیل عرضی سطح آب مقطع سیل‌گیر در بازه با کد ۵۰۷,۹۸ از رودخانه دربند با دوره بازگشت با ۵۰ ساله و پهنه‌های سیل‌گیر محدوده شهری روی تصاویر ماهواره‌ای کنترل شده است که نشان‌دهنده این است که سیل دربند، جنوب خیابان ابراهیم‌زاده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل‌های ۴ و ۵). همچنین بازه با کد ۳,۶,۰۶ از کانال مقصودبیک با همان دوره بازگشت و پهنه‌های سیل‌گیر محدوده شهری نشان‌دهنده این است که سیل ناشی از کانال مقصودبیک شمال خیابان الهیه، محدوده بین پل صدر و بوستان الهیه شرقی، بالادست کوچه مروارید و کوچه خسرو تا خیابان ظفر را در بر می‌گیرد. به‌طور کلی سیلاب دربند و گلابدره ضمن درگیر کردن خیابان دربند، توسط کانال‌های مقصودبیک و زرگنده تا خیابان ظفر پیش می‌رود (شکل‌های ۶ و ۷).



شکل ۴. پروفیل عرضی سطح آب مقاطع سیل‌گیر دربند و موقعیت آن در جنوب خیابان ابراهیم‌زاده



شکل ۵. پروفیل عرضی سطح آب مقاطع سیل‌گیر مقصودبیک و موقعیت آن در حد فاصل کوچه خسرو تا خیابان ظفر

به‌منظور صحت‌سنجی مکانی نتایج پژوهش اخیر از گزارش مروری پژوهشکده سوانح طبیعی (۱۴۰۳) در خصوص حادثه سیلاب سال ۱۳۶۶ استفاده شد. بررسی مقایسه‌ای نشان داد که محدوده‌ها و خیابان‌های درگیر رخداد سیل ۱۳۶۶ در دربند، گلابدره با محدوده تعیین‌شده در این پژوهش مطابقت دارد [۱]. مقایسه نتایج این مقاله با پژوهش استعلاجی^۱ (۲۰۲۴) در

رودخانه درکه انجام گرفت. در هر دو پژوهش تغییرات رودخانه شامل سطح مقطع، عرض سطح آب و سرعت متوسط جریان در بالادست رودخانه سبب رخداد سیل در حاشیه و جنوب رودخانه شد و به‌طور کلی با افزایش عرض مقطع، مساحت دشت سیلابی نیز افزایش یافت. بررسی و تحلیل فضایی مناطق سیل‌گیر شهر نورآباد لرستان توسط رستمی و همکاران (۲۰۲۰) و پژوهش اخیر حاکی از تعیین گسترش وقوع سیلاب با افزایش دوره بازگشت با استفاده از مدل HEC-RAS، است. همچنین نتایج پژوهش اخیر با تحقیق قهرودی (۱۳۹۰) و صفاری و همکاران (۲۰۲۰) در بیان مشابهت دلایل رخداد سیلاب از جمله ناهماهنگی کانال‌های متعدد با زهکشی طبیعی، تغییر کاربری و افزایش ساخت‌وساز است. نتایج این پژوهش در خصوص رابطه بین تغییرات عرض مقطع و مساحت بخش سیلابی با تحقیق سینی و باریک^۱ (۲۰۲۴) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

