



University of Tehran Press

Environmental

Hazards

Management



Iranian Hazardology Association
Online ISSN: 2383-0530

Home Page: <https://jhsci.ut.ac.ir>

Flood zoning of Shahrستانak drainage basin using WMS hydrological model and GIS integration

Leila Ebrahimi¹ | Maryam Ilanlou^{2*}

1. Assistant Professor, Chalus Branch, Department of Geography, Islamic Azad University, Chalus, Iran. Email: geo.ebrahimi@yahoo.com
2. Corresponding Author, Assistant Professor, Mahshahr Branch, Department of Geography, Islamic Azad University, Mahshahr, Iran. Email: maryamilanloo@yahoo.com

ARTICLE INFO

Article type:
Research Article

Article History:
Received 13 April 2024
Revised 02 June 2024
Accepted 03 June 2024
Published 14 June 2024

Keywords:
Zoning,
Runoff,
Flood,
Permeability,
City.

ABSTRACT

Flooding is one of the most important challenges facing human civilization and its impact is expected to increase due to climate change and massive urbanization. The purpose of this research is to zonate flood occurrence using WMS hydrological model with GIS integration in Shahrستانak watershed, one of the sub-basins of Karaj dam in Alborz province. In this study, geological maps 1:100000, topography 1:2000 and 1:50000, soil 1:100000, and data from synoptic and rain gauge stations are considered as the most basic data of this research for flood zoning in Shahrستانak catchment area. Also, ArcGIS 10.3, WMS software was used to analyze and prepare maps. A modified version of TOPAZ model along with WMS was used to calculate the flow direction from the DEM active area. The results show that in the upstream and downstream of the catchment basin, as we move away from the center of the river, the area of water depth increases. While in some places upstream of the river, the water depth is less. In other words, the lower the water depth, the greater its area, and the greater the water depth, the smaller its area. Most of the area is 4.03 meters deep, which is equal to 44.2 hectares. The area of the depth of 8.06 meters is equal to 14.5 hectares, the area of the depth of 12.09 meters is equal to 4.6 hectares, the area of the depth of 16.12 meters is equal to 1.4 hectares, and the area of the depth of 20.15 meters is equal to 1.1. It is hectares. In general, the WMS model and its integration with GIS is for flood zoning and determining risk ranges in the region.

Cite this article: Ebrahimi, L. & Ilanlou, M. (2024). Flood zoning of Shahrستانak drainage basin using WMS hydrological model and GIS integration. *Environmental Hazards Management*, 11 (1), 15-29. DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.374472.824>



© Leila Ebrahimi, Maryam Ilanlou. **Publisher:** University of Tehran Press.
DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.374472.824>

Introduction

Natural hazards, such as floods, often lead to devastating effects on people and the environment. According to the Internal Displacement Monitoring Center (IDMC), natural hazards displaced an average of 20 million people worldwide between 2008 and 2019, with the most significant displacement occurring in 2010, when more than 40 million people were displaced. [17, 27, 33]. In addition, the Center for Risk Epidemiology Research (CRED) reports that countries such as Indonesia, the United States, and China experienced the most natural hazards in 2020, and Iran and Mexico ranked eighth. The number of occurrences of hazards are [5.6]. According to reports, in 2020, the highest cost of flood damage occurred in China, India, Japan, and Pakistan, whose losses were estimated at 32, 10, 9, and 2 billion dollars, respectively. For this reason, intelligent sustainable flood management is necessary to deal with flood risks and effects [11, 15, 19]. It involves integrating advanced technologies, data analytics, and real-time monitoring systems for informed decision-making and resource optimization. Nature-based solutions such as wetland restoration, green infrastructure, and floodplain zoning are prioritized, which provide flood protection and additional benefits such as

improved water quality and biodiversity [14, 18]. Engaging communities and adopting participatory approaches enable residents to participate in flood prevention and preparedness. By adopting sustainable smart practices, we can address the challenges of climate change, reduce risks and create resilient communities in flood-prone areas [13, 12, 24]. Based on statistical data, there is an urgent need for smart and sustainable approaches to flood disaster control in Asia.

Materials and methods

In this research, for flood zoning in Shahrstanak catchment, geological maps 1:100000, topography 1:2000 and 1:50000, soil 1:100000, and data from synoptic and rain gauge stations are considered to be the most basic data of this research, which were prepared from the regional water organization of Tehran province. Also, ArcGIS 10.3, WMS software was used to analyze and prepare maps.

The digital map created by GIS includes different layers including topographic, vegetation and geo-hydrological data. This map was used as input data to create a hydraulic model in WMS software version 7.1 to find the intersection of streams and the opening of sub-basins. A modified version of TOPAZ model along with WMS was used to calculate the flow direction from the DEM active area. After assigning the flow direction to each DEM point, TOPAZ calculated the flow accumulation at each DEM point. Essential geometric parameters for hydrological modeling (such as area, slopes, runoff length, etc.) were extracted from the DEM data after defining the boundaries of sub-basins and watersheds. The WMS model estimates various parameters based on the physical characteristics of the watershed, such as Sin (the sinusoidal coefficient of the flow which is the twisting condition between any two points in the flow, which is defined by the ratio of the maximum length of the flow to the straight. Length, (MFD) the maximum flow distance in the watershed (CSD), average distance between the center of the watershed and points with maximum flow (CSS), slope (CSD), watershed slope (MFS), average watershed height (AVEL), watershed shape factor (SF), watershed perimeter (P), and catchment area (A). These parameters are used to simulate and predict flood discharge, depth, and velocity. Note that the WMS model is configured with additional parameters, including an initial infiltration time (PI) of 0.2 seconds. Impervious percentage (IP) of 10%, mean curve number (MCN) of 78, and maximum possible runoff loss.

Discussion and Results

Then, using the soil layer and land use of the area, the CN value of the area was calculated. CN is the amount of runoff that infiltrates the soil and is obtained from the global table of hydrological groups. CN value varies between zero and hundred. The lower the value of CN, it means that the amount of water penetration resulting from the loss is higher and the runoff is less

The CN value of the entire basin is equal to 78. This figure shows the low permeability of the area. The largest area of the basin belongs to the use of pasture with medium density, and the largest area of the soil in the basin is rocky and in the hydrological groups that have medium, relatively high and very high potential in terms of runoff, which is evident from the high CN value of the basin. Average pasture land with antisol soil has the highest CN value equal to 89 and the lowest permeability equal to 31.3. This area produces the most runoff. For the HEC-1 model, statistics on the average rainfall and CN and runoff produced in the basin are needed. The average rainfall in Shahrstanak catchment area is 365.6 mm. The amount of runoff produced in the region is between 587.8 mm and 464.1 mm. Most of the area of the runoff area is 576.8 mm.

The concentration time of the watershed with the SCS method is equal to 1.48

Conclusion

Around the Shahrstanak river, due to the fact that it is considered one of the most pleasant areas of Karaj in terms of climate, with the loss of vegetation due to the open construction of the Karaj-Chalous road, the type of land use has changed and the same problem It has reduced the permeability. As a result, the water resulting from rainfall in this river is immediately drawn from the main bed to the downstream basins. The expansion of construction in the basin level has increased the flow rate and volume of runoff in it. The generated runoff enters the basin upstream and causes dangerous and unpredictable floods. The results of this research showed that the WMS model is a suitable model for flood zoning and determining risk intervals in the region, which is consistent with the results of Safari

et al.'s research (2019). In order to prevent the dangers of floods and its damages, it is necessary to have accurate information about the process of land use changes, runoff, etc. Land use changes and expansion of construction at the level of urban basins increase the discharge and volume of runoff in it. The runoff created in this watershed has created dangerous and unpredictable conditions due to extensive changes in land use. Also, the Upper Hand basin is studied because it is more of the asphalt type with the lowest permeability and the lowest retention rate and the highest amount of runoff production compared to other parts of the basin, so it is necessary to plan more precisely on this area. Because at any moment it is possible that a massive flood will cause a lot of damage to the region, both in terms of life and money. It has also been determined that if the watershed is divided into smaller sub-basins, more accuracy will be obtained in the results. Also, the results of the research showed that the type of land use and vegetation at the basin level is the most important parameter that determines the wastage and infiltration of rainfall and has an effect on the runoff and consequently on the peak discharge of the basin. Considering that most of the surface area of the area is of average pasture type and the contribution of this type of cover in creating runoff and maximum discharge is high, it is necessary to make a more accurate planning in order to reduce the runoff and flooding of the area and even if possible to avoid drastic changes in land use. to prevent lands. In the conditions of the studied area, in order to control floods, it should be focused on management and structural aspects.

