



RESEARCH ARTICLE

DOI: 10.22067/geoeh.2021.71679.1093

Open access

Dynamic Analysis of Flood Risk using HEC-RAS Hydraulic Model (Case Study: Shahinshahr River, Isfahan Province)

Seyed Meysam Moshashaie^a, Roya Panahi^{b*}, Mitra Moshashaie^c

^a Expert in River Engineering, Navandish Water Processors Consulting Engineers Company, Kurdistan, Iran

^b PhD in Geomorphology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^c MSc in Surveying (Remote Sensing), Faculty of Civil Engineering, University of Kurdistan, Kurdistan, Iran

Received: 8 August 2021

Revised: 15 September 2021

Accepted: 22 September 2021

Abstract

Flooding is a natural phenomenon and the risk of its occurrence in urban areas is a global issue. Rapid urbanization and climate changes have increased the risk of urban flooding, leading to massive infrastructure and human losses. The aim of this study was geomorphological zoning of Shahinshahr River flood risk. Therefore, the HEC-RAS numerical model was used to simulate the flood. The geometric data was processed in GIS by HEC–GEORAS extension. The return periods of 25, 50, and 100 years of catchment area as well as its physiographic characteristics including area, length of main stream, CN curve number, concentration time, latency in the watershed were entered into the HEC-HMS software. Accordingly, the maximum flood discharge with different return periods were calculated whereby the river area was divided into three reaches. Finally, Manning's roughness coefficient was calculated for each reach that the Manning roughness coefficient was calculated using the Coon method. The results show that the flood zone in the 25-year return period includes 0.948 km², 1.13 km² in the 50-year return period, and 1.34 km² of the lands along the Shahinshahr River in the 100-year return period. In the last reach, due to the reduction of the slope and the flow velocity, the flood zone has become wider than other periods.

Keywords: Flood Simulation, Flood Risk, Shahinshahr River, HEC-RAS

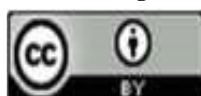
* Corresponding author: Roya panahi

E-mail: r_panahi@sbu.ac.ir

Tel: 09187373702

How to cite this Article: Moshashaie, S. M., Panahi, R., & Moshashaie, M. (2022). Dynamic Analysis of Flood Risk using HEC-RAS Hydraulic Model (Case Study: Shahinshahr River, Isfahan Province) (Case Study: Shahinshahr River, Isfahan Province). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 11(1), 77-97.

Doi:10.22067/geoeh.2021.71679.1093



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 11, Issue 1 - Number 41, Spring 2022

<https://geoeh.um.ac.ir>

 <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.71679.1093> 


جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال یازدهم، شماره چهل و یکم، بهار ۱۴۰۱، صص ۹۷-۷۷

مقاله پژوهشی

تحلیل دینامیکی مخاطره سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS

(مطالعه موردی: رودخانه شاهین شهر، استان اصفهان)

سید میثم مشعشعی - کارشناس مهندسی رودخانه، شرکت مهندسین مشاور آب پردازان نواندیش، کردستان، ایران

رؤیا پناهی^۱ - دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران 

میترا مشعشعی - کارشناسی ارشد نقشه برداری (سنجش اوردور)، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه کردستان، کردستان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۵/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۷/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۶/۳۱

چکیده

وقوع سیل یک پدیده طبیعی است و خطر وقوع آن در مناطق شهری یک مسئله جهانی است. رشد شهرنشینی و تغییرات آب و هوایی مخاطره سیلاب‌های شهری را افزایش داده و باعث ایجاد خسارت به زیرساخت‌ها و صدمات جانی شده است. هدف این پژوهش تحلیل دینامیکی مخاطره سیلاب رودخانه شاهین‌شهر (استان اصفهان) است؛ بنابراین جهت شبیه‌سازی مخاطره سیلاب از مدل یک بعدی HEC_RAS استفاده گردید و از طریق الحاق HEC-GEORAS در محیط GIS پردازش داده‌های ژئومتری انجام شد. جهت محاسبه دبی برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه به داخل محیط نرم‌افزار HEC-HMS وارد شد و مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز از قبیل: مساحت، طول آبراهه اصلی، شماره منحنی خاک (CN)، زمان تمرکز و زمان تأخیر وارد گردید. بر این اساس، نتایج خروجی حداکثر دبی سیلاب با دوره‌های بازگشت‌های متفاوت محاسبه شد نتایج حاصل از مدل نشان می‌دهد که با توجه به شرایط رودخانه، منطقه به سه بازه مختلف تقسیم‌بندی شد که ضریب زبری مانینگ با استفاده از روش کوان برای بازه‌های مختلف هر بخش جداگانه محاسبه گردید. نتایج

Email: r_panahi@sbu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول ۰۹۱۸۷۳۳۷۰۲

نحوه ارجاع به این مقاله:

مشعشعی، سید میثم؛ پناهی، رؤیا؛ مشعشعی، میترا. (۱۴۰۱). تحلیل دینامیکی مخاطره سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی

HEC-RAS (مطالعه موردی: رودخانه شاهین شهر، استان اصفهان). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۱(۱). صص ۹۷-۷۷

<https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.71679.1093>

حاصل از مطالعات نشان می‌دهد که پهنه سیلاب در دور بازگشت ۲۵ ساله ۰/۹۴۸ کیلومتر مربع، در دوره بازگشت ۵۰ ساله ۱/۱۳ و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۱/۳۴ کیلومتر مربع از اراضی حاشیه رودخانه شاهین‌شهر را در بر گرفته‌اند؛ و در بازه آخر به دلیل کاهش میزان شیب و کاهش سرعت جریان پهنه سیلاب از سایر بازه‌ها گسترده‌تر شده است.

کلیدواژه‌ها: شبیه‌سازی سیلاب، رودخانه شاهین‌شهر، HEC_RAS.

۱- مقدمه

بیشتر جوامع بشری در کنار رودخانه‌های بزرگ جهان مستقر و شکوفا شده‌اند؛ زیرا رودخانه‌ها و سیلاب دشت‌ها برای زندگی بشر و به‌ویژه برای کشاورزی و توسعه شهری مهم هستند (یوسفی^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). اغلب سیستم‌های رودخانه‌ای تحت تأثیر متغیرهای خارجی از جمله تغییرات اقلیمی و زمین‌شناسی دچار آشفتگی می‌شوند. الگوها و میزان تعدیل‌های رودخانه‌ای و یا تغییرپذیری آن‌ها، ماهیت رویدادهای آشفتگی را نشان می‌دهند. این آشفتگی مانند یک سیل فصلی می‌تواند پدیده‌هایی دوره‌ای با وقوع کم، شدت زیاد و کوتاه‌مدت باشد و اثر موضعی بر رودخانه بر جای بگذارد (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴). سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک (با سیل‌های ناگهانی) که بارندگی زیادی را تجربه می‌کنند می‌باشد. این مخاطره ناشی از پیوند چندین عامل طبیعی و انسانی است. سیلاب هنگامی رخ می‌دهد که دبی رودخانه به حدی افزایش می‌یابد که آب از سواحل رودخانه عبور کرده و مناطق مجاور را غرقاب می‌کند، در نتیجه جوامعی را که در مجاورت رودخانه‌ها ساکن هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهد علاوه بر آن تغییرات آب و هوایی احتمال وقوع سیل و بزرگی آن‌ها را افزایش می‌دهد (ترمeh^۲ و همکاران، ۲۰۱۸؛ ازین^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). سیل سالانه به‌طور متوسط ۷۵ میلیون نفر را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد (حدود ۲۰،۰۰۰ تلفات در هر سال)، ضرر اقتصادی حاصل از آن ۹۵ میلیارد دلار بوده است در سال‌های اخیر، فراوانی سیل بیش از ۴۰٪ افزایش یافته است؛ زیرا تغییرات آب و هوایی به‌طور قابل‌توجهی بر شدت، الگو و بزرگی سیلاب‌ها تأثیر گذاشته است. به‌ویژه کشورهای آسیایی با برخورد نسبتاً زیاد در معرض سیل و زلزله قرار دارند در آسیا بیش از ۹۰٪ تلفات انسانی ناشی از بلایای طبیعی به علت جاری شدن سیل است (چانگ و چن^۴، ۲۰۱۶؛ خسروی^۵ و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۰۲۱). ایران اخیراً سیلاب‌های فاجعه‌باری را تجربه کرده است که علاوه بر تأثیر تغییرات آب و هوایی، تأثیر فعالیت‌های انسانی ناشی از مدیریت ضعیف حوضه آبریز از جمله جنگل‌زدایی، چرای بیش‌ازحد دام، توسعه سکونتگاه‌های روستایی و شهری باعث کاهش فضای هیدرولیک