آسیب‌های سیلاب در بافت شهری اغلب پیچیده‌تر است، زیرا ۳۷ سال بعد از رخداد سیل مخرب رودهای دربند و گلابدره در مناطق شمالی تهران، علی‌رغم مطالعات و برنامه‌ریزی‌های متعدد، این پدیده همچنان برای بخش‌هایی از تهران تهدید به شمار می‌رود. توسعه شهری و در پی آن افزایش سطوح نفوذناپذیر سبب افزایش حجم رواناب می‌شود. رواناب ایجادشده در بالادست حوضه وقتی به بخش‌های شهری نفوذ می‌کند با مسائل تراکم بافت شهری، حضور اشیای منقول از جمله وسایل نقلیه و وجود زباله در سیستم فاضلاب شهری مواجه می‌شود. بنابراین سیل گلابدره و دربند پس از ورود به کانال مقصودییک، مناطق شهری شمال تهران به‌خصوص خیابان‌های مناطق ۱ و ۳ تهران را در برمی‌گیرد. به‌طوری که خیابان‌های شکیبایی، دربند، گلابدره و تجریش به‌ترتیب به‌سمت پایین خیابان شریعتی و زرگنده تحت تأثیر سیلاب قرار خواهند گرفت. منطقه تجریش بیشترین آسیب‌پذیری را از سیل دو رودخانه دربند و گلابدره می‌گیرد، زیرا تجریش محل تلاقی سه رودخانه دربند و گلابدره و سعدآباد است که به کانال مقصودییک می‌ریزند. کانال مقصودییک به‌سمت بالادست خیابان الهیه، بین پل صدر و بوستان الهیه شرقی و از کوچه خسرو تا خیابان ظفر را در بر می‌گیرد البته کانال‌های فرعی نیز به وقوع این پدیده کمک می‌کنند.

مدیریت مخاطره سیلاب در شمال کلانشهر تهران مستلزم داشتن راهبرد ویژه است، زیرا سبب می‌شود که سرمایه‌گذاری به رسمیت شناخته شود. داشتن راهبرد، پشتیبان فناوری‌های جدید در زمینه کاهش مخاطرات خواهد بود. هدف اصلی راهبرد مخاطره‌شناسی تعیین چشم‌انداز حکمرانی و دولت‌ها و مردم به‌سمت جامعه و محیطی بدون مخاطره یا کم‌مخاطره است. در این زمینه راهبرد رویکرد سیستماتیک به مخاطرات، پس از ارزیابی آن دامنه وسیعی از اقدامات کاهش‌دهنده جایگزین را انتخاب می‌کند که بهترین تناسب را با نوع مخاطره در این منطقه دارند [۱۵]. در منطقه تحت بررسی، می‌توان از سیلاب جاری‌شده احتمالی به‌عنوان آب مصرفی غیرشرب در منطقه ۱ استفاده کرد؛ به این صورت که می‌توان آب ناشی از بارندگی و رواناب را به‌صورت مکانیزه استحصال کرد. با استفاده از مدیریت صحیح آب‌خیزداری برای حفاظت آب و خاک، می‌توان با تلفیق روش‌های بیولوژیکی و سازه‌ای اقدامات جدیدی در کنترل سیستم پخش سیلاب به عمل آورد. البته این راهبردها باید با بودجه به همراه باشد و تعاملات لازم برای نیل به این اهداف ضرورت دارد. با کنترل سیستم زهکشی و فاضلاب‌های منطقه ۱ می‌توان از ورود آن به منازل و انباشت زباله‌های احتمالی که در بالادست به داخل مسیل‌ها می‌رسد جلوگیری کرد و از آلودگی رواناب‌های ایجادشده کاست. به‌منظور کاهش دبی سیل و حجم رواناب می‌توان با افزایش نفوذپذیری سطوح و همچنین افزایش زمان تمرکز اقدام کرد. درصد زیادی از سطوح شهری را که در تولید رواناب ناشی از بارندگی مؤثرند می‌توان در طراحی و معماری شهری با استفاده از اجزای نفوذپذیر افزایش داد. همچنین در طراحی و معماری شهری می‌توان با کاهش شیب سطوح در راستای تمرکز رواناب، زمان تمرکز بارندگی را افزایش داد. طراحی شهری آب‌محور مناسب‌ترین روش به‌منظور دستیابی به این هدف است.