References

1. Ahmadi, Hamza; Baagideh, Mohammad; Asadi, Saeed and Ahmadi, Fariborz (2014), analysis of heavy rainfall event leading to flood on July 28, 2014 in Alborz province, *Natural Hazards Management*, 2(4), 451-469.
2. Alexander, T., Hughes, M., Baldock, T., Greenwood, B., Kroon, A., Power, H., (2012). Sediment transport processes and morphodynamics on a reflective beach under storm and non-storm conditions. *Mar. Geol.* 326-328 (1), 154–165. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2012.09.004>
3. Amobichukwu , H.U., Troy, C.D., Habib, A., Manish, R., (2024). A simple, fully automated shoreline detection algorithm for high-resolution multi-spectral imagery. *Remote Sens. (Basel)*. 14 (3). <https://doi.org/10.3390/rs14030557>.
4. Amanambo, P.N., Inman, D.L., Lovering, J.L., (2024). Effects of climate change and wave direction on longshore sediment transport patterns in Southern California. *Clim. Change*. 109, 211–228.
5. Barbarossa, R., Barry, D.A., Li, L., Jeng, D.S., Yeganeh-Bakhtiary, A., (2022). Modeling sediment transport in the swash zone: a review. *Ocean Eng.* 36, 767–783. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2009.03.003>.
6. Barnard, P.L., Short, A.D., Harley, M.D., Splinter, K.D., Vitousek, S., Turner, I.L., Allan, J., Banno, M., Bryan, K.R., Doria, A., Hansen, J.E., Kato, S., Kuriyama, Y., Randall-Goodwin, E., Ruggiero, P., Walker, I.J., Heathfield, D.K., (2018). Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El



پهنه‌بندی وقوع سیلاب حوضه زهکشی شهرستانک با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WMS و تلفیق GIS

لیلا ابراهیمی^۱ | مریم ایلانلو^{۲*}

۱. استادیار گروه جغرافیا، واحد چالوس، دانشگاه آزاد اسلامی، چالوس، ایران. رایانامه: geo.ebrahimi@yahoo.com
۲. نویسنده مسؤل، استادیار گروه جغرافیا، واحد ماهشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، ماهشهر، ایران. رایانامه: maryamilanloo@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

سیل یکی از چالش‌های مهمی است که بشر با آن مواجه است و انتظار می‌رود که تأثیر آن به دلیل تغییرات آب‌وهوایی و شهرنشینی وسیع بیشتر شود. هدف این پژوهش، پهنه‌بندی وقوع سیلاب با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WMS با تلفیق GIS در حوضه آبریز شهرستانک یکی از زیرحوضه‌های سد کرج در استان البرز است. در این پژوهش برای پهنه‌بندی سیلاب در حوضه آبریز شهرستانک نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، خاک ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی، از اساسی‌ترین داده‌های پژوهش حاضر محسوب می‌شود. از نرم‌افزارهای ArcGIS 10.3، WMS نیز برای تجزیه و تحلیل و تهیه نقشه‌ها استفاده شد. یک نسخه اصلاح شده از مدل TOPAZ همراه با WMS^۱ برای محاسبه جهت جریان از منطقه فعال DEM استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که در بالادست و پایین دست حوضه آبریز هر چه از مرکز رودخانه دورتر می‌شویم بر مساحت عمق آب افزوده می‌شود. در حالی که در برخی نقاط در بالادست رودخانه عمق آب کمتر است. به عبارتی هر چه عمق آب کمتر باشد، مساحت بیشتر و هر چه عمق آب بیشتر باشد مساحت آن کمتر است. بیشتر مساحت برابر با ۴۴/۲ هکتار دارای عمق ۴/۰۳ متر است. مساحت عمق ۸/۰۶ متر برابر با ۱۴/۵ هکتار، مساحت عمق ۱۲/۰۹ متر برابر با ۴/۶ هکتار، مساحت عمق ۱۶/۱۲ متر برابر با ۱/۴ هکتار و مساحت عمق ۲۰/۱۵ متر برابر با ۱/۱ هکتار است. به طور کلی مدل WMS و تلفیق آن با GIS برای پهنه‌بندی سیلاب و تعیین بازه‌های خطر در منطقه کاربرد دارد.

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۳/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۳

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۲۵

کلیدواژه:

پهنه‌بندی،
رواناب،
سیلاب،
شهرستانک،
نفوذپذیری.

استناد: ابراهیمی، لیلا و ایلانلو، مریم (۱۴۰۳). پهنه‌بندی وقوع سیلاب حوضه زهکشی شهرستانک با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WMS و تلفیق GIS. مدیریت مخاطرات محیطی، ۱۱ (۱)، ۱۵-۲۹.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.374472.824>

© لیلا ابراهیمی، مریم ایلانلو. ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jhsci.2024.374472.824>



۱. مقدمه

مخاطرات طبیعی مانند سیل، اغلب تأثیرات مخربی بر مردم و محیط زیست دارند. براساس گزارش مرکز پایش جابه‌جایی داخلی (IDMC)، مخاطرات طبیعی بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ به‌طور متوسط سبب آواره شدن ۲۰ میلیون نفر در سراسر جهان شد. مهم‌ترین جابه‌جایی در سال ۲۰۱۰ رخ داد که بیش از ۴۰ میلیون نفر تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گرفتند [۱۷، ۲۷، ۳۳]. افزون‌بر این، مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی مخاطرات (CRED)^۲ گزارش می‌دهد که کشورهای اندونزی، ایالات متحده آمریکا و چین بیشترین مخاطرات طبیعی را در سال ۲۰۲۰ تجربه کردند و ایران و مکزیک در رتبه هشتم تعداد وقوع مخاطرات قرار گرفتند [۵، ۶]. براساس گزارش‌ها در سال ۲۰۲۰، بیشترین خسارت سیل در چین، هند، ژاپن و پاکستان رخ داد که به‌ترتیب ۳۲، ۱۰، ۹ و ۲ میلیارد دلار برآورد شد. به همین دلیل مدیریت هوشمند و پایدار سیلاب برای رسیدگی به خطرها و اثرهای سیل ضروری است [۱۹، ۱۵، ۱۱]. این شامل یکپارچه‌سازی فناوری‌های پیشرفته، تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و سیستم‌های نظارت بر زمان واقعی برای تصمیم‌گیری آگاهانه و بهینه‌سازی منابع است. راه‌حل‌های مبتنی بر طبیعت مانند احیای تالاب، زیرساخت‌های سبز و پهنه‌بندی دشت‌های سیلابی در اولویت هستند و حفاظت در برابر سیل و مزایای اضافی مانند بهبود کیفیت آب و تنوع زیستی را فراهم می‌کنند [۱۴، ۱۸]. مشارکت دادن جوامع و اتخاذ رویکردهای مشارکتی، سبب می‌شود که ساکنان در پیشگیری و آمادگی در برابر سیل مشارکت کنند. با پذیرش شیوه‌های هوشمند پایدار، می‌توان به چالش‌های تغییر آب‌وهوا، کاهش خطرها و ایجاد جوامع انعطاف‌پذیر در مناطق مستعد سیل پرداخت [۲۴، ۱۳، ۱۲]. براساس داده‌های آماری، نیاز مبرمی به رویکردهای هوشمند و پایدار برای کنترل بلایای سیل در آسیا وجود دارد.

سیل از مهم‌ترین چالش‌های فراروی بشر است که انتظار می‌رود تأثیر آن به‌دلیل تغییرات آب‌وهوایی و شهرنشینی بیشتر شود. تغییرات در پوشش گیاهی، دما و الگوهای بارندگی سبب رفتار پیش‌بینی‌ناپذیر سیل شده است [۳۰، ۲۹، ۲۰]. از این‌رو پیش‌بینی سیل، موضوعی است که در جهان مورد توجه گسترده قرار می‌گیرد [۲۷، ۲۱]. توسعه یک مدل پیش‌بینی قابل اعتماد با قابلیت‌های عملی، هدفی خوش‌بینانه است؛ با این‌حال، فقدان داده‌های تاریخی در مورد سیل‌های ناگهانی شدید که به‌دلیل تغییرات اقلیمی رایج‌تر می‌شوند و اغلب در کوهستان‌ها رخ می‌دهند، مانع بزرگی برای مدیریت مؤثر سیل است [۲۶، ۲۵]. سیل‌های ناگهانی سال‌های اخیر، پیش‌بینی‌ناپذیر و بسیار مخرب بوده‌اند [۲۸]. بنابراین، چارچوب‌های مدیریت سیل باید شامل مدل‌های هیدرولوژیکی و سیستم‌های پیش‌بینی هوشمند برای رسیدگی به احتمال وقوع سیل‌های ناگهانی آینده باشد [۱]. سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سیستم مدل‌سازی حوضه (WMS)، هوش مصنوعی (AI) و دیگر ابزار معاصر اغلب جداگانه در مطالعات علمی مرتبط با مدیریت خطر سیل استفاده می‌شوند. توسعه چارچوبی جامع که این ابزارها را برای دستیابی به ارزیابی و مدیریت مؤثر خطر سیل در مناطق مختلف ادغام کند، بسیار مهم است [۳۱].

