

بررسی اثر کاربری زمین در مقدار پتانسیل سیل خیزی مناطق شهری (مطالعه موردی: منطقه یک شهرداری تهران)

مهديه سعادت فومنی^{۱*}

Saadat.ma@ut.ac.ir

بهرام ملک محمدی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۴/۲

چکیده

زمینه و هدف: شهر تهران بطور پیوسته در معرض وقوع سیل قرار دارد. تراکم بالای سطوح نفوذناپذیر و حجم بالای رواناب در شهر و همچنین قرار گرفتن در پای کوه، از دلایل اصلی پتانسیل سیل در تهران محسوب می‌گردد. لذا شناسایی مناطق مستعد سیلاب شهری از اقدامات مهم در کاهش خسارات و مدیریت صحیح محسوب می‌گردد.

روش بررسی: در این پژوهش منطقه یک شهر تهران از نظر پتانسیل سیلاب شهری با استفاده از روش شماره منحنی در محیط نرم‌افزار ArcMap مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: با تلفیق داده‌ها و اطلاعات نقشه شماره منحنی و نفوذ با توجه به کاربری منطقه تهیه گردید. سپس با استفاده از روابط و نقشه پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه برای دوره بازگشت‌های مختلف، ارتفاع رواناب برای منطقه محاسبه شد.

بحث و نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن است که برای بارش در دوره بازگشت ۵ ساله و ۱۰ ساله حدود ۹۰ درصد منطقه پتانسیل سیل خیزی زیاد و خیلی زیاد دارند که این میزان در دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله به بالای ۹۵ درصد می‌رسد. همچنین در دوره بازگشت‌های ۲۵ و ۵۰ ساله تمام منطقه پتانسیل سیلاب شهری متوسط به بالا را دارا می‌باشد و پهنه با پتانسیل سیلاب کم دیده نمی‌شود. همچنین در مناطقی که تراکم کاربری‌های مسکونی و پارکینگ بیشتر است، اثر تجمعی سطوح نفوذناپذیر باعث افزایش پتانسیل سیل خیزی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مدیریت رواناب، سیلاب شهری، پتانسیل سیل خیزی، روش شماره منحنی، کاربری اراضی.

۱- کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه تهران. * (مسوول مکاتبات)

۲- دانشیار گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط‌زیست، دانشگاه تهران.

Investigating the effect of land use in flooding potential of urban area (Case Study: region 1 in Tehran)

Mahdieh Saadat Foomani¹ *

Saadat.ma@ut.ac.ir

Bahram MalekMohamadi²

Admission Date: September 10, 2024

Date Received: June 22, 2024

Abstract

Background and Objective: Tehran is one of the cities that are continuously exposed to flooding. High density and high volume of impervious surfaces in urban runoff as well as being at the foot of the mountain are the main reasons for potential flooding in Tehran. Therefore, identifying prone areas to urban flooding is considered the most important measures in reducing losses and efficient management.

Material and Methodology: In this study, the flood potential of region 1 in Tehran using the curve number method was evaluated in ArcMap software.

Findings: The curve number and infiltration map of the area was prepared by combining data and according to the land use. Then, using the maximum daily precipitation zoning maps and formulas, runoff for different return periods were calculated for the area.

Discussion and Conclusion: The results show that for the precipitation with return period of 5-year and 10-year, about 90 percent of area has high and very high flooding potential. These measures in return periods of 25 and 50 years will be the top 95 percent. Also, in the return periods of 25 and 50 years, all the areas of urban flood potential are moderate to high and area with little flood potential are not found. Furthermore, in areas where the density residential and parking is more, the cumulative effect of impervious surfaces is increased flooding potential.

Keywords: Runoff management, Urban flooding, Flood potential, Curve Number method, Land use.

1- Master in environmental planning, University of Tehran. *(Corresponding Author)

2- Associated professor of planning, management and education of environment, University of Tehran.

مقدمه

اهمیت است که نه تنها باعث تغییر سطح آب دریاچه ها و رودخانه ها می گردد، بلکه سبب تغییر در مناظر بوسیله فرسایش می شود. از عوامل هیدرولوژیکی که بر رواناب تاثیر می گذارند می توان به نوع بارش (باران، برف و ...)، شدت و مدت بارش، توزیع بارش بر یک حوضه، جهت حرکت رواناب، فصل و وزش باد اشاره نمود. عوامل فیزیکی مؤثر نیز شامل کاربری زمین، نوع پوشش گیاهی، نوع خاک، محدوده زهکشی، شیب، ارتفاع و شبکه های جمع آوری می باشند (۴). کاربری زمین از مهمترین عوامل تاثیر گذار بر میزان رواناب است (۵). تغییرات انسانی و کنترل فرآیندهای هیدرولوژیکی در مناطق شهری، همراه با تغییرات آب و هوایی مداوم، جمعیت شهری جهان را به طور فزاینده ای در معرض خطر سیل و کمبود آب، قرار می دهد (۷۶). این تغییرات در سطح اراضی (شهرسازی)، تعادل بین رواناب، نفوذ، تبخیر و تعرق را بر هم می زند. احداث ساختمان، سنگفرش پیاده روها، جاده و پارکینگ ها مقدار نفوذ را کاهش و رواناب را افزایش می دهد. شهرنشینی یکی از فرآیندهای حیاتی است که جوامع بشری به ویژه در قرن اخیر را تحت تاثیر قرار داده است (۸). شهرنشینی با افزایش میزان سطوح نفوذ ناپذیر و نیاز به سیستم های زهکشی کارآمد، تغییرات قابل توجهی در خصوصیات حوزه آبریز طبیعی بوجود می آورد (۹). از این رو افزایش مساحت شهری باعث انتقال اراضی طبیعی به سایر فعالیت های انسانی تحت تصرف می شود (۱۰). از بین رفتن اراضی کشاورزی و بالا رفتن مناطق غیر قابل نفوذ توسعه یافته موجب افزایش حجم رواناب و ارتفاع رواناب ناشی از بارش در حوضه های شهری و صنعتی می شود. اثرات شهرنشینی بر روی چرخه آب معمولا بوسیله یک رابطه ساده بین سطوح نفوذناپذیر و رواناب در حوضه آبریز بیان می - گردد (۹). به منظور مدیریت بهتر و کارآمدتر رواناب های شهری، آگاهی از مناطق مستعد سیل خیزی ضروری می باشد. یکی از روش های موجود در این زمینه روش شماره منحنی^۳