1 Yousefi

2 Termeh

3 Ezzine

4 Chang and Chen

5 Khosravi

رودخانه‌ها شده است، سیل‌های مارس و آوریل ۲۰۱۹ در ایران که ۲۵ استان از ۳۱ استان کشور را تحت تأثیر قرار داده است، در نتیجه بیش از ۷۷ نفر تلفات انسانی و خساراتی به ارزش ۲/۲ میلیارد دلار به سکونتگاه‌های شهر و روستایی و زمین‌های کشاورزی وارد شده است (https://en.wikipedia.org/wiki/2019_Iran_floods). در ایران حدود ۱۲ درصد اراضی مستعد ابتلا به مخاطره سیلاب هستند و ۳ درصد دارای احتمال خطر سیلاب با ریسک بسیار زیاد می‌باشد (خسروی و همکاران، ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر، ارزیابی‌ها و برآورد سیلاب به دلیل افزایش شهرنشینی و تمرکز سکونتگاه‌های مسکونی در اطراف رودخانه‌ها و دشت‌های سیلاب به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است (آوند^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). ارزیابی و مدیریت ریسک سیل یک اقدام مهم برای شناسایی احتمال خطر، مناطق مستعد سیل و کاهش حوادث احتمالی سیل است. اگرچه ساخت سازه‌های هیدرولیکی نقش مهمی در کنترل سیل دارد اما برای کاهش خسارت ایجاد شده کافی به نظر نمی‌رسد؛ بنابراین، ایجاد پایگاه داده‌ای از نقشه‌های خطر سیل ضروری است. سرویس حفاظت از منابع طبیعی آمریکا (USDA)، که قبلاً خدمات حفاظت از خاک (SCS) نامیده می‌شد، روش شماره منحنی خاک (CN) را جهت محاسبه میزان رواناب حوضه‌های آبریز، توسعه داد شماره منحنی خاک (CN) از تجزیه و تحلیل تجربی رواناب حوضه‌های آبریز و با فاکتورهایی از قبیل شیب، کاربری و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک منطقه محاسبه می‌شود (خدمات حفاظت خاک آمریکا، ۲۰۱۸؛ عز، ۱۹۷۲؛ عز، ۲۰۱۸). تحقیقات مختلف با استفاده از مدل‌های هیدرودینامیکی سیلاب را در دشت‌های سیلابی شبیه‌سازی می‌کند این مدل‌های عددی، معادلات جریان را به‌صورت یک بعدی و دو بعدی و چند بعدی حل می‌کنند. در میان مدل‌های عددی (HEC-RAS) گسترده‌ترین مدل یک بعدی شبیه‌سازی احتمال خطر سیلاب می‌باشد که به‌وسیله برونر^۳ (۲۰۰۱) گسترش پیدا کرد و جریان‌های هیدرولیک را به‌صورت جریان‌های ماندگار و غیرماندگار، محاسبات انتقال رسوب و مدل‌های درجه حرارت را محاسبه می‌کند مطالعات متعددی با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS انجام شده است که شامل: محاسبه سیلاب (آبدرزاک^۴ و همکاران، ۲۰۰۹؛ عز، ۲۰۱۸؛ زلناکوا^۵ و همکاران، ۲۰۱۹؛ گراوند^۶ و همکاران، ۲۰۲۰)، مدل‌سازی انتقال رسوب و حمل بار معلق (پیترو و همکاران، ۲۰۱۵)، و بررسی تغییرات مورفولوژی سنگ‌بستر و کانال (کلارک^۷ و همکاران، ۲۰۰۸) بوده است. اخیراً GIS به دلیل توانایی آن در مدیریت مقدار زیادی از اطلاعات به یک ابزار اساسی در هیدرولوژی تبدیل شده است؛ زیرا این نرم‌افزار توانایی زیادی در مرتب‌سازی مقدار زیادی از اطلاعات فضایی حوضه آبریز از قبیل: همپوشانی نقشه‌ها، تجزیه و تحلیل اطلاعات استخراج پارامترهای هیدرولوژیکی

1 Avand

2 S.C.S.

3 Bunner

4 Abderrezzak

5 Zelenakova

6 Geravand

7 Clarke

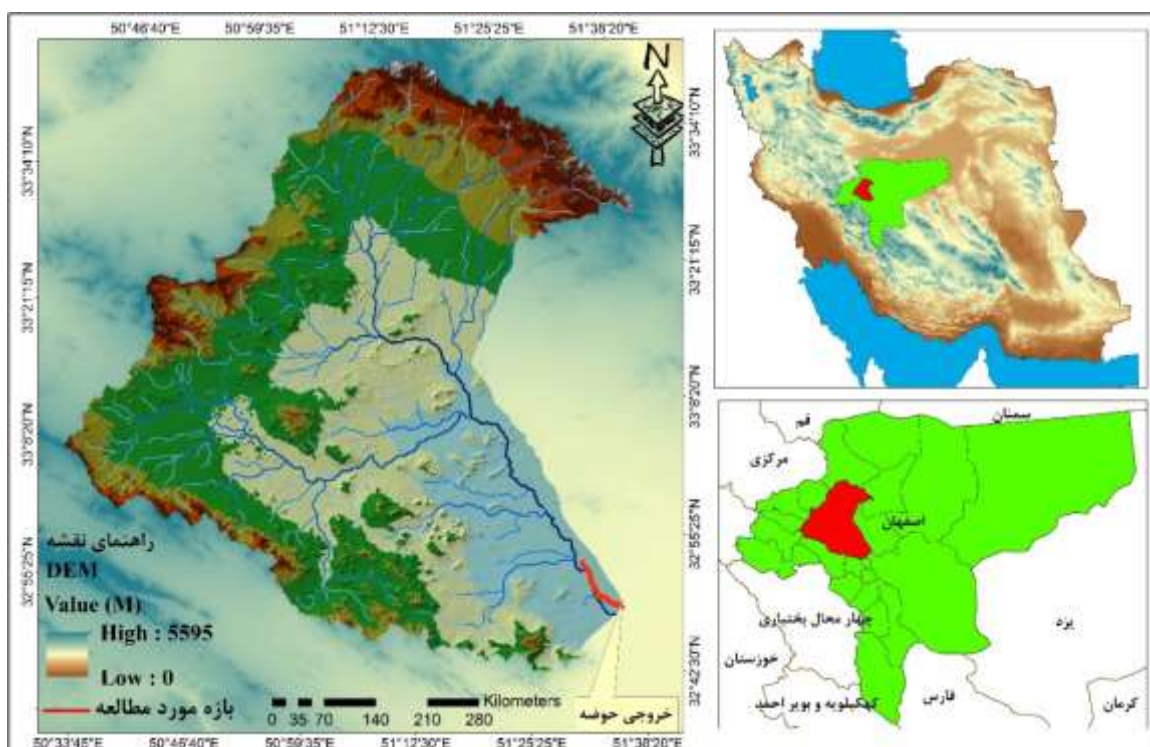
از منابع مختلف را دارا می‌باشد و تلفیق GIS با مدل یک بعدی HEC-RAS پهنه گسترش سیلاب را در رودخانه‌های مختلف محاسبه می‌کند (عز و همکاران، ۲۰۱۸)؛ و علاوه بر آن تحقیقات زیادی توسط محققان داخلی در زمینه مدل‌سازی سیلاب انجام شده است که عبارت است از: دامادی و همکاران (۱۳۹۹) به پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی (HEC-RAS) در رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان به مطالعه پرداخته است و علاوه بر آن روستایی و همکاران (۱۳۹۹) به شبیه‌سازی شبه دو بعدی جریان سیلاب رودخانه ليقوان با تأکید بر دشت سیلابی را مورد مطالعه قرار داده‌اند. همچنین مختاری و همکاران (۱۴۰۰) به تحلیل دینامیکی مخاطره سیلاب با استفاده از مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS و تکنیک GIS مخروط افکنه لیلان، شمال غرب ایران را مورد مطالعه قرار داده است و همچنین ریاحی مدوار و فکوری (۱۴۰۰) به تحلیل عدم قطعیت نتایج مدل HEC-RAS در شبیه‌سازی فراسنجه‌ای هیدرولیکی جریان رودخانه کارون با رویکرد مونت‌کارلو به مطالعه پرداخته‌اند که در تمامی این مطالعات پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف و میزان آب‌گرفتگی در هر کاربری را محاسبه کرده‌اند. اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک معمولاً دارای سیلاب شدیدتری نسبت به سایر اقلیم‌ها هستند منطقه مورد مطالعه، حوضه آبریز شاهین‌شهر بوده است شرایط اقلیمی خشک و سرد، نوع سازندهای زمین‌شناسی، خاک فرسایش پذیر (متشکل از سیلت و ماسه) و شیب توپوگرافی از ویژگی‌های بارز حوضه آبریز شاهین‌شهر بوده است که سبب بالا بودن پتانسیل تولید رواناب و در نتیجه فرسایش شدید خاک و تولید رسوب در حوضه مذکور شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه پژوهش

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شاهین‌شهر دارای مساحت ۵۷۷۴ کیلومتر مربع در مرکز ایران و در محدوده سیاسی استان اصفهان (در غرب شهر اصفهان) قرار گرفته است. حوضه آبریز شاهین‌شهر شامل حوضه‌های آبریز میمه، مورچه‌خورت، اصفهان-برخوار و حوضه آبریز علویجه - دهق که زیر حوضه آبریز گاوخونی می‌باشد این حوضه در مختصات ۳۷' ۵۰° تا ۲۱' ۵۱° طول شرقی و ۳۱' ۴۳° تا ۱۱' ۳۳° عرض شمالی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا ۳۴۵۸ متر و حداقل ارتفاع نیز ۱۴۸۳ متر می‌باشد. خروجی آب از این حوضه، به حوضه آبریز کوهپایه - سگزی و در نهایت به تالاب گاوخونی منتهی می‌گردد. حوضه آبریز شاهین‌شهر از نظر ژئومورفولوژیکی در واحد سنندج-سیرجان قرار دارد و رسوبات منطقه متعلق به دوران دوم و کواترنری می‌باشد رسوبات دوران دوم شامل دوره‌های تریاس و کرتاسه است که اکثر آن در ارتفاعات منطقه وجود دارد. مسیل شاهین‌شهر (بازه مورد مطالعه) با طول ۸ کیلومتر، آبراه اصلی حوضه آبریز مسیل شاهین‌شهر می‌باشد در پیرامون مسیل شاهین‌شهر اغلب شامل نهشته‌های گراولی کواترنری، ته‌نشست‌های رودخانه‌ای (سیلت و ماسه) تشکیل شده است. متوسط بارش حوضه در طی دوره آماری ۲۰ ساله ۱۱۶۳ میلیمتر و میانگین دمای ماهانه تیرماه ۱۵/۸ درجه

سانتی گراد در کل محدوده مورد مطالعه می باشد. در حوضه از اوایل آبان تا اواسط اردیبهشت مرطوب بوده و سایر ماهها خشک می باشند و بر مبنای اقلیم آمبرژه منطقه در اقلیم خشک سرد قرار دارد؛ و بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ از نظر جمعیتی محدوده شاهین شهر و میمه دارای جمعیتی بالغ بر ۲۳۴۶۶۷ نفر بوده است.



