نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering

Vol. 19, No. 70, Fall 2025
سال نوزدهم- شماره ۷۰- پاییز ۱۴۰۴

Modification of Runoff Collection Network of Anbar-Abad City Using SWMM with Urban Flood Management Approach

Fateme Dehghan Ghanat Kaman [1], Majid Rahimpour [2], Mohamad Reza Madadi [3*], Mohammad Mehdi Ahmadi [2]

Received: 27-08-2025, Revised: 09-10-2025, Accepted: 11-11-2025, Published: 12-11-2025
https://doi.org/10.22034/19.70.1

Extended Abstract

Introduction

Effective urban water management is a cornerstone of sustainable development and public safety in a rapidly changing global climate. The growing variability in weather patterns, characterized by longer dry spells punctuated by intense, short-duration storms, places unprecedented stress on city infrastructures. This is particularly true for cities in arid and semi-arid regions, where drainage systems were often designed based on outdated hydrological data and can no longer cope with current precipitation extremes. In recent years, the increase in the frequency of seasonal precipitation, especially in arid regions, and the improper design of flood collection networks in such areas have caused inundation of streets and residential areas and disruption of citizens' daily activities. In addition, flooding of urban streets in various locations has caused the spread of environmental pollution and health hazards, threatening human health. These problems have been observed in many urban basins in Iran in recent years. Addressing this dual threat of flooding and pollution requires a paradigm shift from simply disposing of stormwater to actively managing it as a valuable asset. Urban runoff can be harvested as a supplementary water resource. This approach, not only mitigates flood damage but also provides an alternative water source for non-potable uses, such as irrigation and industrial cooling, thereby reducing pressure on conventional water supplies. Therefore, designing and improving urban runoff collection networks to address the mentioned problems is an inevitable necessity and is of great importance. In this study, a runoff collection system in a semi-arid urban area has been simulated. In this case study, short-term but high-intensity rainfall, uneven temporal distribution of rainfall, and impermeable surfaces (e.g., asphalt and concrete) increase the risk of sudden runoff and further highlighted the need for careful design of runoff management infrastructure. The simulation's primary objective is to model the hydraulic performance of the existing network under extreme rainfall scenarios and to propose and test optimized design configurations that can enhance the system's capacity, reduce flood peaks, and facilitate the safe capture of runoff for subsequent use.

Materials and Methods

The city of Anbarabad located in the south of Kerman is one of the areas where heavy rains in different seasons cause urban flood events. This city has two distinct climatic conditions: hot semi-humid in the west and hot arid in the east. The highest

1. M.Sc. Student, Department of Water Science and Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
2. Associate professor, Department of Water Science and Engineering, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran.
3. Associate professor, Department of Water Science and Engineering, University of Jiroft, Jiroft, Iran, Tel/Fax: (+34)43347061 . Corresponding author, Email: madadi@ujiroft.ac.ir.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]
[DOI: 10.22034.19.70.1]

precipitation occurs in winter and autumn. The area that will be studied is the urban district of Anbarabad with an area of 684 hectares. In this study, the runoff collection network of Anbarabad was analyzed and optimized hydraulically using the SWMM 5.2. The information required by the model includes meteorological data (rainfall pattern, rainfall duration, input hyetographs, and other rainfall characteristics, intensity-duration-frequency curves, design rainfall, etc.) and spatial data (urban road map, land use map, soil type map and topographic map) along with runoff statistics. To determine the design rainfall, intensity-duration-frequency (IDF) curves were extracted. Prior to this, a data homogeneity test was performed using the run test method on the monthly rainfall data of the reference rain gauge station for the statistical period 1390 to 1399, which was obtained from the Iranian Meteorological Organization. After the sub-basinization operations in ArcGIS 10.8, the outlet hydrograph of each hydrological unit of the urban basin was calculated for a 10-year return period and based on that, the peak inflow discharge to the runoff collection network was determined and at the end, the network was hydraulically improved.

Results and Discussion

A comprehensive hydrological and hydraulic analysis was conducted to evaluate the performance of an urban drainage network under extreme flood conditions. A comparison of outlet hydrographs before and after channels modification (for a 10-year return period flood) revealed an increase in the peak discharge. This rise is attributed to the enhanced conveyance capacity of the modified system, which now routes water more efficiently towards the outlet, thereby altering the flood peak characteristics. The simulations revealed that physiographic characteristics substantially affect the hydrological behavior of each sub-basin. Sub-basins with steeper slopes, larger impervious surface areas, and higher equivalent widths generated higher runoff volumes. This variability in response underscores the importance of considering spatial heterogeneity in watershed management plans. Hydraulic simulation results indicated that 49 out of 56 nodes in Anbarabad's flood collection network experienced flooding. Among these, 28 nodes recorded the longest flooding duration, and node J21 exhibited the highest flood volume. The identification of such critical nodes is essential for prioritizing rehabilitation efforts and allocating resources effectively. Furthermore, the hydraulic analysis revealed that the existing runoff collection network in Anbarabad was undersized for the flood event, causing numerous stormwater channels to exceed their design capacity. This systemic inadequacy is a common issue in many rapidly urbanizing areas where infrastructure development lags behind land-use changes. Finally, based on the observed results, the geometric dimensions of stormwater channels were modified to provide the necessary capacity for flood conveyance. This intervention successfully eliminated flooding in previously affected nodes, demonstrating the critical importance of evidence-based, calibrated engineering solutions in building urban flood resilience.

Conclusion

The ongoing process of urbanization represents one of the most significant human impacts on the natural hydrologic cycle. The change in land use from natural and agricultural covers (e.g., forest, pasture) to urbanized ones (e.g., residential, commercial, industrial) has significantly heightened the challenges associated with urban watershed management. These changes reduce infiltration and increase both the volume and velocity of surface runoff, overwhelming traditional drainage systems. In this paper, the simulation of the surface runoff collection network of Anbarabad city located in Kerman province was performed using the SWMM 5.2 model. This widely recognized model was selected for its robust capability in simulating dynamic runoff processes and complex hydraulic routing within urban drainage networks. The modeling results were presented in the form of tables and graphs including peak discharge, cumulative runoff volume and peak flood flow time for each urban hydrological unit. Also, variations in outlet discharge across different network sections were quantified, enabling identification of critical zones contributing significantly to runoff production. This spatial analysis is crucial for implementing cost-effective mitigation measures where they are most needed. Subsequently, hydraulic simulation of the network revealed specific nodes experiencing overload or flooding conditions. These hydraulic bottlenecks were carefully analyzed to understand the underlying causes of system failure during storm events. Then, the necessary corrections were made at these points and finally, a modified surface

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

runoff collection network was proposed that can effectively prevent runoff and improve the safety and welfare of citizens. The results obtained allowed the assessment of the contribution of each region to runoff production and the identification of priority areas for the implementation of surface runoff collection systems. This methodology provides a scientifically grounded framework for urban planners to enhance flood resilience in rapidly developing cities, particularly in water-scarce regions like Kerman province.

Keywords: *Urban Watershed Management, Modification, Surface Runoff, Urban Drainage System, Hydraulic Simulation.*

Article Type: Research Article

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the financial and logistical support of Shahid Bahonar University of Kerman.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

Data Availability Statement

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

Fatemeh Dehghan Ghanat Kaman: Data collection & preparation, Model run, Simulations, Preparing manuscript.
Majid Rahimpour: Supervision, Manuscript editing.
Mohamad Reza Madadi: Supervision, Manuscript editing.
Mohammad Mehdi Ahmadi: Advisor, Manuscript editing.

Citation: Dehghan Ghanat Kama F, Rahimpour M, Madadi MR, Ahmadi MM, Modification of Runoff Collection Network of Anbar-Abad City Using SWMM with Urban Flood Management Approach. jwmseir 2025; 19 (70): 1-21

Iran-Watershed Management Science & Engineering, Year 2025, , Vol 19, No 70, PP 1-21

Publisher: Watershed Management Society of Iran
© Author(s)

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

بهسازی شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر عنبرآباد با مدل SWMM با رویکرد مدیریت سیلاب‌های شهری

فاطمه دهقان قنات کمان[۱] ، مجید رحیم‌پور[۲] ، محمدرضا مددی[۳]* ، محمدمهدی احمدی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۶/۰۵، تاریخ داوری:۱۴۰۴/۰۷/۲۷، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۸/۲۰، تاریخ انتشار ۱۴۰۴/۰۸/۲۱
https://doi.org/10.22034/19.70.1

چکیده

در سال‌های اخیر، افزایش تعداد رگبارهای فصلی به ویژه در مناطق خشک کشور و عدم طراحی مناسب شبکه‌های جمع‌آوری رواناب در شهرهای واقع در این مناطق باعث آب‌گرفتگی معابر عمومی و اماکن مسکونی و اختلال در فعالیت‌های روزمره شهروندان شده است. از این رو، بهسازی سامانه‌های جمع‌آوری رواناب شهری برای مقابله با این بحران‌ها امری لازم و ضروری محسوب می‌شود. شهر عنبرآباد واقع در جنوب استان کرمان یکی از مناطقی است که رگبارهای شدید در فصول مختلف باعث آب‌گرفتگی شهری و وقوع مشکلات متعدد بهداشتی و محیط زیستی در آن می‌شود. پژوهش حاضر به منظور بازطراحی و بهسازی هیدرولیکی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی شهر عنبرآباد با استفاده از مدل کامپیوتری SWMM انجام شد. این مدل با استفاده از اطلاعات اقلیمی، نقشه‌های توپوگرافی و شیب منطقه و نقشه کاربری اراضی به شبیه‌سازی جریان در شبکه جمع آوری رواناب سطحی می‌پردازد. در این مطالعه، هیدروگراف خروجی هر واحد هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شهری مورد مطالعه برای دوره بازگشت ۱۰ ساله محاسبه شد و بر اساس آن دبی اوج ورودی به شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی تعیین شد. با شبیه‌سازی هیدرولیکی شبکه، ۴۹ نقطه بحرانی که دچار اضافه بار یا شرایط سیلابی بودند، شناسایی شدند، سپس اصلاحات لازم (با تغییر مقطع کانال‌ها و تعداد موازات کانال در امتداد هر خیابان) در این نقاط انجام شد و در نهایت، شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی بهسازی شد که این امر می‌تواند به طور موثری رواناب را مدیریت کند و باعث کاهش خطر آب‌گرفتگی و ارتقاء ایمنی شهری شود.

کلیدواژه‌ها: *آبخیزداری شهری، بهسازی، رواناب سطحی، شبکه زهکشی شهری، شبیه‌سازی هیدرولیکی.*

نوع مقاله: پژوهشی

استناد: دهقان قنات کمان فاطمه، رحیم‌پور مجید، مددی محمدرضا، احمدی محمدمهدی. بهسازی شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر عنبرآباد با مدل SWMM با رویکرد مدیریت سیلاب‌های شهری. علوم ومهندسی آبخیزداری ایران. ۱۴۰۴؛ ۱۹(۷۰): ۱- ۲۱

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱۴۰۴، دوره ۱۹، شماره ۷۰، ۱ تا ۲۱

ناشر: انجمن آبخیزداری ایران

© نویسندگان

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران.
۲. دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهیدباهنر کرمان، کرمان، ایران.
۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. *مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: madadi@ujiroft.ac.ir.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]
[DOI: 10.22034.19.70.1]

مقدمه

توسعه شهرنشینی در دهه‌های اخیر موجب گسترش عملیات عمرانی نظیر ساخت جاده‌ها، پارکینگ‌ها، پیاده‌روها، ساختمان‌ها و اماکن مسکونی و به تبع آن افزایش سطوح نفوذناپذیر شهری شده است. این اقدامات خطر آب‌گرفتگی معابر شهری را در زمان وقوع رگبارهای شدید افزایش داده و آن را به یکی از مشکلات عمده جوامع شهری تبدیل کرده است. در بسیاری از شهرهای ایران، طراحی نامناسب شبکه‌های جمع‌آوری رواناب سطحی آسیب‌های جدی به زندگی شهروندان وارد کرده است [۱۰]. در موارد متعددی، عدم توانایی مجاری هدایت آب‌های سطحی در عبور کامل و امن رواناب ایجاد شده در اثر بارش باران منجر به وقوع آب‌گرفتگی در سطح خیابان‌ها و حتی حریم منازل شده که بعضاً در وسعت بیشتری رخ داده و روال عادی زندگی شهروندان را مختل نموده است. علاوه بر این، آب‌گرفتگی معابر شهری در نقاط مختلف موجب انتشار آلودگی‌های محیط زیستی و مخاطرات بهداشتی شده و سلامت انسان‌ها را تهدید نموده است. این معضلات در سال‌های اخیر در بسیاری از حوزه‌های آبخیز شهری کشور مشاهده شده است و با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش تعداد و شدت رگبارهای فصلی پیش‌بینی می‌شود خسارات حاصل از رواناب در این مناطق افزایش یابد که عمدتاً ناشی از عدم وجود سامانه مناسب جمع‌آوری رواناب سطحی و طراحی نامناسب کانال‌ها و آبروهای شهری است [۸].

