ISSN: 2538-4384; Geographical Researches. 2021;36(4):419-428. DOI: 10.29252/geores.36.4.419

Geographical Researches Journal

Flood Risk Assessment in Urban Systems using Flood Management Model; Case Study of District 4 of Tehran

ARTICLE INFO

Article Type
Original Research

Authors
Nahid M.[1] *MA,*
Zand Moghaddam MR.*[1] *PhD,*
Karkeabadi Z.[1] *PhD*

How to cite this article
Nahid M, Zand Moghaddam MR, Karkeabadi Z. A Flood Risk Assessment in Urban Systems using Flood Management Model; Case Study of District 4 of Tehran. Geographical Researches. 2021;36(4):419-428.

[1]Department of Geography, Faculty of Humanities, Semnan Branch, Islamic Azad University, Semnan, Iran

***Correspondence**
Address: Islamic Azad University, University Town, 5 km of Damghan Street, Semnan, Iran.
Postal Code: 3711135131
Phone: +98 (23) 33654040
Fax: +98 (23) 333540020
mr.zand@semnaniau.ac.ir

Article History
Received: May 26, 2021
Accepted: September 28, 2021
ePublished: December 18, 2021

ABSTRACT

Aims Urban runoff and flood damage is one of the most important and fundamental issues in the field of urban management, which in recent decades has been strongly affected by the rapid growth of cities and increasing urbanization. Today, to show these processes, in the design and evaluation of urban drainage network system, the use of existing computer models has a special place to simulate the flow. The purpose of this study is to use the SWMM model to quantitatively simulate rainfall floods for District 4 of Tehran.

Methodology In this research, using the capabilities of SWMM model for region 4 of Tehran, according to environmental factors, two plans of the best management strategies (BMP) under the garden and green roof climate scenario and a combination of both scenarios for maximum control Runoff has been done quantitatively and finally their efficiency in reducing the total volume of runoff out of the basin has been investigated.

Findings The results of sensitivity analysis of the model showed that among the seven parameters studied in this study, the amount of CN, the percentage of impermeable areas, the roughness coefficient in impermeable areas and the equivalent width had a greater effect on peak flow change, respectively. According to the obtained results, the third scenario (simultaneous combination of the first and second scenarios) will have the greatest impact on reducing the flow depth and flow rate in the entire surface water collection network.

Conclusion Considering the depth factor, in a total of four modes of model implementation, the third scenario has the most impact on Tehranpars channel (output 7) and the least impact on Yakhsaran channel (output 3) and if we consider the peak discharge factor for evaluation In general, the third scenario has the most impact on Tehranpars channel (output 7) and the second scenario has the least impact on output 4.

Keywords Urban Flood; Storm Water Management Model; Garden Atmosphere; Green Roof; District 4 of Tehran City

CITATION LINKS

[Ahmadisharaf E, Tajrishy M; 2015] Siting detention basins using SWMM and ...; [Babaei S, et al; 2018] Urban flood simulation and prioritization ...; [Beck NG, et al; 2017] An urban runoff model designed to inform ...; [Choi KS, Ball JE; 2002] Parameter estimation for urban runoff ...; [Dongquan Z, et al; 2009] GIS-based urban rainfall-runoff modeling ...; [Du J, et al; 2007] Development and testing of a simple ...; [Farokhzadeh B, et al; 2011] Evaluation of SWMM hydrological-hydraulic ...; [Hsu MH, et al; 2000] Inundation simulation for urban drainage ...; [Huber WC, Dickinson RE; 1988] Storm water management model user's ...; [Jang S, et al; 2007] Using SWMM as a tool for hydrologic impact ...; [Jiang L, et al; 2015] Urban flood simulation based on the SWMM ...; [Kobarfard M, et al; 2018] Efficient assessment LID and determining ...; [Lin SS, et al; 2006] Integrating legacy components into ...; [Lowe SA; 2010] Sanitary sewer design using EPA storm ...; [Luan B, et al; 2019] Evaluating green stormwater infrastructure ...; [Meena YR, Gupta AK; 2018] Spatial BMP approach for mitigating ...; [Mozaffari J, Kobarfard M; 2017] Investigation of qualitative and quantitative ...; [Park SY, et al; 2008] Effect of the aggregation level ...; [Phillips BC, et al; 2003] 1D and 2D modelling of urban drainage ...; [Pushpalatha R, et al; 2012] A review of efficiency criteria suitable for ...; [Sharifan RA, et al; 2010] Uncertainty and sensitivity analysis of ...; [Sin J, et al; 2014] Evaluation of flood runoff reduction ...; [Temprano J, et al; 2006] Stormwater quality calibration by SWMM: A ...; [Zoppou C; 2001] Review of urban storm water ...; [Zhu Z, et al; 2019] An assessment of the hydrologic effectiveness ...

Copyright© 2021, the Authors | Publishing Rights, ASPI. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

ارزیابی خطر آبگرفتگی در سیستم‌های شهری با مدل مدیریت سیلاب؛ مطالعه موردی منطقه ۴ تهران

مصطفی ناهید MA
گروه جغرافیا، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
محمدرضا زند مقدم* PhD
گروه جغرافیا، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران
زینب کرکه‌آبادی PhD
گروه جغرافیا، واحد سمنان، دانشگاه آزاد اسلامی، سمنان، ایران

چکیده

اهداف و زمینه‌ها: امروزه، بررسی رواناب شهری و خسارت‌های ناشی از سیل در طراحی و ارزیابی شبکه زهکشی شهری با استفاده از مدل‌های رایانه‌ای، از جایگاه خاصی برخوردار است. هدف از این مطالعه، استفاده از مدل مدیریت سیلاب برای شبیه‌سازی کمّی سیلاب ناشی از بارندگی منطقه ۴ تهران بود.

روش‌شناسی: دو طرح از بهترین راهکارهای مدیریتی تحت سناریوی جوی باغچه، بام سبز و ترکیب هر دو سناریو، به‌منظور کنترل رواناب منطقه ۴ شهر تهران با استفاده از مدل مدیریت سیلاب بررسی و میزان کارآیی آنها در کاهش حجم رواناب خروجی از حوضه، تحلیل شد. حوضه‌بندی منطقه با توجه به توپوگرافی، شیب منطقه، جهت جریان آب، شیب کانال‌ها، موقعیت معابر اصلی و فرعی و موقعیت کانال‌ها انجام شد.