سیل‌های ناگهانی نوعی رایج از مخاطرات طبیعی هستند که ممکن است عواقب مخربی داشته باشند. ایران به‌ویژه در سال‌های اخیر با خشکسالی شدید و سیلاب‌های ناگهانی مواجه بوده است که فراوانی، شدت و تأثیر آنها به‌دلیل تغییرات اقلیمی افزایش یافته است. روش‌های سنتی برای ارزیابی خطر سیل اغلب بر داده‌های تاریخی و رویکردهای آماری تکیه می‌کنند که برای پیش‌بینی و مدیریت خطرات سیل در مواجهه با بحران آب‌وهوایی فعلی کافی نیستند [۱۰، ۷، ۹].

هدف این پژوهش پهنه‌بندی سیلاب در حوضه آبریز شهرستانک، یکی از زیرحوضه‌های سد کرج در استان البرز است. این پژوهش با استفاده از مدل WMS و ترکیب آن با GIS انجام گرفته است که نوآوری کار هم به حساب می‌آید. بیشتر مدل‌های پهنه‌بندی سیلاب یا با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره یا ترکیب مدل WMS و HEC-RAS و محاسبه دوره‌های بازگشت سیلاب صورت می‌گیرد. اما این مدل عمق و ارتفاع آب را محاسبه می‌کند که در یافته‌های تحقیق ذکر شده است.

۲. پیشینه پژوهش

حائری و مثنوی (۱۴۰۲) به تحلیل راهبردهای بهسازی اکولوژیک منظر رودخانه خشک شیراز در چارچوب توسعه پایدار شهری با

1. Internal Displacement Monitoring Centre

2. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

تأکید بر مدیریت مخاطرات سیلاب، مدیریت مخاطرات طبیعی پرداختند و نتیجه گرفتند که از راهبردهای مؤثر در بهسازی اکولوژیک رودخانه خشک شیراز، مدیریت یکپارچه حوضه‌های آبریز دشت شیراز، تأمین حقایق زیست‌محیطی، ممانعت از انتقال آلودگی فاضلاب و رواناب‌های آلوده شهری به رودخانه، تصفیه رواناب‌ها و ایجاد فیلتراسیون طبیعی، اجرای طرح‌های آبخیزداری و کنترل دبی جریان، بهسازی مورفولوژیکی عرصه و حریم رودخانه، حفظ و ایجاد پهروهای اکولوژیکی، امکان ذخیره آب جاری در کریدور رودخانه خشک و تدوین قوانین کاربری‌های حریم رودخانه است [۲]. رحیم‌پور و همکاران (۱۴۰۰) به تحلیل تغییرات فضایی حساسیت خطر وقوع سیل بر پایه نوعی مدل ترکیبی نوین در حوضه آبریز الوندچای شهرستان خوی پرداختند. نتایج اجرای این مدل تحقیق نشان داد که پارامترهای شیب، گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، ارتفاع و پوشش گیاهی تأثیر مهمی در وقوع سیل دارند. در نهایت نقشه حساسیت خطر وقوع سیل در پنج طبقه شامل حساسیت خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تهیه شد. مناطقی که حساسیت زیادی از نظر خطر وقوع سیل دارند، اغلب در پایین دست حوضه متمرکزند که مناطق مسطح و کم‌ارتفاع را شامل می‌شوند [۳].

نجیب هگزی و همکاران (۲۰۲۳) به برآورد دبی اوج مورد انتظار و حجم سیلاب حوضه هلیوپولیس شرق قاهره مصر با استفاده از برنامه RS و WMS پرداختند. نتایج برای زمان‌های مختلف عود طی دوره‌های رگرسیون ۵ و ۱۰۰ ساله نشان داد که اوج جریان ورودی سیلاب حوضه هلیوپولیس بین ۱۹/۴۷ تا ۷۴۲/۱۶ متر مکعب بر ثانیه و حجم سیل بین ۱،۲۹۵،۱۱۰ تا ۵۳،۷۵۲،۹۹۹ بود. این دره‌ها حجم زیادی از آب را برای رها شدن به جریان اصلی جابه‌جا می‌کنند. شناخت و پیش‌بینی شدت رویدادهای خطرناک باران می‌تواند به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان در یافتن مناطق سیل‌زده قبل از توسعه آینده سکونتگاه‌های جدید کمک کند [۲۲]. اوگدالی و همکاران (۲۰۲۲) در پژوهشی دریافته‌اند که روش HEC-RAS امکان نقشه‌برداری از سیلی با مشخصات سطح آب سیل را فراهم می‌کند و عمق سیل را برای احتمال مازاد بر سالانه (AEP) نشان می‌دهد. در همان زمان، FHI سطوح خطر سیل را بدون نشان دادن عمق آب تعیین می‌کند. در هر دو رویکرد، شش شبیه‌سازی با دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ سال انجام گرفت. شبیه‌سازی نشان داد که مستعدترین مناطق در برابر سیلاب، مناطق حاشیه Wadi Seyad هستند [۱۶].

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳.۱. محدوده پژوهش

این حوضه در مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۰۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه طول شرقی، در شمال غرب استان تهران و نیز استان البرز قرار دارد. مساحت حوضه آبخیز شهرستانک ۱۵۰ کیلومتر مربع است. این حوضه یکی از زیرحوضه‌های اصلی حوضه آبخیز سد کرج است. آزادراه تهران-شمال از این زیرحوضه گذر می‌کند. ساختار اقتصادی-اجتماعی حوضه، روستایی است و روستاییان در طول سال از مراتع و منابع طبیعی آن استفاده می‌کنند. براساس طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه اقلیم حوضه نیمه‌خشک سرد تا نیمه‌مرطوب سرد است. حوضه آبریز شهرستانک از حوضه‌های کوهستانی کشور است که حداکثر ارتفاع آن ۴۳۴۲ متر و حداقل ارتفاع آن ۱۷۶۸ متر است.

۳.۲. روش پژوهش

برای پهنه‌بندی سیلاب در حوضه آبریز شهرستانک از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، توپوگرافی ۱:۲۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، خاک ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی، استفاده شد. این داده‌ها از سازمان آب منطقه‌ای استان تهران تهیه شد. همچنین از نرم‌افزارهای WMS، ArcGIS 10.3 برای تجزیه و تحلیل و تهیه نقشه‌ها استفاده شد. نقشه دیجیتالی ایجادشده توسط GIS شامل لایه‌های مختلفی از جمله داده‌های توپوگرافی، پوشش گیاهی و ژئوهیدرولوژیکی می‌شود. این نقشه به‌عنوان داده‌های ورودی برای ایجاد یک مدل هیدرولیک در نرم‌افزار WMS نسخه ۷/۱ برای یافتن محل تقاطع نهرها و دهانه زیرحوضه‌ها استفاده شد. از یک نسخه اصلاح‌شده از مدل TOPAZ همراه با WMS برای محاسبه جهت جریان از منطقه فعال DEM استفاده شد. TOPAZ پس از تخصیص جهت جریان به هر نقطه DEM،

انباشت جریان را در هر نقطه DEM محاسبه کرد. پارامترهای هندسی ضروری برای مدل‌سازی هیدرولوژیکی (مساحت، شیب‌ها، طول رواناب و غیره) از داده‌های DEM پس از مشخص شدن مرزهای زیرحوضه‌ها و حوضه‌های آبخیز استخراج شدند. مدل WMS پارامترهای مختلفی را براساس ویژگی‌های فیزیکی حوضه تخمین می‌زند، مانند Sin (ضریب سینوسی جریان که شرایط پیچ‌خوردگی بین هر دو نقطه در جریان است که با نسبت حداکثر طول جریان به مستقیم تعریف می‌شود)، طول (MFD) حداکثر فاصله جریان در حوضه (CSD)، متوسط فاصله بین مرکز حوضه و نقاط با حداکثر جریان (CSS)، شیب (CSD)، شیب حوضه (MFS)، میانگین ارتفاع حوضه (AVEL)، ضریب شکل حوضه (SF)، محیط حوضه (P) و مساحت حوضه (A). از این پارامترها برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی دبی، عمق و سرعت سیل استفاده می‌شود. توجه داشته باشید که مدل WMS با پارامترهای اضافی پیکربندی شده است، از جمله زمان نفوذ اولیه (PI) 0.2 ثانیه، درصد نفوذناپذیر 10 (IP)، میانگین عدد منحنی 78 (MCN) و حداکثر تلفات احتمالی رواناب.