رواناب به زبان ساده به آب باران جاری شده بر روی زمین اطلاق می گردد. در حقیقت رواناب زمانی رخ می دهد که شدت بارندگی بیش از ظرفیت نفوذ آب در خاک و نگهداشت آب در ذخیره سطحی باشد (منظور از ذخیره سطحی مقدار آبی است که در گودال ها و پستی و بلندی های سطح زمین موقتا نگهداری می شود). این آب آلاینده های در مسیر جریان خود را برداشته و با انتقال آنها به تالاب ها و مصب ها موجب پایین آمدن کیفیت آب و تهدید زیستگاه آبریان می گردد. بطور کلی منابع آلودگی به دو دسته نقطه ای^۱ و پخش یا غیر نقطه ای^۲ تقسیم بندی می شوند. آلودگی منابع غیرنقطه ای از رواناب سطحی، بارش، فرونشست جوی، زهکشی، نشست یا تغییرات هیدرولوژیکی ناشی می شود. به لحاظ اینکه مرجع و محل تولید این آلودگی ها دقیقا مشخص نیست، آن ها را آلودگی های غیرنقطه ای حاصل از رواناب های شهری می نامند. منابع غیرنقطه ای آلودگی به سختی قابل شناسایی و کنترل هستند و این امر، یکی از دلایل اصلی عدم موفقیت رودهای شهری در دستیابی به اهداف کیفیتی مورد نظر برای آب آن ها است (۱). از دلایلی که تاثیر و اهمیت منابع غیر نقطه ای را افزایش داده است می توان به موارد زیر اشاره نمود :

- ۱) افزایش جمعیت (در مواردی نظیر کشورهای در حال توسعه، انفجار جمعیت).
- ۲) تغییر کاربری اراضی از زمین های معمولی به کشاورزی و برداشت فوق العاده محصول و بعد از آن به سطوح شهری و نفوذناپذیر.
- ۳) شهرسازی و صنعتی سازی مناطق.
- ۴) افزایش استانداردهای زندگی که منتج به افزایش استفاده از منابع به ازاء هر نفر و افزایش تولید زباله گردیده است (۲).

هر نوع توسعه ای می تواند موجب افزایش رواناب، تغییر الگوهای طبیعی حوزه و افزایش میزان آلاینده های حمل شده توسط رواناب گردد (۳). بطور کلی رواناب از آن جهت حائز

مناطق شهری یا برآورد حجم رواناب در محیط GIS پرداخته می‌شود.

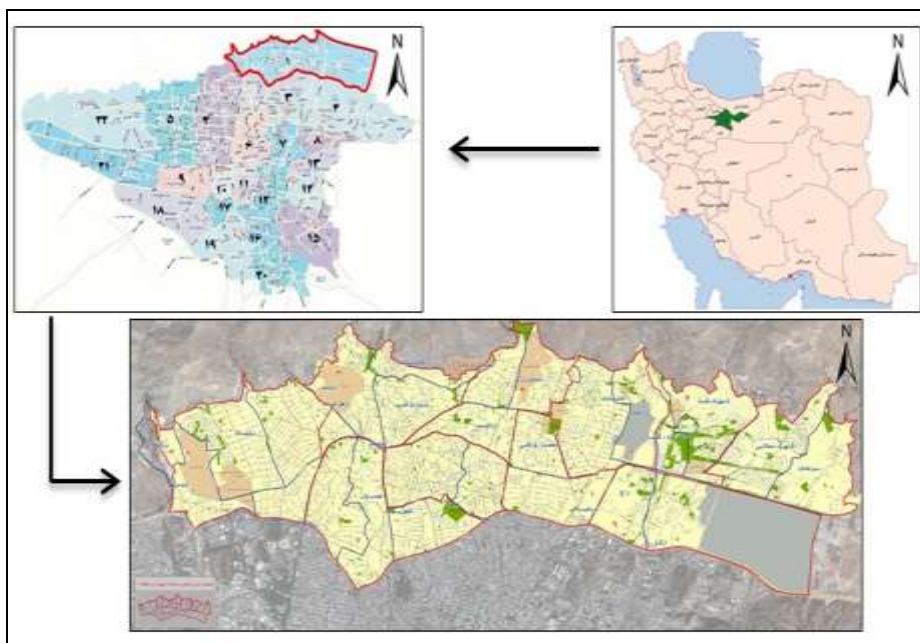
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه یک شهرداری تهران (شکل ۱) با توجه به مرز شمالی مصوب شورای شهر تهران مساحتی معادل ۴۵۷۴/۲۴ هکتار است. اما در عمل به دلیل رشد ساخت و ساز در منطقه، محدوده آن هم مرز با محدوده ۳۵ ساله شهرداری تهران شده و بر این اساس مساحتی را در حدود ۴۸۱۶ هکتار داراست (۱۶). مرز منطقه نیز از شمال به کوه های البرز، از جنوب به بزرگراه چمران، مدرس، صدر و بابایی، از شرق به عباسیه و شادآباد و از غرب به درکه محدود می‌شود. هم چنین مرز حریم منطقه که مساحتی برابر ۲۶۵۰۰ هکتار را شامل می‌شود، از شمال به دامنه رشته کوه البرز (حوزه آبریز شهر تهران)، از جنوب به محدوده قانونی شهر، از شرق به جاده اوشان-فشم و جاده لشکرک و در غرب به دره درکه منتهی می‌شود (۱۷). این منطقه دارای ۱۰ ناحیه و ۲۶ محله شهری می‌باشد که به عنوان یک محدوده کوهستانی، باغات فراوان، رودخانه ها، دره‌ها و مسیل ها و دو گسل مهم شهر تهران با سابقه رانش را در خود جای داده است. همان‌طور که در جدول ۱ آورده شده است، بیشترین مساحت منطقه، مربوط به کاربری مسکونی است.