یافته‌ها: با توجه به ابعاد کانال‌های اصلی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی شهرداری منطقه ٤، شبکه ظرفیت انتقال دبی بیشینه با دوره بازگشت ۲ ساله را نداشت. سناریوی سوم (ترکیب همزمان دو سناریوی اول و دوم) بیشترین تاثیر را در کاهش عمق جریان و دبی جریان در کل شبکه جمع‌آوری آب سطحی داشت. حداکثر سرعت برای دوره بازگشت ۱۰ساله بدون راهکار مدیریتی ۳/۷، برای سناریوی اول ۳/۲۹ (۹% کاهش)، سناریوی دوم ۳/۲۲ (۱۱% کاهش) و سناریوی سوم ۳/۱۱ (۱۲/۵% کاهش) متربرثانیه برآورد شد

نتیجه‌گیری: سیستم زهکشی در جمع‌آوری رواناب موجود در منطقه ٤ شهرداری تهران کارآیی مناسبی ندارد. مدل مدیریت سیلاب پاسخ هیدرولوژیک مناسب و نزدیک به شرایط واقعی حوضه را شبیه‌سازی می‌کند.

کلیدواژگان: سیلاب شهری، مدل مدیریت سیلاب، جوی باغچه، بام سبز، منطقه ۴ شهرداری تهران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۶

*نویسنده مسئول: mr.zand@semnaniau.ac.ir

مقدمه

با رشد سریع ساخت و ساز شهری و شهرسازی و همچنین ایجاد و توسعه زیرساخت‌ها، سیلاب در نواحی شهری بیشتر و شدیدتر شده است. از این‌رو، کنترل و مدیریت سیلاب چه از لحاظ کمّی و چه از لحاظ کیفی از اهمیت خاصی برخوردار است [Beck *et al.*, 2017]. وقوع سیل علاوه بر اینکه تابع وقایع اقلیمی به‌ویژه مقدار، شدت، توزیع مکانی و زمانی بارندگی است، تحت تاثیر ویژگی‌های مختلف حوضه آبخیز مانند کاربری اراضی و دخالت‌های انسانی نیز قرار دارد. افزایش سطوح نفوذناپذیر حوضه که ناشی از شهرسازی و احداث انواع سازه‌ها بر خاک‌های نفوذپذیر است، به‌طور طبیعی از میزان سطوح نفوذپذیر که قادر به جذب بخشی از باران هستند، می‌کاهد [Jiang *et al.*, 2015]. محققان در طول سال‌های اخیر سعی کرده‌اند بین بارش و رواناب ناشی از آن رابطه دقیقی برقرار کنند. مدل‌های هیدرولوژیک مختلفی از جمله مدل مدیریت سیلاب (SWMM; Storm Water Management Model) کمک شایانی در این زمینه کرده‌اند [Beck *et al.*, 2017]. SWMM، مدل دینامیک شبیه‌سازی رواناب است و می‌تواند برای یک واقعه یا به صورت مداوم، کیفیت و کمیت رواناب را برای مناطق شهری شبیه‌سازی کند [Luan *et al.*, 2019]. همچنین، این مدل توانایی این را دارد که با سایر مدل‌ها ترکیب شود و در حوضه‌های کوچک نتایج قابل قبولی ارایه دهد. علاوه بر مدل‌ها، استفاده از راهکارهای مدیریتی جدید و برنامه‌ریزی استراتژیک از جمله استفاده از روسازی‌های نفوذپذیر، بام سبز، جوی باغچه‌ها و غیره می‌تواند به کاهش حجم رواناب در حوضه شهری کمک کند [Zhu *et al.*, 2019]. هدف از طراحی این نوع راهکارهای مدیریتی، کاهش حجم رواناب، کاهش پیک جریان، کاهش آلودگی‌های با منبع غیرمتمرکز از طریق تبخیر و تعرق، نفوذ آب و تصفیه یا عملیات بیولوژیک و شیمیایی است [Kobarfard *et al.*, 2019].

طی چند سال اخیر، محققان در مناطق مطالعاتی گوناگون، مطالعات مختلفی در این زمینه انجام داده‌اند. *شریفیان* و همکاران [Sharifan *et al.*, 2010] در مطالعه‌ای در مرکز شهر تاریخی شیراز در جنوب غرب ایران به تحلیل عدم قطعیت عمق آب در منهول‌های مهم خطوط لوله‌های سیستم‌های زهکشی پرداختند و از SWMM برای شبیه‌سازی فرآیند بارش رواناب و روندیابی جریان در مجاری آب استفاده کردند. در مطالعه *پوشپالاتا* و همکاران [Pushpalatha et al., 2012] از SWMM برای طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی شهری استفاده شد. با اینکه SWMM معمولاً برای تحلیل سیستم زهکشی سطحی استفاده می‌شود، می‌توان از آن برای تحلیل و طراحی سیستم زهکشی زیرزمینی نیز استفاده کرد. *احمدی‌شرف* و همکاران [Ahmadisharaf *et al*, 2015] در مطالعه‌ای دریافتند که برخی از ویژگی‌های سیلاب (همچون مدت زمان و سرعت)، با وجود داشتن اهمیت زیاد برای فهم اثرات آبگرفتگی، اغلب نادیده گرفته می‌شوند و این معیارها در ارزیابی استراتژی‌های مدیریت سیلاب به اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته‌اند. نتایج تحقیق آنها، حاکی از کارآیی SWMM در منطقه مورد مطالعه بود. *کبارفرد* و *مظفری* [Mozaffari & Kobarfard, 2017] مدیریت کمّی و کیفی سیلاب شهری را با SWMM در منطقه ۲۲ تهران انجام دادند. بر اساس نتایج آنها، راهکار مدیریتی بام سبز با متوسط کاهش ۱۸/۲% نسبت به جوی باغچه با کاهش ۹/۷% از عملکرد بهتری در کاهش پیک رواناب اوج خروجی از حوضه برخوردار بوده است. *بابایی* و همکاران [Babaei *et al.*, 2018] بر اساس شبیه‌سازی هیدرولوژیک توسط SWMM تشخیص دادند که به‌ترتیب زیرحوضه‌های S18، S16، S11، S7 و S1 بحرانی هستند، حال آنکه در مدل PROMETHEE به‌ترتیب

زیرحوضه‌های S18، S16، S14، S11 و S1 نقاط بحرانی نشخیص داده شده بودند. *فرخ‌زاده* و همکاران [Farokhzadeh *et al.*, 2021] میزان رواناب سطحی را برای سه کانال خیام، شهرداری و ۱۷ شهریور منطقه ۱۲ شهرداری تهران در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از SWMM برآورد کردند.

از آنجا که منطقه ۴ شهرداری تهران، دارای بافتی است که می‌تواند از نظر خصوصیات شهرسازی، هیدرولیک و هیدرولوژیک، مدلی از کل شهر تهران باشد، این مطالعه، با هدف شبیه‌سازی سیلاب شهری منطقه ۴ شهرداری تهران با استفاده از SWMM انجام شد.