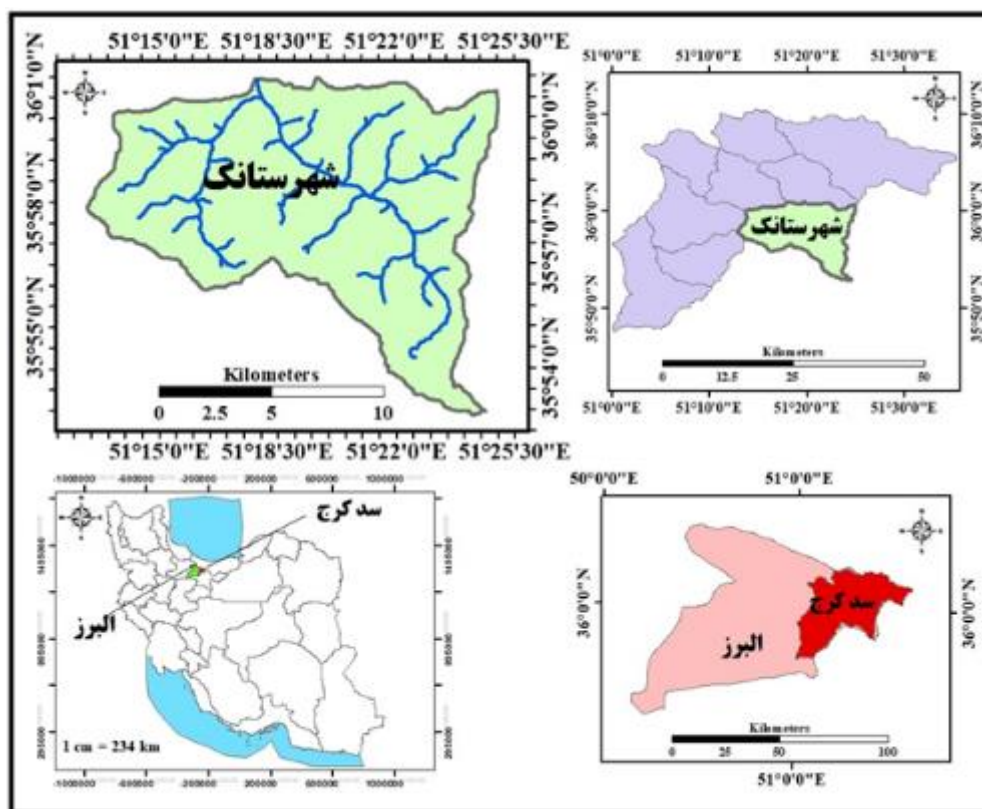
۴. یافته‌های پژوهش

ابتدا لایهٔ رقومی ارتفاع با فرمت Img در نرم‌افزار WMS باز و سپس مرز حوضه و آبراهه‌ها در محیط نرم‌افزار ترسیم شد (شکل ۲). سپس با استفاده از لایهٔ خاک و کاربری اراضی منطقه مقدار CN منطقه محاسبه شد. مقدار روانابی است که در خاک نفوذ می‌کند و از جدول جهانی گروه‌های هیدرولوژیک به دست می‌آید. مقدار CN بین صفر تا صد متغیر است. هر چه مقدار CN کمتر باشد، نفوذ آب حاصل از بازندگی بیشتر است و رواناب کمتری ایجاد شده است.

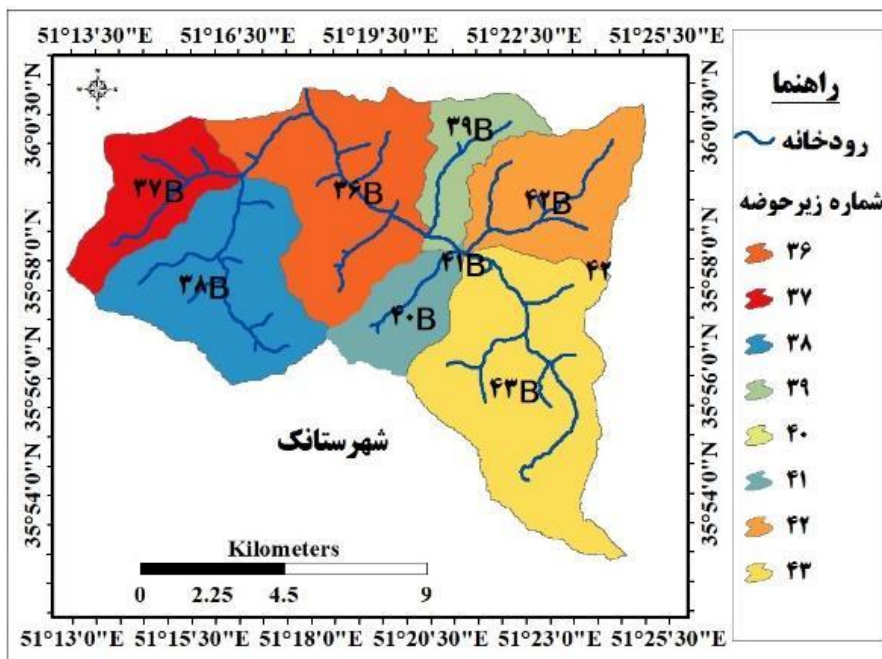
مقدار CN کل حوضه برابر با ۷۸ است. این رقم بیانگر نفوذپذیری کم منطقه است. در این مرحله نفوذپذیری منطقه با رابطهٔ زیر به دست می‌آید.

