Journal of Urban Ecology Research
Vol 13, No. 2, Series 27, Summer 2022, (69-84)
DOI: 10.30473/grup.2020.39894.2148

فصلنامه علمی پژوهش‌های بوم‌شناسی‌شهری
سال ۱۳، شماره ۲، پیاپی ۲۷، تابستان ۱۴۰۱ (۶۹-۸۴)

شبیه‌سازی جمع‌آوری رواناب شهری در نواحی خشک، مطالعه موردی اسلامشهر

***منیژه قهرودی تالی[۱]، شیما شریعت[۲]، علی چاوشیان[۳]**

۱. استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.
۲. کارشناسی ارشد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.
۳. دانشیار، گروه عمران، دانشگاه علم و صنعت، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰٤/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸ /۰۹/۲۵

Simulation of Collecting Urban Runoff in Dry Areas, Case Study Eslamshahr

***Manijeh Ghahroudi Tali[1], Shima Shariat[2], Ali Chavodhian[3]**

1. Professor, Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
2. Msc. Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.
3. Associate Professor, Department of Civil Engineering, University of Science and Technology, Tehran, Iran.

Received: 2018/07/12 **Accepted:** 2019/12/06

نوع مقاله: پژوهشی

چکیده

هدف این پژوهش شبیه‌سازی جمع‌آوری رواناب ناشی از رژیم‌های نامنظم بارندگی و رخداد کل بارش سالیانه در مناطق خشک می باشد. شبیه‌سازی با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی در شهرستان اسلامشهر با اقلیمی خشک انجام شده است. داده‌های مورد استفاده شامل کلیه لایه‌های مربوط به زیرساخت‌های شهری سطحی و زیرسطحی جمع‌آوری رواناب می‌باشد که از منابع داده‌های مکانی در نرم‌افزار ARCGIS تهیه شده است. روش پژوهش در محاسبه رواناب اسلامشهر مدل SCS(CN) در بازه سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ می‌باشد در این راستا ابتدا مسیر هدایت و جمع‌آوری رواناب براساس داده‌های ارتفاعی و مشاهدات میدانی تعیین گردید و سپس میزان رواناب تولید شده در هر حوضه ارزیابی و هندسه کانال‌های آن با مدل شبیه‌سازی رواناب جوی باغچه در نرمافزار SWMM محاسبه شده است. نوآوری پژوهش شامل ترکیب مدل SCS(CN) در تولید رواناب و مدل جوی باغچه در محیط SWMM می باشد که شیوه ای نو برای جمع‌آوری رواناب در بهترین نقطه تمرکز را ارائه نموده است به‌طوری که حداکثر رواناب تولید شده در حوضه‌های ۳، ۴ و ۵ اسلامشهر وجود دارد. از طرف دیگر رواناب از حوضه‌های بالادست نیز به آن افزوده می‌شود لذا بهترین خروجی برای جمع‌آوری رواناب می باشد. همچنین مدل جوی باغچه به دلیل کاهش رواناب، پتانسیل آسیب پذیری اسلامشهر را در مواجه با خطرات رواناب شهری کاهش می دهد.

واژگان کلیدی

جمع‌آوری رواناب، مناطق خشک، مدل SCS (CN)، مدل SWMM، اسلامشهر.

Abstract

The aim of this research is to simulate the collection of runoff due to irregular rainfall regimes and the total occurrence of annual rainfall in dry areas. Simulation has been done using hydrological models in Islamshahr city with a dry climate. The data includes all the layers related to surface and subsurface urban infrastructures for collecting runoff, which is prepared from spatial data sources in ArcGIS Software. The research method for calculating runoff in Islamshahr is the SCS (CN) model during 2005 and 2011. In this regard, first, the direction and collection of runoff were determined based on elevation data and field observations. Then the amount of runoff produced in each evaluation basin and the geometry of its channels were calculated with the atmospheric runoff simulation Swale model in SWMM software. The combination of the SCS (CN) model in the production of runoff and the Swale model in the SWMM environment has provided a new way to collect runoff at the best point of concentration of runoff so that the maximum runoff produced in basins 3 and 4 And there are 5 Islamshahr because the runoff from the upstream basins is also added to it, so it is a suitable outlet for collecting runoff. Also, in terms of reducing runoff, the Swale model reduces the vulnerability potential of Islamshahr in the face of the risks of urban runoff .

Keywords

Runoff collection, Dry areas, (CN) SCS model. SWMM model, Islamshahr.

***نویسنده مسئول:** منیژه قهرودی تالی

E-mail:m-ghahroudi@sbu.ac.ir

***Corresponding Author**: Manijeh Ghahroudi Tali

مقدمه

با توجه به تغییرات آب و هوا در طی چند سال گذشته، رشد فیزیکی شهرها و مشکلات ایجاد شده در اثر سیل و آب‌گرفتگی یکی از بحران‌های طبیعی در بسیاری از شهرها است که با توجه به‌شدت بارندگی و عدم وجود زمان کافی برای واکنش، چالش‌های زیـادی را به وجود آورده است. بنابراین در مناطق شهری به دلیل مشکلات متعدد پیش آمده در اثر وقوع سیلاب شهری، لزوم مدیریت بحران و روش‌های کارآمد مدیریتی جمع‌آوری رواناب‌ها امری ضروری است. مدیریت بحران عبارت است از ایجاد آمادگی و فراهم کردن تمهیدات و تدارکات لازم برای رویارویی با بحران و به حداقل رساندن آثار تخریبی آن. مدیریت بحران تمامی جنبه‌های مقابله با بحران، شامل فعالیت‌های قبل و بعد از وقوع بحران را در برمی‌گیرد. یکی از ارکان اصلی مدیریت بحران، واکنش به وقوع بحران است. هدف از واکنش، به حداقل رساندن میزان خسارت‌ها با انجام یک‌رشته اقدامات فوری است. برای واکنش به بحران سیل و آب‌رفتگی‌های شهری، شبیه‌سازی به‌عنوان ابزاری مناسب برای پیش‌بینی و تعیین وضعیت موجود منطقه بدون نیاز به مشاهده مستقیم و اندازه‌گیری دقیق، می‌تواند کارآمد باشد. هدف این مقاله بومی‌سازی و به‌کارگیری این اصول و رواج آن‌ها برای مهار و استفاده از رواناب‌های شهری در آبیاری فضای سبز شهری در کشور است. هدف اصلی تحقیق این است که برای نزدیک کـــردن نتیجه شبیه‌سازی بـه واقـعـیـت، تأثیر زیرساخت‌های جمع‌آوری سیلاب در تحلیل‌های هیدرولوژیکی با مشاهدات میدانی مورد بررسی قرار گرفته است و صحت موارد ذکر شده مورد تأیید است. شهرستان اسلامشهر در منطقه خشک با بارش سالیانه ۲۳۱ میلی‌متر، در انتهای حوضه کن قرار گرفته است. این شهر مانند اکثر شهرهای جنوب تهران دارای چهره‌ای بی‌نظم است و نشانه‌ای از سرسبزی طبیعی در آن دیده نمی‌شود. در حال حاضر با اینکه اسلامشهر در ایام بارندگی ضمن ایجاد رواناب‌های تولیدشده در سطح شهر، رواناب‌های خروجی از رودخانه کن را نیز دریافت می‌کند، اما به دلیل شیب عمومی شهر و اطراف آن‌که بیشتر شیب کانال‌های موجود در شهر شمال به جنوب است، حرکت آب‌های سطحی در تمامی خیابان‌های اصلی در کانال‌هایی در جهت شمال‌غربی–جنوب شرقی است که موجب ایجاد مخاطرات محیطی و انسانی شده است. این پژوهش به دنبال پاسخ چگونگی جمع‌آوری رواناب به منظور مدیریت آبگرفتگی و تعدیل کم آبی در اسلامشهر می باشد. لذا با هدف شبیه سازی جمع‌آوری رواناب و تکنیک کمی جوی باغچه در نرم‌افزار SWMM انجام شده است که نوآوری پژوهش شامل ترکیب مدل SCS (CN) و مدل جوی باغچه در جمع آوری رواناب می‌باشد.

مبانی نظری

در مناطق شهری سطح زمین در اکثر موارد با کاربری‌های نفوذناپذیر دیده می‌شوند و به همین علت سرعت حرکت روانـاب بالا و میزان نفوذ آب باران به خاک بسیار ناچیز است؛ بنابراین رخداد ناگهانی بارش شدید در یک منطقه‌ی شهری می‌تواند موجب ایجاد سیلاب و آب‌گرفتگی شود. هریز و ریچای[1] در مقاله خود به بررسی تأثیر شیب زمین در ایجاد رواناب‌های تولیدی پرداخته‌اند که به نتایج قابل‌توجهی رسیدند. آن‌ها رژیم‌های بارش با فرکانس بالا، حجم زیاد و زمان کوتاه به‌عنوان رخدادهای بارندگی انتخاب کردند و آن‌ها را به دودستهٔ رژیم C و B تقسیم کرده‌اند. رژیم بارش C شامل حوادث با شدت کم و مدت‌زمان طولانی و وقوع کم و رژیم بارش B تجمع حوادث شدت متوسط و مدت‌زمان متوسط و وقوع کمتر است. بررسی‌ها نشان داده که ضریب رواناب ناشی از رژیم‌های بارندگی در حال تغییر است اگرچه مقدار حجم متوسط بارش ناشی از رژیم‌های C و B در طول شیب کمتر بسیار ناچیز بوده است ولی ضریب رواناب تغییری ننموده است در حالی که مقدار دبی پیک ناشی از رواناب در سطوح شیب‌دار در بیشترین رخداد بارش افزایش یافته است (Harries & Ritchie, 1983: 155). ازجمله برنامه‌های کاربردی در محاسبه رواناب برنامه SWMM[2] است که دارای مدل‌های متعدد ازجمله مدل جوی باغچه[3] است. جوی باغچه یا آبراهه گیاه کاری شده، کانال خاکی عریض و کم عمقی است که برای جلوگیری از فرسایش و مقابله با سیل گیاه کاری شده است. شیب کم آن نفوذپذیری را افزایش میدهد و در این راستا بخش زیادی از آلودگی آب هم وارد می‌شود. جوی باغچه برای کنترل کمیت رواناب و حذف آلاینده‌ها آن به کار گرفته می‌شود. تفاوت جوی باغچه و کانال های زهکشی در این است که نرخ حذف آلاینده در جوی باغچه خیلی بالاتر از کانال‌های زهکشی است. اجزا جوی باغچه شامل مخزن رسوب، پوشش گیاهی و سیستم سر ریز می باشد. بهطور کلی مدل SWMM یک مدل شبیه‌ساز بارش–رواناب پویا با مبنای فیزیکی

---

1. Harries & Ritchie

۱. این نرم افزار با مشارکت شرکت مهندسی متکالف ادی دانشگاه فلوریدا برای آژانس حفاظت آمریکا طی سالهای ۱۹۶۹ تا ۱۹۷۱ تهیه گردیده است. برنامه SWMM شامل مدل‌های است که می‌تواند مؤلفه‌های مختلف سیکل هیدرولوژیکی را مدل‌سازی نماید.