هرچند آب‌گرفتگی تهدیدی جدی است، اما در صورت وجود سامانه کارآمد می‌تواند به عنوان فرصتی برای تأمین آب مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین طراحی مناسب و بهسازی شبکه‌های جمع‌آوری رواناب شهری به منظور رفع معضلاتی مانند ورود سیلاب‌ها به پهنه شهرها و آب‌گرفتگی معابر ضرورتی گریزناپذیر بوده و از اهمیت بالایی برخوردار است.

تاکنون روش‌ها و مدل‌های متعددی برای برآورد کمی و کیفی آب‌گرفتگی معابر شهری توسعه داده شده است. از اوایل دهه ۱۹۷۰ مدل‌های کامپیوتری که توانایی شبیه‌سازی آب‌گرفتگی معابر را دارند، توسط سازمان‌هایی نظیر سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده (EPA) تهیه شده‌اند و از آن پس تعداد زیادی مدل حوزه‌های آبخیز شهری، از مدل‌های مفهومی بسیار ساده تا مدل‌های هیدرولیکی پیچیده، توسعه داده شده است [۵]. در اینجا پیشینه مختصری از شبیه‌سازی آب‌گرفتگی شهری با مدل‌های کامپیوتری در تحقیقات داخل و خارج کشور ارائه می‌شود. ناصح‌پور و همکاران [۱۵] در یک مطالعه موردی در استان قم، با استفاده از مدل SWMM به ارزیابی اثرات توسعه شهری (تغییرات پوشش اراضی و موقعیت پوشش اراضی و ابزارهای توسعه کم اثر) بر رواناب شهری پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش سطوح نفوذناپذیر باعث افزایش تولید رواناب می‌شود، ولی موقعیت مکانی این سطوح تأثیر اندکی بر میزان رواناب دارد. . آن‌ها همچنین گزارش دادند که ابزار ذخیره سیلاب تأثیر چشمگیری بر کاهش میزان رواناب شهری دارد.

رفیعی و همکاران [۱۸] با مقایسه سه مدل SWMM، ASSA و SewerGemes به شبیه‌سازی آب‌گرفتگی شهر لار در استان فارس پرداختند. آن‌ها در این تحقیق برای واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌ها از شش رخداد بارش-رواناب استفاده کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مدل SWMM نسبت به دو مدل دیگر توانایی و دقت بیشتری در شبیه‌سازی رواناب دارد. زاهدی خامنه و همکاران [۲۵] با استفاده از مدل SWMM سامانه جمع‌آوری رواناب شهر مشهد را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که مؤثرترین عوامل بر دبی اوج رواناب، مشخصات فیزیوگرافی حوزه آبخیز (نظیر مساحت) بوده است. شهبازی و همکاران [۲۴] به تحلیل حساسیت پارامترهای ورودی مدل SWMM شامل درصد مناطق نفوذناپذیر، شیب، عرض معادل، ضریب زبری مانینگ، زمان تمرکز، شماره منحنی و ارتفاع ذخیره پرداختند. بر اساس تحقیق آن‌ها، حساس‌ترین پارامتر برای تولید رواناب، درصد اراضی نفوذناپذیر و کم‌حساس‌ترین پارامتر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذپذیر است. رحیمی و همکاران [۱۹] با استفاده از مدل SWMM ظرفیت شبکه جمع‌آوری رواناب شهر شاهرود را برای تخلیه سیلاب با دوره بازگشت دو تا ۱۵ سال ارزیابی نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مدل مذکور با دارای کارایی مناسب در شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب بود. همچنین بررسی عملکرد سامانه جمع‌آوری آب‌های سطحی نیز نشان داد که برای بارش‌های با دوره بازگشت دو، پنج، ۱۰ و ۱۵ سال، به ترتیب ۹/۱، ۳۱/۸، ۳۶/٤ و ٤۱ درصد مجاری آب‌رو دچار آب‌گرفتگی می‌شوند. پوراسماعیل و همکاران [۱۷] با استفاده از مدل SWMM به تحلیل حساسیت متغیرهای مؤثر بر دبی اوج سیلاب در منطقه عظیمیه کرج پرداختند. برای این منظور مقدار اولیه برآورد شده درصد مناطق نفوذناپذیر، شیب، عرض معادل، شماره منحنی، ضریب زبری مانینگ در مناطق نفوذناپذیر، ارتفاع ذخیره مناطق نفوذناپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی را در دامنه تغییرات قابل‌قبول به مقدار ثابت کاهش و افزایش دادند و تأثیر آن‌ها را بر دبی اوج سیلاب بررسی نمودند. نتایج نشان داد درصد مناطق نفوذناپذیر و درصد مناطق نفوذناپذیر بدون ذخیره سطحی به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را بر دبی اوج داشتند. حصاری و همکاران [۹] با شبیه‌سازی بارش-رواناب در مدل SWMM، پاسخ هیدرولوژیکی حوزه آبخیز شهر نیشابور را به رواناب تولیدی بررسی نمودند و بر مبنای آنالیز حساسیت مدل دریافتند که درصد نواحی نفوذناپذیر، مؤثرترین پارامتر بر دبی‌اوج رواناب است. آن‌ها گزارش دادند که پیاده‌سازی سناریوهای بیولوژیکی، سنگ‌فرش نفوذپذیر، ترانشه نفوذ، جوی باغچه و تلفیق کلیه این سناریوها موجب کاهش رواناب تولیدی به ترتیب به میزان ۸/۵۱، ۹/۵۸، ۱۵/۷۹، ۱۰/۲۵ و ٤۵/٤۳ درصد شد. محمدحسن‌نژاد و همکاران [۱٤] سامانه جمع‌آوری رواناب شهرک ولی عصر(عج) شهر باغین کرمان را برای سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ ساله در محیط نرم افزار SWMM طراحی و ارزیابی نمودند. نتایج نشان داد که سامانه طراحی‌شده برای عبور

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

سیلاب با دوره بازگشت ۲۵ ساله و ۱۰۰ ساله بسیار کارآمد بوده است، به طوری که جریان همواره زیربحرانی و سرعت جریان از سه متر برثانیه تجاوز نمی‌نماید. آن‌ها به منظور کاهش رواناب تولید شده و دستیابی به سامانه بهینه، از بام سبز به عنوان روش توسعه کم اثر استفاده نمودند و نتیجه گرفتند استفاده از این روش میزان جریان خروجی سیستم را تا **۳۰ درصد** کاهش می‌دهد. زندی و بشیرگنبد [۲۶] از مدل SWMM به‌منظور تعیین نقاط احتمالی سیل‌گرفتگی در سامانه جمع‌آوری رواناب شهری ملایر استفاده کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که تقریباً نیمی از شهر ملایر در رخداد بارش‌ها، در معرض سیلاب قرار می‌گیرد. ازاین‌رو شبکه زهکشی کنونی کارایی لازم برای تخلیه رواناب شهری به ویژه در بخش شمال شهر را ندارد و تعیین ابعاد بهینه کانال‌ها ضروری است. هاشمی و همکاران [۷] با استفاده از مدل SWMM به شبیه‌سازی رواناب شهری و تعیین مهم‌ترین پارامترهای مؤثر بر آن در بخش‌هایی از شهر خرم‌آباد پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل مذکور برای شبیه‌سازی رواناب از کارایی قابل‌قبولی برخوردار است. بر مبنای یافته‌های این محققین، مساحت مناطق نفوذناپذیر، عمق ذخیره چالابی و عرض معادل بیشترین تأثیر را بر تغییر عمق رواناب دارند. لیو و همکاران [۲۳] با استفاده از داده‌های بارندگی و رواناب مربوط به شش رویداد سیل در یک حوزه آبخیز در شهر ژنگژو چین، یک مدل ترکیبی مبتنی بر SWMM، GIS و یک الگوریتم یادگیری ماشین را توسعه دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که مدل ترکیبی پیشنهادی قادر است روش تقسیم زیرآبخیزها را در مدل SWMM بهینه کند، نمایش سیل را با روش‌های تجسم دوبعدی بهبود بخشد و دقت شبیه‌سازی را در مقایسه با مدل ساده SWMM افزایش دهد. ژانگ و همکاران [۲۷] از مدل SWMM مبتنی بر رویکرد تحلیل ساختاری برای ارزیابی کارایی سامانه جمع‌آوری رواناب شهری استفاده نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان‌دهنده دقت معقول و قابلیت بالای خروجی‌های مدل پیشنهادی در مقایسه با داده‌های دو رویداد سیل واقعی در گوانگژو چین بود. خاتونی و همکاران [۱۱] یک سکوی تلفیقی را با ادغام دو مدل SWMM و HEC-RAS توسعه دادند که در آن نرخ رواناب محاسبه شده توسط SWMM در هر گره به طور خودکار به HEC-RAS وارد می‌شود. این ادغام، محاسبه تغییرات زمانی و مکانی سرعت و عمق سیل را در شبیه‌سازی سیلاب شهری امکان‌پذیر نمود و نمایش دقیق‌تری از دینامیک سیل را ارائه کرد. آن‌ها این مدل را برای یک مطالعه موردی در شهر کرج با موفقیت ارزیابی نمودند.

همان طور که مشاهده می‌شود، موضوعات متعددی در حوزه مدیریت و کنترل رواناب شهری توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات از یک سو شامل بررسی مؤلفه‌های مؤثر بر تولید رواناب (نظیر اقدامات توسعه شهری و تغییر اقلیم) و از سوی دیگر دربرگیرنده نقش اقدامات آبخیزداری در کاهش رواناب شهری است. با مقایسه نتایج این مطالعات و در نظر گرفتن اهداف پژوهش حاضر، مدل SWMM به عنوان مدلی کارآمد و مؤثر در شبیه‌سازی سیلاب شهری و تعیین ابعاد مناسب کانال‌های هدایت رواناب سطحی انتخاب شد. محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، یک منطقه شهری گرم و خشک (شهر عنبرآباد واقع در استان کرمان) است. تاکنون در این شهر هیچ‌گونه مطالعه جامعی در زمینه مدیریت رواناب شهری بر پایه مدل‌های عددی و دینامیک، به‌ویژه در مقیاس سامانه جمع‌آوری رواناب سطحی صورت نگرفته است. ویژگی منحصربه‌فرد این مطالعه در انطباق و تنظیم پارامترهای مدل با توجه به شرایط اقلیمی خاص شهر عنبرآباد است. بارش‌های کوتاه مدت ولی با شدت بالا، توزیع نامتوازن بارندگی در فصول مختلف سال و بافت خاک نسبتاً نفوذناپذیر، ریسک وقوع رواناب ناگهانی را در این شهر افزایش می‌دهد و لزوم طراحی دقیق زیرساخت‌های مدیریت رواناب را دوچندان می‌کند. از سوی دیگر، در این پژوهش ابعاد مناسب برای مجاری رواناب سطحی پیشنهاد می‌شود که می‌تواند مبنایی علمی برای طراحی سامانه‌های جدید یا بهسازی سامانه‌های موجود در مناطق مشابه باشد. این موضوع از جنبه اجرایی نیز حائز اهمیت است، چرا که تا پیش از این تصمیم‌گیری‌ها در این حوزه بیشتر مبتنی بر تجربیات محلی یا رویکردهای غیر مدل‌محور انجام می‌گرفت.