منابع

- [۱]. پژوهشکده سوانح طبیعی (۱۴۰۳). گزارش مروری بر حادثه سیلاب سال ۱۳۶۶ تجریش، حوزه معاونت پژوهشی پژوهشکده سوانح طبیعی. https://ndri.ac.ir/uploads/article/overview-of-tajrish-flood-incident-in-1366.pdf?_T=1722449390
- [۲]. تقی‌زاده فانید، ابوالقاسم؛ و لطفعلی‌زاده لاهرودی، علی (۱۴۰۳). پهنه‌بندی سیلاب رودخانه شهرچای ارومیه با استفاده از مدل HEC-RAS. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*. DOI:10.22034/JARGS.2024.448452.1099
- [۳]. حسن‌زاده، رضا؛ هنرمند؛ مهدی؛ حسینجانی‌زاده، مهدیه؛ و محمدی، صدیقه (۱۴۰۰). پهنه‌بندی سیلاب در نواحی شهری با استفاده از مدل هیدرولوژیکی و اطلاعات میدانی (مطالعه موردی: سیل بردسیر، استان کرمان). *اکوهیدرولوژی*. ۸(۲)، ۳۳۱-۳۴۴. DOI:10.22059/IJE.2021.314075.1423
- [۴]. دامادی، سکینه؛ دهواری، عبدالحمید؛ دهمرده قلعه‌نو، محمدرضا؛ و ابراهیمیان، محبوبه (۱۴۰۰). پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان. *مهندسی و مدیریت آبخیز*. ۱۳(۳)، ۵۹۰-۶۰۱. DOI:10.22092/ijwmse.2021.124028.1573
- [۵]. ذوالفقاری، حسن؛ هاشمی، رضا؛ و فشی، مهدی (۱۳۸۸). بررسی نسبت حداکثر بارش‌های روزانه به بارش‌های سالانه در ایران. *تحقیقات جغرافیایی*. ۱۶۵(۱) ۱۶۵-۱۸۸. <https://elmnet.ir/doc/1253613-31461>
- [۶]. رستمی فتح‌آبادی، محمد؛ جعفری‌گلو، منصور؛ و مقیمی، ابراهیم (۱۳۹۹). تحلیل فضایی مناطق سیل‌زده و سیل‌خیز شهر نورآباد لرستان و مخاطرات آن. *مدیریت مخاطرات محیطی*. ۷(۳)، ۳۱۳-۳۲۹. DOI: 10.22059/JHSCI.2020.310534.609
- [۷]. رشیدی، سیدمحمد (۱۳۹۹). معرفی مدل‌های HEC-RAS و SWMM در شبیه‌سازی سیلاب. *هفتمین کنگره ملی زیست‌شناسی و علوم طبیعی ایران*. DOI: BSCONF07_267 doc/1028983
- [۸]. رضائی، پرویز (۱۳۹۷). تعیین پهنه سیل‌گیر با استفاده از GIS و مدل هیدرولیکی HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه گوهررود در محدوده شهر رشت). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۷(۳)، ۴۱-۵۶. DOI: 10.22067/geo.v0i0.69052
- [۹]. زراعتکار، زهرا؛ و حسن‌پور، فرزاد (۱۳۹۵). شبیه‌سازی سیلاب شهری بیرجند با استفاده از مدل HEC-RAS و ARC-GIS. *پژوهش‌های آبخیزداری*. ۱۱۳، ۴۱-۵۶. DOI: 10.22092/WMEJ.2016.112239