روش‌شناسی

شبکه جمع‌آوری رواناب‌های شهر تهران، تلفیقی از شبکه‌های روباز (کانال‌ها و کانیووها) و زیرزمینی (اگوها) است که نیمرخ طولی برخی مسیرها دارای شیب معکوس است. برای شبیه‌سازی جریان رواناب، از سه روش جریان ماندگار، موج سینماتیک و موج دینامیک استفاده می‌شود [Lowe *et al.*, 2010]. در این پژوهش که در سال ۱۳۹۹ انجام شد، روش روندیابی موج دینامیک به‌منظور شبیه‌سازی سیلاب‌های ناشی از بارندگی در منطقه ۴ شهرداری تهران با طرح رگبارهای ۶ساعته با دوره‌های بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ساله استفاده شد.

موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر تهران به‌عنوان بخشی از گستره تهران در حال حاضر با مناطق ۲۲ گانه شهرداری، بین مختصات جغرافیایی '۱۵، °۵۱ الی '۳۳، °۵۱ طول شرقی و '۳۲، °۳۵ الی '۴۹، °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. منطقه ۴ با مساحتی معادل ۶۱،۲۸۸،۳۶۷ متر مربع در قسمت شمال شرقی تهران قرار گرفته است. در حال حاضر، ۹ ناحیه و ۲۰ محله در سطح منطقه ۴ شهرداری تهران وجود دارد. محدوده منطقه مورد مطالعه، از طرف غرب در حدود خیابان لنگری با منطقه ۱ و در پاسداران با منطقه ۳، از طرف شرق به حریم منطقه ۴ محدود می‌شود. بدین ترتیب منطقه ۴ با مناطق ۱ ، ۳ ، ۷ ، ۸ و ۱۳ دارای بدنه مشترک و همجوار است. در سمت شمال به خط ۱۸۰۰ و حریم منطقه ۱ و از طرف جنوب با مرز خیابان رسالت با مناطق ۷ و ۸ و در محدوده خیابان دماوند با منطقه ۱۳ محدود می‌شود (شکل ۱).

شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

بهترین راهکار مدیریتی

تکنیک توسعه کم‌اثر، روشی مقاوم در برابر تغییرات در چرخه هیدرولوژیک و نفوذ خاک است. به‌کارگیری این تکنیک، چرخه هیدرولوژیک قبل و بعد از توسعه شهری را به حداقل می‌رساند و تلاشی برای احیای شرایط طبیعی پیش از توسعه شهری است [Meena *et al.*, 2018]. از بین روش‌های موجود، با توجه به شرایط توسعه شهری منطقه، محدودیت و امکان‌سنجی اجرایی، تطابق محدوده از نظر فضای موجود و با توجه به شرایط کم‌آبی، بهترین راهکارهای مدیریتی (BMPs; Best Management Practices)، جوی باغچه و پشت بام سبز بود که قابلیت تغذیه سفره‌های زیرزمینی را داشتند (جدول ۱).

بعد از ترسیم کامل شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و تحلیل حساسیت، ۳ سناریو به منظور بررسی خصوصیات کمّی با رگبار ٦ساعته، با دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ساله برای تحلیل کمّی در نظر گرفته شد:

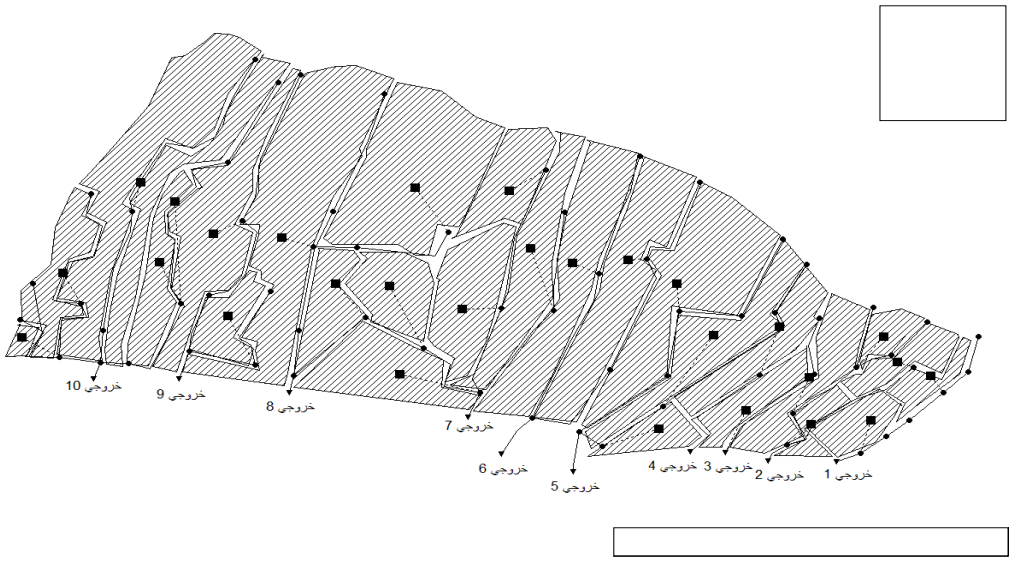
۱. شبیه‌سازی کمّی با لحاظنمودن پشت بام سبز به‌عنوان BMP؛
۲. شبیه‌سازی کمّی با لحاظنمودن جوی باغچه به‌عنوان BMP؛
۳. ترکیب همزمان دو سناریوی اول و دوم با توجه به امکان اجرا (انتخاب بهینه هر سناریو برای هر حوضه)

روش اجرای پژوهش

حوضه‌بندی منطقه با توجه به توپوگرافی، شیب منطقه، جهت جریان آب، شیب کانال‌ها، موقعیت معابر اصلی و فرعی و موقعیت کانال‌ها انجام شد. در ابتدا، مدل رقومی ارتفاعی (DEM; Digital Elevation Model)، برای فاکتورهای شیب، جهت شیب و مرز زیرحوضه‌های منطقه در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. سپس، با استفاده از نقشه کاربری اراضی شهری با تفکیک ساختمان‌ها، خیابان‌ها، بلوارها، فضای سبز در هر زیرحوضه، مساحت قسمت‌های نفوذناپذیر محاسبه و از طریق بازدیدهای میدانی تصحیح شد. برای تعیین پارامتر زبری کانال‌ها نیز، علاوه بر راهنمای مدل، از بازدیدهای میدانی متعدد و بهره‌گیری از نظر کارشناسان مجرب استفاده و مقدار این پارامتر در هر کانال بر اساس شرایط همان بازه، تعیین شد. از این رو، شماره منحنی برای انواع مختلف کاربری اراضی در حوضه‌های شهری بر اساس گروه‌های هیدرولوژیک خاک تهیه شد [Dongquan, 2009]. مشخصات اتصالات، محل ورود رواناب هر زیرحوضه به سیستم زهکشی رواناب، ابعاد و مقطع عرضی، ابتدا از طریق بازدید میدانی تعیین و سپس، مشخصات فیزیوگرافی اتصالات با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شد. همچنین بعضی از پارامترهای اتصالات مانند رقوم کف، طول و عرض جغرافیایی، حداکثر عمق اتصال و انتقال‌دهنده مانند طول و فاصله از کف، به وسیله نرم‌افزار ArcGIS محاسبه شدند. در نهایت، در منطقه مورد مطالعه، ۲۸ زیرحوضه اصلی، ٦٨ گره و ۲۸ کانال مشخص شد (شکل ۲؛ جدول ۲).