مواد و روش‌ها

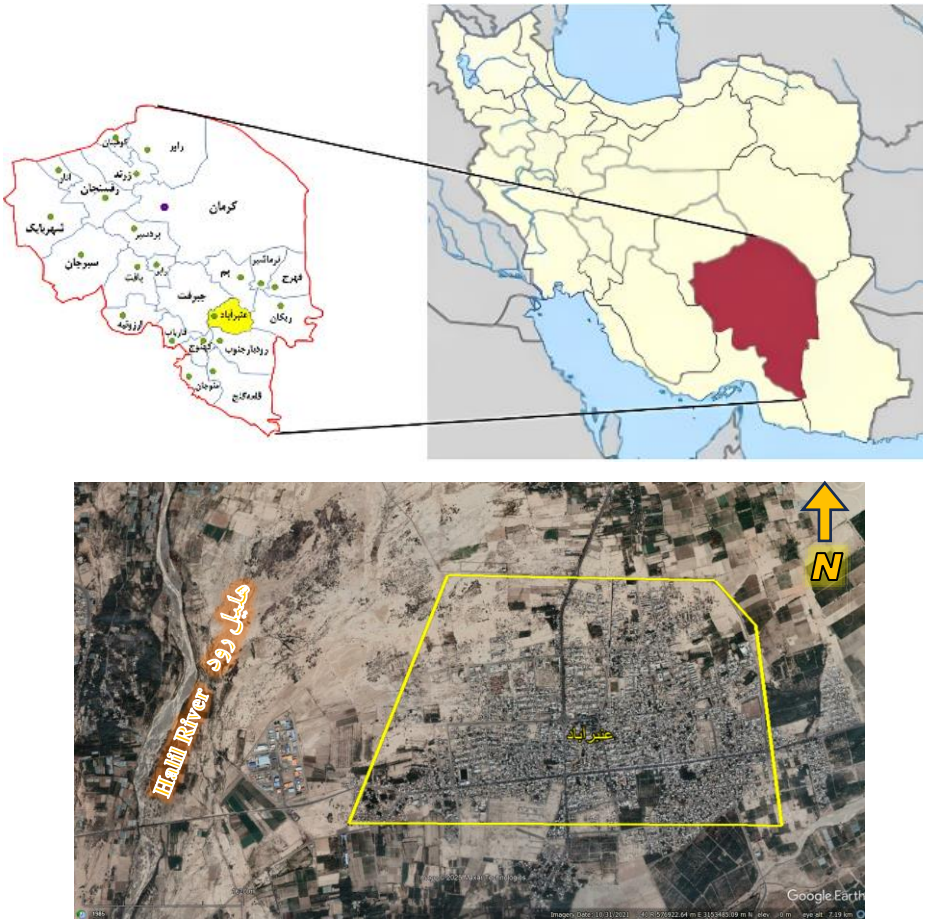
منطقه مورد مطالعه

شهرستان عنبرآباد با مساحتی بالغ بر ٤٦٩٩ کیلومترمربع از توابع استان کرمان و از نظر جغرافیایی در محدوده ۲۸/۲ تا ۲۸/۸ درجه عرض شمالی و ۵۷/۸ تا ۵۸/۵ درجه طول شرقی واقع شده است. مرکز این شهرستان، شهر عنبرآباد است (شکل۱). عنبرآباد در ۲۵۷ کیلومتری جنوب استان کرمان و با ارتفاع ٦۰۱ متری از سطح دریا، از شمال و غرب با شهرستان جیرفت، از جنوب با شهرستان‌های کهنوج و رودبار جنوب و از شرق با شهرستان‌های بم و ریگان هم‌مرز است. این شهرستان شامل دو بخش مرکزی و جبالبارز جنوبی است و جمعیت آن طبق سرشماری سال ۱۳۹۵، برابر با ۸۲ هزار نفر است. عنبرآباد با میانگین بارندگی ۲۳۰ میلی‌متر، دارای دو اقلیم گرم و نیمه‌مرطوب در نواحی غربی و گرم و خشک در نواحی شرقی است؛ آن گونه که گرمای آن در تابستان گاه به ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد، در حالی که در مناطق کوهستانی، هوایی سرد و معتدل دارد. بیشترین میزان بارندگی این شهرستان در زمستان و پاییز صورت می‌گیرد. مهمترین جریان دائمی استان کرمان، یعنی هلیل‌رود با متوسط دبی سالانه هشت متر مکعب بر ثانیه [٤]، از غرب این شهرستان می‌گذرد و سد جیرفت، موقعیت مناسبی را برای کشاورزی این منطقه فراهم آورده است.

با توجه به وقوع بارندگی‌های شدید در شهر عنبرآباد و سابقه وقوع آب‌گرفتگی خیابان‌ها، شبیه‌سازی و بررسی کارایی سامانه جمع‌آوری رواناب این شهر از اهمیت بالایی برخوردار است. بر

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۱- موقعیت شهر عنبرآباد در کرمان و ایران

Fig 1. Location of Anbar-Abad in Kerman and Iran

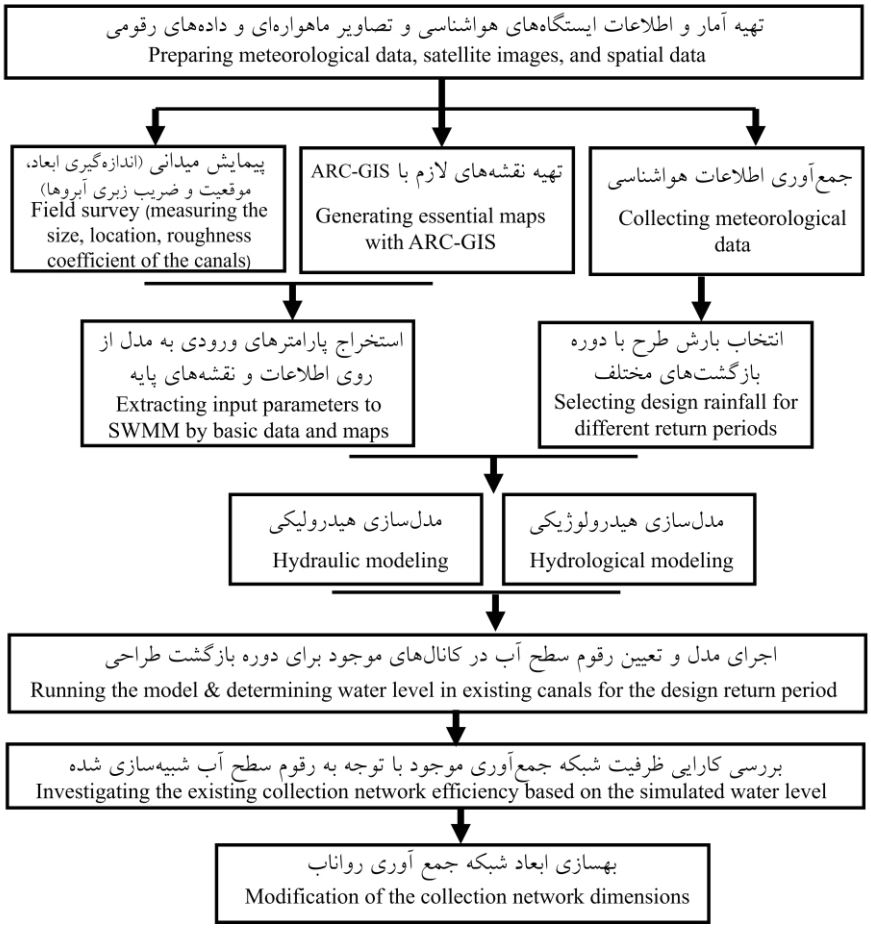
اساس مشاهدات و دریافت اطلاعات از شهرداری عنبرآباد، علاوه بر آب‌گرفتگی معابر، انتشار آلودگی‌های محیط زیستی و خطرات ناشی از پخش رواناب به واسطه نابسامانی کانال‌ها و شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی از معضلات اساسی این شهر به شمار می‌آیند. لذا با توجه به اهمیت منطقه و وجود کاربری‌های مختلف اراضی، بررسی کفایت شبکه موجود در عبور دادن رواناب طرح و یافتن بهترین مقطع کانال‌ها از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. منطقه‌ای که مورد بررسی قرار خواهد گرفت، بافت شهری عنبرآباد با مساحت ٦٨٤ هکتار است.

مدل SWMM

این مدل توسط موسسه هیدرولیک دانمارک به منظور شبیه‌سازی هیدرولیکی و هیدرولوژیکی رواناب شهری و فاضلاب تهیه شده است [۳]. مدل SWMM نرم افزاری اقتصادی و مهندسی برای تجزیه و تحلیل سامانه‌های رواناب‌رو و فاضلاب‌رو است. مدل مذکور از تلفیق دو مدل MIKE-11 و SWMM تهیه شده است و در آن از توانایی مدل MIKE-11 برای مدل‌سازی جریان غیرماندگار یک بعدی استفاده شده و قابلیت حل معادلات موج آب کم عمق را با استفاده از روش تفاضلات محدود ضمنی دارد. از مدل SWMM می‌توان به عنوان ابزاری در راستای مدیریت کاراتر حوزه‌های آبخیز شهری استفاده نمود. از دلایل برتری این مدل بر مدل‌های دیگر، قابلیت ارزیابی وضعیت سامانه جمع‌آوری رواناب منطبق با شرایط شهری و قابلیت ارزیابی و ارائه بهترین اقدامات مدیریتی است [۱ و ٦]. در این مدل برآورد سیلاب با روش موج سینماتیک و ترکیب المان‌های جریان‌های سطحی و کانالیزه شده صورت می‌پذیرد؛ بنابراین دارای مبنای فیزیکی و رویکرد توزیعی است و امکان بررسی جداگانه نواحی نفوذپذیر و نفوذناپذیر را دارد. همچنین قادر است پاسخ غیرخطی حوزه آبخیز به بارندگی اضافی را شبیه‌سازی نماید. مدل SWMM، جریان رواناب را در قالب شبکه زهکشی زیرآبخیزها و مجاری عبور آب شبیه‌سازی کرده و در طول مجاری و در محل اتصال کانال‌ها پروفیل سطح آب را ارائه می‌دهد. این مدل امکان طراحی و مدیریت شبکه جمع‌آوری رواناب شهری را فراهم می‌کند و به برنامه‌ریزان اجازه می‌دهد گزینه‌های مختلف طراحی را بررسی کنند. مدل مذکور به کاربر اجازه می‌دهد که حوزه آبخیز مورد مطالعه را به هر تعداد زیرآبخیز با شکل‌های غیرمنظم تقسیم نماید تا تأثیر مواردی همچون توپوگرافی، آبراهه‌ها، پوشش اراضی و مشخصات خاک در تولید رواناب به بهترین شکل مشخص شود. SWMM از مدل مخزن غیرخطی برای تخمین

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۲- نمودار جریانی روش انجام تحقیق

Fig 2. Flowchart of methodology

رواناب سطحی حاصل از بارش استفاده می‌کند. هر زیرآبخیز را به عنوان سطح مستطیلی شکل با شیب یکنواخت S و عرض W در نظر می‌گیرد که رواناب حاصل آن، تنها از یک آبراهه، از زیرآبخیز خارج می‌شود. جزئیات بیشتر از مبانی محاسباتی این مدل و روابط ریاضی حاکم بر آن در مرجع [۲۱] قابل مطالعه است. این پژوهش نه‌تنها یک گام نو در جهت کاربرد مدل‌های پیشرفته در مدیریت رواناب شهری در مقیاس محلی برمی‌دارد، بلکه راه را برای اجرای اقدامات مؤثرتر در زمینه کاهش خطرپذیری و افزایش تاب‌آوری شهر عنبرآباد در برابر رواناب‌های سطحی هموار می‌نماید.