شکل ۱- موقعیت حوضه آبریز مسیل شاهین شهر در استان اصفهان و کشور

۲-۲- روش پژوهش

به منظور انجام مطالعات تعیین حدود بستر و تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه، از نقشه ۱:۱۰۰۰ (شرکت مهندسی مشاور آب پردازان نواندیش) که محدوده رودخانه و بخشی از دشت سیلابی را پوشش می دهد استفاده شده است (شکل ۲)؛ و مدل توپوگرافی از رودخانه در قالب شبکه نامنظم مثلثی (TIN) تهیه شد. تهیه داده ها در نرم افزار GIS و انتقال آن ها به نرم افزار HEC-RAS (ورژن 5.0.3) انجام گردید در مدل ریاضی HEC-RAS روند اصلی محاسبات بر پایه حل معادله انرژی یک بعدی استوار می باشد. افت های انرژی بر اساس افت اصطکاکی معادله مانینگ واگرایی و همگرایی^۲ ضربی که در تغییرات بار سرعت اعمال می شود ارزیابی می شود. در محیط GIS با استفاده از ابزار HEC-

1 expansion

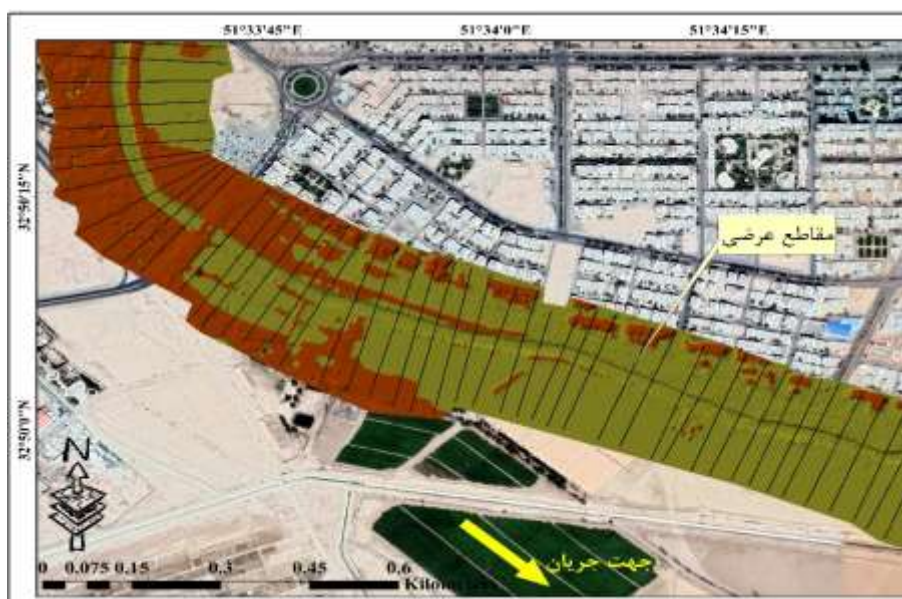
2 Contraction

Geo RAS از مدل توپوگرافی رودخانه اطلاعات مناسبی چون مقاطع عرضی، موقعیت سواحل و فواصل بین مقاطع را با فرمت قابل استفاده در نرم افزار HEC – RAS استخراج گردید. در اولین مرحله در HEC-Geo RAS موقعیت سواحل رودخانه در مقاطع عرضی نیز در پیش پردازش داده‌ها در قالب لایه سواحل رودخانه تهیه و به مدل تعریف گردید در ادامه لایه ابعاد مسیر جریان به موازات لایه سواحل تهیه گردید. HEC-Geo RAS تمام اطلاعات ژئومتری رودخانه با کمک لایه RAS (با فعال شدن editor) تهیه می‌شود. لایه‌های RAS ویژگی‌های ژئومتری زمینی را با رقمی کردن لایه‌های مختلف و سپس بازیابی دوباره دیتاها جمع‌بندی می‌کند (یرامیلی^۱، ۲۰۱۲). در ادامه اطلاعات به محیط HEC-RAS منتقل شدند. یکی از پارامترها در مدل‌سازی، ضریب مانینگ است مقدار جریان در آبراه‌ها تابعی از زبری جدار و بستر رودخانه می‌باشد این ضریب نمایانگر مقاومتی است که زبری جداره‌های رودخانه‌ها و مصالح آن در مقابل جریان و تغییرات آن ایجاد می‌نماید مقدار ضریب زبری با تأثیرپذیری از شرایط هیدرولیک، دانه‌بندی مواد بستر، شکل مسیر و مورفولوژی رودخانه و همچنین عوارض و عوامل طبیعی و انسانی موجود در بستر رودخانه و سیلاب دشت‌ها در قسمت‌های مختلف آبراه ممکن است متفاوت باشد (کوان^۲، ۱۹۵۶). جهت محاسبه ضریب زبری مانینگ از روش کوان (۱۹۵۶) استفاده شده است (جدول ۱). در مرحله بعد جهت تعیین دبی در دوره بازگشت‌های مختلف مقدار آن برای هر یک از زیر حوضه‌های شاهین شهر با استفاده از نرم افزار HEC-HMS محاسبه شد (جدول ۴). همچنین با توجه به شرایط موجود مبنای هیدرولیکی در محاسبه بستر این رودخانه جریان ماندگار در نظر گرفته شده است بر مبنای محاسبات انجام گرفته رژیم جریان رودخانه در شبیه‌سازی سیلاب اغلب مخلوطی زیر بحرانی و در موارد نادر فوق بحرانی می‌باشد؛ که با توجه به شرایط رودخانه مبنای محاسبه رژیم جریان رودخانه شاهین شهر رژیم مختلط در نظر گرفته شده است؛ و نتایج حاصل HEC-RAS به محیط Civil3D و سپس به محیط GIS منتقل شده است و پهنه سیلاب در طول مسیر شاهین شهر بر اساس دوره بازگشت مختلف محاسبه گردید.

جدول ۱- مقدار ضریب زبری مانینگ در مقاطع مسیل شاهین شهر

شماره مقاطع	ساحل چپ	بستر	ساحل راست
۹۰۷۹ - ۵۷۵۳	۰/۰۲۴	۰/۰۱۷	۰/۰۲۴
۶۰۴۵ - ۵۵	۰/۰۲۵	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵

1 Yerramilli
2 COON



شکل ۲- بخشی از TIN مسیل شاهین شهر و مقاطع عرضی در محیط GIS

۲-۲-۱- محاسبه دبی در نرم افزار HEC-HMS

جهت آماده کردن اطلاعات ورودی به مدل HEC-HMS، ابتدا با استفاده از نقشه توپوگرافی حوضه در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری تهیه شد و سپس بر اساس موقعیت حوضه نسبت به شناسایی ایستگاه‌های باران‌سنجی داخل و اطراف حوضه اقدام شد. با استفاده از نقشه‌های رقومی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ مرز هیدرولوژیکی حوضه آبریز مسیل شاهین شهر تعیین و شبکه آبراهه‌های آن استخراج گردید که در مجموع حوضه مورد مطالعه به ۴ زیر حوضه تقسیم‌بندی شد تمامی محاسبات در نرم‌افزار GIS محاسبه گردید. شکل (۸) شماتیک محیط نرم‌افزار HEC-HMS جهت برآورد حداکثر دبی سیلابی با دوره برگشت مختلف برای هر یک از زیرحوضه‌ها را نشان می‌دهد. در این نرم‌افزار جهت تحلیل و ایجاد هیدروگراف واحد برای هر یک از دوره بازگشت‌های مذکور ابتدا با وارد کردن حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه (مسیل شاهین شهر) به داخل محیط نرم‌افزار HEC-HMS و سپس مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز وارد گردید. بعد از تحلیل، نتایج خروجی حداکثر دبی سیلابی با دوره بازگشت‌های مختلف برای هر یک از زیرحوضه‌های حوضه آبریز مورد مطالعه محاسبه شده است.

تهیه اطلاعات مدل در نرم‌افزار HEC-HMS

به‌طور کلی در تهیه فایل ورودی دو سری داده برای مدل می‌بایست تهیه شود که عبارتند از:

الف) مدل حوضه: در این روش جهت برآورد میزان دبی، از مدل‌سازی نفوذ با روش SCS curve number استفاده گردید و مدل‌سازی بارش به رواناب نیز با روش (SCS unit hydrograph) انجام شده است برای محاسبه مقادیر نفوذ در روش SCS-CN، میزان تلفات با استفاده از روابط زیر تخمین زده می‌شود:

$$Ia = 0.2 * S \quad \text{رابطه (۱)}$$

(S) نگهداشت آب در سطح حوضه

$$S = \frac{25400}{CN} - 25 \quad \text{رابطه (۲)}$$

شماره منحنی خاک (CN)

این پارامتر که بیانگر خصوصیات نفوذپذیری خاک حوضه می‌باشد مقادیر شماره منحنی خاک (CN) با توجه به نوع کاربری اراضی و ویژگی‌های خاک تعیین می‌شود. برای تهیه فاکتور شماره منحنی خاک نیاز به داده‌های نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک، کاربری اراضی، شیب منطقه در سطح حوضه آبریز می‌باشد. نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک از داده‌های اداره کل منابع طبیعی استان اصفهان استفاده شده است؛ و نقشه کاربری اراضی با استفاده از تصویر ستینل ۲ در محیط GIS تهیه شده است. با توجه به نقشه گروه هیدرولوژیک خاک، حوضه آبریز شاهین‌شهر دارای چهار گروه خاک (A,B,C,D) می‌باشد و انواع کاربری‌ها شامل تیپ‌های مرتعی، تیپ‌های جنگلی، زراعت آبی و دیم، باغات در قلمرو مطالعاتی ملاحظه شده است. در این مطالعه مقادیر CN با تلفیق نقشه‌های کاربری اراضی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک در محیط GIS محاسبه گردید و سپس با تعیین ضریب رواناب حوضه آبریز بر اساس نوع پوشش سطحی حوضه و شیب اراضی در هر بخش تعیین شده است در میزان (CN) ضریب شد و (CN) نهایی برای تمامی زیر حوضه‌ها محاسبه گردید نقشه‌های شماره (۴ تا ۸) کاربری‌های اراضی، شیب، گروه‌های هیدرولوژیک و مقدار CN حوضه مطالعاتی را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در جدول (۳) ملاحظه می‌شود زمان تمرکز با استفاده از روش‌های کربای، کریچ و سازمان هوانوردی آمریکا، برانسبای و SCS (علیزاده، ۱۳۸۸) محاسبه شد و روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) و روش برانسبای و ویلیامز مقادیر مناسبی را نشان می‌دهند. دلیل این امر به شرایط کاربرد این روش‌ها بازمی‌گردد این روش‌ها عمدتاً برای حوضه‌های بسیار کوچک کاربرد دارند، این در حالی است که روش SCS و برانسبای-ویلیامز برای حوضه‌های مورد مطالعه اعداد مناسب‌تری را ارائه می‌نمایند؛ بنابراین زمان تمرکز حوضه و زیرحوضه‌های فوق با استناد به روش برانسبای-ویلیامز (علیزاده، ۱۳۸۸) در نظر گرفته شده است.