3. Swale

است که برای شبیه‌سازی‌های تک واقعه‌ای یا طولانی‌مدت (پیوسته)، کمیت و کیفیت رواناب حوضه‌های شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد. مؤلفه رواناب SWMM روی مجموعه‌ای از زیر حوضه‌هایی که باران دریافت می‌کنند عمل کرده، رواناب و بارهای آلاینده را تولید می‌نمایند. بخش روندیابی مدل، رواناب را از طریق شبکه لوله‌ها، کانال‌ها و تأسیساتی چون پمپ‌ها و تنظیم‌کننده‌های جریان منتقل می‌کند. این مدل کمیت و کیفیت رواناب تولیدشده در هر زیر حوضه، سرعت، دبی و عمق جریان در هر لوله و کانال را در هرزمانی از دوره شبیه‌سازی ارائه می‌دهد. این برنامه به‌منظور شبیه‌سازی مدیریتی و پیش‌بینی کمی و کیفی مرتبط با سیلاب شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

پیشینه تحقیق

زمانی ابیانه و همکاران (۱۳۸۰) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد به بررسی مدل صفحه گسترده برای طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی، پرداخته است. ضمن بررسی مسائل سیلاب شهری از طریق مدل‌های کامپیوتری و روش‌های طراحی، صفحهٔ گسترده به‌عنوان محیطی مناسب جهت طراحی شبکهٔ بهینه سیستم‌های شهری معرفی نموده است. به‌طور موردی طرح بهینه شبکهٔ جمع‌آوری و دفع رواناب سطحی شهر زابل را تهیه نموده است.

وطن پرست و همکاران (۱۳۸۹) مدل‌سازی کیفی روان آب شهری و دریاچه‌های پذیرندهٔ رواناب را در پایان‌نامهٔ کارشناسی بررسی نموده است. در این پژوهش با بررسی منطقه ۲۲ واقع در شمال غرب تهران پرداخته است و باتوجه به شرایط توپوگرافی خاص این منطقه و مزیت‌های وجود دریاچه در این منطقه شهری، ایجاد دریاچه مصنوعی را پیشنهاد داده است.

کمالی (۱۳۹۰) در ارزیابی بهترین راهکردهای مدیریتی در بهبود کمیت سیلاب‌های شهری، تاثیر کمی دو نمونه راهبرد مدیریتی شامل سیستم ماند بیولوژیکی و جوی باغچه‌ها بر حوضه واقع در شهرداری منطقه ۸ تهران با استفاده از نرم‌افزار SWMM پرداخته است و به این نتیجه رسیده است که احداث سیستم جوی باغچه نسبت به سیستم ماند بیولوژیکی در بهبود کمیت رواناب عملکرد مناسب تری داشته است.

دستورانی (۱۳۹۲) به بررسی امکان جمع‌آوری آب از سطح جاده‌ها و بزرگراه‌ها جهت ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک پرداخته است. در این پژوهش ویژگی‌ها و چارچوب کلی استفاده از سطح جاده‌ها و بزرگراه‌ها جهت ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه‌خشک بررسی شده است. همچنین حجم رواناب قابل استحصال در سطح خیابان‌ها و بزرگ‌راه‌ها برآورد شده است و مزایای اجرای این روش در ایران مطرح شده است و در نتیجه جمع‌آوری آب این سطوح را با ایجاد کرت‌های سبز و مخازن بزرگ جهت تأمین آب به‌منظور توسعه فضای سبز اطراف جاده‌ها را پیشنهاد نموده است.

جعفری (۱۳۹۳) در پژوهش مدیریت روناب‌های شهری به‌منظور استفاده در آبیاری فضای سبز، مؤلفه‌های حجم رواناب، جمع‌آوری و هدایت رواناب، سرعت رواناب و مدیریت کیفیت رواناب در سیستم مدیریت رواناب شهری مورد مطالعه قرار داد. به این منظور مساحت حوضه آبخیز، ضریب رواناب یا بارندگی (C)، زمان تمرکز به دقیقه و شدت بارندگی را محاسبه نمود و به سیستم‌های جمع‌آوری و هدایت رواناب شامل کانال‌های باز، سرپوشیده یا ترکیبی از هر نوع مورد تحلیل قرار دادو به این نتیجه رسید که در سیستم‌های باز به دلیل داشتن پوشش گیاهی فرصت بیش‌تری برای کاهش سرعت و حجم رواناب فراهم می‌شود و همچنین راه‌کارهایی مانند ذخیره آب در داخل محدوده شهری برای کنترل سرعت رواناب و کاهش حداکثر دبی، نفوذ دادن آب به درون زمین مانند استخرهای مهار بیولوژیک آب، ترانشه‌ها و چاه‌های نفوذ، برنامه‌ریزی صحیح برای کاهش سطوح غیرقابل نفوذ، مکان‌یابی محل‌های ساخت‌وساز در نواحی حداقل حساس و بحرانی مانند شیب‌های تند و خاک‌های نفوذناپذیر و استفاده از سیستم‌های زهکش طبیعی را ارائه کرده است.

سلیمانی (۱۳۹۴) در کتاب هیدرولوژی و مدل‌سازی کمی سیلاب شهری در محیط GIS و SWMM ، به مقایسه روش شبیه‌سازی رواناب با مدل SWMM با گزینه نفوذ گریت آپت، هورتون و SCS(CN) می‌پردازد و نشان می‌دهد که در مدل SWMM بخش غیراشباع و مخزن آب زیرزمینی از فرمول غیرخطی استفاده می‌نماید و انعطاف‌پذیری بیشتری نسبت به سایر روش‌ها دارد و همچنین قادر به روندیابی هیدرولیکی و موج دینامیکی است. او همچنین به این نتیجه رسید که این روش به علت استفاده از گام‌های زمانی کوتاه، مدت بیشتری برای شبیه‌سازی هیدروگراف دبی پیک نیاز دارد و مسیریابی موج دینامیک می‌تواند برای ذخیره‌سازی کانال، مرداب، جریان‌های ورودی- خروجی، برگشت جریان و جریان تحت‌فشار مورد استفاده قرار گیرد. در این روش هر دو

سطح آب در گره‌ها و جریان در کانال را به‌طور کلی راه‌حلی برای هر طرح شبکه می‌داند، حتی آن‌هایی که دارای انحرافات متعدد پایین‌دست و گره‌ها هستند.

لیئود[۴] و همکاران در سال ۲۰۰۲ را پژوهشی در خصوص طراحی شهری حساس به آب با دیدگاه مدیریت طوفان‌ها در جنوب شرق ملبورن را انجام دادند و در این راستا سطوح مختلف سازه‌های شهری را مورد بررسی و مقایسه قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان داد که سیستم ماند بیولوژیکی در نواحی کم‌عمق از نگهداشت خاک و گیاهان برای تصفیه رواناب استفاده می‌کند و استفاده از سیستم ماند بیولوژیکی و جوی باغچه‌ها می‌تواند به شبیه‌سازی رواناب شهری و ارائه راهکارهای نوین مدیریتی منجر شود.

در خصوص روش‌های تخمین رواناب در حوضه‌های فاقد اندازه‌گیری دبی، میشرا و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهش مدل‌سازی بازده رسوب مبتنی بر SCS-CN، به این نتیجه رسیدند که در روش SCS تعیین شماره منحنی که تابعی از ویژگی‌های خاک، کاربری اراضی، خصوصیات هیدرولوژیکی مانند رطوبت پیشین خاک است ضروری است. سادگی روش SCS سبب شد تا به یکی از رایج‌ترین روش‌ها در میان مهندسین و کارشناسان تبدیل شد و اساساً برای حوضه‌های کوچک شهری و کشاورزی، حوضه‌های طبیعی متوسط و همچنین برای حوضه‌هایی که در آن‌ها داده‌های اندازه‌گیری دبی رواناب وجود ندارد به کار می‌رود.

دانگ[۵] و همکاران (۲۰۰۸) به شناسایی پارامترها و اعتبارسنجی مدل SWMM در شبیه‌سازی رواناب سطحی زمینهای شهری غیرقابل نفوذ در چین پرداختند. برای محاسبه سهم عوامل مختلف در تغییر رواناب، از یک روش جدید نسبت تغییر تجمع رواناب بر سطوح شیب‌دار استفاده نمودند و توانستند میزان سهم بارش و فعالیت‌های انسانی در کاهش رواناب را به دست آورند. و با پایش چندین رخداد بارندگی به این نتیجه رسیدند که پارامترهای مدل شامل ذخیره سطحی، ضریب مانینگ، حداکثر تولید ممکن، ضریب شستشو و توان شستشو می باشد. همچنین دریافتند که ساختارهای مدل فعلی در شبیه‌سازی منحنی‌های غلظت آلاینده رواناب ناشی از برخی الگوهای خاص باران مشکلاتی دارند.