روش تحقیق

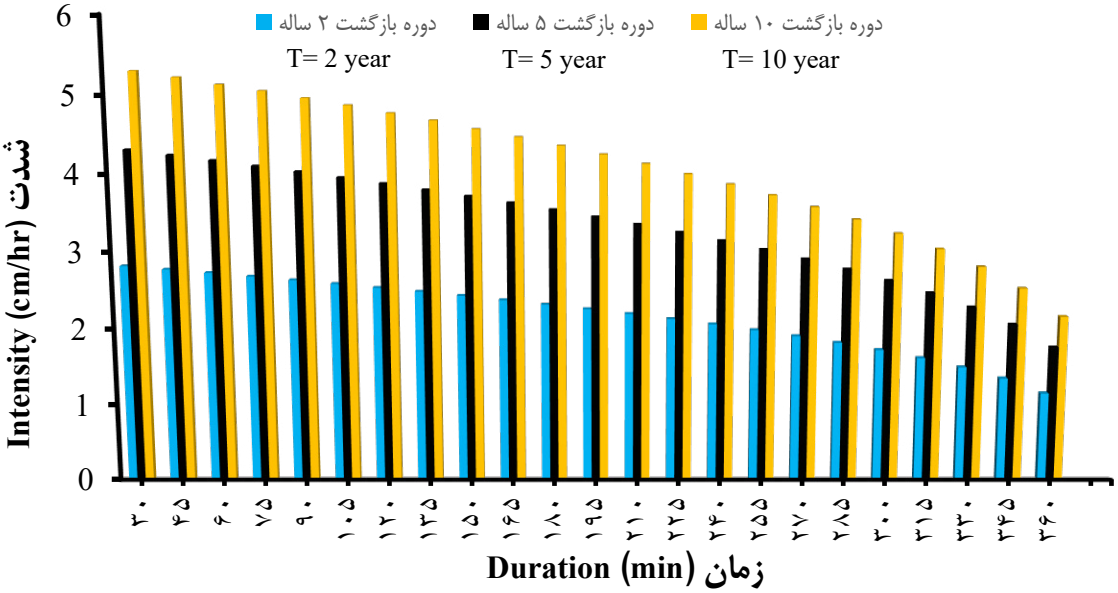
پس از گردآوری آمار و اطلاعات مورد نیاز، روش انجام تحقیق در ادامه شرح داده می‌شود (شکل ۲). اطلاعات مورد نیاز مدل SWMM شامل داده‌های هواشناسی (الگوی بارندگی، زمان بارندگی، هایتوگراف‌های ورودی و سایر خصوصیات بارندگی، منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی، باران طرح و...) و داده‌های مکانی (نقشه معابر شهری، نقشه کاربری اراضی و نقشه توپوگرافی) است. در این پژوهش، به منظور تعیین باران طرح و استخراج منحنی‌های شدت- مدت- فراوانی (IDF)، آزمون همگنی داده‌ها با استفاده از روش ران تست (run test) بر روی داده‌های بارندگی ماهانه ایستگاه باران‌سنجی میانده برای دوره آماری ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ صورت پذیرفت. سپس مقادیر حداکثر شدت بارش برای تداوم‌های زمانی مختلف در هر سال مشخص شد و سری زمانی مربوطه تهیه شد. این سری زمانی به ترتیب نزولی مرتب شد و احتمال وقوع تجربی هر یک با استفاده از تابع احتمال ویبول محاسبه شد. سپس مقادیر شدت بارش نسبت به احتمال مربوطه تعیین شد. در نهایت منحنی‌هایی که برای هر تداوم بدست آمد در یک نمودار رسم شد و بدین ترتیب منحنی IDF برای دوره بازگشت‌های دو، پنج و ۱۰ سال محاسبه شد (شکل ۳). در ادامه، با توجه به مساحت کوچک واحدهای شهری، مقدار باران شش ساعته به عنوان باران طرح انتخاب شد (جدول ۱).

انتخاب الگوی توزیع زمانی باران طرح بر اساس منحنی بدون‌بعد SCS تیپ چهار با استفاده از نرم‌افزار SMADA صورت گرفت.

تیپ‌های مختلف تابع توزیع در این نرم افزار بررسی شد و حالتی که منجر به بیشترین ارتفاع بارش (بحرانی‌ترین حالت) شد، انتخاب شد. بر اساس نشریه ۳- ۱۱۸ سازمان برنامه و بودجه [۱۶]، انتخاب دوره بازگشت مناسب برای طراحی شبکه‌های جمع‌آوری سیلاب شهری در مورد شهرهای ایران به مواردی نظیر شیب منطقه، وجود

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۳- نمودارهای شدت – مدت – فراوانی (IDF) منطقه مورد مطالعه

Fig 3. Intensity-Duration- Frequency (IDF) curves for the case study area

جدول ۱- بارش ٦ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف ایستگاه سینوپتیک میانده

Table 1. 6-hour precipitation with different return periods at the Miandeh synoptic station

بارش ۱۰ ساله (میلی‌متر) 10-yr precipitation (mm)	بارش پنج ساله (میلی‌متر) 5-yr precipitation (mm)	بارش دو ساله (میلی‌متر) 2-yr precipitation (mm)
88.47	68.24	43.79

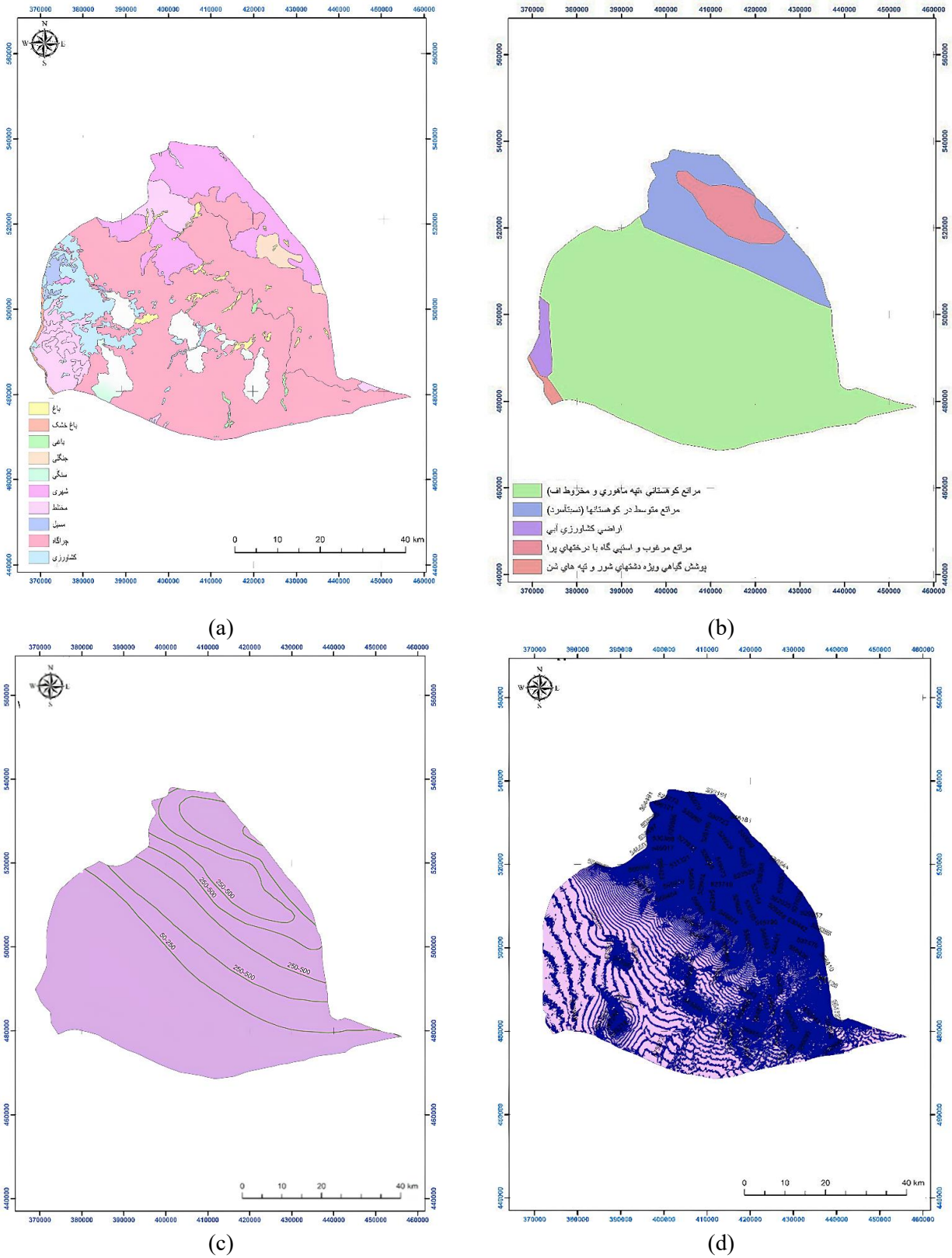
ساختمان‌های آسیب‌پذیر و تراکم جمعیت و .... بستگی دارد. در این پژوهش، شبیه‌سازی‌ها بر اساس سیلاب با دوره بازگشت دو، پنج و ۱۰ سال انجام شد و از آنجا که منطقه مورد مطالعه، منطقه‌ای شهری با بافت جمعیتی متراکم است، دوره بازگشت ۱۰ ساله به عنوان مبنای طراحی مجاری آبرو منظور شد.

در ادامه، با استفاده از داده‌های ارتفاعی منطقه، نقشه شیب و نقشه کاربری اراضی، عملیات زیرآبخیزبندی در نرم‌افزار ArcGIS 10.8صورت پذیرفت. به این منظور، نقشه‌های توپوگرافی منطقه با مقیاس ۱:۲۰۰۰ از شهرداری عنبرآباد اخذ و در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.8 دیجیتالی شد (شکل ٤). در این فرآیند، مرزهای هیدرولوژیکی منطقه تعیین شد و حوزه آبخیز مطالعاتی به زیرآبخیزهای کوچک‌تر تقسیم شد. مساحت کل محدوده مورد مطالعه حدود ٦٨٤ هکتار بود که منطبق بر بلوک‌های شهری به ٦٠ زیرآبخیز تقسیم شد. حداکثر مساحت یک زیرآبخیز۳۲/۳ هکتار به دست آمد. خلاصه مشخصات ورودی زیرآبخیزهای موجود در محدوده مورد مطالعه در شکل (۵) و جدول (۲) ارائه شده است. برای تعیین ضریب رواناب، ابتدا نقشه کاربری اراضی منطقه تهیه و انواع کاربری‌ها از جمله ساختمان‌های مسکونی، حیاط، پارک، استخر، میدان ورزشی، سطوح آسفالتی، سنگ‌فرش، آجرفرش و اراضی بایر تفکیک شدند. سپس با استفاده از جداول مرجع و بر اساس نوع کاربری، ضریب رواناب هر بخش تعیین شد. در صورتی که یک زیرآبخیز دارای چند نوع کاربری مختلف باشد، مساحت هر بخش به کمک نرم‌افزار محاسبه و ضریب رواناب به صورت میانگین وزنی تعیین شد.

همچنین برای تعیین ضریب زبری سطوح، از مقادیر پیشنهادی انجمن مهندسین عمران آمریکا [۱۲] استفاده شد. شبکه موجود جمع‌آوری آب‌های سطحی نیز به کمک برداشت‌های میدانی و داده‌های گزارش طرح تفصیلی منطقه تهیه شد (شکل ۵). سپس ویژگی‌های فیزیکی هر زیرآبخیز محاسبه و اطلاعات هواشناسی مورد نیاز به مدل وارد شد. پس از اجرا و شبیه‌سازی رواناب توسط مدل، هیدروگراف رواناب در خروجی هر یک از بخش‌های هیدرولوژیک حوزه آبخیز شهری با دوره‌های بازگشت مورد نظر استخراج شد. همچنین برای شبیه‌سازی هیدرولیکی، تنظیمات مدل شامل روش حل معادلات، پارامترهای کنترل جریان، پارامترهای مربوط به گام‌های زمانی، معیار همگرایی و تعداد تکرار با توجه به توصیه توسعه‌دهندگان مدل و نتایج مطالعات قبلی مشخص شد [۲ و ۲۱].