است که توسط سازمان حفاظت خاک امریکا ارائه شده است. در این روش میزان رواناب، با استفاده از ویژگی محیطی محاسبه می‌شود. در ادامه به چند مورد از پژوهش‌های خارجی و داخلی صورت گرفته در استفاده از این روش اشاره می‌گردد. ژان و هانگ در سال ۲۰۰۴ از ArcCN-Runoff که یکی از ابزارهای GIS است، برای تعیین شماره منحنی‌ها و محاسبه نفوذ رواناب برای یک بارندگی در دو حوضه در کانزاس ایالات متحده امریکا استفاده کردند (۱۱). سارانگی و همکاران در سال ۲۰۰۸ در پژوهشی سطح رواناب حوضه‌های فاقد اندازه‌گیری در زیرحوضه‌های بانهای هند را پیش‌بینی کردند (۱۲). گیتیکا و رانجان در سال ۲۰۱۴ به کاربردی بودن استفاده از روش CN همراه با GIS و RS در تخمین رواناب در یک حوضه آبخیز کوچک پرداختند و نشان دادند که نتایج حاصل را می‌توان در مدیریت و حفاظت بهتر حوضه بکار برد (۱۳). همدی و همکاران (۱۳۹۱) به تهیه نقشه شماره منحنی حوزه آبخیز مراوه تپه با استفاده از GIS پرداختند (۱۴). نصرتی و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از روش شماره منحنی، عوامل مؤثر در پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز دره‌شهر را بر اساس مناطق همگن هیدرولوژیک تعیین کردند (۱۵). با بررسی منابعی که در زمینه تعیین پتانسیل سیل‌خیزی صورت گرفته است، مشخص شده که این موضوع در مناطق کاملاً توسعه یافته شهری و با توجه به کاربری‌های موجود منطقه به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است. اکثر مطالعات انجام گرفته این پدیده را در حوضه‌های بزرگ بررسی کرده و به کل منطقه شهری یک شماره منحنی خاص نسبت می‌دهند. به عبارتی مناطق مستعد سیلاب در مناطق شهری با توجه به توسعه یافتگی محدوده مورد بررسی قرار نگرفته است. در این پژوهش با توجه به کاربری‌های موجود منطقه یک شهرداری تهران و روش شماره منحنی به تعیین پتانسیل سیل‌خیزی

- 1- SCS
- 2- Zhan
- 3- huanH
- 4- Srangi
- 5- Gitika
- 6- Ranjan



شکل ۱- موقعیت منطقه یک تهران

Figure 1. The location of District 1 of Tehran

جمع آوری و هدایت رواناب با توجه به افزایش سطوح نفوذناپذیر و توسعه یافته، می تواند بستر مشکلات متعدد شهری باشد.

در واقع منطقه یک به دلیل جذابیت های گوناگون در سال های اخیر آماج ساخت و سازهای فراوان بوده و توسعه سریع منطقه بدون در نظر گرفتن زیر ساخت های شهری از جمله مجاری

جدول ۱- مساحت کاربری اراضی منطقه یک شهرداری تهران (۱۳)

Table 1. land use area of district one of Tehran municipality

درصد از کل منطقه	مساحت (هکتار)	کاربری	درصد از کل منطقه	مساحت (هکتار)	کاربری
٪ ۴/۴	۱۶۴/۸۹۴۲	فضای باز و تفریحی	٪ ۴۳/۸	۱۶۴۰/۳۷۲۵	مسکونی
٪ ۱/۴	۵۱/۷۲۰۷	تجاری	٪ ۱۳/۳	۴۹۹/۱۵۹۳	کاربری های ویژه
٪ ۱/۱	۴۱/۷۱۴۷	تاسیسات و تجهیزات	٪ ۱۲/۴	۴۶۳/۱۸۲۱	زمین بایر
٪ ۱/۱	۴۰/۶۴۳۴	صنعتی و کارگاهی	٪ ۱۰/۱	۳۷۷/۹۰۷۸	خدمات عمومی
٪ ۰/۴	۱۵/۳۰۰۷	پارکینگ و حمل و نقل	٪ ۷/۴	۲۷۶/۱۱۸۲	باغ
۳۷۴۴/۹۷۰۵	مساحت کل کاربری ها (هکتار)		٪ ۴/۶	۱۷۳/۹۵۶۹	فضای سبز و پارک