شون[۶] و همکاران (۲۰۱۰) ارزیابی آسیب‌پذیری غرقاب داخلی در مناطق شهری با استفاده از SWMM در حوضه آبریز آنچونچون را بررسی نمودند و به پیش‌بینی عمق رواناب و کیفیت (کل مواد جامد معلق و فسفر کل) در حوضه‌های مسکونی، تجاری و صنعتی پرداخته اند. اعتبارسنجی نتایج مدل آنها نشان داد ارتباط معنی‌داری بین داده‌های اولیه و مشاهدات اندازه‌گیری است.

گیروناس[۷] و همکاران (۲۰۱۰) در راهنمای کاربردی جدید مدل مدیریت آب طوفانی SWMM، مطرح نمودند که برنامه SWMM قادر به پیش‌بینی و ردیابی کمی و کیفی رواناب می‌باشد و مشخصه‌های بسیاری از فرایندهای هیدرولوژیک و کیفیت آب شامل بارش، ذوب برف، رواناب سطحی، جریان زیرسطحی و مسیر جریان ذخیره را شبیه‌سازی می‌کند. در این راهنما مسیریابی جریان با روش موج دینامیکی انجام شده است که تأثیر برگشت آب، جریان تحت‌فشار، تلفات انرژی در ورودی و خروجی‌ها، جریان معکوس، جریان تحت‌فشار و شبکه‌های غیردندریتیکی را محاسبه می‌کند در نتیجه سیلاب زمانی رخ می‌دهد که عمق آب در یک گره بیشتر از عمق حداکثر موجود باشد و جریان مازاد یا از شبکه خارج شده یا در بالای گره ذخیره شد و مجدداً وارد شبکه جمع‌آوری سیلاب می‌شود.

کومار[۸] و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش تجزیه و تحلیل رواناب برای حوضه با استفاده از روش SCS-CN و سیستم های اطلاعات جغرافیایی، روش SCS را به‌عنوان مدلی پیش‌بینی‌کننده که ورودی‌های محیطی را به‌خوبی ثبت می‌کند، معرفی نمودند و به‌طور گسترده‌ای در آمریکا و دیگر کشورها موردپذیرش قرار گرفته است، محاسبه CN براساس گروه‌های هیدرولوژیکی خاک، بهره‌وری از زمین، وضعیت هیدرولوژیکی، رطوبت پیشین خاک انجام می‌شود و از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در محاسبه رواناب است.

وانگ[۹] و همکاران در سال ۲۰۱۲ در مقاله برآورد کمی تاثیر بارش و فعالیت های انسانی بر تغییر رواناب حوضه در رودخانه هوانگ فوچوان که یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه‌ای در منطقه چین پرداختند. آن‌ها براساس داده‌های اندازه‌گیری شده در سال‌های ۱۹۶۰–۲۰۰۸ رواناب در مناطق خشک و نیمه‌خشک آن حوضه را بررسی نمودند. در نتیجه تأثیرات کاهشی یا افزایشی تغییرات آب و

4. Lloyd
5. Dong
6. Shon
7. Gironá.
8. Kumar
9. Wang

هوای جهانی یا منطقه‌ای و فعالیت‌های انسانی در طولانی‌مدت مورد ارزیابی قرار دادند و سهم بارش و فعالیت‌های انسانی در تغییر رواناب حوضه تعیین نمودند.

تائو[10] و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیق چیدمان بهینه چند هدفه از توزیع آب طوفان ها، به بررسی سیستم جامع زهکشی، تعیین محل و اندازه محل موردنظر برای اندازه‌گیری رواناب با روش الگوریتم غیرمتمرکز ژنتیک و با ترکیب مدل مدیریت سیستم رواناب دست زدند و مدل محاسبه رواناب به‌منظور کاهش سیلاب شهری، کاهش حجم رواناب تولید شده، کاهش دبی اوج رواناب را پیشنهاد نموده‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که جمع‌آوری رواناب در سیستم‌های کوچک می‌تواند حجم رواناب و به دنبال آن هزینه‌های جمع‌آوری را کاهش دهد به‌طوری که دورهٔ استفاده از سیستم‌های رواناب منطقه‌ای و یا عمر مفید این سیستم‌ها از ۲ به ۲۰ سال افزایش پیدا کند. همچنین به بررسی قابلیت‌های تأسیس آبگیرهای خشک در مناطق شهری پرداختند، مدل‌سازی آن با استفاده از نرم‌افزار SWMM انجام داده اند و نتیجه گرفتند که خروجی اولیه مدل برای شناسایی تغییر وقوع الگوهای رواناب درست بوده است و استفاده از این برنامه برای اندازه‌گیری‌های احتمالی و بهبود سیستم فاضلاب شهری سودمند است.

جینگ[11] و همکاران (۲۰۱۹) در پژوهش ساخت و تحلیل کاربرد مدل SWMM در پارک علمی آینده پکن، به علت بروز مشکلات رواناب شهری در این منطقه، از مدل SWMM برای شبیه‌سازی رواناب شهری با استفاده از شاخص‌های ضریب رواناب و اوج دبی سیل که به ترتیب ۶/۲۳ و ۷/۲۱ اندازه‌گیری شده بود، پرداخته‌اند. در این مقاله از روش ضریب رواناب برای کالیبراسیون پارامترهای مدل و اعتبارسنجی استفاده شده است که در نتیجه با توجه بررسی‌های انجام شده در ارتباط با ضریب نفوذپذیری خاک که در مناطق نفوذپذیر ازجمله مزارع با درصد بالا و در مناطق شهری با درصد بسیار ناچیز، استفاده از مدل‌های جمع‌آوری رواناب و ساخت سازه‌های فنی را در مناطق پر ریسک سیلاب شهری راهکاری برای کاهش اثرات سیلاب و جمع‌آوری رواناب منطقه بسیار مهم دانسته‌اند.

راندال[12] و همکاران (۲۰۱۹) رزیابی نسبت جذب حجمی شهر اسپونگ در مقیاس حوضه با استفاده از SWMM، با به‌کارگیری الگوی بارش مداوم دست به ارزیابی پتانسیل جمع‌آوری رواناب شهری در کاهش رواناب زده‌اند و با استفاده از طبقه‌بندی دقیق از کاربری‌های مختلف با تصاویر ماهواره‌ای در مساحت ۱۳۳ کیلومترمربعی، با مدل SWMM شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که صحت مدل رواناب اندازه‌گیری شده (۱۰ تا ۲۷۰ میلی‌متر) و شبیه‌سازی شده دقت قابل‌قبولی دارد. همچنین سری زمانی روزانه بارش در مدت ۳۵ سال متوالی برای ورودی به مدل استفاده کردند و توانسند با استفاده از روش‌های توسعه کم اثر ازجمله تبدیل ۳۰ درصد سقف‌های منازل به سقف‌های سبز، ۱۰ درصد زمین‌های کشاورزی و سبز به باغ‌های سبز و ۳۵ درصد از مناطق آسفالت شده به آسفالت متخلخل میزان حجم رواناب تولید شده در یک رخداد را از میزان ۸۲/۲ درصدی به ۵۹/۹ درصد کاهش بدهند و از این مدل در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های آتی استفاده بهینه کنند.

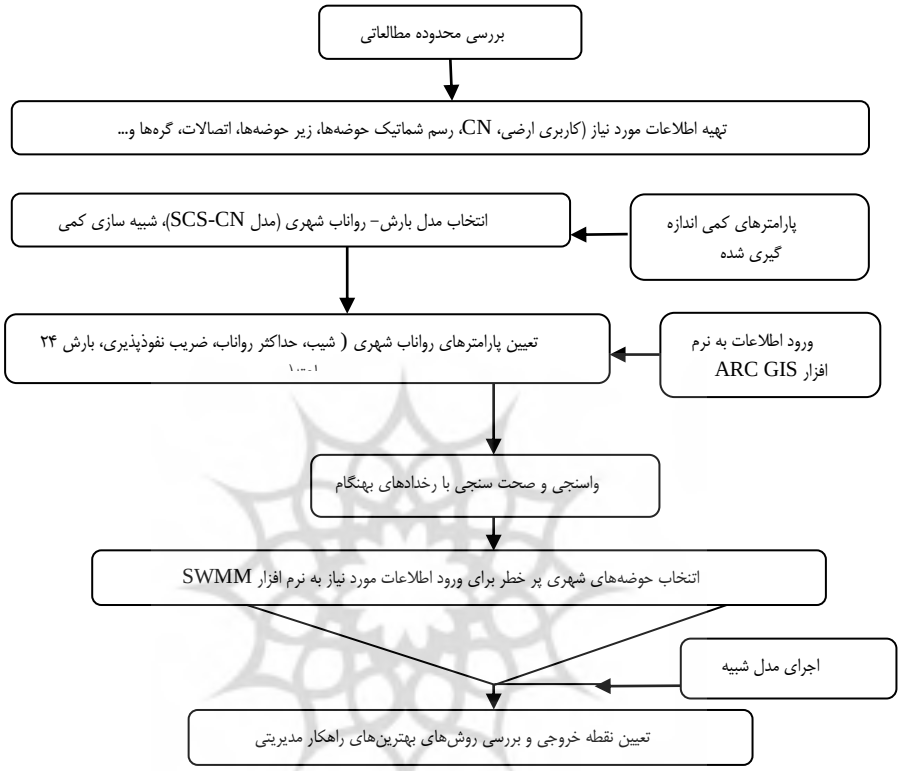
ماکرو[13] و همکاران (۲۰۱۹) Ostrich-swmm را به‌عنوان یک مدل جدید بهینه‌سازی چندمنظوره برای زیرساخت سبز به کار گرفتند. به‌طوری که با استفاده از یک منبع جمع‌آوری آب باران در جهت کاهش سرریز فاضلاب و بهبود کیفیت رواناب دست به شبیه‌سازی رواناب نموده‌اند و نتیجه گرفتند که نسبت به سایر روش‌های موجود این مدل توانسته در منطقه بوفالو نیویورک با استفاده از روش‌های جمع‌آوری رواناب، از سرریز فاضلاب و در نهایت کاهش رواناب را در سبب شود و برای مدیریت رواناب در اراضی شهری بسیار کاربردی و قابل استفاده است.