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

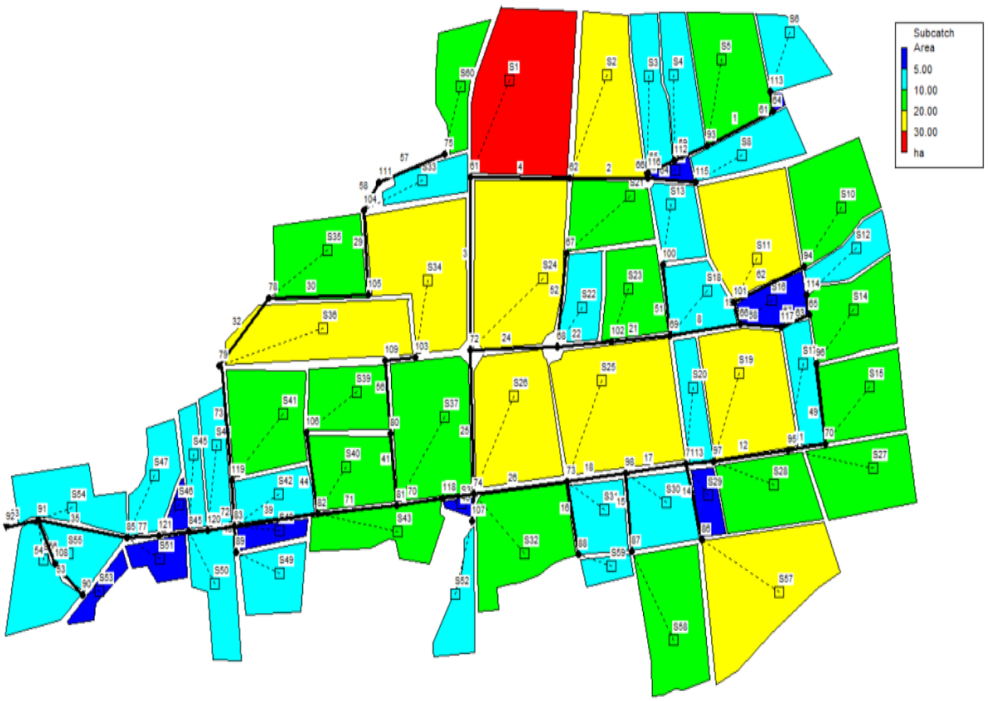


شکل ٤–a– نقشه کاربری اراضی، b– نقشه پوشش گیاهی، c– نقشه خطوط همباران d– نقشه رقوم ارتفاعی

Fig 4. Generated maps in this study; a- Land use map, b- Vegetation map, c- Isohyet map, d- Elevation contours map

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۵- طبقه‌بندی زیرآبخیزها بر اساس مساحت

Fig 5. Classification of sub-basins based on area

جدول ۲- مشخصات زیرآبخیزهای شهری در محدوده مورد مطالعه

Table 2. Characteristics of urban sub-basins in the study area

عرض معادل (m) Equivallent width	شیب Slope(%)	مساحت Area(ha)	شماره زیرآبخیز Sub-basin No	عرض معادل Equivallent width(m)	شیب Slope(%)	مساحت Area(ha)	شماره زیرآبخیز Sub-basin No
231.02	0.660	7	S31	370.41	0.573	32.3	S1
325.58	0.775	16.8	S32	294.19	0.659	22.3	S2
136.81	0.746	5.5	S33	121.41	0.295	8.22	S3
351.9	0.439	24	S34	154.01	0.157	9.78	S4
247.68	0.739	13.4	S35	298.65	0.503	17.8	S5
227.73	0.563	20.2	S36	299.65	0.290	7.9	S6
317.38	0.159	19.9	S37	33.86	0	0.3	S7
54	0.666	0.81	S38	161.53	0.915	8.82	S8
225.26	1.263	10.7	S39	112.12	3.030	1.11	S9
250	0.431	11.6	S40	237.47	0.484	14.7	S10
281.48	0	15.2	S41	392.28	0.321	24.4	S11
174.54	1.049	6.65	S42	123.04	0.652	5.66	S12
187.17	0.866	10.8	S43	201.2	0.602	6.68	S13
114.51	0	7.1	S44	226.95	0.354	12.8	S14
97.32	0.157	6.19	S45	251.41	0.567	13.3	S15
67.09	0.432	1.55	S46	88.81	0	2.86	S16
155.85	0	8.12	S47	127.09	0.199	6.38	S17
81.36	2.662	2.75	S48	152.23	0.895	5.1	S18
213.96	2.796	7.66	S49	412.87	0.378	21.8	S19
176.47	1.764	9	S50	120.76	0.380	6.34	S20
128.52	3.355	3.83	S51	272.28	0.722	11.3	S21
104.85	2.024	5.18	S52	179.29	0.757	7.1	S22
151.81	6.363	3.34	S53	258.62	0.377	15	S23
191.85	1.221	9.42	S54	364.08	0.872	29.2	S24
171.42	1.519	5.64	S55	394.14	0.399	29.6	S25
203.94	3.070	9.3	S56	327.39	0.162	20.2	S26
376.31	0.299	25.1	S57	227.35	0.532	12.8	S27
251.17	0.780	16.1	S58	228.82	0.360	12.7	S28
181.58	0.255	7.1	S59	125.88	0.354	3.55	S29
259.82	0.512	15.2	S60	221.26	0.759	8.74	S30

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

همچنین بر اساس بررسی نقشه طرح تفصیلی، نقشه توپوگرافی و بازدیدهای میدانی صورت گرفته، داده‌های لازم برای شبیه‌سازی هیدرولیکی شامل ابعاد هندسی (عمق، عرض و طول) مجاری آبرو، مختصات مکانی گره‌ها، رقوم کف و تاج آبرو در محل گره‌ها استخراج و ثبت شد. طراحی شبکه مجاری انتقال و گره‌های اتصال مطابق با شکل (۵) صورت گرفت. بر این اساس، تعداد پارامترهای شبکه شامل زیرآبخیزها، گره‌ها، اتصالات و نقطه خروجی به صورت جدول (۳) به دست آمد. در نهایت به منظور ارزیابی کفایت عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی، از دو معیار اصلی استفاده شد. معیار نخست، نسبت دبی اوج عبوری از هر مجرا به حداکثر دبی قابل عبور از آن مجرا در شرایط لبریز و با جریان سطح آزاد است. معیار دوم، بررسی وجود یا عدم وجود اضافه بار و شرایط سیلابی در گره‌های شبکه است. اضافه‌بار حالتی است که در آن، رقوم سطح آب در یک گره از رقوم تاج لوله متصل به آن گره فراتر رود. شرایط سیلابی نیز زمانی رخ می‌دهد که رقوم سطح آب در محل گره از رقوم سطح زمین بالاتر رفته و منجر به جاری شدن آب در سطح معابر شود.

جدول ۳- مشخصات شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی

Table 3. Characteristics runoff collection network

ردیف No	پارامتر Parameter	تعداد Number
1	زیرآبخیز Sub-watershed	60
2	گره Node	56
3	اتصالات Junctions	56
4	خروجی Outlet	1

نتایج

در این پژوهش ابتدا شبیه‌سازی عملکرد شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی در واحدهای شهری و روندیابی هیدرولیکی در مسیر کانال‌های شبکه تا خروجی محدوده مورد مطالعه انجام شد. شبیه‌سازی بارش- رواناب به روش مخزن غیرخطی و روندیابی در مجاری با مدل موج دینامیکی انجام شد. شبیه‌سازی هیدرولوژیکی با وارد کردن خصوصیات فیزیوگرافی برای هر یک از زیرآبخیزها و توزیع باران با دوره بازگشت دو، پنج و ۱۰ سال انجام پذیرفت. خلاصه‌ای از نتایج شبیه‌سازی هیدرولوژیکی به ازای باران طراحی با دوره بازگشت ۱۰ ساله، در جدول (٤) ارائه شده است.

شبیه‌سازی هیدرولیکی شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر عنبرآباد نیز با وارد شدن حداکثر دبی رواناب، در محل گره‌های ورودی هر زیرآبخیز به سامانه جمع‌آوری آب‌های سطحی آغاز شد و سپس روندیابی رواناب در مجاری آبرو با استفاده از بلوک انتقال توسعه یافته انجام شد. برای روندیابی رواناب، ابتدا از ابعاد اولیه طراحی در مجاری آبروی موجود شهر استفاده شد. نتایج این قسمت، خود در دو دسته- یکی مربوط به گره‌ها و دیگری مربوط به کانال‌ها- ارائه می‌شود. گره‌هایی از سیستم جمع‌آوری رواناب که در آن کانال‌ها به هم می‌پیوندند، گره‌های اتصال هستند. این گره‌ها به صورت فیزیکی بیانگر نقطه الحاق مجاری سطحی در طبیعت، منهول‌ها در شبکه فاضلاب و یا اتصالات لوله‌ها هستند. بدین ترتیب، در کل شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی منطقه مورد مطالعه ٥٦ گره مشخص شد.

وضعیت گره‌ها از نظر سیل‌گرفتگی

موارد حائز اهمیت در نتایج مربوط به گره‌ها، مدت تداوم اضافه بار و مدت تداوم شرایط سیلابی در محل گره است. در شکل (٦)، شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی در محیط مدل SWMM نشان داده شده است. جدول (۵) نیز نمونه‌ای از نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی مربوط به گره‌ها و آبروها براساس وضعیت موجود شهر (به ازای دوره بازگشت ۱۰ سال) را نشان می‌دهد. همان طور که مشخص است، از تعداد کل ٥٦ گره، ٤٩ گره دچار سیل‌گرفتگی شدند، از میان این ٤٩ گره، تعداد ۲۸ گره، بیشترین ساعات سیل‌گرفتگی را داشته‌اند و در گره J21 بیشترین حجم سیل گرفتگی مشاهده شد. در شکل (۷) هیدروگراف جریان ورودی به گره شماره ۲۱ برای دبی طرح با دوره بازگشت ۱۰ سال نمایش داده شده است.

نمایش مسیرهای بحرانی

پروفیل طولی سطح آب در شبکه کانال‌های آبرو در منطقه مورد مطالعه، برای نقاط بحرانی شبکه به ازای دبی طرح با دوره بازگشت ۱۰ سال و بر اساس ابعاد موجود کانال‌ها در محیط ماژول MIKE-VIEW، قابل نمایش است. شکل (۸) نمونه‌ای از این نمودارها را برای گره J15 نشان می‌دهد. در این شکل، محور عمودی معرف رقوم ارتفاعی و محور افقی معرف فاصله نسبت به گره بالادست است. همانطور که مشاهده می‌شود کانال‌ها به صورت پر بوده و شرایط اضافه‌بار در آن‌ها مشهود است.

ابعاد کانال‌ها قبل و بعد از اصلاح

در جدول (٦) نتایج مدل شامل نوع کانال انتقال جریان رواناب، ابعاد هندسی کانال‌ها و تعداد کانال‌ها در خیابان یا موازات (مقدار یک یعنی فقط در یک مسیر رفت یا برگشت کانال وجود دارد، مقدار دو یعنی در هر دو مسیر رفت و برگشت کانال وجود دارد) در شرایط موجود در مقایسه با شرایط بهسازی شده توسط مدل ارائه شده است. همان‌گونه که از نتایج مشاهده می‌شود در محل بعضی گره‌ها که گره‌های بحرانی نامیده می‌شود شرایط سیلابی و اضافه‌بار وجود دارد. این مطلب بیانگر نامناسب بودن ابعاد کانال است. بنابراین به منظور جلوگیری از ایجاد رواناب و شرایط سیلابی در کانال آبرو باید ابعاد آن‌ها را اصلاح کرد. همچنین در صورتی که در محل یک گره اضافه بار و شرایط سیلابی وجود داشته باشد، بدان معنی است که باید کانال پایین‌دست آن گره، اصلاح شود تا بتواند جریان اضافی را به سمت پایین‌دست تخلیه نماید.