جدول ۱) مشخصات بهترین راهکارهای مدیریتی (جوی باغچه و پشت بام سبز)

پارامتر	واحد	جوی باغچه	پشت بام سبز
سطح			
عمق ذخیره	mm	۱۵۰	۷۵
زبری مانینگ	%	۳۵	۰/۱
شیب سطح	%	۱	۱
شیب جانبی حوضچه	%	۶	-
خاک			
ضخامت	mm	-	۱۵۰
تخلخل	%	-	۴
ظرفیت مزرعه	-	-	۰/۱
نقطه پژمردگی	%	-	۲۴
هدایت هیدرولیکی K	mm/h	-	۱۲۰
شیب هدایت هیدرولیکی	%	-	۵
ذخیره			
مکش	mm	-	۵
ارتفاع	mm	-	۷۵
نسبت تخلخل	-	-	۰/۵



شکل ۲) طراحی مدل زیرحوضه‌های اصلی در نرم‌افزار EPA-SWMM

جدول ۲) اطلاعاتی از حوضه‌های اصلی مورد مطالعه (مطالعات عملیاتی کردن طرح جامع مدیریت آب‌های سطحی و تهیه طرح‌های بهسازی انهار و کانال‌ها در منطقه ۴ شهرداری تهران)

کد زیرحوضه	مساحت (هکتار)	شماره نواحی	شیب زیرحوضه	نام مجرای اصلی	CN
٤-١	١٠٨/٥٠	٦ و ٨ و ٩	٣/٥١	D	٨٧
٤-٢	٢٧١/٧٢	٦ و ٩	٣/٨٧	C	٨٩
٤-٣	٧٨/٠١	٦ و ٨	-	-	٨٥
٤-٤	٢١٨/٤٢	٤	٣/٠٧	خاور	٨٧
٤-٥	١٧٦/٥٩	١ و ٣	٣/٣٥	مبارک اباد	٨٩
٤-٦	٤٩٠/٢٤	٢ و ٧	٤/٠٣	B	٨٨
٤-٧	١٤٠/٥٧	٥ و ٩	٠/٧	هنگام	٨٨
٤-٨	٣٨٨/٤٧	١ و ٣	٤/٢٥	A	٨٨
٤-٩	١٠٦/٧٣	١ و ٢ و ٣	٣/١٢	بنی هاشم	٨٦
٤-١٠	٣٠٨/٨٦	٥ و ٧ و ٩	٢/٩٥	حسن بنا	٨٧
٤-١١	٢٢٢/٢٣	٦ و ٨	٤/٦٦	اردیبهشت	٨٤
٤-١٢	١٣٣/٥١	٨	٣/٩٦	E	٨٨
٤-١٣	١٠٨/٢٢	٨	٣/٦٨	G	٩٠
٤-١٤	٤٩/١٦	٤ و ٥ و ٧	٤/٣٨	J	٨٩
٤-١٥	٢٣١/٢٤	٨	٤/٠٦	ده نارمک	٨٨
٤-١٦	٨٦/٤٥	٥ و ٩	٢/٨٣	I	٨٨
٤-١٧	٤٠٨/٩٥	٨	٥/١	تهران پارس	٩١
٤-١٨	٢١٤/٩٠	٢ و ٣ و ٧	٤/٤٣	یخساران	٨٨
٤-١٩	٥٩١/٠٨	٨	٣/٥٣	دارآباد	٩٠
٤-٢٠	٩٢/٣٠	٢ و ٣	٤/١٧	F	٨٣
٤-٢١	١٦٨/٩٥	١ و ٣	٠/٧٧	موسایی	٨٥
٤-٢٢	١٤٦/٠٢	١ و ٣	٢/١٧	دولایی	٨٦
٤-٢٣	٣٥٣/٦٢	٤ و ٧	٣/٠١	تونل غیاثوند	٨٨
٤-٢٤	١٦٩/٨٢	٨	١/٦٨	علم و صنعت	٩٠
٤-٢٥	١١٣/٦٨	١	٤/١٩	H	٨٩
٤-٢٦	١٨/٨٦	٣ و ٧	٣/٦٨	زرین گلاب	٨٨
٤-٢٧	٤٧٢/٢٣	٧	٥/١	سوهانک	٨٧
٤-٢٨	١٧٩/١٩	٧	٥/٢٦	شاهآباد	٨٨

ایستگاه دوشان تپه متعلق به اداره هواشناسی، به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه سینوپتیک انتخاب و داده‌های بارندگی آن به همراه سایر اندازه‌گیری‌های انجام‌شده در منطقه مورد مطالعه به SWMM وارد و مقادیر دبی شبیه‌سازی شد. سپس مقادیر شبیه‌سازی‌شده توسط مدل با مقادیر اندازه‌گیری‌شده مقایسه شد. به‌منظور محاسبه نفوذ و اُفت به‌ترتیب از روش‌های SCS (Soil Conservation Service) و هیزن ویلیامز استفاده شد [Sin *et al.*, 2014]. داده‌های مربوط به ایستگاه هواشناسی، زیرحوضه‌ها، گره‌ها، مجاری آب‌رو و نقاط برون‌ریز جمع‌آوری، محاسبه و در مدل وارد شدند.