روش انجام پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، بارندگی ۲۴ ساعته سینوپتیک طول دوره آماری ۴۴ ساله از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۲، ایستگاه‌های سینوپتیک (چیتگر–سینوپتیک، تهران، آبعلی–کلیماتولوژی، امین‌آباد، چیتگر–کلیماتولوژی، ژئوفیزیک، کرج، مامازن، بیلقان، کلوکان–کمرخانی، رودک لتیان، ماملو، شریف‌آباد، سد کرج، برندک، کلک چال، گرمابدر، آهار، لواسان

10. Tao
11. Jin.
12. Rossman
13. Macro

بزرگ، باقرآباد، جوادآباد، رودبار، نیک‌نام، شهرستانک، امامه افجه، راحت آباد، واصفجان، غنی‌آباد، حمامک) و بارش ساعتی ایستگاه مهرآباد در مهر و مومهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ دریافت شده از سازمان هواشناسی و داده‌های مربوط به کاربری زمین در قالب نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰۰ سال ۲۰۰۳ اخذ شده از شهرداری اسلامشهر می‌باشند. ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع ساخته شد و براساس آن محدوده مورد مطالعه با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی حوضه‌بندی شده است. شکل ۱ مراحل پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱. مراحل تحقیق

در این پژوهش برای محاسبه شکل حوضه، کاربری زمین، زهکشی و حوضه بندی از مدل رقومی ارتفاع[14]، برای به دست آوردن گروه‌های هیدرولوژیکی خاک از نقشه زمین‌شناسی و مشاهدات میدانی را استفاده شده است. به این ترتیب که ابتدا با استفاده نقشه‌های بزرگ مقیاس ۱:۲۰۰۰ شهری طبقه‌بندی کاربری اراضی شهرستان اسلامشهر در محیط GIS انجام شده است و سپس مقدار شماره منحنی هریک از کاربری‌های مختلف با استفاده از مشاهدات میدانی و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک تعیین گردیده است. جهت برآورد میزان بارش روزانه و شدت آن و ارتفاع رواناب در اسلامشهر در طول دوره آماری ۴۴ ساله از سال ۱۳۴۸ تا ۱۳۹۲، از بارندگی ۲۴ ساعته ۳۳ ایستگاه سینوپتیک (چیتگر- سینوپتیک، تهران، آبعلی-کلیماتولوژی، امین‌آباد، چیتگر-کلیماتولوژی، ژئوفیزیک، کرج، مامازن، بیلقان، کلوکان-کمرخانی، رودک لتیان، ماملو، شریف‌آباد، سد کرج، برندک، کلک چال، گرمابدر، آهار، لواسان بزرگ، باقرآباد، جوادآباد، رودبار، نیک‌نام، شهرستانک، امامه افجه، راحت آباد، واصفجان، غنی‌آباد، حمامک) و بارش ساعتی ایستگاه مهرآباد در مهر و مومهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۱ استفاده شده است. میزان بارندگی با روش درون‌یابی با مدل وزنی فاصله معکوس[15] و با توان بهینه که معادل ۱/۹ بود، تهیه شد و میزان نگهداشت خاک و ارتفاع رواناب با استفاده از فرمول SCS محاسبه شد (رابطه ۱) که در آن S ضریب نگهداشت خاک و CN شماره منحنی، Q میزان رواناب،P بارندگی روزانه (۲۴ ساعته) می‌باشند. جدول ۱ مقادیر CN را برای کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد.

14. DEM
15. Inverse Distance Weighted(IDW)

رابطه ۱.

$$Q = \frac{(p-0.25^2)}{p} + 0.8S \qquad s = \left(\frac{2540}{CN}\right) - 25.4$$

جدول ۱. مقادیر شماره منحنی برای کاربری‌های مختلف اسلامشهر (مهدوی، ۳۲۱:۱۳۹۲)

نوع کاربری	شماره منحنی (CN)
فضای سبز	۷۰
بایر	۸۲
معادن	۸۵
صنعتی	۸۸
نظامی و انتظامی	۹۰
تجاری	۹۲
تأسیسات و تجهیزات شهری	۹۳
مسکونی	۹۵
حمل و نقل و انبار	۹۷
خیابان	۹۸

جهت بررسی امکان‌سنجی جمع‌آوری رواناب و مدیریت رواناب از دل جوی باغچه در نرم‌افزار SWMM استفاده شد در این روش هر حوضه آبریز به زیر حوضه‌های کوچک‌تر تک شاخه‌ای تقسیم شده و خصوصیات فیزیکی هر زیر حوضه، مشخصات زهکشی زیر حوضه آبریز و مشخصات بارش به‌عنوان اطلاعات ورودی به آن داده می شود و هر زیر حوضهٔ آبریز به‌عنوان مخزن غیر خطی شبیه سازی و سپس برای آن با توجه از مشخصات داده شده، یک هیدروگراف واحد محاسبه می شود، سپس این هیدروگراف تا نقطهٔ خروجی حوضه ی آبریز به صورت موج دینامیکی روند یابی شده و در نهایت دبی خروجی از زیر حوضه تعیین می‌شود. از آن جهت این روش پیشرفته محسوب می‌شود که کلیهٔ پارامترهای ممکن مانند: ذوب برف، بارندگی (به صورت مقدار بارش و شدت بارش) داده‌های تبخیر، اطلاعات زیر حوضه یه صورت کامل دریافت می‌گردند و سپس از اعمال برروی مخزن غیرخطی، دبی زیر حوضه به صورت هیدروگراف واحد استخراج می شود، در نهایت هیدروگراف با روش موج دینامیکی تا انتها و محل خروج دبی از زیر حوضه روندیابی می شود. رابطه ۲ معادله محاسبه رواناب سطحی است که در آن W عرض مشخصه حوضه است، S شیب آن، و n مقدار زبری مانینگ آن است. عمق آب در صورتی که بیش از حوضه باشد به‌طور پیوسته با زمان با حل عددی معادله تعادل آب انجام می‌شود. هر سطح حوضه به‌عنوان یک مخزن غیرخطی در نظر گرفته می‌شود. جریان ناشی از بارش و رواناب در هر حوضه از میزان نفوذپذیری، تبخیر و روان آب‌های سطحی بالادست تعیین می‌شود. ظرفیت این مخزن حداکثر ذخیره‌سازی است که حداکثر ذخیره سازی سطح ارائه شده توسط ponding، نفوذپذیری است. رواناب سطحی تنها زمانی که عمق آب در مخزن بیش از حداکثر ذخیره‌سازی(DP) باشد رخ می‌دهد، که در این صورت از معادله مانینگ استفاده می‌شود.

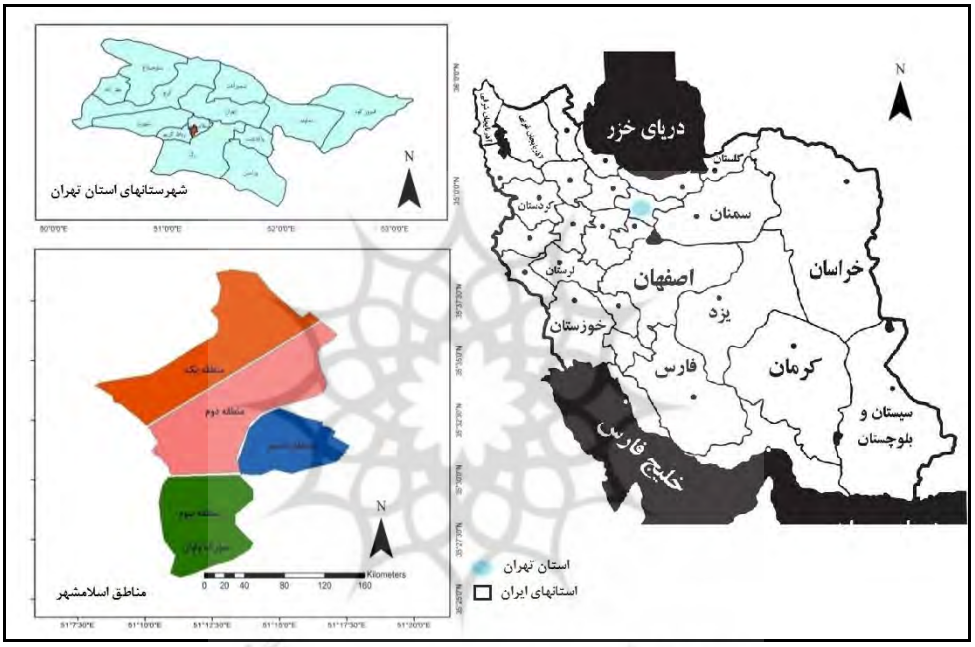
رابطه ۲.