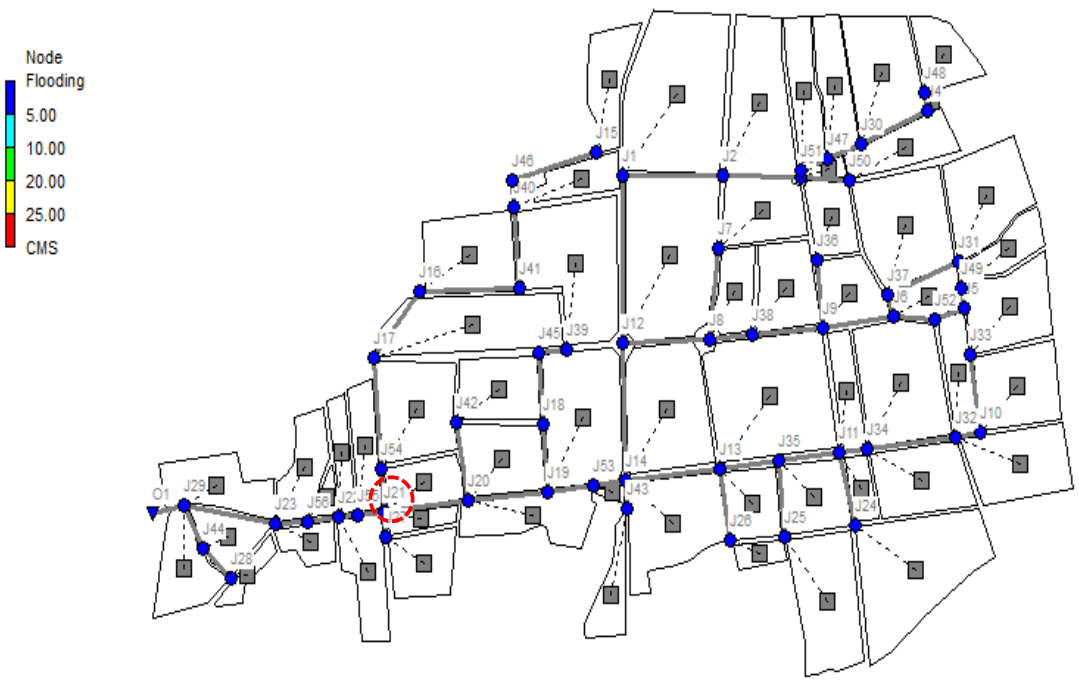
[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

جدول ٤- نتایج شبیه‌سازی هیدرولوژیکی به ازای باران طرح با دوره بازگشت ۱۰ ساله

Table 4. Hydrological simulation results for the design rainfall with a 10-year return period

ضریب رواناب Runoff cofficient	دبی پیک Peak flow (CMS)	رواناب کل Total runoff (CM)	بارش کل Total precipitation (mm)	زیرآبخیز Sub-basin	ضریب رواناب Runoff coefficient	دبی پیک Peak flow (CMS)	رواناب کل Total runoff (CM)	بارش کل Total precipitation (mm)	زیرآبخیز Sub-basin
0.959	1.1	83.36	86.9	S31	0.916	3.49	79.63	86.9	S1
0.991	2.8	86.12	86.9	S32	0.93	2.74	80.83	86.9	S2
0.952	0.82	82.72	86.9	S33	0.935	1.06	81.22	86.9	S3
0.934	3.08	81.2	86.9	S34	0.937	1.29	81.43	86.9	S4
0.943	1.86	81.92	86.9	S35	0.939	2.39	81.63	86.9	S5
0.923	2.32	80.23	86.9	S36	0.98	0.18	85.14	86.9	S9
0.952	2.98	82.74	86.9	S37	0.942	1.22	81.9	86.9	S8
0.973	0.13	84.59	86.9	S38	0.946	0.05	82.19	86.9	S7
0.947	1.54	82.29	86.9	S39	0.956	1.22	83.09	86.9	S6
0.948	1.68	82.35	86.9	S40	0.938	1.95	81.51	86.9	S10
0.943	2.11	81.93	86.9	S41	0.938	3.23	81.5	86.9	S11
0.953	1.01	82.85	86.9	S42	0.948	0.82	82.38	86.9	S12
0.941	1.47	81.73	86.9	S43	0.957	1.04	83.17	86.9	S13
0.938	0.94	81.51	86.9	S44	0.941	1.75	81.8	86.9	S14
0.937	0.81	81.43	86.9	S45	0.943	1.86	81.99	86.9	S15
0.965	0.25	83.89	86.9	S46	0.958	0.45	83.23	86.9	S16
0.944	1.14	82.03	86.9	S47	0.945	0.9	82.14	86.9	S17
0.957	0.42	83.13	86.9	S48	0.957	0.79	83.15	86.9	S18
0.955	1.17	83	86.9	S49	0.944	3.04	81.99	86.9	S19
0.945	1.27	82.09	86.9	S50	0.944	0.89	82.01	86.9	S20
0.96	0.6	83.4	86.9	S51	0.951	1.68	82.64	86.9	S21
0.946	0.74	82.18	86.9	S52	0.952	1.07	82.76	86.9	S22
0.966	0.54	83.98	86.9	S53	0.94	2.03	81.72	86.9	S23
0.946	1.34	82.2	86.9	S54	0.928	3.5	80.62	86.9	S24
0.991	0.94	86.14	86.9	S55	0.931	3.65	80.86	86.9	S25
0.948	1.35	82.4	86.9	S56	0.938	2.68	81.52	86.9	S26
0.935	3.24	81.27	86.9	S57	0.941	1.75	81.81	86.9	S27
0.937	2.11	81.4	86.9	S58	0.942	1.75	81.85	86.9	S28
0.953	1.07	82.79	86.9	S59	0.961	0.56	83.51	86.9	S29
0.94	2.06	81.69	86.9	S60	0.952	1.31	82.76	86.9	S30

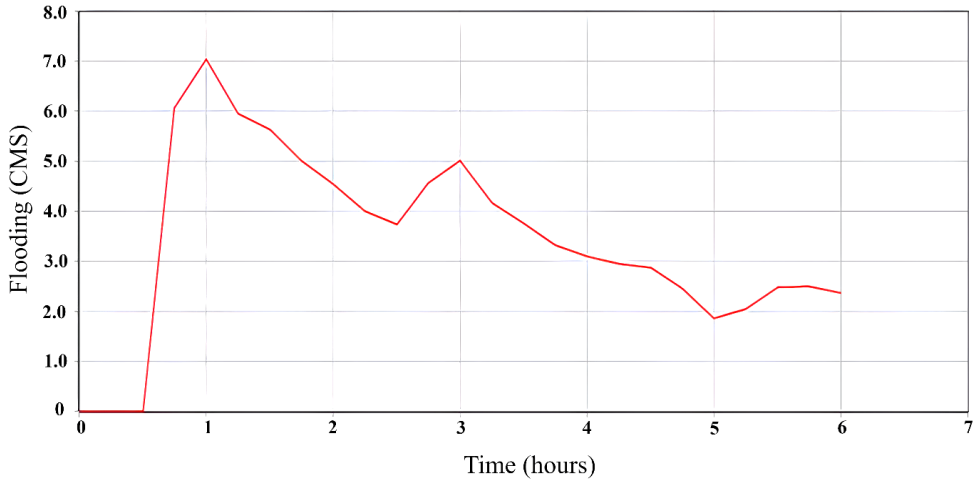


شکل ٦- نمایش موقعیت گره‌ها و مجاری آبرو و وضعیت آن‌ها از نظر سیل‌گرفتگی

Fig 6. Illustrating the location of junctions and canals and their status in terms of flooding

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۷- هیدروگراف جریان ورودی به گره شماره ۲۱ برای دبی طرح با دوره بازگشت ۱۰ ساله

Fig 7. Inflow hydrograph to Junction 21 for the 10-year return period design discharge

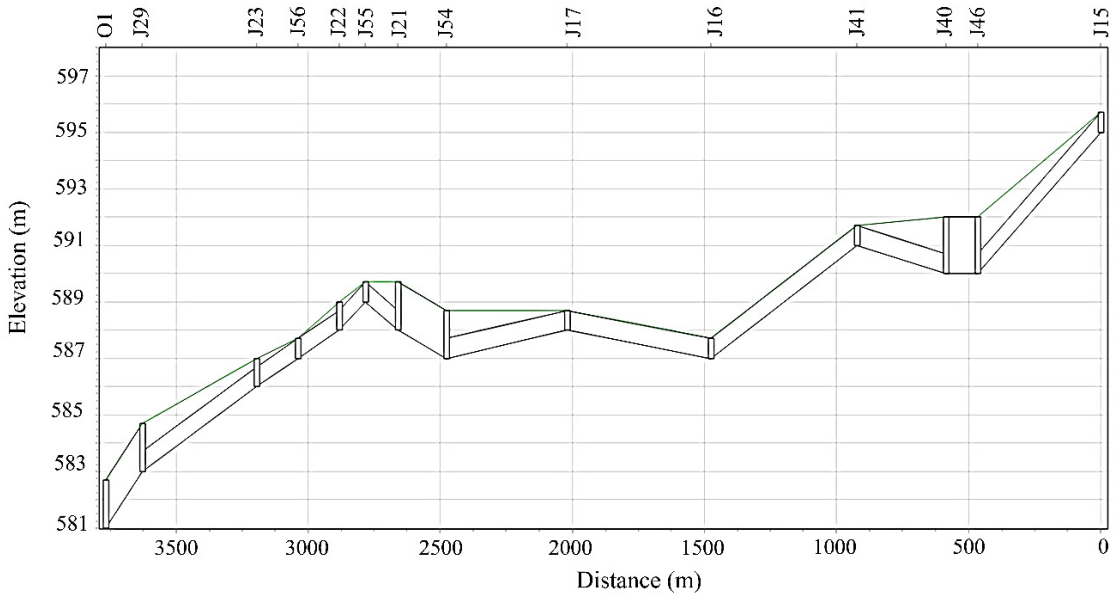
جدول ۵- نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی به ازای باران طرح با دوره بازگشت ۱۰ ساله

Table 5. Hydraulic simulation results for design rainfall with a 10-year return period

کل حجم سیلاب (Mm^3) Flood Volume	ماکزیمم دبی سیل (m^3/s) Max Flow	ساعات آب‌گرفتگی Hour of max flow	گره Junction	کل حجم سیلاب (Mm^3) Flood Volume	ماکزیمم دبی سیل (m^3/s) Max Flow	ساعات آب‌گرفتگی Hour of max flow	گره Junction
2.818	1.719	1.04	J29	34.144	3.92	5.32	J1
14.221	2.393	5.45	J30	11.387	2.543	4.7	J2
11.236	1.91	5.45	J31	0.002	0.005	0.19	J4
9.89	1.712	5.45	J33	0.044	0.084	2.23	J5
3.864	3.421	0.67	J34	0.6	0.316	1.84	J6
12.51	2.12	2.99	J35	5.585	1.442	4.88	J7
6.074	1.061	5.45	J36	0.371	0.429	0.44	J8
21.514	3.33	5.46	J37	3.485	0.767	5.35	J9
12.811	2.047	5.45	J38	0.452	0.676	0.36	J10
11.02	2.626	4.02	J39	10.352	3.181	1.88	J11
4.518	0.821	5.43	J40	38.536	4.783	5.31	J12
19.579	2.134	5.41	J42	11.815	3.782	2.99	J13
9.196	1.431	3.89	J43	2.781	2.612	0.58	J14
4.897	0.943	5.47	J44	11.394	2.001	5.45	J15
14.09	0.76	5.4	J45	11.315	1.873	5.43	J16
0.958	0.056	5.35	J46	10.77	2.039	5.35	J17
7.728	1.273	5.43	J47	2.297	1.688	0.88	J19
6.31	1.214	5.47	J48	2.739	1.838	0.9	J20
4.494	0.811	5.39	J49	74.625	7.037	5.35	J21
6.362	1.168	5.45	J50	4.187	2.63	1	J23
6.647	1.049	5.44	J51	19.908	3.215	5.47	J24
0.004	0.009	1.74	J52	13.262	2.124	5.46	J25
23.331	2.612	3.98	J53	6.07	1.085	5.45	J26
25.655	2.79	5.39	J54	0.069	0.174	0.2	J27
				2.018	0.503	5.26	J28