یافته‌ها

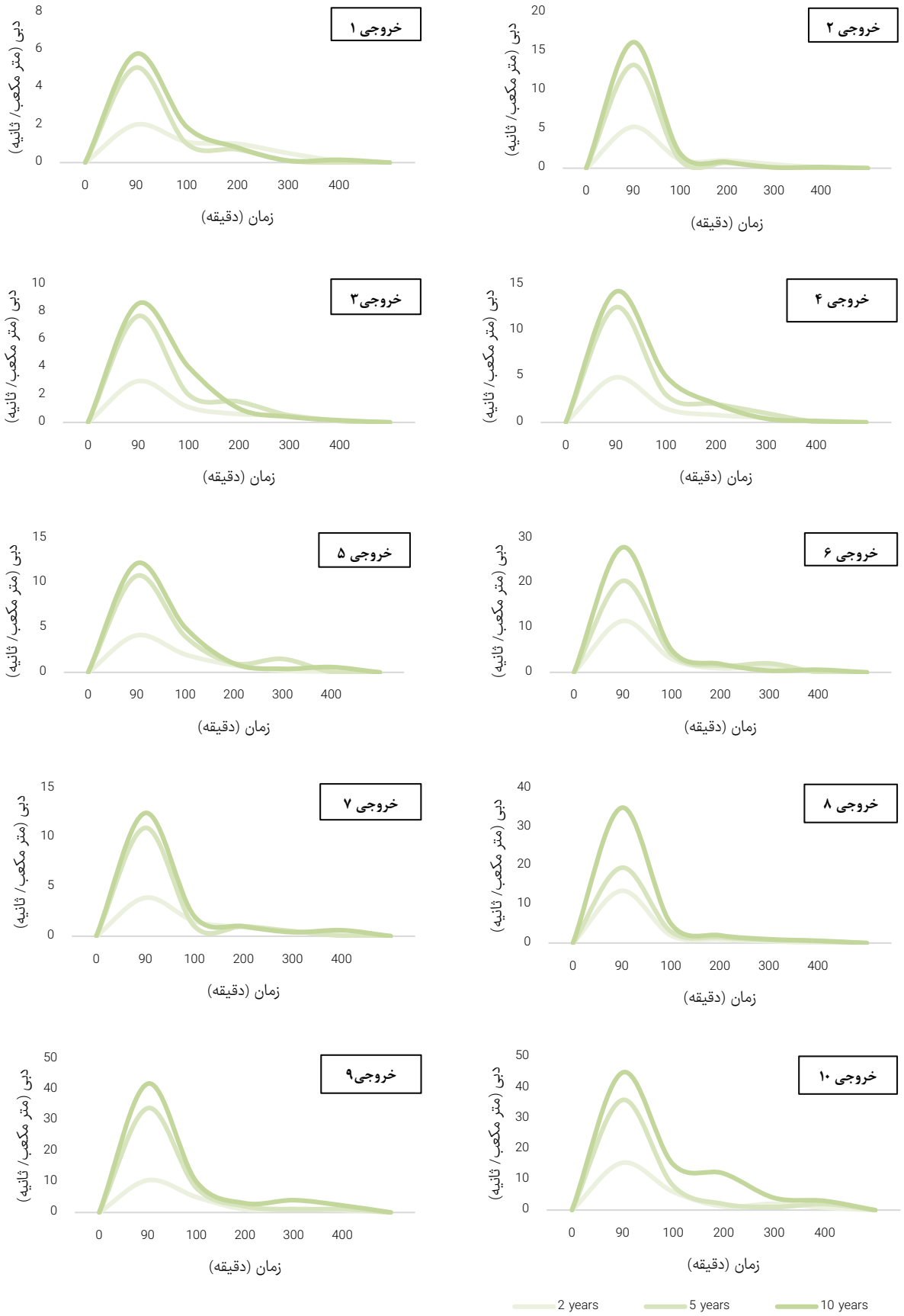
هیدروگراف سیل (مقدار دبی خروجی) در ۱۰ خروجی اصلی، برای دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله رسم شد (شکل ۳). با توجه به ابعاد کانال‌های اصلی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی شهرداری منطقه ٤، شبکه ظرفیت انتقال دبی بیشینه با دوره بازگشت ۲ ساله را نداشت.

به‌منظور ارزیابی نتایج اجرای مدل در حالت با و بدون در نظرگیری ۳ سناریوی مدیریتی، از نمودار دبی جریان برای خروجی‌های شبکه با دوره بازگشت ۱۰ساله استفاده شد (شکل ٤).

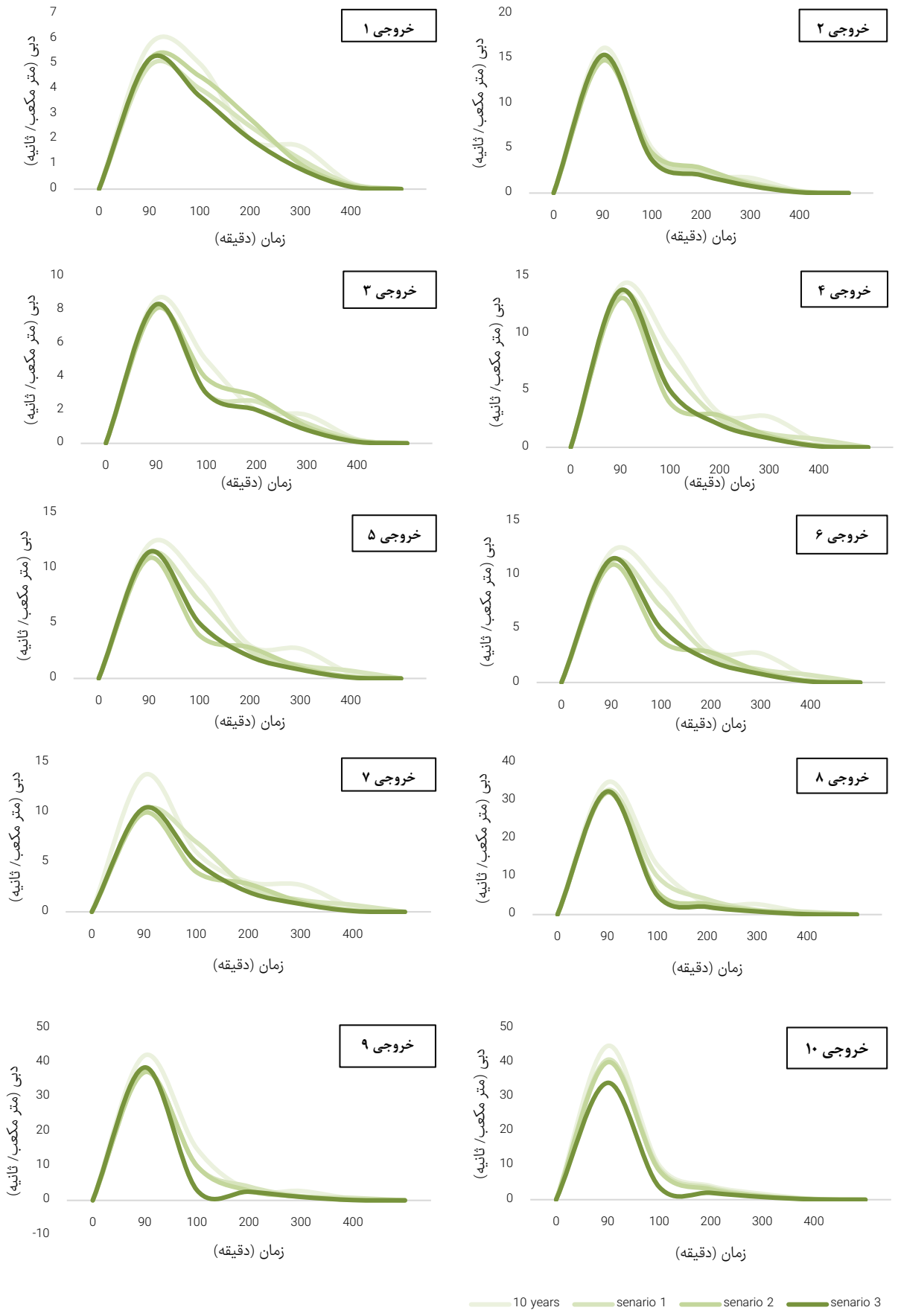
با توجه به اینکه غالبا دوره بازگشت ۱۰ساله برای طراحی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی استفاده می‌شود (شکل ٥)، علاوه بر بررسی دبی جریان، حداکثر سرعت نیز برای دوره بازگشت ۱۰ساله بررسی شد که بدون راهکار مدیریتی ۳/۷، برای سناریوی اول ۳/۲۹ (۹% کاهش)، سناریوی دوم ۳/۲۲ (۱۱% کاهش) و سناریوی سوم ۳/۱۱ (۱۲/٥% کاهش) متربرثانیه برآورد شد (شکل ٦).