- [۱۰]. سلیمانی، کریم؛ درویشی، شادمان؛ و زاغی، هادی (۱۴۰۳). بررسی خطر سیل ۱۳۹۸ شهر آق‌قلا با استفاده از سنجش از دور و مدل‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره. *آمایش جغرافیایی فضا*. ۱۴(۱)، ۷۷-۹۰. DOI: 10.30488/GPS.2024.388999.3628
- [۱۱]. صفاری، امیر؛ احمدآبادی، علی؛ و صدیقی‌فر، زهرا (۱۳۹۹). تحلیل مخاطره ناشی از سیلاب با تکیه بر مدل WMS در حوضه‌های آبریز شهری (مطالعه موردی: حوضه‌های دربند، گلابدره و سعدآباد کلان‌شهر تهران). *جغرافیای طبیعی*. ۲۰(۵۷)، ۳۱۷-۳۳۴. DOI: 10.29252/jgs.20.57.317
- [۱۲]. صیاد، دانیال؛ قضاوی، رضا؛ و امیدوار، ابراهیم (۱۴۰۰). تهیه و تحلیل نقشه خطر سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC RAS و RAS MAPPER (مطالعه موردی: رودخانه سوک چم کاشان). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۰(۳)، ۱۹-۳۷. DOI:10.22067/GEOEH.2021.69554.1038
- [۱۳]. قهرودی تالی، منیژه (۱۳۹۰). ارزیابی موقعیت مکانی شبکه مسیل‌های تهران. *جغرافیای طبیعی*. ۴(۱۳)، ۵۹-۷۰. SID. <https://sid.ir/paper/fa/184973>
- [۱۴]. محمدی، احسان؛ منتصری، مجید؛ و سکوتی اسکویی، رضا (۱۳۸۸). پهنه‌بندی خطرات سیل در مناطق شهری با استفاده از WMS و HEC-RAS (مطالعه موردی: اشنویه، استان آذربایجان غربی). *مهندسی و مدیریت آبخیز*. ۱(۱)، ۶۱-۶۹. Doi: 101814-0442d8103024b401176
- [۱۵]. مقیمی، ابراهیم (۱۴۰۱). استراتژی علم مخاطره‌شناسی؛ آیا علم مخاطره‌شناسی استراتژی دارد؟ *مدیریت مخاطرات محیطی*. ۹(۱)، ۴۵-۵۴. DOI: 10.22059/JHSCI.2022.345598.730
- [۱۶]. مقیمی، ابراهیم (۱۴۰۳). رویکرد جدید به مخاطرات محیطی و توسعه پایدار در ایران. *مدیریت مخاطرات محیطی*. ۱۱(۱)، ۷۳-۸۴. DOI: 10.22059/JHSCI.2024.378814.830
- [۱۷]. هوشمند، فهیمه؛ علی، وخشوری؛ و غفیفی، محمدابراهیم (۱۴۰۳). ارزیابی و مدیریت مخاطرات شهری در هزاره سوم (مطالعه موردی: سیلاب‌های شهری شیراز). *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*. ۱۵(۵۶)، ۴۱-۵۲. DOI: 10.30495/JUPM.2024.33134.4483