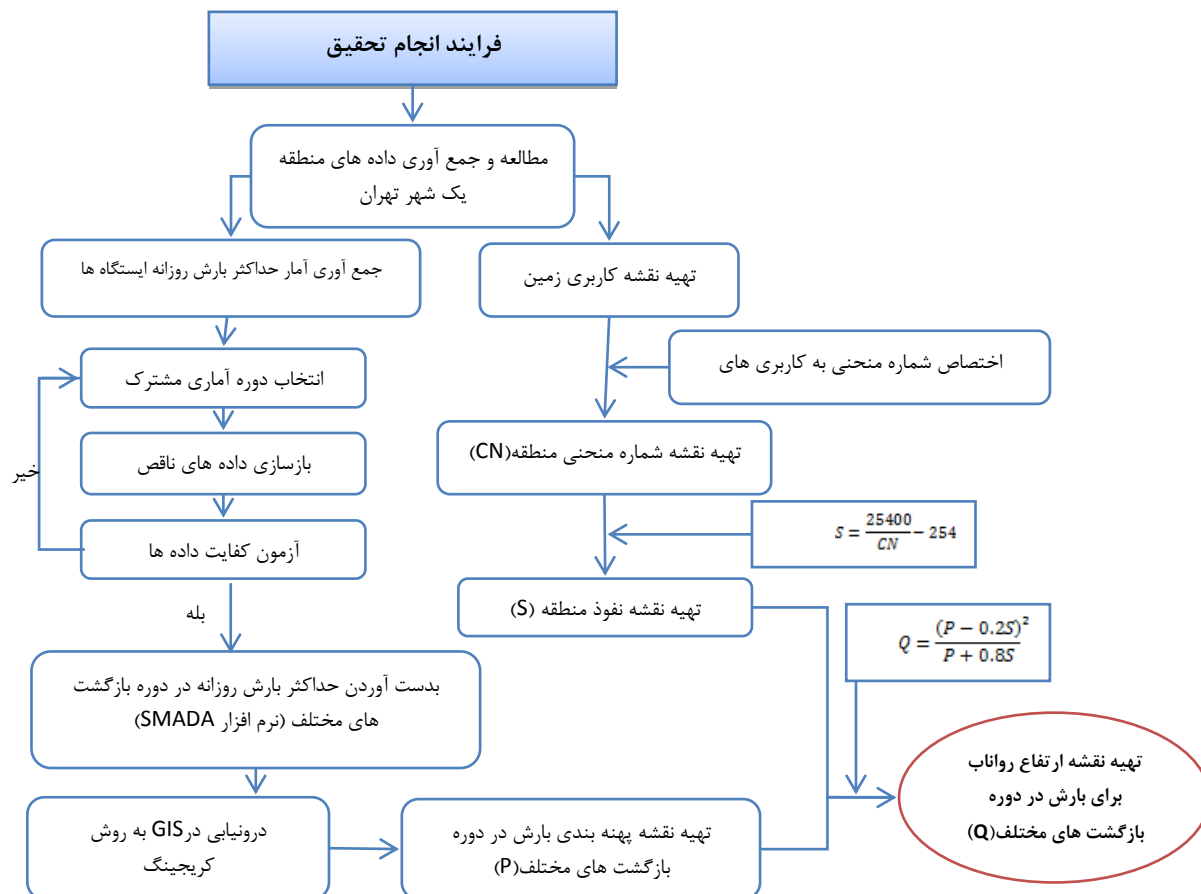
روش انجام پژوهش

نقشه های مربوط به لایه CN و ضریب نگهداشت سطحی در محیط نرم افزار Arcmap ساخته شده، سپس با توجه به حداکثر بارش روزانه ثبت شده در ایستگاه های موجود در منطقه و اطراف آن، یک دوره آماری مشترک ۲۰ساله برای ایستگاه ها

به منظور برداشت صحیحی از مشکل رواناب در منطقه یک تهران، به روش شماره منحنی به برآورد حجم رواناب در منطقه پرداخته و نقشه پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی منطقه تهیه می گردد. به این منظور با توجه به روش SCS-CN، ابتدا

انتخاب و پس از انجام آزمون کفایت داده‌ها و بازسازی داده‌های ناقص، حداکثر بارش روزانه برای هر ایستگاه در دوره بازگشت‌های مختلف توسط نرم‌افزار SMADA بدست آورده می‌شود. نقشه پهنه‌بندی بارش برای دوره بازگشت‌های مختلف از طریق درون‌یابی کریجینگ در محیط GIS ساخته می‌شود. با

تلفیق نقشه‌های بارش و ضریب نگهداشت سطحی بر طبق رابطه (۱) توسط نرم‌افزار GIS نقشه ارتفاع رواناب برای بارش در دوره بازگشت‌های مختلف بدست خواهد آمد. مراحل انجام تحقیق در شکل آورده شده است.



شکل ۲- فرایند انجام تحقیق

Figure 2. Research process

کارشناسان تبدیل شد و اساسا برای حوضه های کوچک شهری و کشاورزی، حوضه های طبیعی متوسط و همچنین برای حوضه هایی که در آنها داده های اندازه گیری دبی رواناب وجود ندارد بکار می رود (۱۸). علاوه بر این مدلی است پیش بینی کننده که ورودی های محیطی را بخوبی ثبت می کند و روش تایید شده ای است که بطور گسترده ای در امریکا و دیگر کشورها مورد پذیرش قرار گرفته است (۱۹). در این روش ارتفاع رواناب ناشی از باران بر اساس رابطه (۱) محاسبه می شود:

بر آورد رواناب به روش $SCS-CN^2$

یکی از روش های تخمین رواناب در حوضه های فاقد اندازه گیری دبی، روش شماره منحنی (CN) رواناب سازمان حفاظت خاک امریکا (SCS) است. در روش SCS تعیین شماره منحنی که تابعی از ویژگی های خاک، کاربری اراضی، خصوصیات هیدرولوژیکی مانند رطوبت پیشین خاک می باشد، ضروری است. روش SCS-CN به سبب سادگی آن خیلی سریع به یکی از رایج ترین روش ها در میان مهندسیین و

بارش در سطح زمین جریان یافته و ارتفاع رواناب برابر با ارتفاع بارندگی خواهد بود (۲۰).

یافته‌ها و بحث

تهیه لایه شماره منحنی (CN) و ضریب نگهداشت

سطحی یا نفوذ (S) منطقه

این لایه برای حوضه آبخیزهای بزرگ، بر اساس نوع کاربری و گروه‌های هیدرولوژیکی خاک محاسبه می‌شود، اما با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه منطقه شهری می‌باشد، ضرایب CN بر اساس کاربری‌های موجود و برای خاک نوع C تعیین می‌گردد (۲۱). ضرایب مربوط به کاربری‌های منطقه یک و مساحت مربوط به آن در **Error! Not a valid bookmark self-reference.** آورده شده است. همچنین مقدار CN برای کل منطقه مقدار ۹۰/۹۴ محاسبه گردید. شکل ۲ لایه CN بدست آمده بر طبق **Error! Not a valid bookmark self-reference.** را برای منطقه یک تهران نمایش می‌دهد.