سناریوی سوم بیشترین تاثیر را از جهت کاهش دبی بیشینه در بین سناریوها و حالت بدون در نظر گرفتن سناریوهای مدیریتی داشت (نمودار ۱).

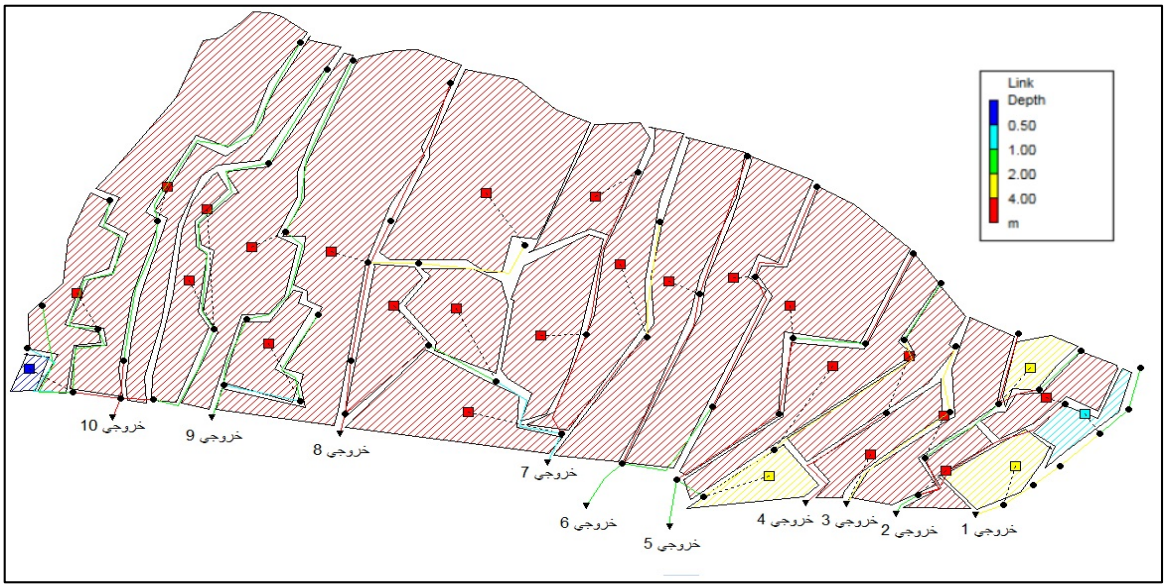
سناریوی سوم (ترکیب همزمان دو سناریوی اول و دوم) بیشترین تاثیر را در کاهش عمق جریان و دبی جریان در کل شبکه جمع‌آوری آب سطحی داشت (جدول ٤).



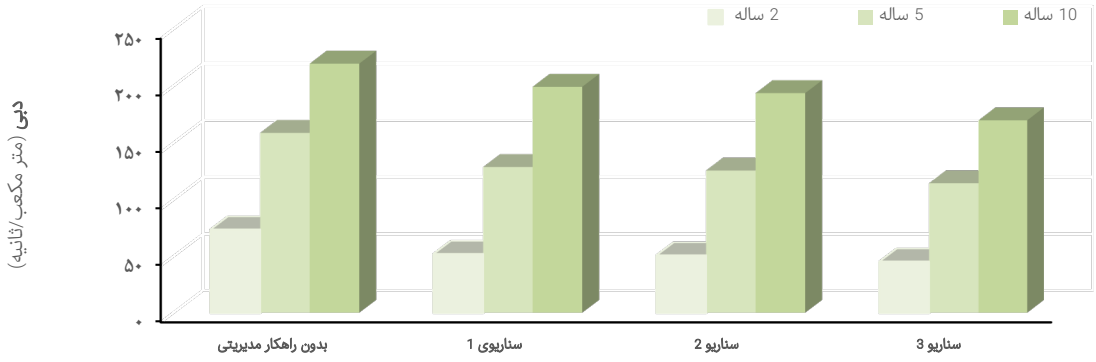
شکل ۳) هیدروگراف سیل (مقدار دبی خروجی) در ۱۰ خروجی اصلی برای دوره بازگشت ۲، ۵ و ۱۰ ساله



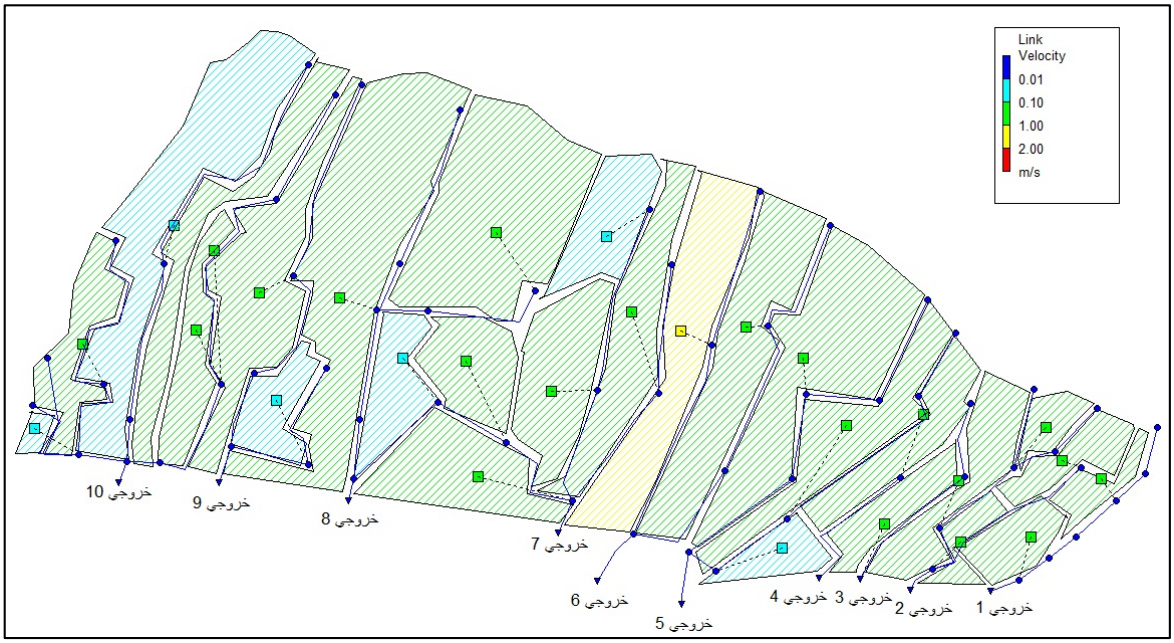
شکل ٤) مقایسه بین نتایج مدل با دوره بازگشت ۱۰ ساله با سناریوهای مختلف