$$S=25400/CN-254$$

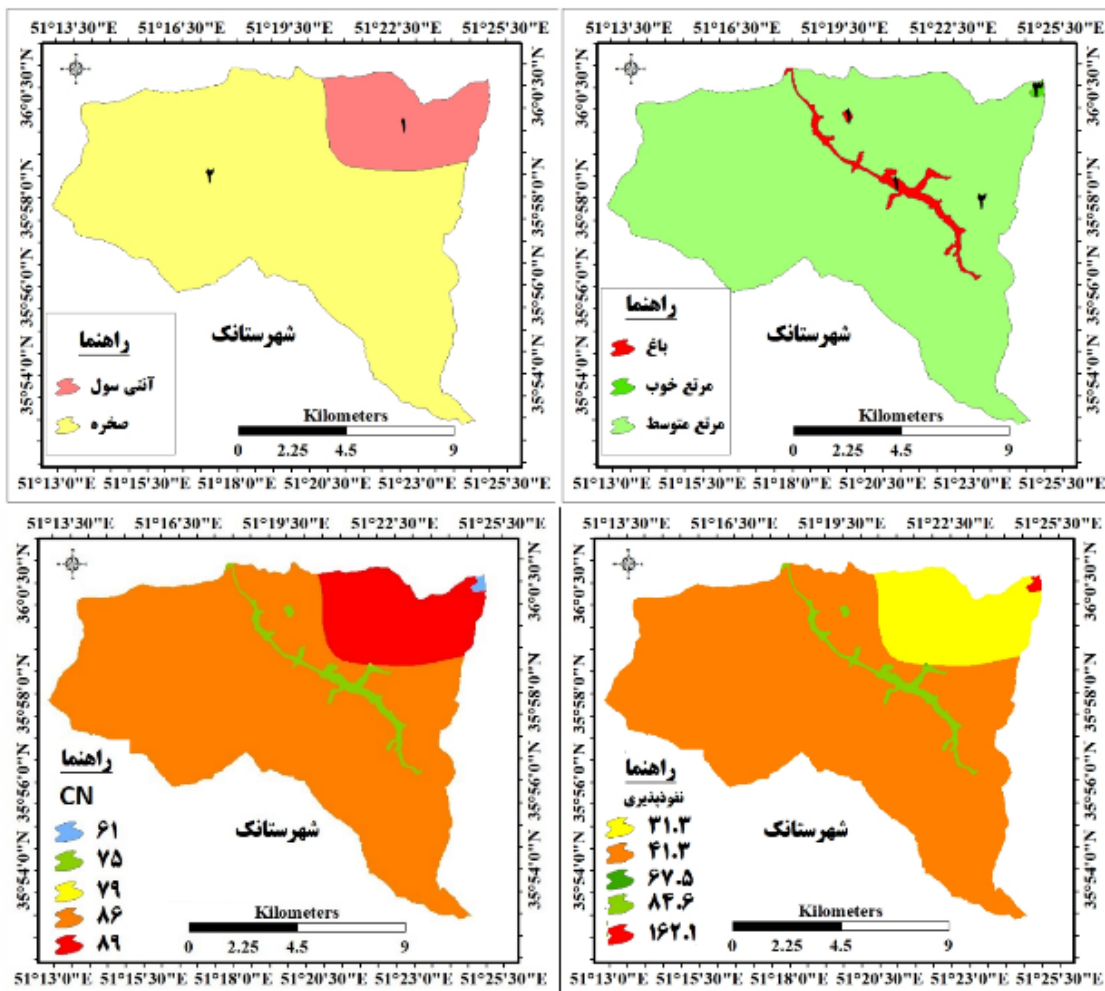
رابطهٔ ۱



شکل ۱. موقعیت منطقه پژوهش



شکل ۲. شبکه حوضه و زیرحوضه‌های آبریز شهرستانک

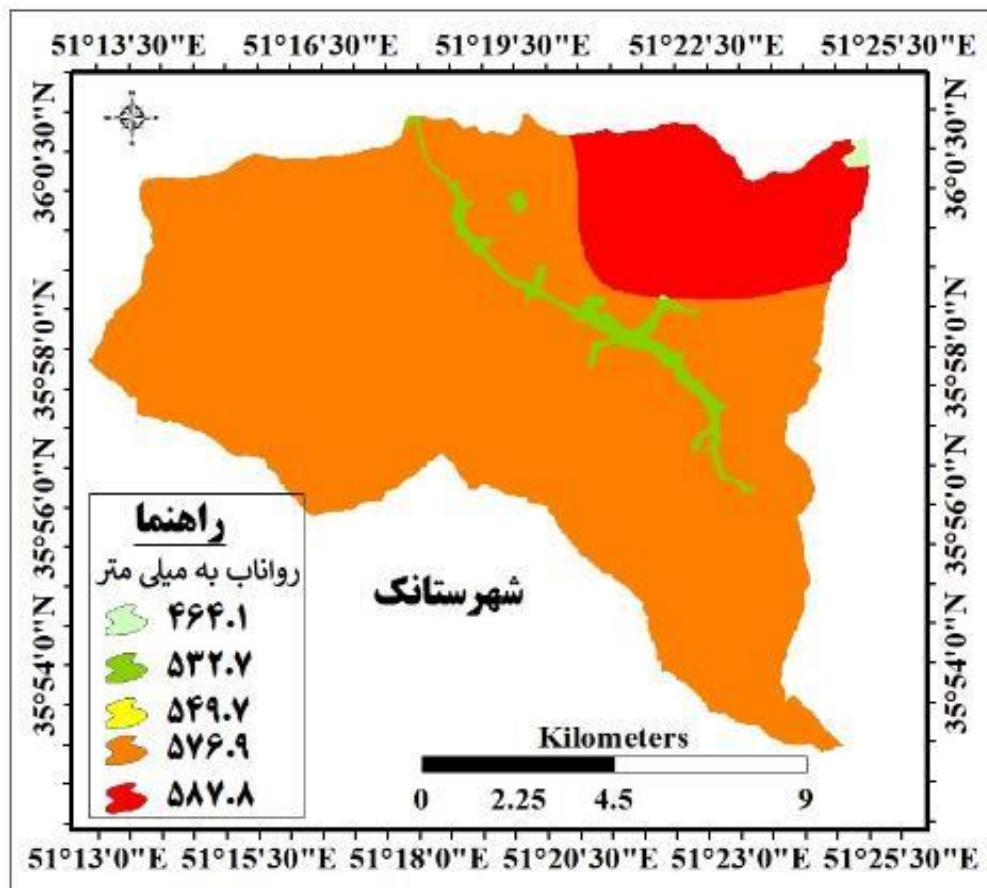


شکل ۳. نقشه خاک، کاربری اراضی، مقدار CN و نفوذپذیری حوضه آبریز شهرستانک

بیشترین مساحت حوضه متعلق به کاربری مرتع با تراکم متوسط و بیشترین مساحت خاک حوضه صخره‌ای است و در گروه‌های هیدرولوژیکی از لحاظ رواناب دارای پتانسیل متوسط، به نسبت زیاد و زیاد هستند که از مقدار CN زیاد حوضه مشخص است. اراضی مرتع متوسط با خاک آنتی‌سول دارای بیشترین مقدار CN برابر با ۸۹ و کمترین نفوذپذیری برابر با ۳/۳ است که این منطقه بیشترین رواناب را تولید می‌کند.

در مرحله بعد مقدار رواناب تولیدشده به میلی‌متر با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$Q = (0.8 * S + 0.2 * S^2) / (1900 * \sqrt{Y}) \quad \text{رابطه ۲}$$



شکل ۴. نقشه مقدار رواناب تولیدشده در حوضه آبریز شهرستانک

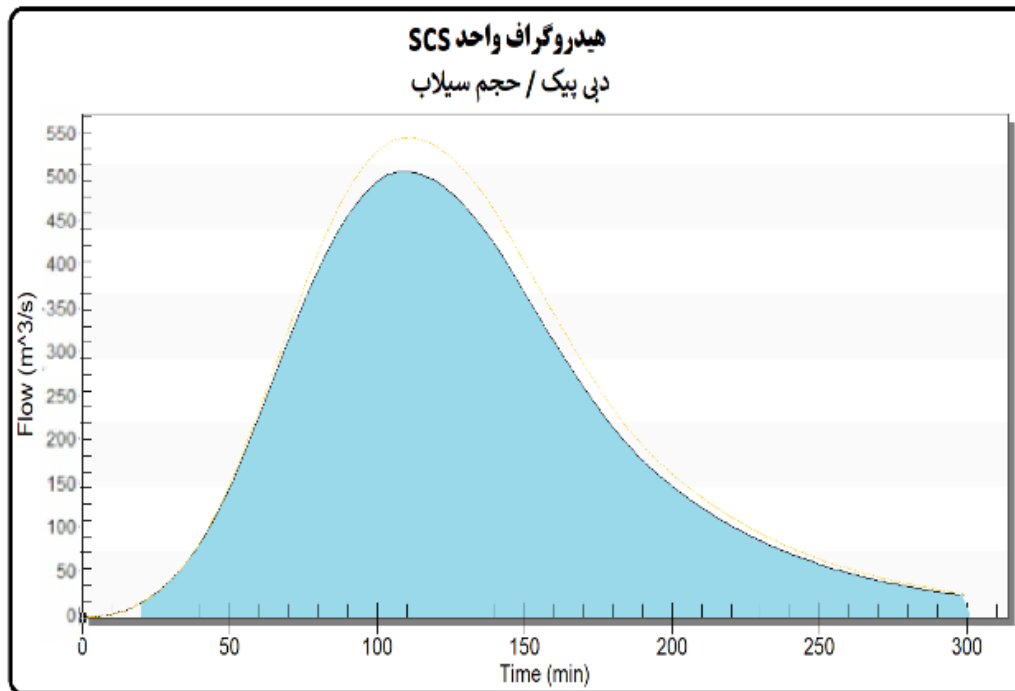
شکل ۴ نقشه مقدار رواناب تولیدشده در حوضه آبریز شهرستانک را نشان می‌دهد. برای مدل HEC-1 به آمار متوسط بارندگی رگبار و CN و رواناب تولیدشده در حوضه احتیاج است. متوسط بارندگی در حوضه آبریز شهرستانک ۳۶۵/۶ میلی‌متر است. رواناب تولیدشده در منطقه بین ۴۶۴/۱ تا ۵۸۷/۸ میلی‌متر است. بیشتر مساحت منطقه دارای رواناب ۵۷۶/۸ میلی‌متر است.

زمان تمرکز حوضه آبریز با روش SCS ۱/۴۸ است که از طریق رابطه ۳ به دست آمد.

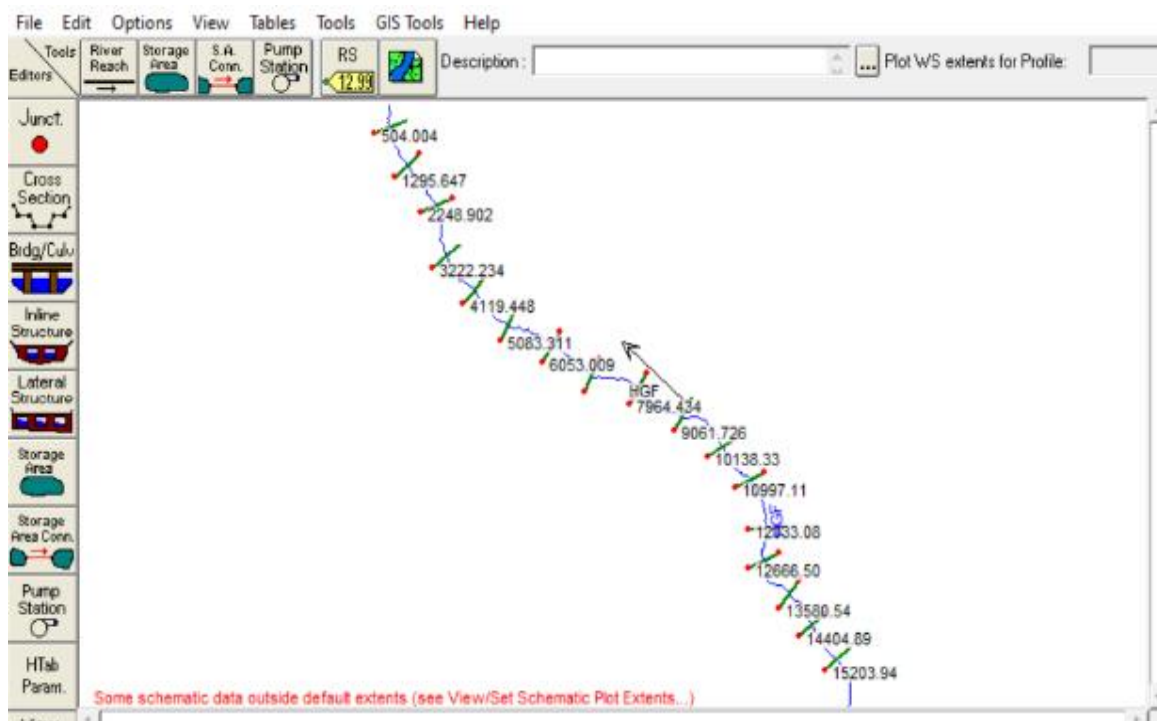
$$L^{0.8} * (((1000/CN) - 10) + 1)^{0.7} / (1900 * \sqrt{Y}) \quad \text{رابطه ۳}$$