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad P > 0.2S \quad (1)$$

Q = ارتفاع رواناب به میلی متر، P = ارتفاع بارندگی ۲۴ ساعته، S = مقدار ذخیره سطحی خاک.

مقدار S در رابطه با نوع پوشش و نحوه بهره برداری از اراضی و وضعیت سطح خاک از نظر نفوذپذیری و داخل خاک از نظر انتقال می‌باشد. برای S یک مقدار حداقل و یک مقدار حداکثر وجود داشته که بستگی به رطوبت قبلی خاک دارد. نتایج حاصل از اندازه گیری‌ها در حوضه‌های مختلف نشان داده که از کل تلفات بالقوه حوضه یا S، بطور متوسط ۰/۲ آن قبل از شروع جریان یافتن هرز آب بصورت تلفات اولیه عمل کرده و ۰/۸ بقیه در طول بارش، صرف نفوذ سطحی و عمقی در خاک می‌شود. بنابراین در هر مورد، چنانچه ارتفاع بارندگی کمتر از S ۰/۲ باشد فرض می‌شود که رواناب بوجود نخواهد آمد. مقدار تلفات کل یا S بر حسب میلی متر توسط رابطه‌ای، با یک عامل بدون بعد به نام CN ارتباط می‌یابد (رابطه ۲).

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (2)$$

مقدار CN بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است که CN برابر صفر، رواناب از بارندگی حاصل نیامده و در CN برابر ۱۰۰، تمامی

جدول ۲- شماره منحنی کاربری‌ها و مساحت مربوطه

Table 2. Curve number of land uses and corresponding area

ردیف	کاربری (خاک نوع C)	شماره منحنی	مساحت (هکتار)
۱	پارکینگ - خیابان	۹۸	۸۴۴/۲۷۸۸
۲	زمین‌های بایر	۹۶	۸۶۳/۱۸۲۱
۳	تجاری	۹۴	۵۱/۷۲۰۷
۴	صنعتی و کارگاهی	۹۱	۴۰/۶۴۳۴
۵	مسکونی - خدمات عمومی	۹۰	۲۵۲۵/۲۲۸۵
۶	فضای باز و تفریحی	۸۶	۱۶۴/۸۹۴۲
۷	کشاورزی و دامداری	۸۱	۰/۷۸۴۷
۸	فضای سبز و پارک	۷۹	۱۷۳/۹۵۶۹
۹	باغ و باغ مسکونی	۷۴	۳۰۹/۲۵۹۳

می‌باشد که در مناطق کاربری‌های باغات و فضاهای سبز دید می‌شود.

بعد از تهیه لایه CN با توجه به رابطه (۲) نقشه مقدار نفوذ حداکثر (S) بر حسب میلی متر تهیه می‌شود. همانطور که شکل ۳ نشان می‌دهد، بیشترین مقدار نفوذ منطقه ۸۹ میلی‌متر



شکل ۲- نقشه شماره منحنی برای کاربری‌های منطقه یک تهران

Figure 3. Curve number map for the land uses of district one of Tehran



شکل ۳- نقشه نفوذپذیری منطقه

Figure 4. Permeability map of the area

بارش روزانه، یک دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۰-۱۳۷۱) تعیین گردید. پس از انجام آزمون کفایت داده‌ها و بازسازی داده‌های ناقص، حداکثر بارش روزانه برای هر ایستگاه در دوره آماری ۲۰ سال استخراج گردید. سپس با استفاده از توزیع حدنهایی (گامبل تیپ ۱) و نرم افزار SMADA مقدار حداکثر بارش ۲۴ ساعته در دوره بازگشت‌های ۵، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ سال محاسبه گردید (جدول ۳).

تهیه لایه پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه برای دوره

بازگشت‌های متفاوت

برای تهیه لایه بارش ابتدا ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی منطقه و اطراف آن انتخاب می‌گردد (جدول ۲). از آنجایی که سال تاسیس هر یک از ایستگاه‌ها متفاوت می‌باشد، اولین قدم، انتخاب دوره آماری مشترک برای این ایستگاه‌ها می‌باشد. با توجه به آمار و اطلاعات موجود ایستگاه‌ها از میزان حداکثر

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده (مرکز مطالعات منابع آب، ۱۳۹۴)

Table 3. Specifications of the used stations (Center for Water Resources Studies, 2015)

عرض جغرافیایی (درجه-دقیق-ثانیه)	طول جغرافیایی (درجه-دقیق-ثانیه)	نوع ایستگاه	نام ایستگاه
۳۵۵۱۰۰	۵۱۳۳۰۰	باران سنجی	رودک
۳۵۴۸۰۰	۵۱۲۳۰۰	باران سنجی	هفت حوض درکه
۳۵۵۱۰۰	۵۱۲۷۰۰	باران سنجی	کلک چال
۳۵۵۱۰۰	۵۱۱۷۰۰	باران سنجی	یگا
۳۵۵۲۰۰	۵۱۳۲۰۰	باران سنجی	رودبار قصران
۳۵۴۲۰۰	۵۱۲۳۰۰	باران سنجی	آبهای سطحی
۳۵۴۵۰۰	۵۱۳۵۰۰	باران سنجی	شهید عباسپور
۳۵۴۱۰۰	۵۱۱۹۰۰	سینوپتیک	مهرآباد
۳۵۴۸۰۰	۵۱۲۹۰۰	سینوپتیک	تهران شمال
۳۵۴۴۰۰	۵۱۲۳۰۰	سینوپتیک	ژئوفیزیک
۳۵۴۲۰۰	۵۱۲۰۰۰	سینوپتیک	دوشان تپه

جدول ۳- حداکثر بارش روزانه ایستگاه‌های محدوده مورد مطالعه در دوره بازگشت‌های مختلف بر حسب میلی‌متر