$$Q = \mathrm{w}\,\frac{1.49}{\mathrm{n}}(d - d_p)^{5.3} s^{1.2}$$

محدوده مورد مطالعه

شهرستان اسلامشهر در جنوب غربی تهران با مساحتی معادل ۲۴۵ کیلومترمربع بر روی آبرفت‌های سیلابی جنوب تهران واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا در حدود ۱۱۵۰ متر است. براساس آمار ایستگاه‌های اطراف آن در دوره آماری ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۰، میانگین جمع بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی متر است؛ که حدود ۷۰ درصد آن را در پاییز و زمستان دریافت می‌کند. مهم‌ترین رودخانه‌ای که از بخش غربی شهر عبور می‌کند، رودخانه‌ی کرج است که از دامنه جنوبی البرز، در ۴۰ کیلومتری غرب تهران از خرسنگ کوه سرچشمه می‌گیرد و در مسیر خود از دشت اسلامشهر به نام سیاب عبور می‌کند که در حال حاضر در بیشتر ایام سال خشک است. رودخانه کن در شمال شرقی اسلامشهر قرار گرفته است و از عوامل مؤثر در تولید رواناب در این شهر است. سیستم کلی حرکت آب‌های سطحی در

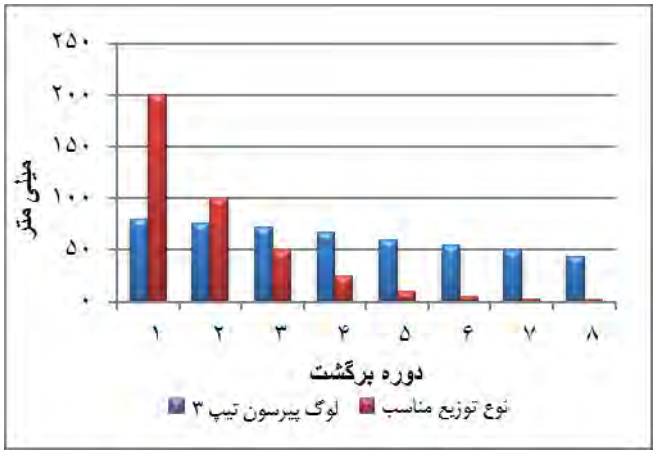
اسلامشهر متأثر از استقرار شهر در دشت هموار با شیب ملایم، موقعیت مسیل‌های طرفین شهر، بافت نسبتاً منظم شهر با خیابان‌های موازی و عموماً عمود بر جاده‌های ارتباطی آیت اله سعیدی و تهران- قم می‌باشد. سیستم کانال‌های سطح شهر با جهت شیب عمومی آن اریب است. همچنین انبوه‌سازی‌های اخیر در اسلامشهر سبب افزایش پتانسیل تولید رواناب هنگام بارندگی در سطح شهر شده است، به نحوی که هنگام بارندگی‌های متوسط تا شدید خیابان‌ها و سازه‌های واقع در اراضی کم ارتفاع و نقاط پستی که در مسیر خیابان‌های اصلی وجود دارد دچار آب‌گرفتگی می‌شوند. این شهرستان شامل ۶ منطقه می‌باشد که مهم‌ترین مناطق متأثر از رواناب شهری مناطق ۲ و ۶ است. منطقه ۲ متأثر از آب‌های سطحی و فاضلاب خانگی و منطقه ۶ به علت داشتن شیب شمالی- جنوبی و قرارگیری در مسیر خروجی رواناب حوضه دارای پتانسیل تولید سیلاب می‌باشد. با توجه به تراکم سازه‌های شهری و قرارگیری در معرض دبی جریان‌های سطحی منطقه ۲ و ۶ دارای پتانسیل بالایی از لحاظ جمع‌آوری رواناب می‌باشند (مطالعات مرحله اول و دوم جمع‌آوری آب‌های سطحی اسلامشهر، ۱۳۹۱:۱-۵۸). شکل ۲، موقعیت جغرافیایی شهرستان اسلامشهر را در استان تهران را نشان می‌دهد.



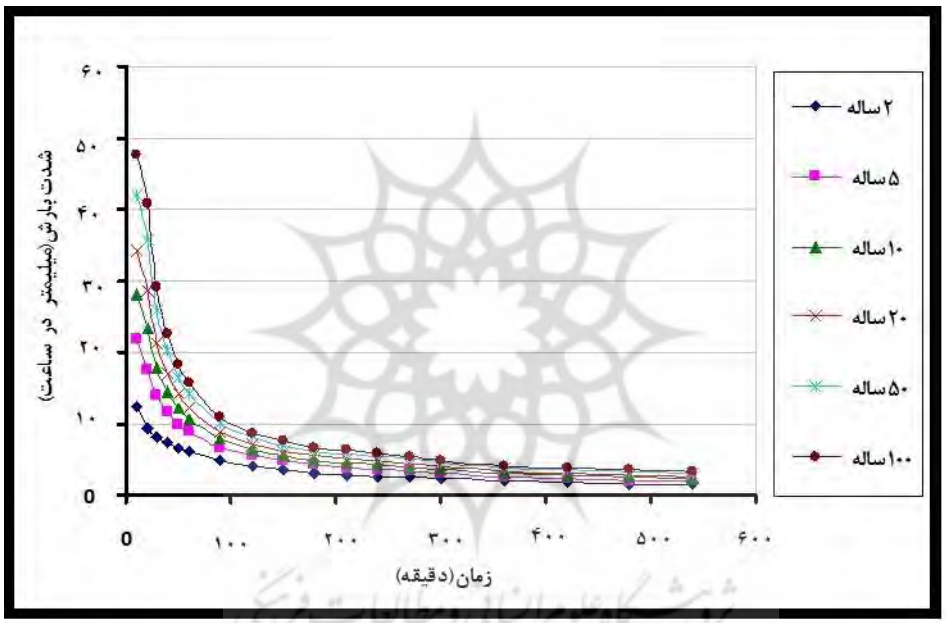
شکل ۲. موقعیت جغرافیایی اسلامشهر

یافته‌ها

نتایج به دست آمده از ایستگاه انتخابی سینوپتیک مهرآباد در خصوص حداکثر شدت بارندگی نشان داد که حداکثر شدت بارندگی در یک شبانه روز ۲۰۰ میلی متر در حداقل دوره بازگشت است (شکل ۳). همچنین تداوم شدت بارندگی در تمام دوره های بازگشت کم می باشد که بیانگر رخداد بارش های کوتاه مدت می باشد(شکل ۴). همانگونه که این شکل نشان می دهد، رگبارهای مورد بررسی دارای تداوم ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰، ۲۷۰، ۳۰۰، ۳۶۰، ۴۲۰، ۴۸۰ و ۵۴۰ دقیقه بوده‌اند. مناسب‌ترین توزیع آماری برای محاسبات مربوط به مقادیر شدت در هریک از تداوم‌های فوق، پیرسون تیپ سه بوده است که بالاترین درجه از نکویی برازش برخوردار بوده است. شدت بارندگی و تداوم بارندگی حاکی از پایداری شرایط بارندگی و تولید رواناب در اسلامشهر می‌باشد. یافته های بارندگی ساعتی که براساس سری‌های زمانی انتخابی و حداکثرهای بارش ۶ ساعته در دوره آماری از سال ۱۳۴۸ تا سال ۱۳۹۲ انتخاب شده بود نشان داد که حداکثر دبی پیک در تاریخ ۲۰۱۱/۱۰/۲۹ به وقوع پیوسته است که دبی پیک نقطه خروجی ۴,۱۶۰ متر مکعب در هر ثانیه است و احتمال ایجاد رواناب ۸۹ درصد برآورد شده است که علت آن شدت بالای بارش بوده است. حداکثرهای بارش ۲۴ ساعته در دو دوره پربارش ایستگاه مهرآباد در تاریخ ۲۰۰۵/۰۳/۱۲ و ۲۰۱۱/۱۰/۲۹ رخ داده است که برای تحلیل آنها با دوره بازگشت‌های مختلف، سری داده‌های متعلق به محدوده اسلامشهر بر توزیع‌های مختلف آماری نرمال، لوگ نرمال دوپارامتری، لوگ نرمال سه پارامتری، پیرسون تیپ ۳، لوگ پیرسون تیپ ۳، گامبل تیپ ۱ و گامای دوپارامتری برازش داده شده و پس از انتخاب بهترین نوع توزیع برای هر ایستگاه، مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته با دوره برگشت‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله در جدول ۲ ارائه شده است.

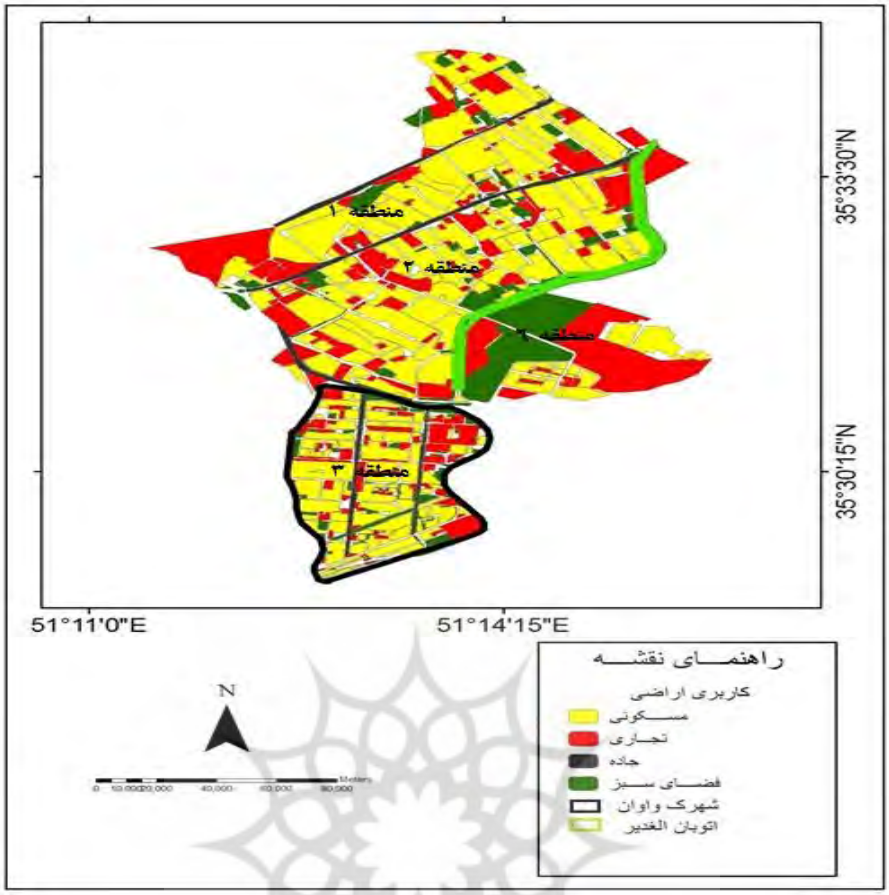


شکل ۳. مقادیر حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایستگاه مهرآباد