با توجه به هیدروگراف واحد SCS حوضه آبریز شهرستانک نوعی حوضه آبریز سیل‌خیز است. حوضه دارای هیدروگراف کشیده و نوک‌تیز است. در قسمت فلش رودخانه به دو قسمت آبراهه بالا و پایین تقسیم شده است. جریان اصلی رودخانه از مقطع ۷۹۶۴/۴۹ عدد روبه‌رو فلش شروع شده است. فاصله آبراهه بالایی ۶۷۵۲/۰۶ و شیب آن ۰/۰۰۶ فوت و فاصله آبراهه پایینی ۱۰۳۲۸ متر و شیب آن ۰/۰۳۲ فوت است.

هرچه به سمت پایین دست حوضه می‌آییم، از ارتفاع کاسته می‌شود؛ اما در بالادست حوضه سیلاب زیاد است و کاملاً عمق جریان با میزان سیل ایجادشده برابر است. همچنین ارتفاع از سطح دریا در این مقطع ۲۰۰۱ متر است.

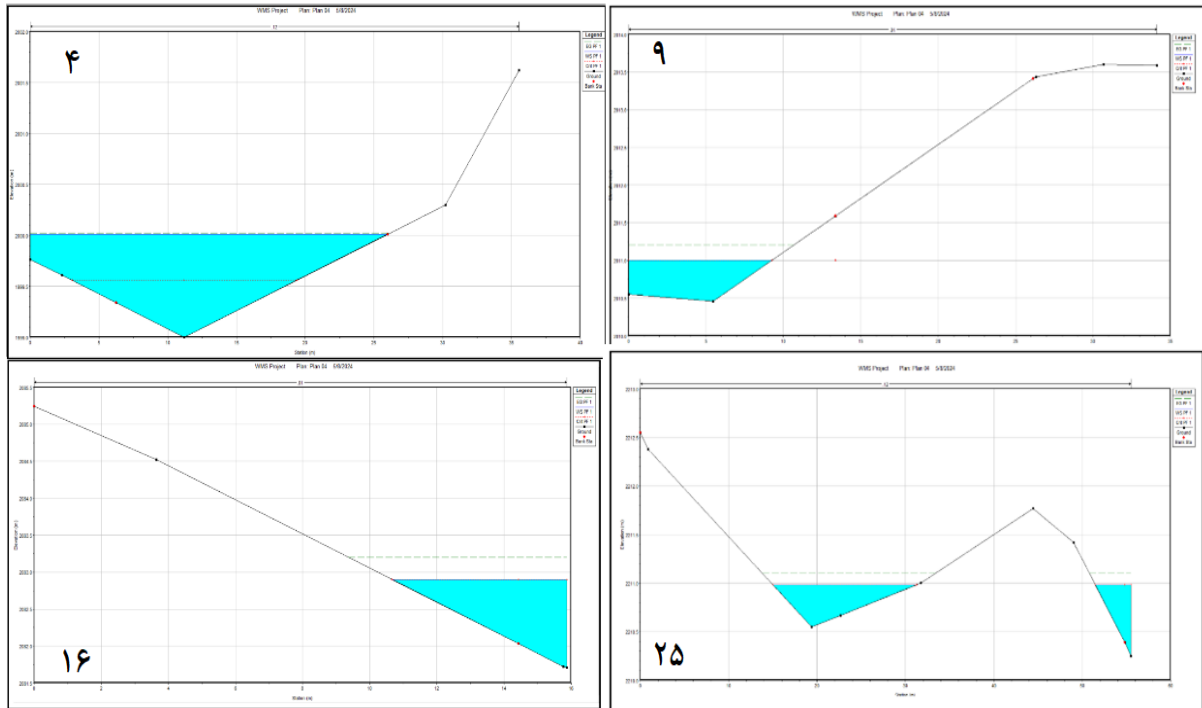


شکل ۵. هیدروگراف واحد SCS در حوضه آبریز شهرستانک

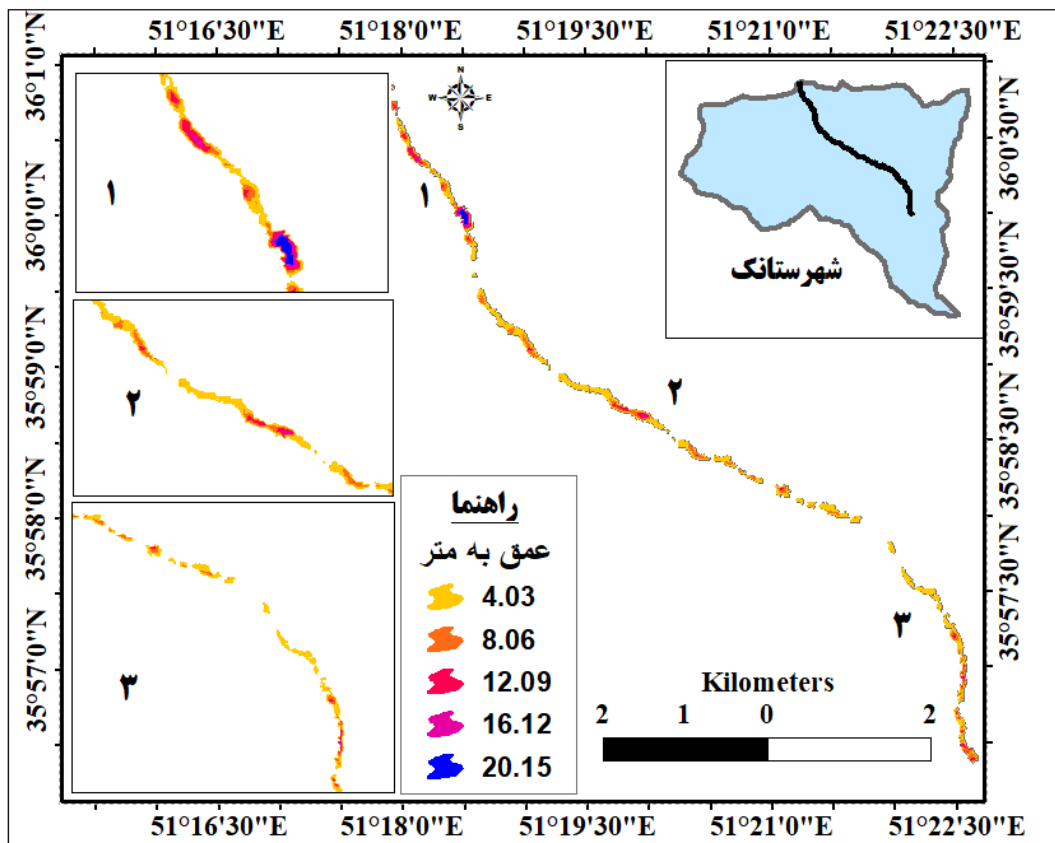


شکل ۶. نقشه مقاطع عرضی رودخانه

شکل ۷ پروفیل طولی برخی مقاطع عرضی را نشان می‌دهد. مقطع ۱۶ همانند مقطع ۴ که در بالادست حوضه آبریز واقع شده، به شدت تحت تأثیر سیلاب و خطرهای ناشی از آن است و خط جریان سیلاب بر خطی که نشان‌دهنده میزان عمق سیلاب رودخانه است کاملاً منطبق است. در مقطع ۹ ارتفاع از سطح دریا ۲۰۱۱ متر است. در مقطع ۲۵ قسمت بالادست توسط باغها پوشیده شده است.