Table 4. The maximum daily rainfall of the stations of the studied range in the period of different returns in millimeters

نام ایستگاه	دوره بازگشت	۵ سال	۱۰ سال	۲۵ سال	۵۰ سال
رودک	۶۰/۵۶	۶۶/۸۱	۷۴/۷۱	۸۰/۵۷	
هفت حوض درکه	۴۷/۹۱	۵۴/۶۲	۶۳/۱۱	۶۹/۴	
کلک چال	۵۱/۱۳	۵۹/۰۸	۶۹/۱۱	۷۶/۵۶	
یگا	۷۴/۶۳	۹۱/۴۴	۱۱۲/۶۷	۱۲۸/۴۲	
رودبار قصران	۶۷/۷۷	۷۶/۱۵	۸۶/۷۴	۹۴/۶	
آبهای سطحی	۳۹/۵	۴۶/۶۴	۵۵/۶۸	۶۲/۳۸	
شهید عباسپور	۴۲/۷	۴۹/۱۶	۵۷/۳۱	۶۳/۳۷	
مهرآباد	۳۵/۸۳	۴۱/۹۵	۴۹/۶۸	۵۵/۴۱	
تهران شمال	۴۷/۱۳	۵۴/۸۸	۶۴/۶۸	۷۱/۹۵	
ژئوفیزیک	۳۷/۶۲	۴۳/۲۶	۵۰/۴	۵۵/۶۹	
دوشان تپه	۳۱/۹۵	۳۵/۲	۳۸/۶۶	۴۰/۸۹	

ارزیابی صحت هر کدام از روش‌های درون‌یابی پرداخته می‌شود. بین روش‌های کریجینگ، اسپیلاین و IDW؛ داده بدست

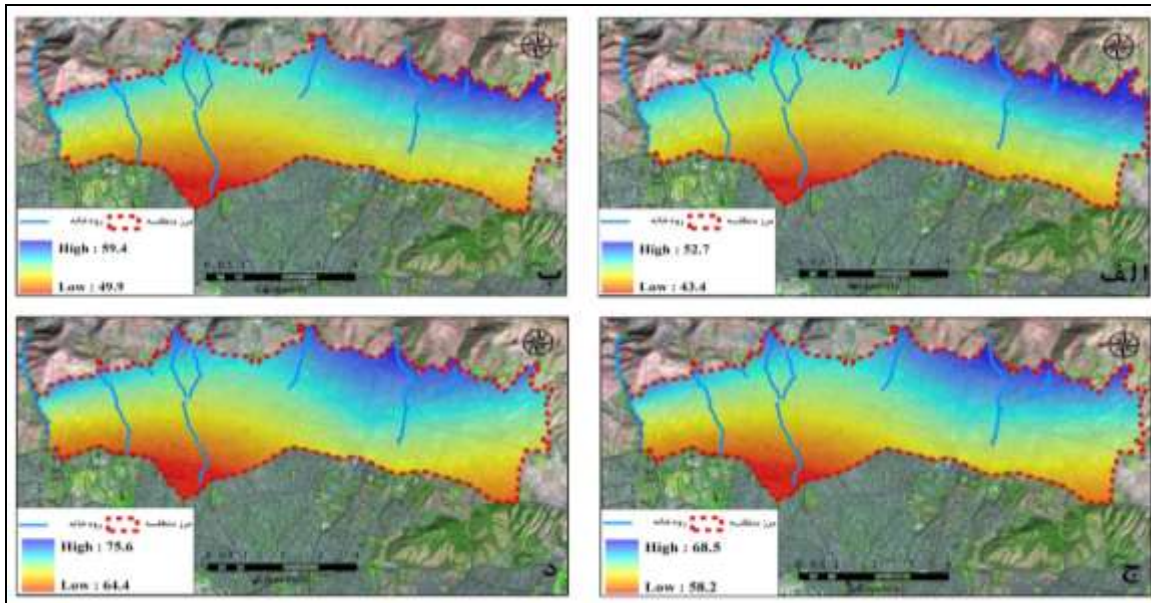
برای تهیه لایه پهنه‌بندی حداکثر بارش روزانه در دوره بازگشت‌های مختلف از روش درون‌یابی در محیط ArcMap کمک گرفته شد. به این ترتیب که ابتدا نقشه پهنه‌بندی بارش با تمامی روش‌های درون‌یابی بدست آورده شده و سپس به

1- Spline

2- Interpolate Distance Weight

عنوان روش مناسب برای تهیه نقشه پهنه بندی حداکثر بارش روزانه انتخاب گردیده و نقشه‌های مربوطه تهیه شد (شکل ۴).

آمده با درون‌یابی کریجینگ معمولی کروی کمترین درصد خطا را با داده واقعی ایستگاه نشان داد. بنابراین روش مذکور به



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی بارش برای دوره بازگشت‌های الف) ۵ سال ب) ۱۰ سال ج) ۲۵ سال د) ۵۰ سال
Figure 5. Rainfall zoning map for return period a) 5 years b) 10 years c) 25 years c) 50 years