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۸- نیمرخ طولی کانال‌های آبرو در مسیر گره ورودی J15

Fig 8. Longitudinal profile of the canal in the J15 junction

جدول ٦- ابعاد آبروها در حالت موجود در مقایسه با حالت بهسازی شده

Table 9. Dimensions of canals in current condition compared to modified condition

نام کانال Canal No	گره ابتدا Start node	گره انتها End node	طول (m) length	قبل از بهسازی کانال Before modification				بعد از بهسازی کانال After modification			
				نوع کانال (موجود) Canal type (current)	عرض (m) width	عمق (m) depth	موازات Line	نوع کانال (پیشنهادی) Canal type (recommend)	عرض (m) width	عمق (m) depth	موازات Line
C۱	J4	J30	372	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C۲	J3	J2	383	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C۳	J1	J12	764	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1	مستطیلی Rectangular	2	1.7	2
C۴	J2	J12	495	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C۵	J6	J9	350	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C۶	J10	J32	116	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.7	1.2	2
C۷	J32	J34	428	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C8	J34	J11	122	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C9	J24	J11	294	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C10	J25	J35	302	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2
C11	J26	J13	304	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2
C12	J11	J35	320	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C13	J35	J13	276	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

جدول ٦- ابعاد آبروها در حالت موجود در مقایسه با حالت بهسازی شده

Table 9. Dimensions of canals in current condition compared to modified condition

نام کانال Canal No	گره ابتدا Start node	گره انتها End node	طول (m) length	قبل از بهسازی کانال Before modification				بعد از بهسازی کانال After modification			
				نوع کانال (موجود) Canal type (current)	عرض (m) width	عمق (m) depth	موازات Line	نوع کانال (پیشنهادی) Canal type (recommend)	عرض (m) width	عمق (m) depth	موازات Line
C14	J37	J6	91.2	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C15	J9	J38	359	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C16	J38	J8	223	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C17	J8	J12	405	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	2	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2
C18	J12	J14	567	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2
C19	J13	J14	452	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2
C20	J40	J41	336	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C21	J41	J16	554	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C22	J16	J17	542	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.5	0.7	1
C23	J29	O1	138	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1	مستطیلی Rectangular	2	1.7	2
C24	J23	J29	432	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	1
C25	J20	J21	365	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C26	J18	J19	293	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2
C27	J42	J20	343	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2
C28	J43	J14	121	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	2	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2
C29	J27	J21	112	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C30	J33	J10	336	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C31	J36	J9	293	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C32	J7	J8	537	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C33	J28	J44	148	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C34	J44	J29	242	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C35	J39	J45	150	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C36	J45	J18	294	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C37	J30	J47	175	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

جدول ٦- ابعاد آبروها در حالت موجود در مقایسه با حالت بهسازی شده

Table 9. Dimensions of canals in current condition compared to modified condition

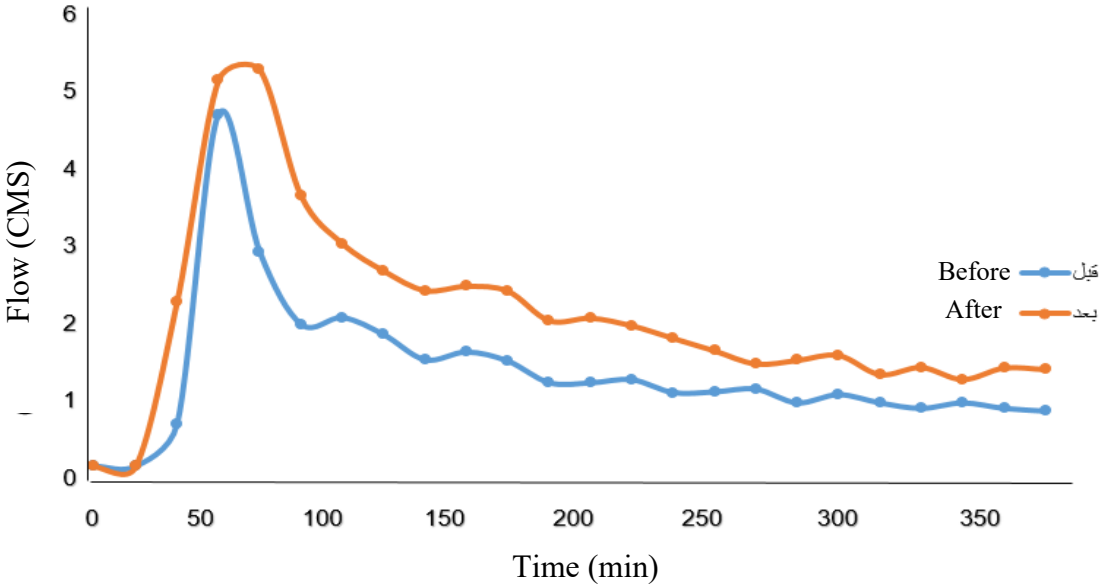
نام کانال Canal No	گره ابتدا Start node	گره انتها End node	طول (m) length	قبل از بهسازی کانال Before modification				بعد از بهسازی کانال After modification			
				نوع کانال (موجود) Canal type (current)	عرض (m) width	عمق (m) depth	موازات Line	نوع کانال (پیشنهادی) Canal type (recommend)	عرض (m) width	عمق (m) depth	موازات Line
C38	J48	J4	81.8	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C39	J31	J37	365	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C40	J49	J5	111	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.2	1	2
C41	J50	J3	214	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C42	J47	J51	214	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C43	J51	J3	70.3	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C44	J5	J52	149	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2
C45	J52	J6	188	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2
C46	J14	J53	152	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.7	1.7	2
C47	J53	J19	225	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C48	J19	J20	381	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C49	J54	J21	186	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C50	J17	J54	457	مستطیلی Rectangular	0.5	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C51	J21	J55	121	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C52	J55	J22	99.2	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C53	J22	J56	156	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C54	J56	J23	159	مستطیلی Rectangular	1	0.7	2	مستطیلی Rectangular	1.5	1.2	2
C55	J15	J46	466	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1	0.7	1
C56	J46	J40	121	مثلثی Triangular	0.2	0.5	1	مستطیلی Rectangular	1.5	1	2

بنابراین پس از شناسایی گره‌های بحرانی، ابعاد کانال‌های آبرو در پایین‌دست گره‌های مذکور براساس روش سعی و خطا تصحیح شد تا این که در نهایت ابعاد مناسب براساس بهترین شرایط در هنگام وقوع باران طرح به دست آید. به کمک اطلاعات این جدول می‌توان ظرفیت لازم برای سازه‌های جمع‌آوری و هدایت سیلاب را با دقت بیشتری برآورد نمود. به عنوان نمونه، برای نقاط دارای بارش متمرکز یا شیب توپوگرافی بالا، دبی لحظه‌ای به میزان قابل‌توجهی افزایش یافته که نشان‌دهنده ضرورت مداخله‌های ساختاری برای کاهش خطرپذیری است. تحلیل دقیق این داده‌ها می‌تواند به تصمیم‌گیری‌های بهینه در راستای توسعه پایدار شهری و مدیریت خطر سیلاب‌ها کمک شایانی نماید.

شکل (۹) هیدروگراف جریان سیلابی را در نقطه خروجی -

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]



شکل ۹- هیدروگراف رواناب در خروجی منطقه (قبل و بعد از اصلاح کانال‌ها)

Fig 9. Runoff hydrograph at the outlet of the study area (before and after canal modification)

قبل و بعد از اصلاح کانال‌ها- نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، دبی در حالت بعد از اصلاح شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی افزایش یافته است. علت این افزایش، بهسازی (افزایش) ظرفیت شبکه در عبور دادن رواناب طراحی است. به بیان بهتر، با اصلاح ابعاد کانال‌های شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی، ظرفیت آن‌ها برای انتقال و تخلیه رواناب افزایش یافت. در نتیجه دبی اوج رواناب در نقطه خروجی که نقطه تمرکز حوزه آبخیز شهر است، افزایش چشمگیری یافته است.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده در این پژوهش امکان ارزیابی سهم هر زیرآبخیز در تولید رواناب و نیز شناسایی نواحی اولویت‌دار برای اجرای طرح‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی را فراهم نمود. همچنین، بررسی دبی لحظه‌ای، ماکزیمم عمق، زمان تمرکز، و دیگر شاخص‌های هیدرولوژیکی مدل نشان داد که برخی زیرآبخیزها نسبت به سایر نواحی، پتانسیل بالاتری در تولید سیلاب دارند. این موضوع مستلزم بازنگری در طراحی کانال‌های هدایت جریان و مکان‌یابی بهینه حوضچه‌های تأخیر است. در نهایت، نتایج حاصل از مدل‌سازی، با استفاده از یک بازه زمانی ده‌ساله، به‌عنوان مبنایی علمی برای طراحی اصولی شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی در شهر عنبرآباد مورد استفاده قرار گرفت. براساس نتایج به‌دست آمده، می‌توان جمع‌بندی کلی را به شرح زیر ارائه نمود.

ارزیابی وضعیت موجود شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی

شبیه‌سازی وضعیت موجود شبکه جمع‌آوری رواناب در منطقه مورد مطالعه نشان داد که برخی از مجاری، به‌ویژه در محدوده بلوارهای امام خمینی و بهشت زهرا که به عنوان کانال‌های اصلی طراحی شدند، توان لازم برای انتقال رواناب ناشی از سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ ساله را ندارد. این ضعف موجب ایجاد اضافه بار و شرایط سیلابی در گره‌های بحرانی، نظیر تقاطع خیابان شهید بامری با بلوار بهشت زهرا و تقاطع خیابان امام خمینی ۲۲ با بلوار امام خمینی شد.

پیامدهای ترافیکی و ضرورت اصلاح ابعاد مجاری

نتایج شبیه‌سازی همچنین بیانگر آن است که در برخی گره‌ها، مدت زمان وقوع شرایط سیلابی به حدی طولانی است که می‌تواند موجب بروز مشکلات جدی از جمله اختلال در تردد شهری و آب‌گرفتگی معابر شود. بر همین اساس، با انجام اصلاحات در ابعاد مجاری، تلاش شد تا شرایط شبکه به گونه‌ای بهبود یابد که در هنگام وقوع رواناب طراحی، تداوم شرایط بحرانی یا به طور کامل حذف شود و یا به حداقل ممکن کاهش یابد. تأثیر اصلاح شبکه بر کاهش خطر سیلاب توسط رجبی شهبندی [۲۰] نیز گزارش شد. وی با انجام اصلاحاتی در شبکه جمع‌آوری رواناب شهر ساری نظیر استفاده از مخازن تعدیل سیلاب، توانست مقدار سیلاب را در خروجی کاهش دهد.

تحلیل مکانیزم مدل و تاثیر اصلاح ابعاد مجاری

مقایسه هیدروگراف‌های نقاط خروجی شبکه قبل و بعد از اصلاح ابعاد کانال‌های آبرو (برای دبی سیلاب با دوره بازگشت ۱۰ سال) نشان داد که پس از اصلاح ابعاد، مقدار دبی اوج در هیدروگراف خروجی افزایش یافته است. این افزایش ناشی از ارتقای ظرفیت شبکه در عبور دادن رواناب طراحی بوده است. در واقع علت اصلی افزایش مقدار دبی اوج در هیدروگراف خروجی پس از اصلاح ابعاد کانال‌های آبرو را می‌توان در ویژگی‌های مدل SWMM جستجو کرد. در شرایطی که برخی گره‌های شبکه در مدل دچار شرایط سیلابی شوند، بخشی از رواناب که باید به نقطه خروجی برسد، از سیستم خارج شده و

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

دبی خروجی کاهش می‌یابد. اما زمانی که با اصلاح ابعاد مجاری، این شرایط بحرانی حذف شود، تمامی جریان ورودی به شبکه، فرصت می‌یابد تا به نقطه خروجی برسد. در نتیجه، دیگر خروج رواناب از مسیرهای میانی وجود نخواهد داشت و این امر منجر به ثبت دبی‌های بالاتر در خروجی شبکه پس از اصلاح مسیرها می‌شود.