شکل ۷. پروفیل طولی برخی مقاطع عرضی رودخانه



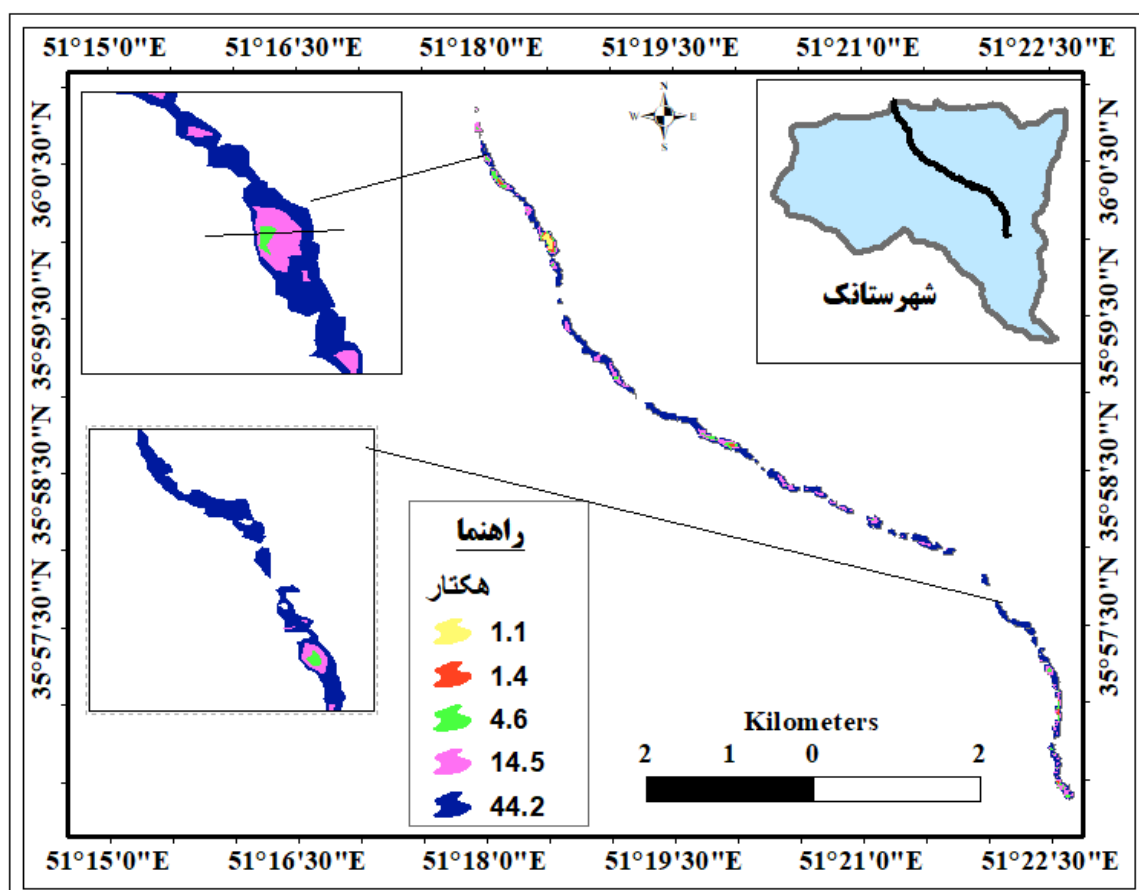
شکل ۸. پهنه‌بندی براساس عمق آب

جدول ۱ مساحت عمق سیلاب پهنه‌بندی شده طبقه عمق سیلاب را در هر طبقه مساحت پهنه سیلابی به هکتار نشان می‌دهد.

جدول ۱. عمق و مساحت آب

ردیف	طبقه	عمق آب بر حسب متر	مساحت به هکتار
۱	F0	۴/۰۳	۴۴/۲
۲	F1	۸/۰۳	۱۴/۵
۳	F2	۱۲/۰۹	۴/۶
۴	F3	۱۶/۱۲	۱/۴
۵	F4	۲۰/۱۵	۱/۱

همان‌طور که شکل ۹ نشان می‌دهد در بالادست و پایین‌دست حوضه آبریز هرچه از مرکز رودخانه دورتر می‌شویم بر مساحت عمق آب افزوده می‌شود. اما در بالادست رودخانه عمق آب کمتر است. یعنی هرچه عمق آب کمتر باشد مساحت آن بیشتر و هرچه عمق آب بیشتر باشد مساحت آن کمتر است. بیشتر مساحت برابر با ۴۴/۲ هکتار دارای عمق ۴/۰۳ متر است. مساحت عمق ۸/۰۶ متر برابر با ۱۴/۵ هکتار، مساحت عمق ۱۲/۰۹ متر برابر با ۴/۶ هکتار، مساحت عمق ۱۶/۱۲ متر برابر با ۱/۴ هکتار و مساحت عمق ۲۰/۱۵ متر برابر با ۱/۱ هکتار است. مقایسه عمق آب‌گرفتنی در این پهنه‌ها با دبی نزدیک‌ترین ایستگاه به این حوضه یعنی نسا که بین ۱۰/۸ تا ۱۳/۲ است، حاکی از صحت و دقت زیاد نرم‌افزار WMS برای شبیه‌سازی سیلاب است.



شکل ۹. پهنه‌بندی براساس مساحت آب

۵. بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که مدل WMS و تلفیق آن با GIS برای پهنه‌بندی سیلاب و تعیین بازه‌های خطر در منطقه کاربرد دارد که با نتایج تحقیق صفاری و همکاران (۱۳۹۹) همسو است. جلوگیری از مخاطرات سیلاب و آسیب‌های آن نیازمند داشتن

اطلاعات دقیقی از روند تغییرات کاربری اراضی، رواناب و ... است. تغییرات کاربری اراضی و گسترش ساخت‌وساز در سطح حوضه‌های شهری سبب افزایش دبی و حجم رواناب در آن می‌شود.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در اطراف رودخانه شهرستانک، با توجه به اینکه از لحاظ آب‌وهوایی از مناطق خوش آب‌وهوای کرج محسوب می‌شود، با از بین رفتن پوشش گیاهی در اثر ساخت‌وساز آزادراه کرج- چالوس، نوع کاربری تغییر یافته و همین مسئله سبب کاهش نفوذپذیری شده است. در نتیجه بلافاصله آب حاصل از بارندگی در این رودخانه پس از تجمع از بستر اصلی به سمت حوضه‌های پایین‌دست کشیده می‌شود. گسترش ساخت‌وساز در سطح حوضه سبب افزایش دبی و حجم رواناب شده است. رواناب ایجادشده وارد حوضه در بالادست می‌شود و سیلاب‌های مخاطره‌آمیز و پیش‌بینی‌ناپذیر را پدید می‌آورد. در حوضه بالادست به دلیل اینکه بیشتر از نوع آسفالت با کمترین نفوذپذیری و کمترین حد نگهداشت و بیشترین حجم تولید رواناب نسبت به بقیه قسمت‌های حوضه است، باید برنامه‌ریزی دقیق‌تری صورت گیرد؛ زیرا امکان دارد در اثر وقوع سیل گسترده، خسارات فراوان جانی و مالی وارد آید. همچنین مشخص شده است که تفکیک حوضه آبخیز به زیرحوضه‌های کوچک‌تر، سبب افزایش دقت نتایج خواهد شد. نتایج تحقیق نشان داد که نوع کاربری اراضی و پوشش گیاهی در سطح حوضه مهم‌ترین پارامتر تعیین‌کننده هدررفت و نفوذ بارندگی است و بر رواناب و به تبع آن بر دبی حوضه تأثیرگذار است. با توجه به اینکه بیشتر سطح منطقه از نوع مرتعی متوسط است و سهم این نوع پوشش در ایجاد رواناب و دبی حداکثر زیاد است، باید به منظور کاهش رواناب و سیل‌خیزی منطقه، برنامه‌ریزی دقیق‌تری صورت گیرد و تا حد امکان از تغییر شدید کاربری‌های اراضی جلوگیری شود. در شرایط منطقه برای کنترل سیلاب باید به جنبه‌های مدیریتی و سازه‌ای نیز توجه شود.