تهیه لایه ارتفاع رواناب

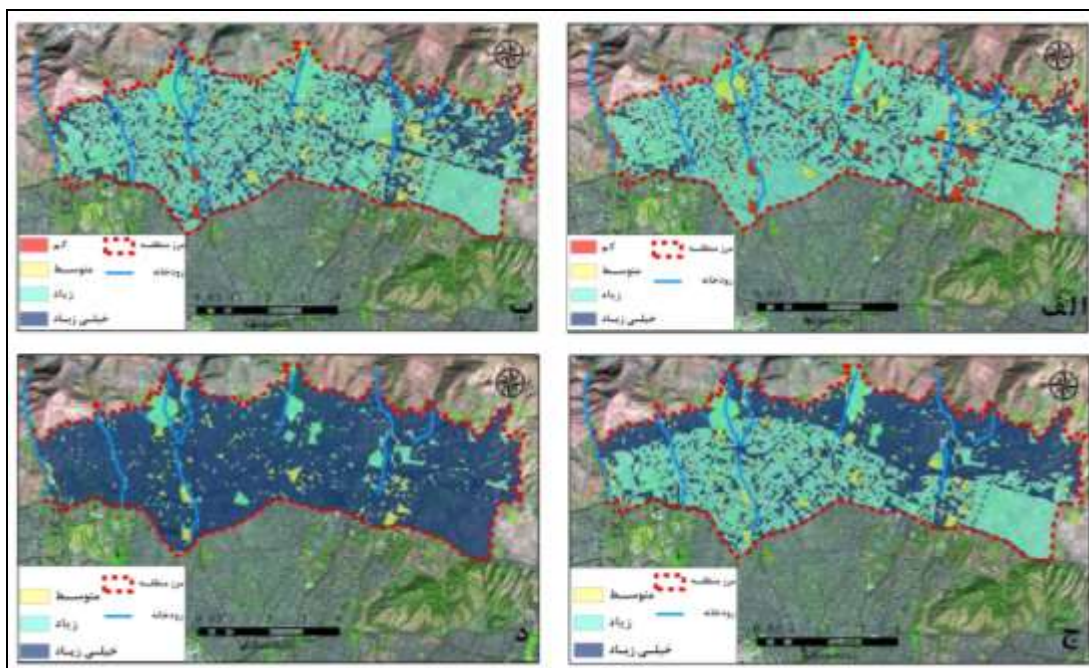
جدول ۴، پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی منطقه مورد مطالعه برای بارش با دوره بازگشت‌های متفاوت بدست آورده می‌شود (شکل ۵).

برای تهیه لایه ارتفاع رواناب، لایه پهنه‌بندی بارش و لایه نفوذ بدست آورده شده با استفاده از رابطه (۱) در محیط نرم‌افزار ArcMap با یکدیگر تلفیق شده و نقشه پهنه‌بندی رواناب تهیه می‌شود. سپس با توجه به میزان ارتفاع رواناب و

جدول ۴- رده‌بندی پتانسیل سیل خیزی با توجه به ارتفاع رواناب (دفتر مطالعات و ارزیابی آبخیزها، ۱۳۷۶)

Table 5. Classification of flood potential according to runoff height (Watershed Studies and Evaluation Office, 1997)

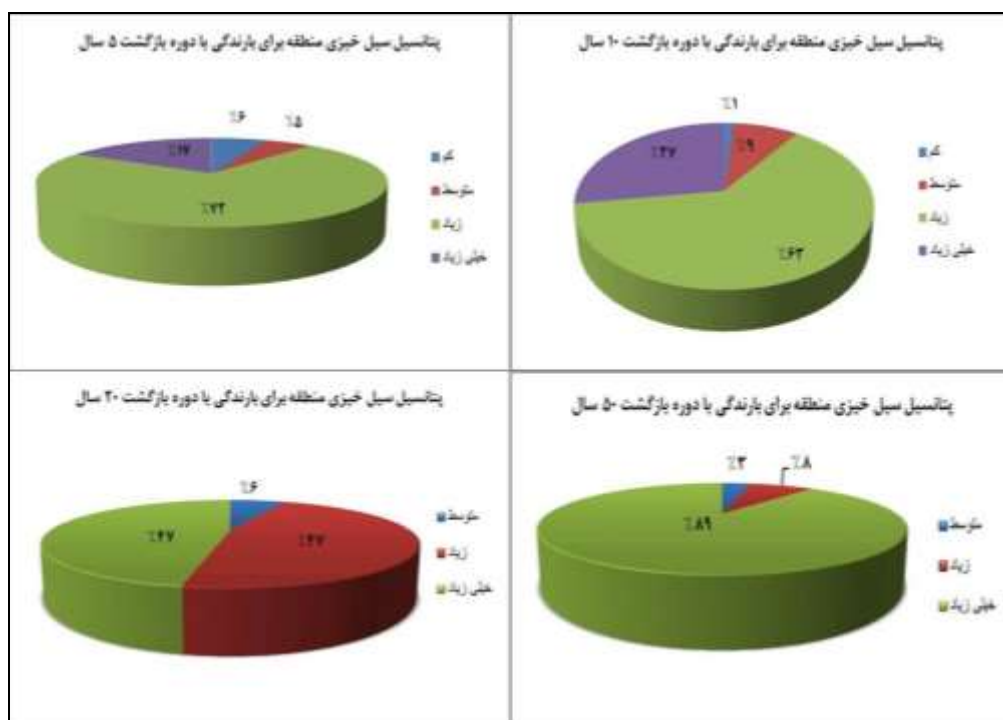
نام رده	ارتفاع رواناب (mm)	ردیف
مناطق با پتانسیل سیل خیزی کم	>۱۰	۱
مناطق با پتانسیل سیل خیزی متوسط	۲۰-۱۰	۲
مناطق با پتانسیل سیل خیزی زیاد	۴۰-۲۰	۳
مناطق با پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد	<۴۰	۴



شکل ۵- پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی منطقه برای بارش با دوره بازگشت‌های الف) ۵ سال ب) ۱۰ سال ج) ۲۵ سال د) ۵۰ سال
 Figure 6. Zoning of flood potential of the region for precipitation with return period a) 5 years b) 10 years c) 25 years c) 50 years

مکان‌ها در مناطقی با تجمع کاربری‌های مسکونی و تجاری مشاهده می‌شود که لزوم استفاده از آمایش سرزمین را در برنامه‌های توسعه شهری آشکار می‌سازد.