شکل ٤. نمودار شدت، مدت فراوانی ایستگاه مهرآباد

برای تعیین مسیرهای بهینه برای جمع‌آوری رواناب، مسیر بزرگ‌ترین شیب و طولانی‌ترین آبراهه با استفاده از نیمرخ‌های ارتفاعی مستخرج از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با مقطع کانال ۱/۵ در ۳ متر تهیه شده است. تعیین خروجی و معبر مناسب در ایجاد تجهیزات ذخیره رواناب، در سطح شهر اسلامشهر با بررسی‌های میدانی به دست امده است. در این خصوص کانالی در انتهای بزرگ‌ترین شیب در سطح شهر، واقع در تقاطع خیابان‌های مفتح و امام خمینی در منطقه ۳ می‌باشد که خروجی آن در تلاقی با بزرگراه الغدیر نرسیده به میدان واوان است که موقعیت آن در نقشه‌ها جانمایی گردیده است و آبراهه منتهی به آن‌که در واقع بزرگ‌ترین کانال موجود در سطح شهر بود و هندسه مسیر آن برای بررسی امکان جمع‌آوری رواناب مناسب می‌باشد. کاربری سطح شهر که شامل چهار طبقه اصلی مسکونی، تجاری- اداری، فضای سبز (شامل محوطه‌های باز و پارک‌های موجود در شهر) و جاده‌های اصلی می‌باشد در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود کاربری مسکونی حداکثر پوشش منطقه را تشکیل می‌دهد.



شکل ۵. نقشه کاربری اسلامشهر

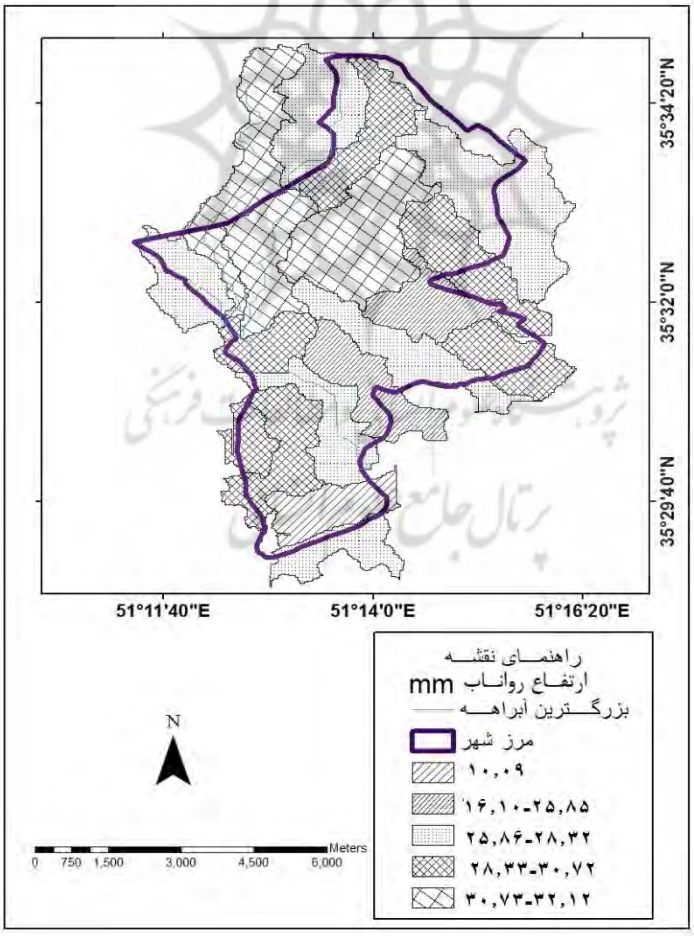
داده‌های موردنیاز مدل جوی باغچه در نرم‌افزار SWMM شامل بارش، کاربری، مساحت، محیط، نفوذپذیری، شیب، مدل نفوذپذیری و ضریب زبری، بارش ۶ ساعته (استخراج از رابطه ۲) می‌باشد که برای زیر حوضه‌ها، میزان CN، شیب، درصد کاربری غیرقابل نفوذ، عرض حوضه، طول حوضه و ضریب مانینگ است. امکان‌سنجی جمع‌آوری رواناب در مسیر بزرگ‌ترین شیب و انتخاب طولانی‌ترین آبراهه و حجم رواناب در اسلامشهر، در حین و بعد از وقوع بارش، انجام شده است.

نتایج محاسبه رواناب با استفاده از مدل SCS نشان داد که حوضه‌های میانی حجم بیشتری از رواناب را به خود اختصاص داده است. حوضه‌های ۵ و ۶ بر تجمع مناطق مسکونی در منطقه ۲ انطباق دارد و رواناب حوضه ۳ هم به آن‌ها اضافه می‌شود و در ترکیب با حوضه‌های شرقی اسلامشهر، جریان‌های سطحی به سمت مسیر انتخابی در منطقه ۳ در میدان واوان هدایت می‌شود. همان‌طور که شکل ۶ نشان می‌دهد حوضه شماره ۹ که بر شهرک واوان منطبق است کمترین میزان رواناب را تولید می‌کند اما حوضه‌های بالادست خروجی رواناب خود را به سمت این مناطق جاری می‌کند. شکل ۷ تغییرات ارتفاع رواناب در حوضه‌های اسلامشهر را نمایش می‌دهد.

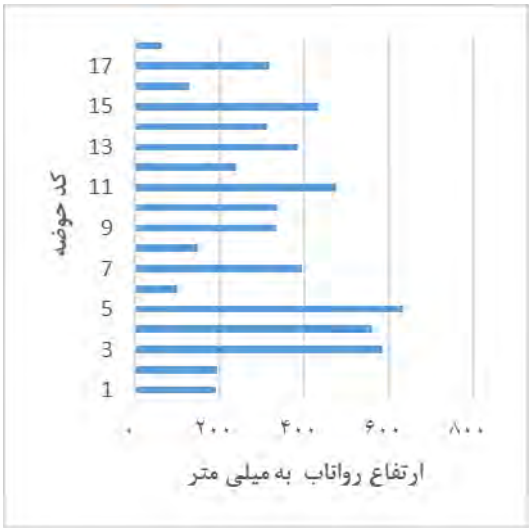
جدول ۲. پارامترهای ورودی به نرم‌افزار SWMM

کد حوضه	مساحت حوضه	محیط حوضه	ضریب مانینگ	درصد نفوذپذیری حوضه	شیب حوضه	متوسط رواناب حوضه
۱	۲۴۰/۷۰	۱۲۷۴/۹۵	۰/۰۱۴	۲۵	۱۷/۴۱	۳۰/۲۹
۲	۳۲۳/۲۵	۱۲۲۸/۴۲	۰/۰۱۴	۳۹/۸۴	۱۳/۹۶	۲۷/۰۴
۳	۳۷۴/۸۰	۲۱۰۷/۸۵	۰/۰۱۴	۲۷	۲۹/۳۳	۳۲/۱۲
٤	۲۰۸/۶۱	۹۰۷/۳۵۶	۰/۰۱۴	۴/۵	۱۸/۵۰	۲۷/۴۰
۵	۲۶۹/۹۹	۱۱۸۶/۵۴	۰/۰۱۴	۰/۳	۲۱/۳۴	۳۱/۳۸
۸	۲۳۳/۸۸	۱۲۹۸/۲۱	۰/۰۱۴	۰/۲	۱۵/۷۸	۲۶/۶۶
۱۸	۱۵۵/۷۸	۷۷۲/۴۲	۰/۰۱۴	۰/۳	۱۷/۷۴	۳/۵۷