منابع

- [۱]. احمدی، حمزه؛ باعقیده، محمد؛ اسدی، سعید؛ و احمدی، فریبرز (۱۳۹۴). تحلیل رخداد بارشی شدید منجر به سیل ۲۸ تیر ۱۳۹۴ در استان البرز. *مدیریت مخاطرات طبیعی*، ۲(۴)، ۴۵۱-۴۶۹.
- [۲]. حائری، ساناز؛ و مثنوی، محمدرضا (۱۴۰۲). تحلیل راهبردهای بهسازی اکولوژیک منظر رودخانه خشک شیراز در چارچوب توسعه پایدار شهری با تأکید بر مدیریت مخاطرات سیلاب. *مدیریت مخاطرات طبیعی*، ۱۰(۱)، ۷۱-۹۰.
- [۳]. رحیمپور، توحید؛ رضائی مقدم، محمدحسین؛ حجازی، سید اسدالله؛ و خلیل ولیزاده، کامران (۱۴۰۲). تحلیل تغییرات فضایی حساسیت خطر وقوع سیل برپایه نوعی مدل ترکیبی نوین، مطالعه موردی: حوضه آبریز الوندچای، شهرستان خوی. *مدیریت مخاطرات طبیعی*، ۸(۴)، ۳۷۱-۳۹۳.
- [۴]. 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. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال بیستم، ۲(۵۷)، ۳۱۷-۳۳۴.
- [5]. Alexander, T., Hughes, M., Baldock, T., Greenwood, B., Kroon, A., & Power, H. (2012). Sediment transport processes and morphodynamics on a reflective beach under storm and non-storm conditions. *Mar. Geol.* 326-328 (1), 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2012.09.004>
- [6]. Amobichukwu, H.U., Troy, C.D., Habib, A., & Manish, R. (2024). A simple, fully automated shoreline detection algorithm for high-resolution multi-spectral imagery. *Remote Sens. (Basel)*. 14 (3). <https://doi.org/10.3390/rs14030557>.
- [7]. Amanambo, P.N., Inman, D.L., & Lovering, J.L. (2024). Effects of climate change and wave direction on longshore sediment transport patterns in Southern California. *Clim. Change*. 109, 211-228.
- [8]. Barbarossa, R., Barry, D.A., Li, L., Jeng, D.S., & Yeganeh-Bakhtiary, A. (2022). Modeling sediment transport in the swash zone: a review. *Ocean Eng.* 36, 767-783. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2009.03.003>. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0317-0>.
- [9]. Barnard, P.L., Short, A.D., Harley, M.D., Splinter, K.D., Vitousek, S., Turner, I.L., Allan, J., Banno, M., Bryan, K.R., Doria, A., Hansen, J.E., Kato, S., Kuriyama, Y., Randall-Goodwin, E., Ruggiero, P., Walker, I.J., & Heathfield, D.K. (2018). Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño/southern oscillation. *Nat. Geosci.* 8, 801-807. <https://doi.org/10.1038/ngeo2539>. Battjes, J.A., 1974. Surf similarity. *Coast. Eng.* 466-480 <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.02.009>.
- [10]. Berkovich, R.J., Rodriguez-Delgado, C., & Ortega-Sanchez, M. (2017). Advances in management tools for modeling artificial nourishments in mixed beaches. *J. Mar. Syst.* 172, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2017.02.009>.
- [11]. Chen, C., Liang, J., Xie, F., Hu, Z., Sun, W., Yang, G., Yu, J., Chen, L., Wang, L.H., Wang, L.Y., Chen, H., He, X., & Zhang, Z. (2022) Temporal and spatial variation of coastline using remote sensing images for Zhoushan archipelago, China. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 107, #102711.
- [12]. Chen, C., Liang, J., Yang, G., & Sun, W. (2023). Spatio-temporal distribution of harmful algal blooms and their correlations with marine hydrological elements in offshore areas, China. *Ocean & Coastal Management*. 238, #106554.
- [13]. Chen, H., Chen, C., Zhang, Z., Lu, C., Wang, L., He, X., Chu, Y., & Chen, J. (2021). Changes of the spatial and temporal characteristics of land-use landscape patterns using multi-temporal Landsat satellite data: A case study of Zhoushan Island, China. *Ocean Coastal Manage.* 213, #105842.
- [14]. Dabija, A., Kluczek, M., Zagajewski, B., Raczko, E., Kycko, M., Al-Sulttani, A.H., Anna, T., Pineda, L., & Corbera, J. (2021). Comparison of support vector machines and random forests for corine land cover mapping. *Remote Sens.* 13 (4), 777.
- [15]. Du, Z., Yang, J., Ou, C., & Zhang, T. (2021). Agricultural Land Abandonment and Retirement Mapping in the Northern China Crop-Pasture Band Using Temporal Consistency Check and Trajectory-Based Change Detection Approach. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 60, 1-12.
- [16]. Echogdali, C., Hou, X., Zheng, Q., Xu, H., Li, D., Donnici, S., & Tang, C. (2022). Emerging signals of coastal system changes under rapid anthropogenic disturbance in Hangzhou Bay. *China. Ecol. Indic.* 146, 109816.
- [17]. Gilani, H., Naz, H.I., Arshad, M., Nazim, K., Akram, U., Abrar, A., & Asif, M. (2021). Evaluating mangrove conservation and sustainability through spatiotemporal (1990-2020) mangrove cover change analysis in Pakistan. *Estuarine Coastal Shelf Sci* 249, 107128.
- [18]. Gislason, P.O., Benediktsson, J.A., & Sveinsson, J.R. (2006). Random forests for land cover classification. *Pattern Recognit. Lett.* 27 (4), 294-300.

- [19]. Goffin, B.D., Thakur, R., Carlos, S.D.C., Srsic, D., Williams, C., Ross, K., Neira-Román, F., Cortés-Monroy, C.C., & Lakshmi, V. (2022). Leveraging remotely-sensed vegetation indices to evaluate crop coefficients and actual irrigation requirements in the waterstressed Maipo River Basin of Central Chile. *Sustainable Horizons*. 4, #100039.
- [20]. Liu, Y., Hou, X., Li, X., Song, B., & Wang, C. (2020). Assessing and predicting changes in ecosystem service values based on land use/cover change in the Bohai Rim coastal zone. *Ecol. Indic.* 111, #106004.
- [21]. Mahdianpari, M., Salehi, B., Mohammadimanesh, F., Homayouni, S., & Gill, E. (2018). The first wetland inventory map of newfoundland at a spatial resolution of 10 m using sentinel-1 and sentinel-2 data on the google earth engine cloud computing platform. *Remote Sens.* 11 (1), 43.
- [22]. Nagib Hegazy, D., Wang, Z., Du, B., Li, L., Tian, Y., Jia, M., & Wang, Y. (2022). National wetland mapping in China: A new product resulting from object-based and hierarchical classification of Landsat 8 OLI images. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 164, 11–25.
- [23]. Pratico, S., Solano, F., Di Fazio, S., & Modica, G. (2021). Machine learning classification of mediterranean forest habitats in google earth engine based on seasonal sentinel-2 time-series and input image composition optimisation. *Remote Sens.* 13 (4), 586.
- [24]. Quang, D.N., Ngan, V.H., Tam, H.S., Viet, N.T., Tinh, N.X., & Tanaka, H. (2021). Long-term shoreline evolution using dsas technique: A case study of Quang Nam province. *Vietnam. J. Mar. Sci. Eng.* 9 (10), 1124.
- [25]. Rawat, J.S., & Kumar, M. (2015). Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *Egypt. J. Remote Sens. Space. Sci.* 18 (1), 77–84.
- [26]. Sidhu, N., Pebesma, E., & Camara, G. (2018). Using Google Earth Engine to detect land cover change: Singapore as a use case. *Eur. J. Remote Sens.* 51 (1), 486–500.
- [27]. Tian, P., Li, J., Cao, L., Pu, R., Gong, H., Liu, Y., Zhang, H., & Chen, H. (2021). Impacts of reclamation derived land use changes on ecosystem services in a typical gulf of eastern China: A case study of Hangzhou Bay. *Ecol. Indic.* 132, 108259.
- [28]. Ullah, N., Siddique, M.A., Ding, M., Grigoryan, S., Zhang, T., & Hu, Y. (2022). Spatiotemporal Impact of Urbanization on Urban Heat Island and Urban Thermal Field Variance Index of Tianjin City. *China. Buildings.* 12 (4), 399.
- [29]. Wang, C., Jia, M., Chen, N., & Wang, W. (2018). Long-term surface water dynamics analysis based on Landsat imagery and the Google Earth Engine platform: A case study in the middle Yangtze River Basin. *Remote Sens.* 10 (10), 1635.
- [30]. Wang, J., Li, C., Hu, L., Zhao, Y., Huang, H., & Gong, P. (2015). Seasonal land cover dynamics in Beijing derived from Landsat 8 data using a spatio-temporal contextual approach. *Remote Sens* 7 (1), 865–881.
- [31]. Wang, L., Chen, C., Xie, F., Hu, Z., Zhang, Z., Chen, H., He, X., & Chu, Y. (2021). Estimation of the value of regional ecosystem services of an archipelago using satellite remote sensing technology: A case study of Zhoushan Archipelago. *China. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 105, #102616.