مدل هواشناسی حوضه آبریز

از جمله پارامترهای مهم در زمینه مطالعات آب و هواشناسی یک منطقه محاسبه شدیدترین بارش‌های چند دقیقه تا چند ساعته در دوره بازگشت‌های مختلف است. این مهم در تمامی برنامه‌ریزی‌های محیطی منطقه به‌ویژه در مطالعات مربوط به سیلاب در رودخانه‌ها بسیار حائز اهمیت است. برای محاسبه شدت بارش منطقه مورد مطالعه پارامترهای مورد نیاز میانگین سالانه بارندگی و میانگین حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته ایستگاه جعفرآباد برآورد گردید. میانگین سالانه بارندگی که با استفاده از آمارهای موجود محاسبه شد و حداکثرهای بارش ۲۴ ساعته نیز با استفاده از بارش روزانه ایستگاه فوق‌الذکر طی سال‌های آماری (۱۳۷۰-۱۳۹۸) استخراج گردید.

برای محاسبه شدت بارندگی در مقیاس زمان (ساعت و دقیقه) و برای دوره بازگشت‌های مختلف نمودارهای شدت - مدت بارندگی تهیه شد (شکل ۳). برای این کار ابتدا لازم است، P_{10}^{60} در منطقه محاسبه شده که برای این منظور از روابط همبستگی استفاده می‌شود. مثلاً با استفاده از داده‌های باران‌نگار ایستگاه‌های ایران مطالعه شده و مقدار، P_{10}^{60} به صورت زیر محاسبه شده است:

(رابطه ۳)

$$P_{10}^{60} = 2.26(P_{24h})^{1.1374}(P_{year})^{-0.3072}$$

که در آن P_{24h} متوسط حداکثر بارش‌های ۲۴ ساعته و P_{year} متوسط بارندگی سالانه منطقه برحسب میلی‌متر است. برای نقاط مختلف ایران در مدت‌های بین ۱۵ دقیقه تا ۲۰ ساعت فرمول زیر ارائه شده است:

(رابطه ۴)

$$P_T^t = [0.4524 + 0.2471 \ln(T - 0.6)](0.3710 + 0.6184t^{0.4484}) P_{10}^{60}$$

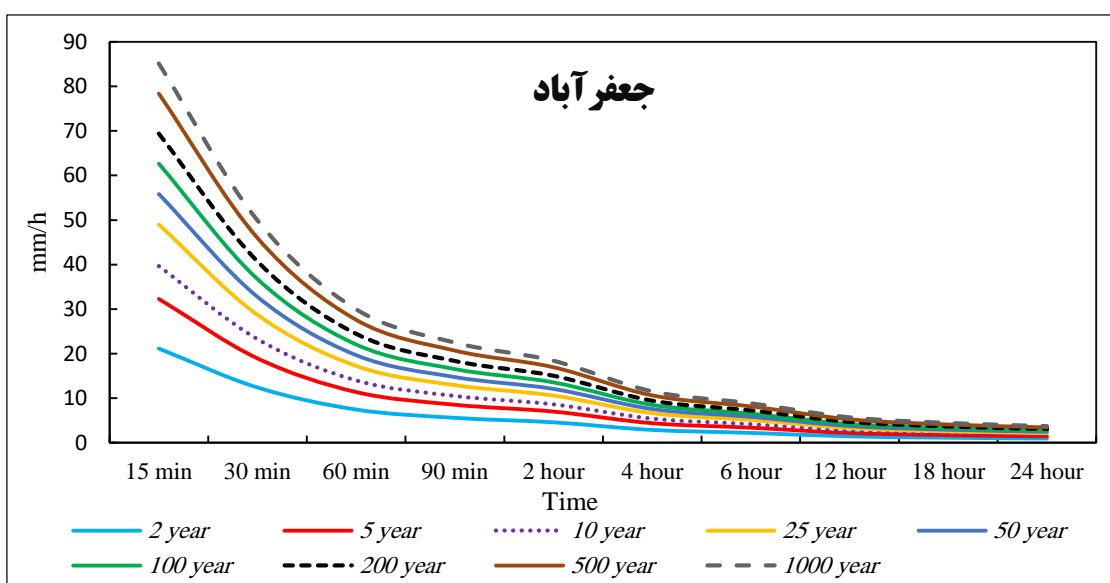
که در رابطه فوق t برحسب ساعت و دوره بازگشت برحسب سال و P_{10}^{60} برحسب میلی‌متر می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۸). در ادامه آمارها در دوره بازگشت‌های مختلف بر اساس معادله‌های ارائه شده برای شرایط آب و هوایی ایران محاسبه گردیده است. نتایج وارد نرم‌افزار HEC-HMS گردید و با توجه به ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه دبی در دوره بازگشت‌های مختلف برای تمامی زیر حوضه‌ها محاسبه گردید.

جدول ۲- مقادیر حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه جعفرآباد با دوره آماری (۱۳۷۰-۱۳۹۸) برای دوره

بازگشت‌های مختلف

جعفرآباد	سال ۲	سال ۵	سال ۱۰	سال ۲۵	سال ۵۰	سال ۱۰۰	سال ۲۰۰	سال ۵۰۰	سال ۱۰۰۰
۱۵ دقیقه	۲۱/۱۲	۳۲/۲۷	۳۹/۶۷	۴۸/۹۶	۵۵/۸۳	۶۲/۶۴	۶۹/۴۳	۷۸/۳۷	۸۵/۱۳
۳۰ دقیقه	۱۲/۳۸	۱۸/۹۱	۲۳/۲۵	۲۸/۷۰	۳۲/۷۲	۳۶/۷۲	۴۰/۶۹	۴۵/۹۳	۴۹/۸۹
۶۰ دقیقه	۷/۴۳	۱۱/۳۵	۱۳/۹۵	۱۷/۲۲	۱۹/۶۴	۲۲/۰۴	۲۴/۴۲	۲۷/۵۷	۲۹/۹۵
۹۰ دقیقه	۵/۵۷	۸/۵۱	۱۰/۴۶	۱۲/۹۱	۱۴/۸۳	۱۶/۵۲	۱۸/۳۱	۲۰/۶۷	۲۲/۴۵
۲ ساعت	۴/۵۶	۶/۹۷	۸/۵۷	۱۰/۵۷	۱۲/۰۶	۱۳/۵۳	۱۴/۹۹	۱۶/۹۳	۱۸/۳۹

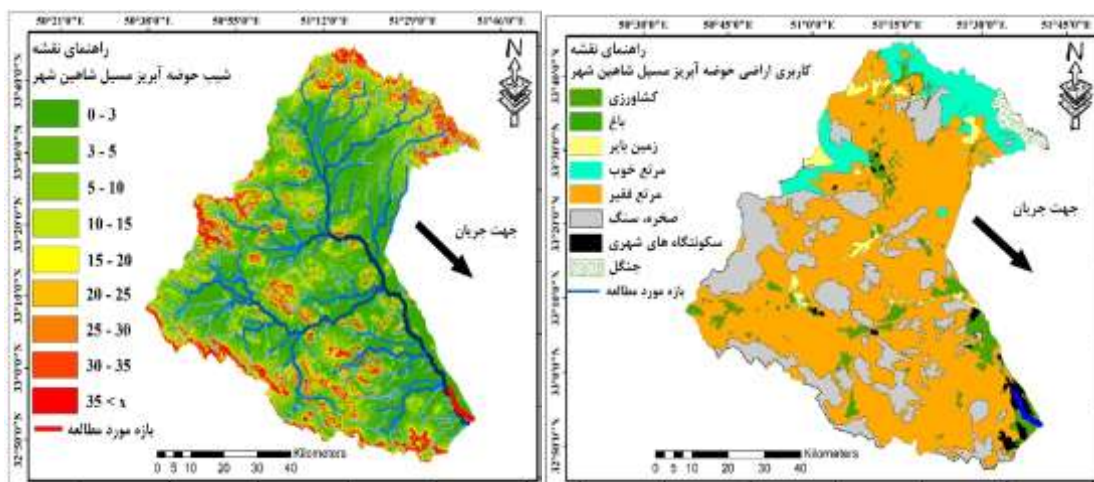
جغرافیاد	سال ۲	سال ۵	سال ۱۰	سال ۲۵	سال ۵۰	سال ۱۰۰	سال ۲۰۰	سال ۵۰۰	سال ۱۰۰۰
۴ ساعت	۲/۸۶	۴/۳۷	۵/۳۷	۶/۶۳	۷/۵۶	۸/۴۸	۹/۴۰	۱۰/۶۱	۱۱/۵۲
۶ ساعت	۲/۱۹	۳/۳۵	۴/۱۲	۵/۰۸	۵/۸۰	۶/۵۰	۷/۲۱	۸/۱۴	۸/۸۴
۷ ساعت	۱/۹۷	۳/۱۲	۳/۸۷	۴/۸۳	۵/۲۴	۶/۱۲	۶/۸۸	۷/۶۳	۸/۱۲
۸ ساعت	۱/۸۸	۲/۸۲	۳/۲۳	۴/۲۶	۴/۸۳	۵/۵۷	۶/۴۱	۷/۲۲	۷/۷۸
۱۲ ساعت	۱/۴۱	۲/۱۶	۲/۶۵	۳/۲۷	۳/۸۳	۴/۱۹	۴/۶۴	۵/۲۴	۵/۶۹
۱۸ ساعت	۱/۱۰	۱/۳۸	۲/۰۶	۲/۵۴	۲/۹۰	۳/۲۶	۳/۶۱	۴/۰۷	۴/۵۲
۲۴ ساعت	۰/۹۲	۱/۴۱	۱/۸۳	۲/۱۳	۲/۴۳	۲/۸۳	۳/۰۳	۳/۴۲	۳/۷۱