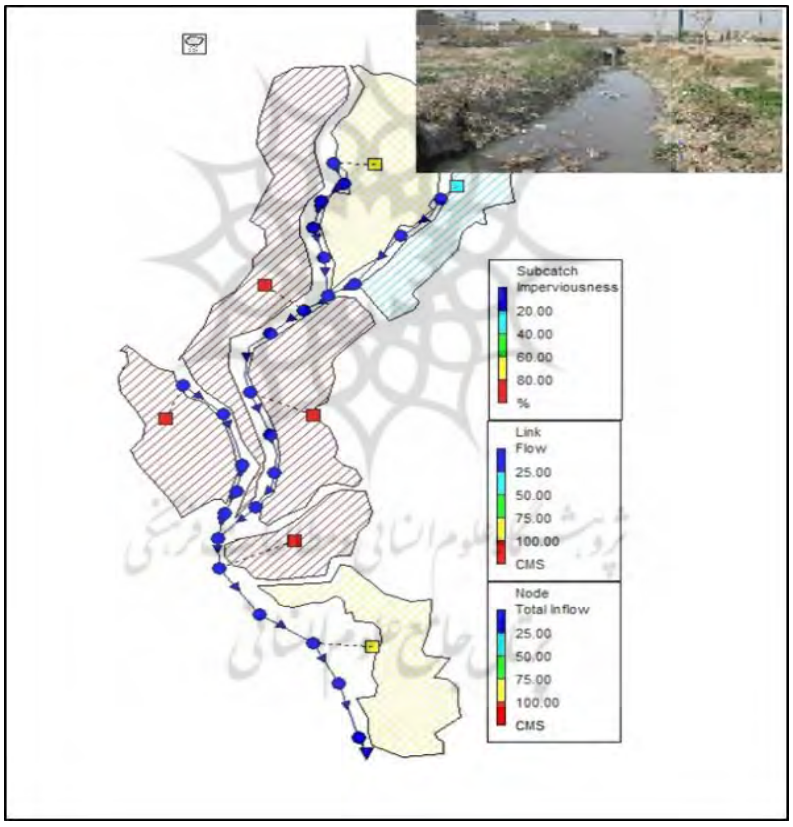
حوضه‌های ۳، ۴، ۵ ،۱۸، ۱۰ و ۷ که رواناب نسبتاً بیشتری را تولید می‌کنند بر مسیرهای انتخابی مطابقت دارد. براساس مشاهدات میدانی، کانالی که منتهی به تقاطع خیابان‌های مفتح و امام خمینی در منطقه ۳ و خروجی آن نرسیده به میدان واوان بود، در همان مسیر آبراهه‌ای قرار داشت که بر خط بزرگ‌ترین شیب نیز منطبق بود و در نتیجه به‌عنوان آبراهه اصلی برای تحلیل‌های مربوط به جمع‌آوری رواناب در نظر گرفته شده است. شکل ۸ هندسه مسیر انتخابی را برای ارزیابی هیدرولیکی را نشان می‌دهد. نقطه خروجی آن در منطقه‌ای قرار داشت که بیشتر مواقع مخصوصاً ایام بارندگی مشکل آبگرفتگی و تجمع رواناب‌ها را دارد. در حال حاضر شبکه آب‌های سطحی این مناطق به سمت زمین‌های کشاورزی هدایت می‌گردند. این شبکه به صورت سنتی و خاکی بوده و علاوه‌بر آلودگی محیط زیست موجب آبگرفتگی محدوده شهرک‌های مسکونی به ویژه هنگام باران می‌شود. به طورکلی سیستم حرکت آب‌های سطحی با توجه به شیب عمومی زمین و شیب خیابان‌ها به تبعیت از الگوی زهکشی نسبتاً موازی خیابان‌ها در کل شهر از جهت شمال‌غرب به جنوب‌شرق یعنی در جهت مسیر انتخابی می‌باشد. ارزیابی هیدرولیکی مسیر انتخابی براساس سری زمانی اول یعنی بارش ۶ ساعته ۲۰۰۵ نشان داد که در مجموع ۲۵,۹۲ متر معکب در ثانیه و براساس سری زمانی دوم در سال ۲۰۱۱، میزان ۴۳,۲ متر مکعب در ثانیه رواناب را تولید می‌کند. به بیانی دیگر امکان ایجاد رواناب سطحی براساس رخداد بارش سال ۲۰۰۵، ۲۸٪ حجم بارش می‌باشد و برای سری زمانی دوم میزان رواناب سطحی تولیدشده معادل ۸۹٪ بوده‌است که در صورت برنامه‌ریزی‌های درست و بلندمدت امکان جمع‌آوری رواناب سطحی در منطقه وجود دارد. شکل ۹ نیمرخ طولی کانال در نقطه خروجی است که با ابعاد کانال ۳ در ۱/۵ متر توان هدایت رواناب با توجه به شیب زمین و سایر شرایط محیطی وجود دارد. این در حال است که بیشتر کانال‌های خروجی و هدایت‌کننده رواناب، از چنین ابعادی برخوردار نیستند.



شکل ٦. ارتفاع رواناب ۲۴ ساعته در اسلامشهر



شکل ۷. نمودار حجم رواناب به تفکیک حوضه



شکل ۸. هندسه آبراهه انتخابی در اسلامشهر

شکل ۹. پروفیل طولی خروجی کانال انتخابی

بحث و نتیجه‌گیری

اسلامشهر از جمله شهرستانهای جنوبی استان تهران دارای اقلیم خشک می باشد. بی نظمی بارش در این شهرستان سبب شده که این شهرستان دارای محدودیتهایی در منابع آب و همچنین مشکلاتی در خصوص رواناب شهری باشد. این پژوهش با هدف جمع آوری رواناب به منظور مدیریت آبگرفتگی و تعدیل کم آبی در اسلامشهر انجام شده است. . روش مورد استفاده تکنیک جوی باغچه در نرم افزار SWMM می باشد. یافته‌های پژوهش اخیر نشان داد که در نقطه انتخابی پتانسیل جمع‌آوری رواناب، هنگام بارندگی وجود دارد و مشاهدات میدانی بر وجود رواناب در ایام غیر بارندگی هم تأکید نموده است. با توجه به رژیم نامنظم بارندگی و رخداد کل بارش سالیانه در چند نوبت، طرح پیشنهادی برای جمع‌آوری رواناب منطقی به نظر می‌رسد. بررسی هندسه آبراهه انتخابی طولی حدود ۳۲۱۶ متر را نشان داد که از کاربری‌های مختلف شهری عبور می‌کند. همچنین یافته‌های مستخرج از حجم رواناب، تولید رواناب بیشتر را در حوضه‌ها ۳ ، ۴ و ۵ نشان می‌دهد که رواناب از حوضه‌های بالادست نیز به آن می‌افزاید و بنابراین تجمع رواناب در خروجی انتخابی مناسب به نظر می‌رسد. در حال حاضر در مرکز شهر هیچ‌گونه مسیلی وجود ندارد، اما غرب اسلامشهر، مسیل رودخانه کرج قرار دارند که به‌عنوان حریم نهایی شهر در غرب آن محسوب می‌شوند. مسیل رودخانه کرج از سمت غربی شهر هیچ‌گونه تأثیر خاصی در سیستم حرکت آب‌های سطحی شهر ندارد. رودخانه کن در شمال شرقی اسلامشهر قرار گرفته است و از عوامل مؤثر در تولید رواناب در این شهر است. جهت این دو مسیل در حوالی شهر موازی با هم در جهت شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد. لذا در این پژوهش عدم توجه به رواناب برون شهری جز در مسیل کن توجیه‌پذیر است. در حال حاضر مسیر بزرگ‌ترین شیب انتخابی به صورت مسیرهای سنتی موجود است که بخشی از آب‌های سطحی بالادست را به پایین‌دست مناطق مسکونی منتقل می‌نماید. و رود جریان آب‌های سطحی مناطق بالادست ازجمله منطقه ۱ به منطقه ۲ و عدم ظرفیت کانال‌ها باعث به وجود آمدن مشکل آبگرفتگی در این منطقه شده است. برای مثال به کرات ورود آب‌های سطحی بخش شرقی منطقه ۱ به خیابان امام حسین (باغ فیض) که موجب آب‌گرفتگی در انتهای این خیابان در محل تقاطع با خیابان حافظ جعفری شده است و ورود آب‌های سطحی بخش مرکزی و شرقی منطقه ۱ از خیابان امام خمینی به خیابان مدنی و رحمانی در منطقه ۲ موجب آب‌گرفتگی شده است. بنابراین اصلاح وضع موجود کانال‌ها و تعیین مسیر هدایت رواناب شهری در اسلامشهر ضرورت دارد.

مقایسه نتایج این پژوهش با لیئود و همکاران در سال (۲۰۰۲) در جنوب شرق ملبورن، نشان داد که اجرای سیستم جوی- باغچه در شرایطی که تجمع رواناب وجود دارد، مفید به نظر می‌رسد. همچنین متغیرهای استفاده در این پژوهش با تحقیق دانگ و همکاران در سال (۲۰۰۸) همخوانی دارد، لذا کنترل کیفیت رواناب جمع‌آوری شده نیز مهیا خواهد بود. مقایسه نتایج حاصل از نرم‌افزار SWMM در این پژوهش و پژوهش‌های وانگ و همکاران (۲۰۱۲) و شون و همکاران (۲۰۱۰) بر توافق داده‌های شبیه‌سازی و اندازه‌گیری تأکید ورزید. نتایج این پژوهش از نظر بهبود سیستم فاضلاب شهری با نتایج تائو و همکاران (۲۰۱۴) و کومار و همکاران (۲۰۱۰) شباهت

دارد. در نهایت استفاده از مدل‌های توسعه کم اثر که در تحقیقات راندل و همکاران (۲۰۱۹)، جینگ و همکاران (۲۰۱۹) و ماکرو و همکاران (۲۰۱۹) انجام شده است که میزان قابل‌توجهی از رواناب در اثر استفاده از سناریو های مختلف مدل SWMM کاسته است بر صحت مقاله تاکید دارد. همچنین مقایسه نتایج این پژوهش از نظر استفاده از رواناب‌های شهری و فراشهری در طول فصل بارش نزولات جوی، بومی‌سازی و به‌کارگیری آن‌ها در آبیاری فضای سبز شهری با نتایج جعفری (۱۳۹۳) مطابقت دارد..

راهکارها

با توجه به یافته‌های پژوهش راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

- ✓ لزوم طراحی شبکه جمع‌آوری و هدایت آب‌های سطحی در مناطق جدید مطابق با استانداردهای فنی
- ✓ جلوگیری از ورود پساب خانگی و زباله به داخل کانال‌ها و انهار
- ✓ جلوگیری از ورود آبهای سطحی مناطق بالادست به کانال‌ها و انهار محدوده طرح جمع آوری
- ✓ اصلاح وضع موجود کانال ها به جهت افزایش ظرفیت لازم برای انتقال جریان‌های ورودی

سپاسگزاری

پژوهش حاضر مستخرج از پایان‌نامه تحت عنوان «پراکنش رواناب و امکان‌سنجی جمع‌آوری رواناب در اسلامشهر با استفاده از مدل SWMM)» از دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه آموزشی جغرافیای طبیعی می‌باشد که بدین وسیله از تمام کسانی که در اجرا و تدوین آن همکاری و همراهی کردند، سپاسگزاری می‌نماییم.