تأثیر ویژگی‌های فیزیوگرافی زیرآبخیزها

شبیه‌سازی‌ها نشان داد که ویژگی‌های فیزیوگرافی هر زیرآبخیز تأثیر قابل‌توجهی بر رفتار هیدرولوژیکی آن دارد. به گونه‌ای که با افزایش شیب، سطح اراضی نفوذناپذیر و عرض معادل زیرآبخیز، حجم رواناب بیشتری تولید می‌شود. این یافته‌ها با نتایج گزارش شده توسط محققین قبلی همخوانی دارد. بدیع‌زادگان و همکاران [۲] نشان دادند که با افزایش ۱۰ درصدی سطح اراضی نفوذناپذیر، عمق و دبی اوج رواناب پنج درصد افزایش می‌یابد. آن‌ها ثابت کردند که شیب و عرض معادل زیرآبخیز نیز رابطه مستقیم با حجم رواناب تولیدی دارد. همچنین یافته‌های وکیلی تجره و همکاران [۲۳] نشان دادند که با افزایش درصد سطوح نفوذناپذیر شهری، دبی اوج و حجم رواناب افزایش می‌یابد. علاوه بر این، رستمی خلج و همکاران [۲۲] نیز در تحقیق خود اظهار داشتند که عرض معادل و شیب زیرآبخیز تأثیر مستقیم بر حجم رواناب دارند.

به طور کلی تغییر کاربری زمین‌های کشاورزی، مرتعی و جنگلی به زمین‌های مسکونی، تجاری و صنعتی موضوع آبخیزداری شهری را روز به روز پیچیده‌تر کرده است. در این مقاله به شبیه‌سازی شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر عنبرآباد واقع در استان کرمان با استفاده از مدل SWMM پرداخته شد. اطلاعات مورد نیاز مدل شامل داده‌های هواشناسی (الگوی بارندگی، زمان بارندگی، هایتوگراف‌های ورودی، و سایر خصوصیات بارندگی، منحنی‌های شدت–مدت–فراوانی، باران طرح و...) و داده‌های مکانی (نقشه معابر شهری، نقشه کاربری اراضی و نقشه توپوگرافی) از مراجع مربوطه جمع‌آوری و آماده‌سازی شد. نتایج شبیه‌سازی هیدرولیکی نشان داد از تعداد کل ٥٦ گره در شبکه جمع‌آوری رواناب سطحی شهر عنبرآباد، ٤٩ گره دچار سیل گرفتگی شدند، از میان این ٤٩ گره، تعداد ۲۸ گره، بیشترین ساعات سیل گرفتگی را داشتند و در گره J21 بیشترین حجم سیل گرفتگی مشاهده شد. همچنین در زمان سیلاب، به دلیل ظرفیت نامناسب شبکه جمع‌آوری رواناب موجود، شرایط اضافه بار در تعدادی از کانال‌ها (مجاری آبرو) مشاهده شد. در نهایت با استفاده از نتایج مشاهده شده و با هدف بهسازی شبکه موجود، ابعاد هندسی آبروها به نحوی اصلاح شد که ظرفیت لازم برای هدایت سیلاب فراهم شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از حمایت مادی و معنوی دانشگاه شهید باهنر کرمان برای انجام این پژوهش قدردانی می‌نمایند.

تضاد منافع نویسندگان

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

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

فاطمه دهقان قنات کمان: جمع آوری و آماده‌سازی داده‌ها، اجرای مدل، انجام شبیه‌سازی‌ها، نگارش مقاله. مجید رحیم‌پور: راهنمایی پروژه، بازبینی و ویرایش مقاله. محمدرضا مددی: راهنمایی پروژه، بازبینی و ویرایش مقاله. محمدمهدی احمدی: مشاوره پروژه، بازبینی و ویرایش مقاله.

منابع مورد استفاده

1. Arman, N. Shahbazi, A. Faraji, M. and Dehdari, S. 2019. Effect of urban development on runoff generation by SWMM, case study: Khuzestan Province, Izeh. Watershed Engineering and Management 11(3): 750-758. doi: 10.22092/ijwmse.2018.115272.1353. (In Persian).

2. Badizadegan, R. Khodashenas, S.R. and Esmaeili, K. 2021. Sensitivity Analysis of the Affecting Parameters on the Urban Runoff Results in SWMM Model (Case Study: North Catchments of Tehran City). Modares Civil Engineering Journal 21(5): 57-63. (In Persian)

3. DHI- Danish Hydraulic Institute. 2023. MIKE+ Collection System- User Guide, Horsholm, Denmark: DHI Water & Environment.

4. Doorandish, S. Moghbeli, A. Mahdavi-Meymand, A. and Zounemat-Kermani, M. 2024. Evaluation of Wavelet Transform Application for Detecting Trends in River Flow Discharge (Case Study: Halilrood River in Iran). Journal of Water and Soil Conservation 31(4): 113-136. 10.22069/jwsc.2024.22501.3732.

5. Farina, A. DiNardo, A. Gargano, R. van der Werf, J.A. and Greco, R. 2023. A simplified approach for the hydrological simulation of urban drainage systems with SWMM. Journal of Hydrology 623, 129757. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129757.

6. Farokhzadeh, B. Kiani, A. and Bazrafshan, O. 2020. Evaluation of SWMM hydrological-hydraulic model in urban runoff management (Case study: District 12 of Tehran

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

Municipality). Urban Economics and Planning 1(4): 243-251. doi: 10.22034/UE.2020.09.04.06. (In Persian)

7. Hashemi, H. R. Ildoromi, A. and Farokhzadeh, B. 2025. Determination of the Most Important Parameters Affecting the Urban Runoff in Khorramabad City using SWMM Model. Quantitative Geomorphological Research 14(2) e224982. doi: 10.22034/gmpj.2025.518647.1557. (In Persian).

8. Hassani, M.R. Niksokhan, M.H. Ardestani, M. and Mousavi Janbehsarayi, S.F. 2022. Evaluating the effects of climate change on urban runoff based on CMIP6 models (Case study: district 10 of Tehran municipality). Water and Soil Management and Modelling 3(2): 269-285. 10.22098/mmws.2022.11849.1176. (In Persian).

9. Hesari, E., Akhoond-Ali, A.M. and Maddah, M.A. 2024. Simulating urban surface runoff and prioritizing low-impact development methods using the SWMM model (Case study: Neyshabur). Water and Irrigation Management 14(2): 263-275. 10.22059/jwim.2023.366666.1111. (In Persian).

10. Jafarpour, M. 2021. The Effects of Lack of Surface Water Collection and Disposal Networks in Urban Areas (Case Study: Ahwaz City). Journal of Rainwater Catchment Systems 9(3): 37-46. 20.1001.1.24235970.1400.9.3.4.0. (In Persian).

11. Khatooni, K. Hooshyaripor, F. MalekMohammadi, B. and Noori, R. 2025. A new approach for urban flood risk assessment using coupled SWMM–HEC-RAS-2D model. Journal of Environmental Management 374, 123849. 10.1016/j.jenvman.2024.123849.

12. Liong, S.Y. Selvalingam, S. and Brady, D.K. 1989. Roughness values for overland flow in subcatchments. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 115(2): 203-214. 10.1061/(ASCE)0733-9437(1989)115:2(203).

13. Liu, C. Hu, C. Zhao, C. Sun, Y. Xie, T. and Wang, H. 2024. Research on urban storm flood simulation by coupling K-means machine learning algorithm and GIS spatial analysis technology into SWMM model. Water Resources Management 38(6): 2059-2078. 10.1007/s11269-024-03743-w.

14. Mohammad-Hassannejad, Z. Ghaeini-Hessaroeyeh, M. and Fadaei-Kermani, E. 2024. Design of urban stormwater drainage system using SWMM model (Case study: Vali Asr town of Baghein, Kerman). Irrigation and Water Engineering 14(4): 33-52. 10.22125/iwe.2024.420970.1758. (In Persian).

15. Nasehpour, M. Khozeimehnezhad, H. and Forootan, E. 2021. Evaluation of Urban Development Impacts on Runoff Using SWMM Model (Case Study: Qom Province). Journal of Environmental Science and Technology 12 (22): 79-89. 10.22034/jest.2019.45067.4713. (In Persian).

16. Plan and Budget Organization, 1992. Publication No. 3-118: Bases and Design criteria for Sewage & Storm Water Collection System. 20 pages.

17. Pouresmaeel, M. Salajegheh, A. Malekian, A. and Keshtkar, A. 2023. Sensitivity analysis of input variables of SWMM model in estimating urban floods in Azimieh region of Karaj. Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering 17(62) :33-40. DOI: 10.22034/17.62.33. (In Persian).

18. Rafiee, M.R., Rasouli, D., Zolghadr, M. and Mahbod, M. 2022. Evaluation of EPA SWMM, ASSA and Sewer GEMS Models in Analysis of Urban Flood Collected by Surface Drainage Network (Case Study: Lar New City). Water Resources Engineering 15(54): 107-124. 10.30495/wej.2021.25316.2253. (In Persian).

19. Rahimi, M.A. Emamgholizadeh, S. Karami, G.H. Delghandi, M. and Ganji Norouzi, Z. 2023. Evaluation Urban Drainage Network Using SWMM Model (Case Study: Shahrood City). Irrigation and Water Engineering 14(2): 146-163. 10.22125/iwe.2023.357737.1666. (In Persian).

20. Rajabi Shahbandi, E. 2018. Analysis of the effect of retarding reservoirs on urban runoff network of Sari. M.Sc. Dissertation. Faculty of Agricultural Engineering. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, 108 pages. (In Persian).

21. Rossman, L.A. and Simon, M.A. 2022. Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2. Center for Environmental Solutions and Emergency Response, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency. 424 pages.

22. Rostami Khalaj, M. Mahdavi, M. Khalighi Sigarodi, S. and Salajeghe, A. 2012. Sensitivity analysis of variables affecting on urban flooding using SWMM model. Journal of Watershed Management Research 3(5): 81-91. (In Persian)

23. Vakili tajareh, F. Salajegheh, A. Nazari Samani, A.A. Malekian, A. and Shahbazi, K. 2020. The Impact of Urban

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]

Development and Land Use Changes on Runoff Production in Abshouran Watershed. JWMSEIR 2020; 14 (51): 20-30. 20.1001.1.20089554.1399.14.51.6.9. (In Persian).

24. Shahbazi, A. Khalighi Sigarodi, S. Malekian, A. and Salajegh, A. 2017. Sensitivity analysis of input parameters of SWMM model to urban runoff management (Case study: Mahdasht town). Watershed Management Research 30(1): 67-75. 10.22092/wmej.2017.115565. (In Persian).

25. Zahedi Khameneh, H. and Khodashenas, S.R. 2021. Performance Evaluation of stormwater collection system and sensitivity analysis of parameters affecting it (study of districts 10 and 11 of Mashhad). Iranian Journal of Irrigation & Drainage 15(5): 1067-1080. 20.1001.1.20087942.1400.15 .5.7.5. (In Persian).

26. Zandi, F. and Bashirgonbad, M. 2024. Estimation of Urban Runoff for Determine Potential Flooding Points Using SWMM Model in Malayer City. Watershed Management Research, 37(1), 18-32. 10.22092/wmrj.2023.361283.1523. (In Persian).

27. Zhang, X. Kang, A. Lei, X. and Wang, H. 2024. Urban drainage efficiency evaluation and flood simulation using integrated SWMM and terrain structural analysis. Science of The Total Environment 957, 177442. 10.1016/j. scitotenv.2024.177442.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2026-10-14]

[DOI: 10.22034.19.70.1]