شکل ۵) عمق جریان به‌دست آمده در شبکه برای دوره‌ی ۱۰ ساله



نمودار ۱) دبی اوج خروجی از کل شبکه در دوره بازگشت‌های مختلف



شکل ٦) نمایش سرعت در کل شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی منطقه ٤ شهرداری تهران برای دوره بازگشت ۱۰ساله

جدول ۴) محاسبه میزان اختلاف اجرای مدل بدون راهکار مدیریتی و سناریوهای اول، دوم و سوم برای دوره بازگشت ۱۰ ساله برحسب درصد

خروجی	بدون راهکار مدیریتی		سناریو ۱		سناریو ۲		سناریو ۳	
	کاهش عمق	کاهش دبی	کاهش عمق	کاهش دبی	کاهش عمق	کاهش دبی	کاهش عمق	کاهش دبی
۱	۸	۱۱/۱	۱۲/۵	۱۲/۸	۱۰	۸/۷	۱۲/٤	۹/۵
۲	۱٤	۷/۷	۱٤	۸/۸	۱۰/۷	٤/٦	۳٤/۱	۲۵/۷
۳	۰/۰۵	٤/۵	٤/۱	٦/۵	۰/۰۹	٤/۱	۲/٦	۱٦/۹
٤	۳/٤	٤/٦	٦/٦	۷/۵	۲	۳/۸	۳/۵	۱۱/۸
۵	٦/۳	۷/۳	٦/۷	۹/٤	۳/۳	۵/٤	۸/۱	۱۷
٦	۸	۹	۹	۱۱/۳	۵/۵	۷/٤	۳٤/۱	۲۳/٤
۷	۱۹	۱٤/۹	۱۹	۱۷/۱	۱۸/۷	۱۳/۱	٤۸/٦	۵۳
۸	٤	٦/۳	۵/۸	۷/٤	٤/۱	۵/٦	۲٤/٦	۱۷/۱
۹	۷	۱۰/۲	۷/۹	۱۱/۵	۵/٦	۸/۸	۱۸	۲۵
۱۰	۷/۵	۸/٤	۸/۱	۱۰	۵/۸	٦/۷	۱۹/۵	۲۰/۵

بحث

هدف این تحقیق، شبیه‌سازی رواناب ناشی از بارش در منطقه ٤ شهرداری تهران با استفاده از SWMM بود. نتایج حاکی از آنست که کانال‌های اصلی شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی شهرداری منطقه ٤ ظرفیت انتقال دبی با دوره بازگشت ۲ ساله را ندارند. حداکثر ارتفاع رواناب در دوره بازگشت ۲ساله ۱/۵متر، ۵ساله ۳متر و ۱۰ساله ۳/۷متر است. همچنین حداکثر سرعت رواناب در دوره بازگشت ۲ساله ۷/۹متربرثانیه، ۵ساله ۹/۹متربرثانیه و ۱۰ساله ۱۰متربرثانیه است. در دوره بازگشت ۲ساله، در ۱۰% شبکه سرعت بالای ۶مترمکعب‌برثانیه است و با افزایش دوره بازگشت درصد بیشتری از شبکه به این سرعت می‌رسد. با توجه به شیب زیاد منطقه، این مساله دور از ذهن نبوده و شبکه زهکشی باید اصلاح شود. نتایج نهایی گویای عدم کارآیی مناسب در بخش‌های مختلف شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی موجود در محدوده مورد مطالعه است. بنابراین استفاده از راهکارهای مدیریتی و روش‌های توسعه کم‌اثر و نیز بهترین راهکار مدیریتی امری ضروری است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، سناریو سوم (ترکیب همزمان دو سناریو اول و دوم) بیشترین تاثیر را در کاهش عمق جریان و دبی جریان در کل شبکه جمع‌آوری آب سطحی دارد. به طوری که، اگر فاکتور عمق جریان را برای ارزیابی در نظر بگیریم، از چهار حالت اجرای مدل، سناریوی سوم بیشترین تاثیر را بر کانال تهرانپارس (خروجی ۷) و کمترین تاثیر را سناریوی اول بر کانال یخساران (خروجی ۳) دارد؛ و اگر فاکتور دبی اوج را برای ارزیابی در نظر بگیریم، در مجموع، سناریوی سوم بیشترین تاثیر را بر کانال تهرانپارس (خروجی ۷) و کمترین تاثیر را سناریوی دوم بر خروجی ٤ دارد. استفاده از BMPها موجب تغییر کاربری اراضی، کاهش میزان رواناب و کاهش بار آلودگی می‌شود؛ لذا با استفاده از نتایج این نوع مطالعات در طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی، می‌توان ابعاد کانال‌های طراحی‌شده را کاهش داد و بهینه نمود و همچنین از بار آلودگی وارد به تصفیه‌خانه‌ها کاست [Choi *et al.*, 2002].

با توجه به قابلیت‌های SWMM در برآورد رواناب و فراهم‌کردن خروجی در هر بخش از حوضه، می‌توان نتیجه گرفت که SWMM انعطاف‌پذیری قابل قبولی برای ترکیب با دیگر مدل‌های هیدرولوژیک دارد [Dongquan *et al.*, 2009; Temprano *et al.*, 2006] و از هیدروگراف جریان می‌توان در هر بخش به عنوان ورودی برای مدل‌های دیگر استفاده کرد [Lin *et al.*, 2006]. با توجه به مطالب ذکرشده، می‌توان از این مدل برای طرح‌های مدیریت رواناب شهری و طراحی شبکه زهکشی رواناب شهری در منطقه مورد مطالعه استفاده کرد؛ این نتیجه با یافته‌های برخی مطالعات [Zoppou, 2001; Phillips, 2005] مطابقت دارد.