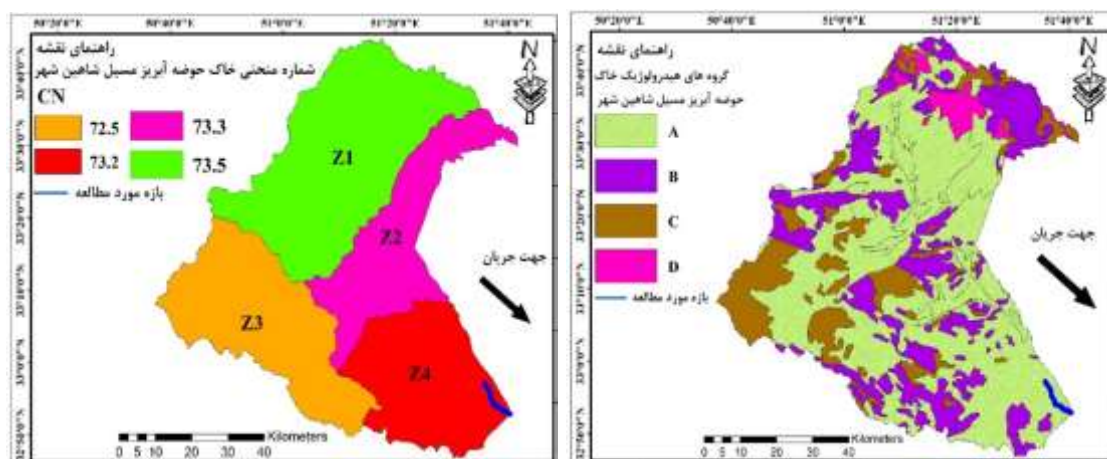
شکل ۳- نمودار شدت - مدت بارندگی ایستگاه جعفرآباد برای دوره بازگشت‌های مختلف

جدول ۳- مساحت و محیط حوضه اصلی و زیر حوضه‌های حوضه آبریز مسیل شاهین شهر

شماره زیر حوضه	زیر حوضه (Z1)	زیر حوضه (Z2)	زیر حوضه (Z3)	زیر حوضه (Z4)	کل حوضه
مساحت (km ²)	۲۰۶۳/۸	۱۰۸۶/۱	۱۴۴۲/۷	۳/۱۱۸۱	۵۷۷۴/۱
شیب ناخالص %	۱/۲۲	۱/۶۷	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۱
CN	۷۳/۵	۷۳/۳	۷۲/۵	۷۳/۲	۷۳/۲
طول آبراهه اصلی (km)	۵۷/۳	۶۷/۲	۵۵/۸	۳۸/۷	۱۳۱/۴۵
زمان تمرکز	کربای	۶	۶/۸	۶/۳	۱۰/۴
	کریچ	۵/۹	۷/۲	۶/۴	۴/۷
	برانسبای	۱۳/۲	۱۷/۳	۱۳/۹	۹/۷
	FAA	۶/۹	۷/۹	۷/۳	۶
	SCS	۱۷/۳	۲۱/۹	۱۶/۵	۱۳/۶
زمان تمرکز انتخابی	۱۳/۲	۱۷/۳	۱۳/۹	۹/۷	۱۳/۲



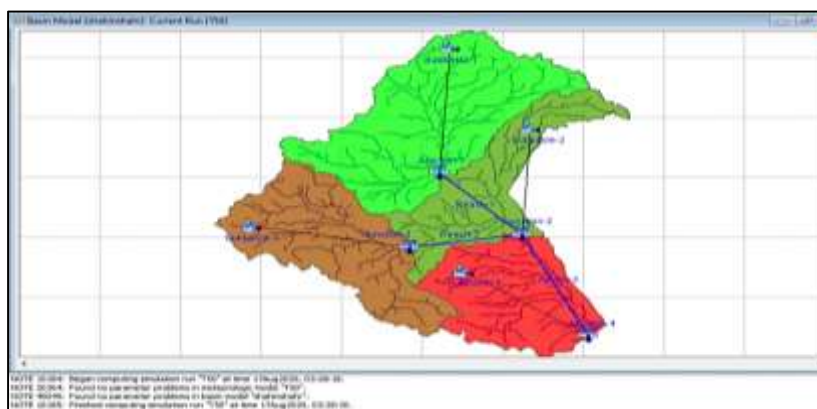
شکل ۴- نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز مسیل شاهین شهر شکل ۵- نقشه شیب حوضه آبریز مسیل شاهین شهر



شکل ۶- گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه

میانگین گیری وزنی

شکل ۷- تعیین مقدار (CN) با احتساب



شکل ۸- شماتیک تعیین حداکثر دبی عبوری مسیل شاهین شهر بر اساس حداکثر دبی خروجی هر یک از زیرحوضه‌ها

جدول ۴- نتایج خروجی حداکثر دبی سیلابی (مترمکعب بر ثانیه) به ازای دوره بازگشت‌های مختلف برای کل

حوضه آبریز شاهین شهر با استفاده از روش HEC-HMS (SCS)

دوره بازگشت (سال)						روش‌ها
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	
۱۲۳/۶	۱۰۸/۵	۸۶/۹۰	۳۸/۸۲	۱۹/۷	۱۱/۳	HEC-HMS (SCS)

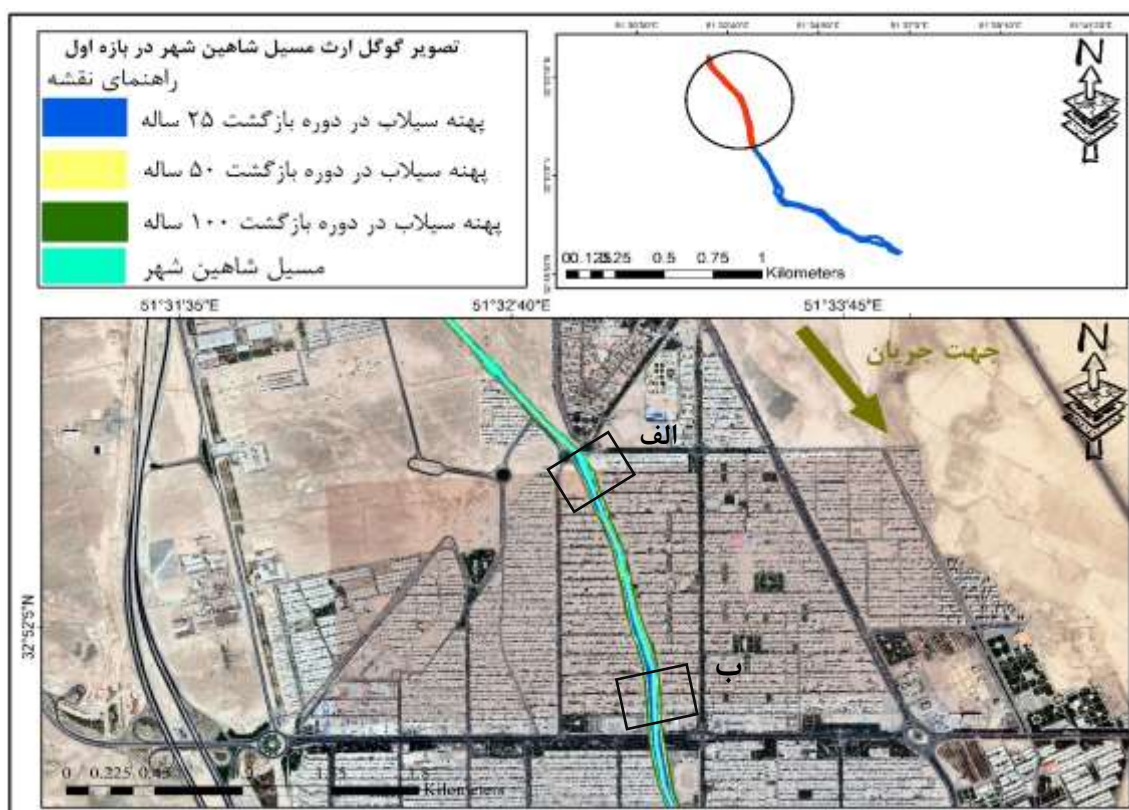
۳- نتایج و بحث

با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (TIN) منطقه ساخته شده است و تمامی پارامترهای هیدرولوژیکی (مساحت، طول آبراهه اصلی، CN، زمان تمرکز، زمان تأخیر) در محیط GIS محاسبه شد و تمامی این محاسبات وارد نرم‌افزار HEC-HMS گردید دبی اوج لحظه‌ای برای ۴ زیر حوضه مسیل شاهین شهر محاسبه شد نتایج حاصل از مدل هیدرولوژی HEC-HMS در **جدول (۴)** نشان داده شده است و دبی اوج برای دوره بازگشت ۲۵ ساله ۸۶/۹۰، برای دوره بازگشت ۵۰ سال ۱۰۸/۵ و برای دوره بازگشت ۱۰۰ سال ۱۲۳/۶ مترمکعب بر ثانیه محاسبه شده است؛ و تمامی این اطلاعات به‌عنوان ورودی نرم‌افزار HEC-RAS برای مدل‌سازی عمق و سرعت آب و پهنه سیلاب در طول مسیل شاهین شهر استفاده شد. در محیط HEC-RAS طول مسیر رودخانه شاهین شهر با ۲۵۰ مقطع که از DEM استخراج گردید شبیه‌سازی شده است فاصله مقاطع به‌طور متوسط ۳۰ متر و عرض سطح مقطع ۲۵۰ متر است و طول کل مسیر ۸ کیلومتر بوده است؛ و میزان ضریب زبری مانینگ برای کل مسیر رودخانه، با توجه به ویژگی‌های سواحل سمت چپ و راست که اغلب دارای کاربری زمین بایر، کشاورزی و مسکونی می‌باشد از حدود ۰/۱۷ تا ۰/۲۳ برای بستر و ۰/۲۴ تا ۰/۲۵ برای سیلاب‌دشت محاسبه شده است؛ و شرایط مرزی برای کل مسیر به‌صورت نرمال انتخاب گردید و نتایج حاصل از شبیه‌سازی برای سه دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله به‌صورت جریان حالت پایدار محاسبه شد و مسیل شاهین شهر با توجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی به ۳ بازه تقسیم‌بندی گردید.