- [18]. Ansarifard, S., Eyvazi, M., kalantari, M., mohseni, B., Ghorbanifard, M., Jafakesh Moghaddam, H., & Nouri, M. (2024). Simulation of floods under the influence of effective factors in hydraulic and hydrological models using HEC-RAS and MIKE 21. *Discover Water*, 4(1), 92. Doi.org/10.1007/s43832-024-00155-0
- [19]. Brunner, G. W. (1994). HEC river analysis system (HEC-RAS) (No. 147). US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/publications/TechnicalPapers/TP-147.pdf>
- [20]. Cherhabil, S., Djafri, S., Hafnaoui, M.A., & Madi, M. (2024). Flood modeling using HEC-RAS 2D and IBER 2D: a comparative study. *Water Supply*, 24(9), 3061-3076. doi: 10.2166/ws.2024.184
- [21]. Coon, W.F. (1998). Estimation of roughness coefficients for natural stream channels with vegetated banks (Vol. 2441). Geological Survey (USGS). <https://doi.org/10.3133/wsp2441>
- [22]. Demir, V., & Ülke Keskin, A. (2020) Obtaining the Manning roughness with terrestrial-remote sensing technique and flood modeling using FLO-2D: A case study Samsun from Turkey. *G eo fizika* 37.2,131-156. DOI: 10.15233/gfz.2020.37.9
- [23]. Estelaji, F., Ghaderi, N., Ghorbani, M., Naseri, A., Zahedi, R., Pourezzat, A.A., Keshavarzzadeh, M., & Yousefi, H. (2024). Efficiency evaluation of surface water collection infrastructure during floods: information analysis and zoning management. *Information Analysis*. 2(2). doi.org/10.53964/jia.2024002
- [24]. Fraji Monfared, A., Ahmadi, M., Derafshi, K., Khodadadi, M., & Najafi, E. (2024). Urban development assessment in flood hazard areas using integrated HEC-RAS, SCS, and FAHP models: a case study of Pardisan Settlement, Qom. *Modeling Earth Systems and Environment*.1-18. doi.org/10.1007/s40808-024-02053-9
- [25]. Guven, D.S., Yenigun, K., Isinkaralar, O., & Isinkaralar, K. (2024). Modeling flood hazard impacts using GIS-based HEC-RAS technique towards climate risk in Şanlıurfa, Türkiye. *Natural Hazards*: 1-19.1. DOI: org/10.1016/j.jenvman.2019.109317
- [26]. Ilioski, B., Gješovska, V., & Fidani, D. (2022). Application Of Hec-Ras And Arcgis For Flood Mapping Surfaces In Urban Areas-Case Of The City Of Gostivar. DOI: hdl.handle.net/20.500.12188/21605
- [27]. Konan, A.N. (2018). Urban Flood modelling and Floodplain Mapping using ArcGIS, HEC-HMS & HEC-RAS in Abidjan city, Côte D'Ivoire – West Africa: Case study of the watershed of Bonoumin - Rivière Palmeraie. *Pan African University*, <http://repository.pauwes-cop.net/handle/1/372>
- [28]. Madhuri, R., Sarath Raja, Y.S.L., Srinivasa Raju, K., Bonagiri, S.P. & Kondisetti, M. (2021).Urban flood risk analysis of buildings using HEC-RAS 2D in climate change framework. *H2Open Journal* 4(1), 262-275. DOI: org/10.2166/h2oj.2021.111
- [29]. Mustafa, A., Szydłowski, M., Veysipanah, M., & Mohammed Hameed, H. (2023) GIS-based hydrodynamic modeling for urban flood mitigation in fast-growing regions: a case study of Erbil, Kurdistan Region of Iraq. *Scientific Reports*, 13(1). 8935.DOI:org/10.1038/s41598-023-36138-9
- [30]. Ogras, S., & Onen, F. (2020) Flood Analysis with HEC-RAS: A Case Study of Tigris River. *Advances in Civil Engineering* 2020.1 6131982. Doi: 10.1155/2020/6131982
- [31]. Ojasanya, K., & George-Kayod, B.O. (2024) A Simplistic Approach for Evaluating Urban Flood Risk through the Integration of HEC-RAS 2D and GIS. In *World Environmental and Water Resources Congress*, 544-565. doi.org/10.1061/9780784485477.050
- [32]. Peker, İ.B., Gülbaz, S., Demir, V., Orhan, O., & Beden, N. (2024). Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in flood modeling and flood hazard mapping. *Sustainability* 16(3): 1226 DOI:org/10.3390/su16031226
- [33]. Rangari, V.A. Umamahesh, N.V., & Bhatt, C.M. (2019). Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(4), 1839-1851. DOI: org/10.1007/s40808-019-00641-8
- [34]. Saini, D.Sh., & Dillip Kumar, B. (2024) Simulation of the Hydraulic Model HEC-RAS Coupled with GIS and Remote Sensing to Study the Effect of River Cross-section Width in Detecting Flood-prone Areas. *Journal of the Geological Society of India* 100.3, 367-376. doi.org/10.17491/jgsi/2024/173843
- [35]. Snikitha, S., G. P. K., & Dwarakish, G.S. (2025). A Comprehensive Review of Cutting-Edge Flood Modelling Approaches for Urban Flood Resilience Enhancement. *Water Conservation Science and Engineering* 10(1), 2. 10.1007/s41101-024-00327
- [36]. Yakhlefoune, M., Benabbas, C, Grecu, Florina., Belkendil, A., & Kharchi, T. (2023) Flood risk modelling using HEC-RAS and GIS in the semi-urban watershed of Oued Ziad (Constantine, North-Eastern Algeria). In *Forum Geografic*, 22(1). DOI: 10.5775/fg.2023.094.i
- [37]. Zainal, N.N., & Siti Hidayah, A. (2024) Review paper on applications of the HEC-RAS model for flooding, agriculture, and water quality simulation. *Water Practice & Technology* 19.7 2883-2900. doi.org/10.2166/wpt.2024.173