References

Alizadeh, A. (2014). *Principles of Applied Hydrology*, Imam Reza University Press, 41. (In Persian)

Chow, M. F., Yusop, Z., & Toriman, M. E. (2012). Modelling runoff quantity and quality in tropical urban catchments using Storm Water Management Model. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 9(4), 737-748.

Costabile, P., & Macchione, F. (2012). Analysis of one-dimensional modelling for flood routing in compound channels. *Water resources management*, 26(5), 1065-1087.

Dasturani, M.T., (2012). Investigating the possibility of collecting water from the surface of roads and highways to create green space in arid and semi-arid areas, *Iranian Journal of Rainwater Catchment Systems Journal*, 1(30), 39- 44. (In Persian)

Dewangan, C. L. , I. Ahmad, (2018). Rainfall-Runoff Modeling of Kodar Watershed Using SCS-CN Method. *International Journal of Advanced in Management, Technology and Engineering Sciences*, 8(3), 2249-7455.

Dong, X., Du, P. F., Li, Z. Y., & Wang, H. C. (2008). Parameter identification and validation of SWMM in simulation of impervious urban land surface runoff. *Huan jing ke xue= Huanjing kexue*, 29(6), 1495-1501.

Fallah Zavareh, F., Bahram T., & Behzadian Moghadam, T. (2012). Flood hydrograph estimation using SWMM model considering the uncertainty of spatial distribution of precipitation", 9th International Congress of Civil Engineering, Isfahan, Isfahan University of Technology. 1-13. (In Persian)

Fallah-Mehdipour, E., Haddad, O. B., Orouji, H., & Mariño, M. A. (2013). Application of genetic programming in stage hydrograph routing of open channels. *Water resources management*, 27(9), 3261-3272.

Ghahroudi Tali, M., (2016). Evaluation of SCS-CN model in estimating runoff of a case study: Amirkabir Dam Basin (Karaj). *Journal of Geography and Development*, 7, 185-198. (In Persian)

Gironás, J., Roesner, L. A., Rossman, L. A., & Davis, J. (2010). A new applications manual for the Storm Water Management Model (SWMM). *Environmental Modelling & Software*, 25(6), 813-814.

Gül, G. O., Harmancıoğlu, N., & Gül, A. (2010). A combined hydrologic and hydraulic modeling approach for testing efficiency of structural flood control measures. *Natural hazards*, 54(2), 245-260.

Harries, J. R., & Ritchie, A. I. M. (1983). Runoff fraction and pollution levels in runoff from a waste rock dump undergoing pyritic oxidation. *Water, Air, and Soil Pollution*, 19(2), 155-170.

Jafari, A., (2013). Urban runoff management for use in green space irrigation, Second National Conference on Water Crisis (Climate Change, Water and Environment), 18 September 2013. 1-8. (In Persian)

Jing, L., Luan, Q., Wang, H., & Gao, X. (2019). Construction and Application Analysis of SWMM Model in Beijing Future Science Park. *In Sustainable Development of Water Resources and Hydraulic Engineering in China* (pp. 139-150). Springer, Cham.

Kamali, B., (2011). Evaluation of the best management methods in improving the quantity of urban floods". *4th Iran Water Resources Management Conference*, Amirkabir University of Technology, May 2011. 1-10. (In Persian)

Kumar, P. S., Babu, M. R. K., & Kumar, T. P. V. (2010). Vagolu; Analysis of the Runoff for Watershed Using SCS-CN Method and Geographic Information Systems. *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2(8), 3947-3654.

Lloyd, S.D., Wong, T., & Chesterfield, C.J. (2002). Water Sensitive Urban Design - A Stormwater Management Perspective (Industry Report).

Macro, K., Matott, L. S., Rabideau, A., Ghodsi, S. H., & Zhu, Z. (2019). Ostrich-swmm: A new multi-objective optimization tool for green infrastructure planning with SWMM. Environmental modelling & software, 113, 42-47.

Mah, D. Y. S., bin Mohamad Salehe, A. H., & Putuhena, F. J. (2014). Water Sensitive Urban Design in existing urban settings: case study of dry detention pond in Kuching City. In *InCIEC 2013* (pp. 315-322). Springer, Singapore.

Miller, R. A. (1979). *Characteristics of four urbanized basins in South Florida* (No. 79-694). US Geological Survey,.

Miller, R. A., Mattraw, H. C., & Hardee, J. (1979). *Stormwater-runoff data for a commercial area, Broward County, Florida*(No. 79-982). US Geological Survey,.

Mishra, S. K., Tyagi, J. V., Singh, V. P., & Singh, R. (2006). SCS-CN-based modeling of sediment yield. *Journal of Hydrology*, 324(1-4), 301-322.

Randall, M., Sun, F., Zhang, Y., & Jensen, M. B. (2019). Evaluating Sponge City volume capture ratio at the catchment scale using SWMM. *Journal of environmental management*, 246, 745-757.

Rossman, L. A. (2010). *Storm water management model user's manual, version 5.0* (p. 276). Cincinnati: National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, US Environmental Protection Agency.

Sanyal, J., Carbonneau, P., & Densmore, A. L. (2013). Hydraulic routing of extreme floods in a large ungauged river and the estimation of associated uncertainties: a case study of the Damodar River, India. *Natural hazards*, 66(2), 1153-1177.

Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., & Kannan, R. (2017). Rainfall–runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub basin, South India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(1), 24.

Sazab Pardezhan Company, (2013). Studies of the first and second stage of Islamshahr surface water collection", 58-1. (In Persian)

Sharifan, R. A., 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.

Sharifian, R.A., Roshan, A., & Oji, M.M., (2017). Application of SWMM model in the design and evaluation of urban surface water collection and disposal networks, 7th Hydraulic Conference Iran, November 21-23, 8. (In Persian)

Shon, T. S., Kang, D. H., Jang, J. K., & Shin, H. S. (2010). A study of assessment for internal inundation vulnerability in urban area using SWMM. *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation*, 10(4), 105-117.

Soleimani, K., (2014). *Hydrology and Quantitative Modeling of Urban Floods in GIS and SWMM Environment*, First Edition, Haraz University and Iranian Remote Sensing and GIS Association, 332 . (In Persian)

Tao, T., Wang, J., Xin, K., & Li, S. (2014). Multi-objective optimal layout of distributed storm-water detention. *International Journal of Environmental Science and Technology*, *11*(5), 1473-1480.

Vatanparast, M., D. (2009). Qualitative modeling of urban water runoff and runoff receiving lakes. Sharif University of Technology, Faculty of Civil Engineering, master's thesis. (In Persian)

Wang, S., Yan, Y., Yan, M., & Zhao, X. (2012). Quantitative estimation of the impact of precipitation and human activities on runoff change of the Huangfuchuan River Basin. *Journal of Geographical Sciences*, 22(5), 906-918

Zamani Abianeh, H., (2008). Spreadsheet model for designing surface water collection networks, Master's thesis, Iran University of Science and Technology. (In Persian)

جعفری، علی (۱۳۹۳). مدیریت رواناب‌های شهری به‌منظور استفاده در آبیاری فضای سبز، دومین همایش ملی بحران آب (تغییر اقلیم، آب و محیط زیست)، ۱۸ شهریور ۱۳۹۳. ۱-۸.

دستورانی، محمدتقی (۱۳۹۲). بررسی امکان جمع‌آوری آب از سطح جاده‌ها و بزرگراه‌ها جهت ایجاد فضای سبز در مناطق خشک و نیمه خشک. *سامانه‌های سطوح آبگیر باران* (۳)۱، ۴۴-۳۹.

زمانی ابیانه، حسین (۱۳۸۰). مدل صفحه گسترده برای طراحی شبکه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما، عباس افشار، دانشگاه علم و صنعت ایران.

سلیمانی، کریم (۱۳۹۴). *هیدرولوژی و مدل سازی کمی سیلاب شهری در محیط GIS و SWMM*، چاپ اول، دانشگاه هراز و انجمن سنجش از دور و GIS ایران.

شرکت‌ساز آب پردازان (۱۳۹۱) . مطالعات مرحله اول و دوم جمع‌آوری آب‌های سطحی اسلامشهر، ۱-۵۸.

شریعت، شیما، (۱۳۹۳) پراکنش رواناب و امکان‌سنجی جمع آوری رواناب در اسلامشهربا استفاده از مدل SWMM ، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما، منیژه قهرودی تالی، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، گروه آموزشی جغرافیای طبیعی.

شریفیان، رضا افشین، روشن، امیر، اوجی، محمد مهدی، (۱۳۸۷). کاربرد مدل SWMM در طراحی و ارزیابی شبکه‌های جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی شهری"، هفتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۲۱ الی ۲۳ آبان.

علیزاده، امین،(۱۳۹۴). *اصول هیدرولوژی کاربردی*، انتشارت دانشگاه امام رضا.

فلاح زواره، فاطمه، بهرام ثقفیان و کوروش بهزادیان مقدم (۱۳۹۱). برآورد هیدروگراف سیل با استفاده از مدل SWMM با در نظر گرفتن عدم قطعیت توزیع مکانی بارش، *نهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، اصفهان*، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱-۱۳.

قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۵). ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد امیرکبیر (کرج). *جغرافیا و توسعه*، ۷، ۱۸۵-۱۹۸.

کمالی، بهاره (۱۳۹۰). ارزیابی بهترین راهکردهای مدیریتی در بهبود کمیت سیلاب‌های شهری، *چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر*، اردیبهشت ۱۳۹۰. ۱-۱۰.

مهدوی، محمد، هیدولوژی کاربردی، (۱۳۹۰)، انتشارات دانشگاه تهران، جلد ۱ و ۲، چاپ هفتم.

وطن‌پرست، محسن، دی (۱۳۸۹). *مدل‌سازی کیفی روان آب شهری و دریاچه‌های پذیرندهٔ رواناب*، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، استاد راهنما، مسعود تجریشی، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی شریف.