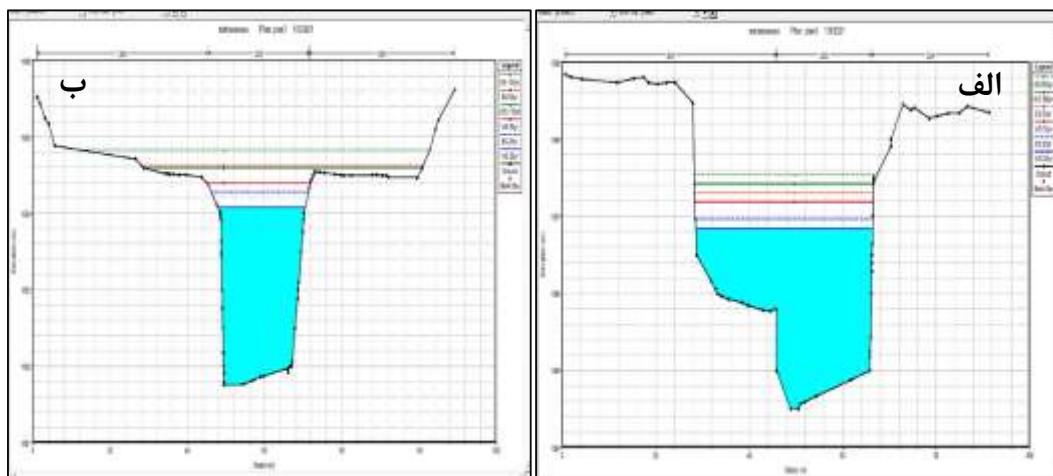
در بازه اول به طول ۳۲۰۰ متر بوده است میزان ضریب خمیدگی این بخش ۱ محاسبه شده است و با توجه به تقسیم‌بندی بریلی و فریس (۲۰۰۵) جزء الگوی مستقیم می‌باشد (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۴). جنس بستر رودخانه ماسه و سیلت تشکیل شده است در ابتدای بازه دارای کاربری بایر و سپس کاربری مسکونی می‌شود و متوسط شیب بستر ۰/۲ درصد بوده است پهنه سیلاب در بازه اول در دوره بازگشت ۲۵ ساله از حد مقطع فراتر نرفته است اما در دوره بازگشت ۵۰ ساله ۱۰ تا ۲۰ متر و در دوره بازگشت ۱۰۰ سال متوسط ۳۰ متر از حد مقطع فراتر رفته است در بازه اول با توجه به نقشه کاربری تهیه شده حاشیه مسیل شاهین شهر غالب منطقه دارای کاربری مسکونی بوده است که با توجه به پهنه گسترش سیلاب لزوم برنامه‌ریزی بیشتری را در این زمینه می‌طلبد. **شکل (۹)**

(اشکال الف و ب)

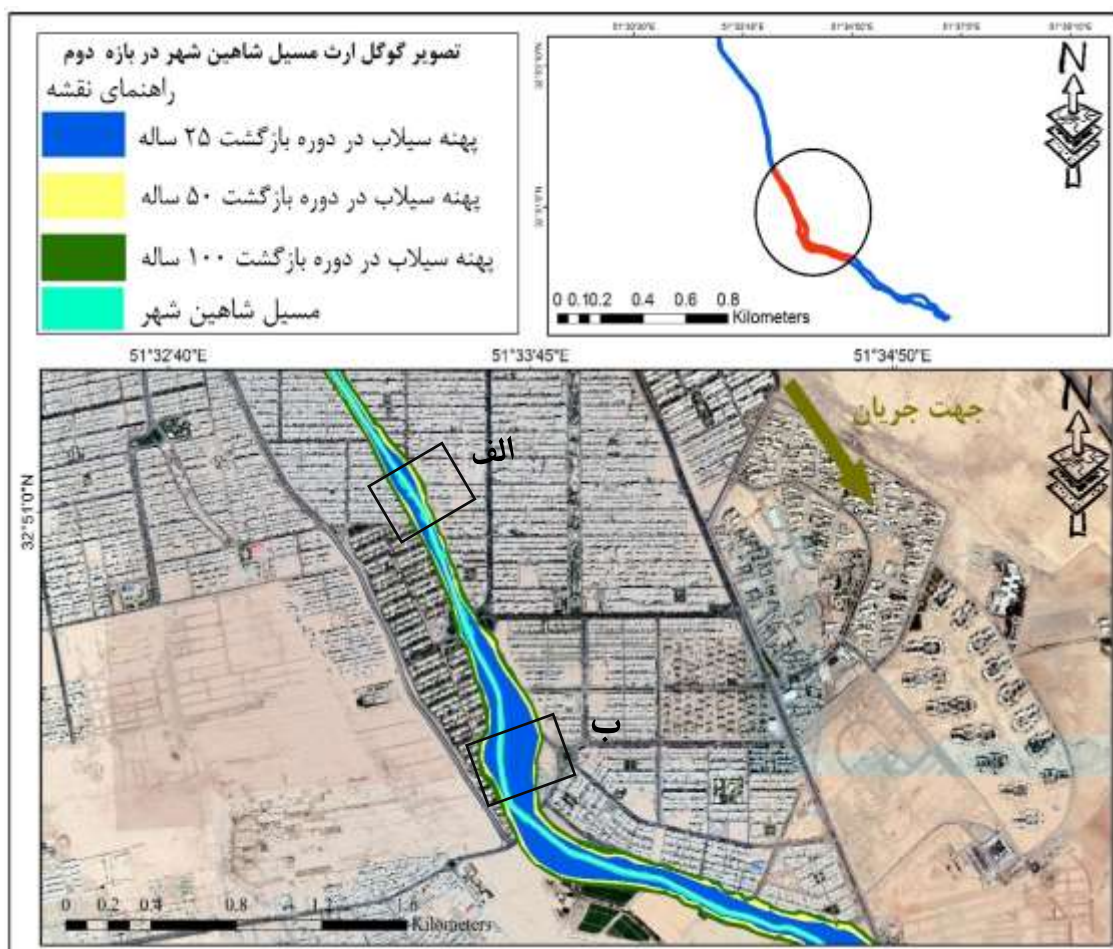
در بازه دوم طول مسیل شاهین شهر ۳ کیلومتر بوده است و میزان ضریب خمیدگی آن $1/0.9$ محاسبه شده است که جز الگوی سینوسی می باشد (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۴). دو طرف حاشیه مسیل دارای کاربری مسکونی بوده است متوسط شیب بستر در این بازه $0/1$ محاسبه شده است متوسط عمق مقطع در این بازه $0/94$ متر بوده است پهنه سیلاب در دوره بازگشت های مختلف در این بازه گسترش کمتری داشته است و در دوره بازگشت ۲۵ ساله پهنه گسترش سیلاب تا حدود ۱۶۰ متر از حد مقاطع فراتر رفته است. شکل (۱۰)، (اشکال ۱۰ الف و ب)



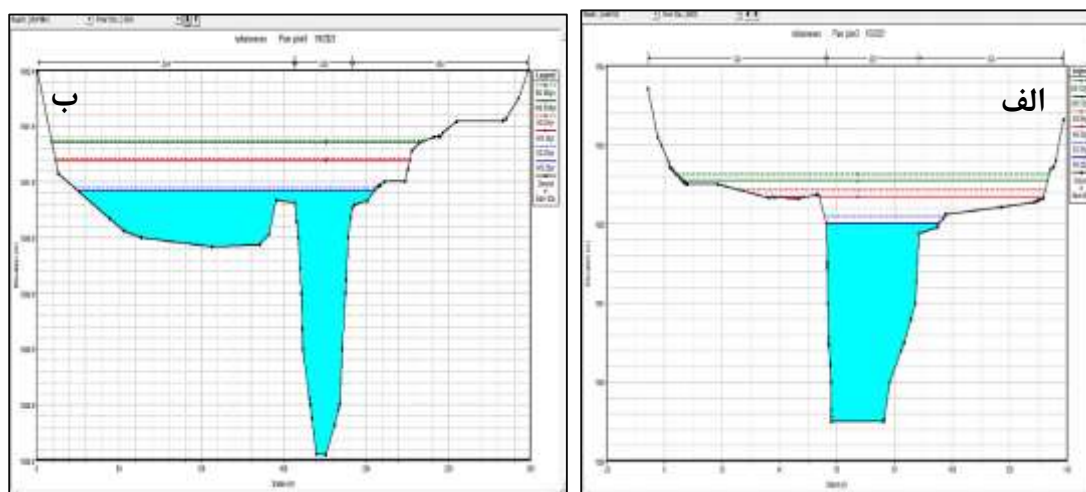
شکل ۹- نقشه پهنه بندی سیلاب مسیل شاهین شهر در دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله



شکل ۹ الف و ب- مقطع عرضی مسیل شاهین شهر در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال و پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰-



شکل ۱۰- نقشه پهنه بندی سیلاب مسیل شاهین شهر در دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله

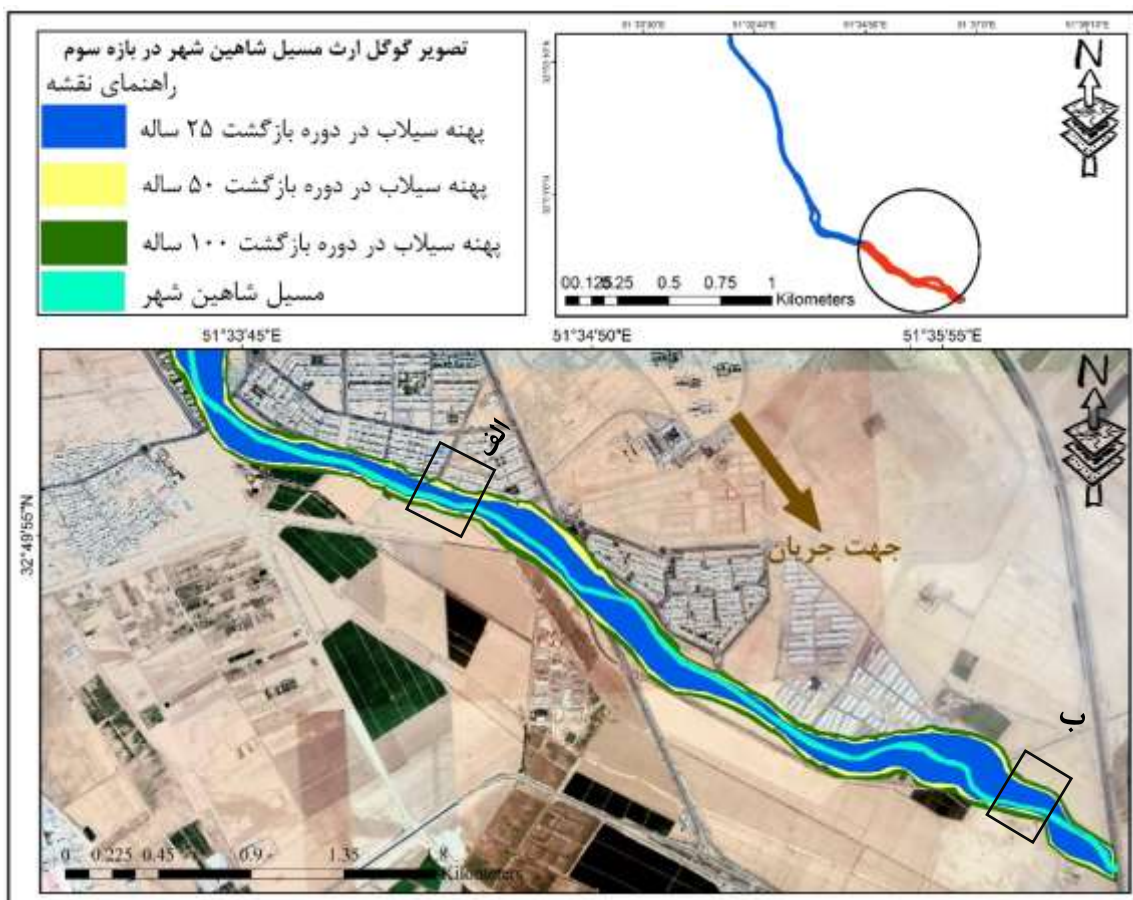


شکل ۱۰ الف و ب- مقطع عرضی مسیل شاهین شهر در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال و پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰—

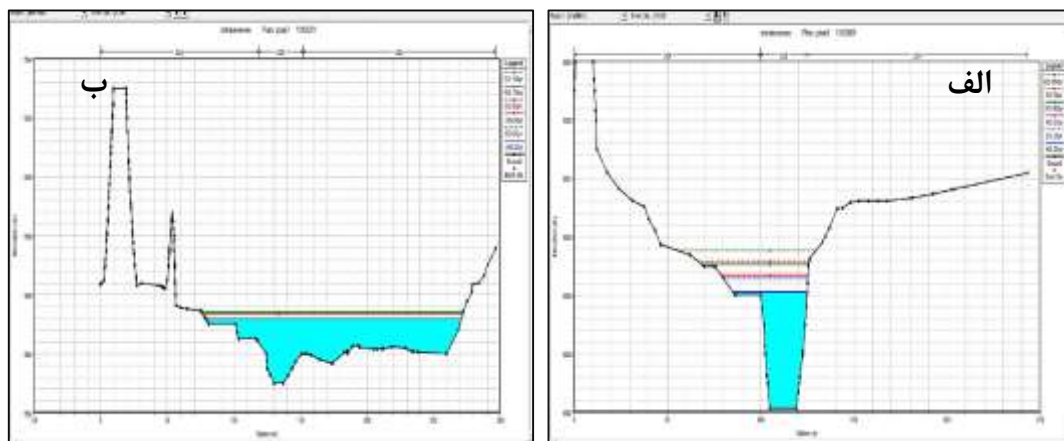
در بازه سوم طول بازه ۲ کیلومتر بوده است مسیل شاهین شهر در این بازه، از میان زمین‌های بایر و کشاورزی در حال جریان است. میزان شیب رودخانه در این قسمت ۰/۱ درصد بوده است. در این قسمت با توجه به کاهش شیب و کاهش سرعت جریان، پهنه سیلاب به حداکثر گسترش خود نسبت به قسمت‌های قبلی رسیده است. در این قسمت پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ ساله، به حداکثر گسترش خود حدود ۱۰ تا ۱۷۰ متر از حد مقاطع گسترش پیدا کرده است در دوره بازگشت ۵۰ سال از ۱۲ تا ۱۸۰ متر و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله تا ۲۰۰ متر از حد مقاطع سیلاب گسترده شده است.

با توجه به اینکه جنس رسوبات مسیل شاهین شهر عمدتاً از سیلت و ماسه تشکیل شده است دارای حداکثر میزان فرسایش بوده است خطر ناشی از سرعت بالا و انتقال رسوب در انتهای بازه مورد مطالعه با توجه به کاهش شیب مخاطره‌ای که ممکن است نادیده گرفته شود انباشت رسوبات (با توجه به جنس بستر مسیل) می‌باشد که تحقیقات بیشتری باید در مورد حمل و نقل رسوبات با استفاده از مدل‌های عددی جهت کاهش مخاطرات انجام شود.

شکل (۱۱)، (اشکال ۱۱ الف و ب)



شکل ۱۱- نقشه پهنه‌بندی سیلاب مسیل شاهین شهر در دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ساله



شکل ۱۱ الف و ب- مقطع عرضی مسیل شاهین شهر در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰سال و پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۲۵، ۵۰، ۱۰۰-

در کل بازه مورد مطالعه متوسط عمق آب در دوره بازگشت ۲۵ ساله ۱/۸۸، در دوره بازگشت ۵۰ ساله ۱/۹۹ و در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۲/۰۵ متر رسیده است و علاوه بر آن حداکثر عمق آب در دوره بازگشت ۱۰۰ سال به میزان ۴/۷ متر در بازه سوم رخ داده است. در کل بازه مورد مطالعه مسیر رودخانه ساماندهی شده در انتهای بازه مورد مطالعه عمق آب با توجه به دوره بازگشت‌ها و میزان دبی افزایش پیدا کرده است و پهنه گسترش سیلاب وسیع‌تر از سایر قسمت‌ها شده است؛ که در **جدول (الف و ب)** متوسط شیب، عمق، مساحت مقطع عرضی بیان شده است.

جدول ۵ الف- مقایسه میانگین مساحت مقطع عرضی و عرض مقاطع در بازه‌های مختلف مسیل شاهین شهر

نام بازه	متوسط مساحت مقطع عرضی (متر)	متوسط شیب بستر (درصد)	عرض دبی لبالی (متر)	متوسط عمق مقاطع عرضی (متر)	دوره بازگشت ۲۵ سال عمق آب (متر)	
					متوسط	حداکثر
بازه اول	۱۱/۸۷	۰/۲	۱۸/۴۹	۱/۰۳۸	۲/۱۳	۳/۸۶
بازه دوم	۱۳/۲۹	۰/۱	۱۹/۹۱	۰/۹۴	۱/۸۱	۲/۸۳
بازه سوم	۱۳/۸۹	۰/۱	۲۴/۳۷	۰/۹۹	۱/۶۸	۴/۵۶

جدول ۵ ب- مقایسه میانگین عمق آب در بازه‌های مختلف مسیل شاهین شهر

نام بازه	دوره بازگشت ۵۰ سال عمق آب (متر)		متوسط کل بازه	دوره بازگشت ۱۰۰ سال عمق آب (متر)	
	متوسط	حداکثر		متوسط کل بازه	حداکثر
بازه اول	۲/۲۸	۴/۱۲	۱/۹۹	۲/۳۶	۴/۱۹
بازه دوم	۱/۹۳	۲/۹۸		۲	۳/۰۹
بازه سوم	۱/۷۵	۴/۸۴		۱/۷۹	۴/۷