در این تحقیق استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) جهت تجزیه و تحلیل و مدیریت داده‌ها و همچنین استفاده از SWMM، سبب افزایش سرعت و دقت لازم جهت محاسبه پارامترهای مورد نیاز شبیه‌سازی جریان شده است. نتایج برخی از تحقیقات [Huber & Dickinson, 1988; Hsu *et al.*, 2000; Jang *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2008] حاکی از قابلیت و توانایی SWMM در شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب است. نتایج حاصل از واسنجی مدل نشان داد که شبیه‌سازی دبی و عمق رواناب انطباق خوبی با داده‌های مشاهداتی دارد. علاوه بر این، می‌توان از نتایج به‌دست‌آمده در فرآیند واسنجی برای برآورد مقدار بهینه پارامترها استفاده نمود و در مناطق دیگر که از لحاظ همگنی مشابه منطقه مورد نظر است، استفاده نمود. نتایج حاصل از واسنجی در این تحقیق با نتایج *دیو* و همکاران [Du *et al.*, 2007] و *دانکون* و همکاران [Donquan *et al.*, 2009] مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

سیستم زهکشی در جمع‌آوری رواناب موجود در منطقه ٤ شهرداری تهران کارآیی مناسب ندارد. با بهره‌گیری از SWMM می‌توان رویدادهای بارشی و تبدیل آنها به رواناب شهری را برای دوره بازگشت‌های مختلف بررسی نمود و پاسخی هیدرولوژیک نزدیک به شرایط واقعی هیدرولوژیک حوضه را به‌دست آورد.

تشکر و قدردانی: بدین وسیله از تمامی مسئولان دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی سمنان کمال سپاس و قدردانی را داریم.

تاییدیه‌های اخلاقی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

تعارض منافع: این مقاله بخشی از رساله دکتری گروه جغرافیا دانشگاه آزاد اسلامی سمنان است.

سهم نویسندگان: مصطفی ناهید (نویسنده اول) پژوهشگر اصلی/نگارنده بحث (۵۰%)؛ محمدرضا زندمقدم (نویسنده دوم)، روش‌شناس/نگارنده بحث (۲۵%)؛ زینب کرکه‌آبادی (نویسنده سوم)، روش‌شناس/پژوهشگر کمکی (۲۵%).

منابع مالی: -

منابع

- Ahmadisharaf E, Tajrishy M (2015). Siting detention basins using SWMM and spatial multi-criteria decision making. Water and Wastewater. 25(6):57-66. [Persian]
- Babaei S, Ghazavi R, Erfanian M (2018). Urban flood simulation and prioritization of critical urban sub-catchments using SWMM model and PROMETHEE II approach. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 105:3-11.
- Beck NG, Conley G, Kanner L, Mathias M (2017). An urban runoff model designed to inform stormwater management decisions. Journal of Environmental Management. 193:257-269.
- Choi KS, Ball JE (2002). Parameter estimation for urban runoff modelling. Urban Water. 4:31-41.
- Dongquan Z, Jining C, Haozheng W, Qingyuan T, Shangbing C, Zheng S (2009). GIS-based urban rainfall-runoff modeling using an automatic catchment-discretization approach: A case study in Macau. Environmental Earth Sciences. 59(2):465-472.
- Du J, Shunping X, Youpeng X, Chong-yu X, Singh VP (2007). Development and testing of a simple physically-based distributed rainfall-runoff model for storm runoff simulation in humid forested basins. Journal of Hydrology. 336:334-346.
- Farokhzadeh B, Kiani A, Bazrafshan O (2021). Evaluation of SWMM hydrological-hydraulic model in urban runoff management (Case study: District 12 of Tehran municipality). Urban Economics and Planning. 1(4):243-251. [Persian]
- Hsu MH, Chen SH, Chang TJ (2000). Inundation simulation for urban drainage basin with storm sewer system. Journal of Hydrology. 234(1-2):21-37.
- Huber WC, Dickinson RE (1988). Storm water management model user's manual (SWMM) Version 4 [Software]. United States:Environmental Protection Agency; Georgia.
- Jang S, Cho M, Yoon J, Yoon Y, Kim S, Kim G, et al (2007). Using SWMM as a tool for hydrologic impact assessment. Desalination. 212(1-3):344-356.
- Jiang L, Chen Y, Wang H (2015). Urban flood simulation based on the SWMM model. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. 2015, 6 May: Göttingen. 368:186-191.
- Kobarfard M, Fazloula R, Zarghami M, Akbarpour A (2018). Efficient assessment LID and determining the BMP quantitative of urban flooding using at the time events. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 12(1):40-52. [Persian]
- Lin SS, Hsieh SH, Kuo JT, Liao YP, Chen YC (2006). Integrating legacy components into a software system for storm sewer simulation. Environmental Modelling & Software. 21(8):1129-1140.
- Lowe SA (2010). Sanitary sewer design using EPA storm water management model (SWMM). Computer Applications in Engineering Education. 18(2):203-212.
- Luan B, Yin R, Xu P, Wang X, Yang X, Zhang L, et al (2019). Evaluating green stormwater infrastructure strategies efficiencies in a rapidly urbanizing catchment using SWMM-based TOPSIS. Journal of Cleaner Production. 223:680-691.
- Meena YR, Gupta AK (2018). Spatial BMP approach for mitigating the urban flooding in Bengaluru city, Karnataka, India. Spatial Information Research. 26(5):527-36.
Not Found
- Mozaffari J, Kobarfard M (2017). Investigation of qualitative and quantitative management at urban flood with EPA-SWMM model; Case study district 22 of Tehran. Journal of Irrigation and Water Engineering. 7(3):47-59. [Persian]
- Park SY, Lee KW, Park IH, Ha SR (2008). Effect of the aggregation level of surface runoff fields and sewer network for a SWMM Simulation. Desalination. 226(1-3):328-337.
- Phillips BC, Yu S, Thompson GR, De Silva N (2005). 1D and 2D modelling of urban drainage systems using XP-SWMM and TUFLOW. In 10th International Conference on Urban Drainage. 2005, 21-26 August: Copenhagen. p. 21-26.
- Pushpalatha R, Perrin C, Le Moine N, Andréassian V (2012). A review of efficiency criteria suitable for evaluating low-flow simulations. Journal of Hydrology. 420-421:171–182.
- Sharifan RA, Roshan A, Aflatoni M, Jahedi A, Zolghadr M (2010). Uncertainty and sensitivity analysis of SWMM model in computation of manhole water depth and subcatchment peak flood. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2(6):7739-7740.
- Sin J, Jun C, Zhu JH, Yoo C (2014). Evaluation of flood runoff reduction effect of LID (Low Impact Development) based on the decrease in CN: Case studies from Gimcheon Pyeonghwa district, Korea. Procedia Engineering. 70:1531-1538.
- Temprano J, Arango O, Cagiao J, Suarez J, Tejero I (2006). Stormwater quality calibration by SWMM: A Case Study in Northern Spain. African Journals Online (AJOL). 32(1):55-63.
- Zoppou C. (2001). Review of urban storm water models. Environmental Modelling & Software. 16(3):195-231.
- Zhu Z, Chen Z, Chen X, Yu G (2019). An assessment of the hydrologic effectiveness of low impact development (LID) practices for managing runoff with different objectives. Journal of Environmental Management. 231:504-514.