جدول ۶- مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف مسیل شاهین شهر

دوره بازگشت	مساحت پهنه سیلاب به (کیلومتر مربع)
۲۵	۰/۹۴۸
۵۰	۱/۱۳
۱۰۰	۱/۳۴

۴- نتیجه گیری

مخاطره سیل یکی از مخرب‌ترین خطرات طبیعی است و هر ساله خسارات جبران‌ناپذیری در سرتاسر جهان وارد می‌کند. به دلیل شرایط توپوگرافی و آب‌وهوای و ضعف مدیریت حوضه آبریز، ایران مستعد مخاطره سیلاب است و در سال‌های اخیر حوادث شدید سیل را تجربه کرده است اولین گام اساسی در مدیریت سیلاب تولید نقشه‌های مناطق مستعد سیلاب بوده است. حوضه آبریز مسیل شاهین‌شهر با توجه به شرایط توپوگرافی به ۴ زیر حوضه تقسیم‌بندی شد و سپس زمان تمرکز برای هر یک از زیر حوضه‌ها محاسبه شد و زمان تمرکز به دست آمده به روش‌های کربای، کریچ و سازمان هوانوردی امریکا بسیار کوچک‌تر از مقادیر حاصل از روش سازمان حفاظت خاک امریکا و روش برانسبای ویلیامز می‌باشد و زمان تمرکز حوضه با توجه به وسعت حوضه و نتایج به دست آمده برای هر یک از زیرحوضه‌های فوق با استناد به روش برانسبای- ویلیامز در نظر گرفته شد که برای کل حوضه ۱۳/۲۱ ساعت محاسبه شده است و سپس با کمک روش SCS و با استفاده از نرم‌افزار HEC-HMS(SCS) حداکثر دبی سیلابی برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه شد و وارد نرم‌افزار HEC-RAS گردید. مسیل شاهین‌شهر با ضریب خمیدگی کل ۱/۰۹ دارای الگوی سینوسی می‌باشد. با اجرای مدل HEC-RAS پهنه‌بندی سیلاب برای سه دوره بازگشت ۲۵ ساله، ۵۰ و ۱۰۰ ساله اجرا شد که متوسط پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله از ۲ تا ۲۰۰ متر از حد مقاطع گسترش پیدا کرده است در بازه سوم با توجه به اینکه مساحت مقطع عرضی بیشتر از سایر بازه بوده است ولی با کاهش شیب پهنه گسترش سیلاب در این بازه از سایر بازه‌های گسترده‌تر شده است که با توجه نوع کاربری در این بخش که اغلب کشاورزی و مسکونی بوده است پهنه وسیعی تحت مخاطره سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف قرار می‌گیرد. اگر محدوده پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف را جز منطقه آسیب‌پذیر بدانیم اغلب مناطق مسکونی در معرض مخاطره سیلاب قرار گرفته‌اند و به برنامه‌ریزی بیشتری نیاز دارد این مطالعه با نتایج سایر محققان از جمله عز (۲۰۱۸) و شفیع مطلق و عبادتی (۱۳۹۹)، مختاری و همکاران (۱۴۰۰) و پورنوبی و همکاران (۱۴۰۰) پناهی و همکاران (۱۴۰۰) مطابقت دارد تمامی مطالعات بیان می‌کنند که مناطق مستعد سیلاب به‌وسیله مدل عددی HEC-RAS پیش‌بینی شده است و همچنین مطالعات نشان می‌دهد که مدل HEC-HMS در برآورد دبی در حوضه‌هایی که فاقد ایستگاه آبسنجی بوده است مناسب می‌باشد. علاوه بر این، شبیه‌سازی، اطلاعات بسیار مفیدی مانند ارتفاع، سرعت و زمان جریان برای تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌کند. این نتایج می‌تواند به تولید نقشه‌های مناطق مستعد سیل منجر شود این اقدامات مدیریتی می‌تواند تأثیر سیلاب را از طریق پیش‌بینی خطر، میزان آسیب‌پذیری ناشی از سیل را کاهش دهد. شناسایی مناطق مستعد سیل می‌تواند جوامع تهدید شده و تصمیم‌گیرندگان را در سطوح مختلف برای جلوگیری از مخاطره آگاه کند و بنابراین این امر کلید مدیریت خطر سیل است.

کتابنامه

پناهی، رؤیا؛ حسین زاده، محمدمهدی؛ ۱۴۰۰. پهنه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب رودخانه دینور (استان کرمانشاه) با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۴ سی و ششم. صص ۴۵-۶۴.

<https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.71679.1093>

پور نبی درزی، سمیه؛ وفاخواه، مهدی؛ رجبی، رسول؛ ۱۴۰۰. پهنه‌بندی سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS و GIS، (مطالعه موردی: حوزه آبخیز چشمه کیله شهرستان تنکابن). *مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی*. دوره دهم. شماره بیست و هشتم. صص ۱۵-۲۸.

<https://www.doi.org/10.22111/jneh.2021.28694.1603>

حسین زاده، محمدمهدی؛ اسماعیلی، رضا؛ ۱۳۹۴. ژئومورفولوژی رودخانه‌ای، مفاهیم اشکال و فرایندها. چاپ اول. تهران: مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.

دامادی، سکینه؛ دهواری، عبدالحمید؛ دهمرده قلعه نو، محمدرضا؛ ابراهیمیان، محبوبه؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی (HEC-RAS) در رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان. *نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز*، جلد ۱۳. شماره ۳. صص ۵۹۰-۶۱۰.

<https://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2021.124028.1573>

روستایی، شهرام؛ ایاسه، فریبا؛ رضایی مقدم، محمد. حسین؛ ۱۳۹۹. شبیه‌سازی دو بعدی سیلاب رودخانه ليقوان با تأکید بر دشت سیلابی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال نهم. شماره ۱. صص ۴۱-۲۸.

magiran.com/p2149697

ریاحی مدوار، حسین؛ فکوری، بهمن؛ ۱۴۰۰. تحلیل عدم قطعیت نتایج مدل HEC-RAS در شبیه‌سازی فراسنجهای هیدرولیکی جریان رودخانه کارون با رویکرد مونت کارلو. *نشریه هیدرولیک انجمن هیدرولیک ایران*. دوره ۱۶. شماره ۱. صص ۱-۲۲.

<https://dx.doi.org/10.30482/jhyd.2021.253266.1483>

شفیعی، خسرو؛ عبادتی، ناصر؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی سیلاب و شبیه‌سازی رفتار هیدرولیک رودخانه با استفاده از نرم‌افزار (HEC-RAS) مطالعه موردی رودخانه مارون - جنوب غرب ایران. *مجله اکوهیدرولوژی*. دوره ۷. شماره ۲. صص ۳۹۷-۴۰۹.

<https://dx.doi.org/10.22059/ije.2020.298473.1293>

علیزاده، امین؛ ۱۳۸۸. *اصول هیدرولوژی کاربردی*. چاپ بیست و هفتم. مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). مختاری، داود؛ رضایی مقدم، محمدحسین؛ معزز، سمیه؛ ۱۴۰۰. تحلیل دینامیکی مخاطره سیلاب در مخروط افکنه‌های فعال با استفاده از مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS و تکنیک GIS مطالعه موردی: مخروط افکنه لیلان، شمال غرب ایران. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال نهم. شماره ۴. صص ۱۶۹-۱۸۵.

<https://www.doi.org/10.22034/gmpj.2021.131021>

Abderrezzak, k.e.k., Paquier, A., and E. Mignot., 2009. Modelling flash flood propagation in urban areas using a two-dimensional numerical model. *Natural Hazards*, 50: 433-460. <https://doi.org/10.1007/s11069-008-9300-0>

- Avand, M.T., Moradi, H.R., and M, Ramazanzadeh., 2021. Spatial modeling of flood probability using geo-environmental variables and machine learning models, case study: Tajan watershed, Iran. *Advances in Space Research*, 67: 3169-3186. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.011>
- Brierley, G.L., and Fryirs, K., 2005. geomorphology and river management application of the river style framework. Blackwell Publishing, Malden. MA. pp 398. DOI:10.1002/9780470751367
- Brunner, G.W., 2001. HEC-RAS River Analysis System: User's Manual. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources. Hydrologic Engineering Center.
- Chang, H.S., Chen, T.L., 2016. Spatial heterogeneity of local flood vulnerability indicators within flood prone areas in Taiwan. *Environmental Earth Sciences*, 75(23): 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6294-x>
- Clarke, S.E., Burnett, K.M., and D.J. Miller., 2008. Modeling Streams and Hydrogeomorphic Attributes in Oregon from Digital and Field Data. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*, 44: 459-477. DOI:10.1111/j.1752-1688.2008.00175.x
- COON, W.F., 1996. Estimates of Roughness Coefficients for Selected Natural Stream Channels with Vegetated Banks in New York. U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR BRUCE BABBITT, Secretary. <https://doi.org/10.3133/ofr93161>
- Ezz, H., 2018. Integrating GIS and HEC-RAS to model Assiut plateau runoff. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 2: 219 -227. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2017.11.002>
- Ezzine, A., Saidi, S., Hermassi, T., Kammessi, I., Darragi, F., Rajhi, H., 2020. Flood mapping using hydraulic modeling and Sentinel-1 image: Case study of Medjerda Basin, northern Tunisia: The Egyptian. *Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 23: 303-310. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.03.001>
- Geravand, F., Hosseinia, SM., Ataie-Ashtiani, B., 2020. Influence of river cross-section data resolution on flood inundation modeling: Case study of Kashkan river basin in western Iran. *Journal of Hydrology*, 584: 124743. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124743>
- Ibrahimkhan, P.A., Agnihotri, P.G., 2021. Application of new HEC-RAS version 5 for 1D hydrodynamic flood modeling with special reference through geospatial techniques: a case of River Purna at Navsari, Gujarat, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 7:1133–1144. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00961-0>
- Khosravi, K.h., Panahi, M., Golkarian, A., Keesstra, S.D., Saco, P.M., Tien, B.D., Lee, S., 2021. Convolutional neural network approach for spatial prediction of flood hazard at national scale of Iran. *Journal of Hydrology*, 591: 2-35. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125552>
- Khosravi, K.h., Pham, B.T., Chapi, K., Shirzadi, A., Shahabi, H., Revhaug, I., Prakash, I., Tien Bui, D., 2018. A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran. *Science of The Total Environment*, 627: 744-755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.266>
- Pietron, J., Jarsjo, J., Romanchenko, A.O., Chalov, SR., 2015. Model analyses of the contribution of in-channel processes to sediment concentration hysteresis loops. *Journal of Hydrology*, 527: 576-589. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.009>
- S.C.S. (SCS)., 1972. National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology, Washington, DC.
- Termeh, S.V.R., Kornejady, A., Pourghasemi, H.R., Keesstra, S., 2018. Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms. *Science of the Total Environment*, 615: 438-451. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.262>
- Yerramilli, S.A., 2012. Hybrid Approach of Integrating HEC-RAS and GIS Towards the Identification and Assessment of Flood Risk Vulnerability in the City of Jackson, MS.

- American Journal of Geographic Information System, 1(1): 7-16. <https://doi.org/10.5923/j.ajgis.20120101.02>
- Yousefi, S., Pourghasemi, H.R., Rahmati, O., Keesstra, S.D., Emami, S.N., Hooke, J., 2021. Geomorphological change detection of an urban meander loop caused by an extreme flood using remote sensing and bathymetry measurements (a case study of Karoon River, Iran). Journal of Hydrology, 597: 2-34. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125712>
- Zelenakova, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., Weiss, R., 2019. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kru _ zlov village, Slovakia. Journal of Cleaner Production, 212:109-118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008>