همانطور که شکل ۵ و شکل ۶ نمایش می‌دهد، درصد زیادی از منطقه مستعد سیل خیزی متوسط به بالا می‌باشد که این میزان در بارندگی با دوره‌های بازگشت بیشتر افزایش می‌یابد. این



شکل ۶- نمودار پتانسیل سیل خیزی منطقه

Figure 7. Flood potential diagram of the area

2. Ghanbari Adivi, M. Investigating the atmospheric performance of local gardens in Tehran in order to design for the removal of surface runoff pollutants. Master thesis of Sharif University of Technology, 2011. (In Persian)
3. Tanski J. Stormwater runoff. Best management practices for marinas. A guide for operators. 2007.
4. Vereecken H, Kemna A, Münch HM, Tillmann A, Verweerd A. Aquifer characterization by geophysical methods. Encyclopedia of Hydrological Sciences. 2005.
5. Igulu, B. S., & Mshiu, E. E. The Impact of an Urbanizing Tropical Watershed to the Surface-Runoff. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2020, 6, 245-260.
6. Cao, W. T. *et al.* Increasing global urban exposure to flooding: An analysis of long-term annual dynamics. *Sci. Total Environ.* **817**, 10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153012> (2022).
7. He, C. *et al.* Future global urban water scarcity and potential solutions. *Nat. Commun.* **12**, 4667. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25026-3> (2021).
8. Abass, K., Adanu, S. K., & Agyemang, S. (2018). Peri-Urbanization and Loss of Arable Land in Kumasi Metropolis in Three Decades: Evidence from Remote Sensing Image Analysis. *Land Use Policy*, 72, 470-479. (In Persian)
9. Sillanpää N, Koivusalo H. Impacts of urban development on runoff event characteristics and unit hydrographs across warm and cold seasons in high

نتیجه گیری

از آنجایی که مهمترین مرحله مدیریت شناخت کافی و جامع از مساله مورد نظر می باشد، آگاهی از مناطق دارای پتانسیل سیلاب شهری برای مدیریت صحیح و جامع رواناب ضروری می باشد. باتوجه به نادیده گرفته شدن کاربری های استقرار یافته در یک منطقه توسعه یافته شهری در ایجاد رواناب، در این پژوهش سعی گردید با روش شماره منحنی به برآورد ارتفاع رواناب منطقه یک شهر تهران پرداخته شود. بدین منظور با اختصاص شماره منحنی به کاربری های موجود و در نظر گرفتن خاک ضعیف نوع C با نرخ نفوذ کم برای این منطقه و همچنین استفاده از روابط ذکر شده، نقشه های شماره منحنی و نفوذ ساخته شد. میانگین وزنی CN بدست آمده برای کل منطقه ۹۰/۹۴ محاسبه شد که نشان دهنده پتانسیل بالای سیلاب در منطقه می باشد. سپس با تهیه پهنه بندی حداکثر بارش روزانه در دوره بازگشت های مختلف و تلفیق با نقشه نفوذ، پهنه بندی ارتفاع رواناب تهیه گردید. نتایج حاکی از آن است که برای بارش در دوره بازگشت ۵ ساله و ۱۰ ساله حدود ۹۰ درصد منطقه پتانسیل سیل خیزی زیاد و خیلی زیاد دارند که این میزان در دوره بازگشت های ۲۵ و ۵۰ ساله به بالای ۹۵ درصد می رسد. همچنین در دوره بازگشت های ۲۵ و ۵۰ ساله تمام منطقه پتانسیل سیلاب شهری متوسط به بالا را دارا می باشد و پهنه با پتانسیل سیلاب کم دیده نمی شود. همچنین در مناطقی که تراکم کاربری های مسکونی و پارکینگ بیشتر است، اثر تجمعی سطوح نفوذناپذیر باعث افزایش پتانسیل سیل خیزی می گردد. بنابراین با توجه به عدم کفایت کانال های موجود منطقه در جمع آوری رواناب و لزوم مدیریت آب های سطحی در مقیاس محله و منطقه به جای انتقال آن به پایین دست، استفاده از روش های نوین مدیریت رواناب در منطقه مورد مطالعه با توجه به مکان های مستعد سیلاب شهری توصیه می گردد.

References

1. Novotny V. Non point Pollution and Urban Stormwater Management: CRC Press; 1995.

15. Nosrati, K. Ahmadi, M. Tharvati, M. Marzbani, M. Determining the effective factors in flood potential of Darehshahr watershed based on homogeneous hydrological areas. *Geographical analysis of space*, 3, 2014. (In Persian)
16. Zistab Consulting Engineers Co. Studies on the operationalization of the comprehensive plan of surface water management and the preparation of plans for the improvement of rivers and canals in one area of Tehran municipality, 2013. (In Persian)
17. Vice President of Planning and Urban Development of Tehran Municipality. Operational plan of Tehran city, 2014. (In Persian)
18. Mishra S, Tyagi J, Singh V, Singh R. SCS-CN-based modeling of sediment yield. *Journal of Hydrology*. 2006;324(1):301-22.
19. Kumar PS, Babu MRK, Praveen T. Analysis of the Runoff for Watershed Using SCS-CN Method and Geographic Information Systems. *Analysis*. 2010;2(8):3947-654.
20. Mahdavi, M. *Applied Hydrology*: University of Tehran, 2011. (In Persian)
21. McCuen RH. *Hydrologic analysis and design*: Prentice-Hall Englewood Cliffs, NJ; 1989.
- latitudes. *Journal of Hydrology*. 2015;521:328-40.
10. Alshammari, E., Rahman, A. A., Rainis, R., Seri, N. A., & Fuzi, N. F. A. (2023). The Impacts of Land Use Changes in Urban Hydrology, Runoff and Flooding: A Review. *Current Urban Studies*, 11, 120-141.
11. Zhan X, Huang M-L. ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. *Environmental Modelling & Software*. 2004; 19(10):875-9.
12. Sarangi A, Singh D, Singh A. Evaluation of curve number and geomorphology-based models for surface runoff prediction from ungauged watersheds. *Current science*. 2008; 94(12):1620.
13. Gitika T, Ranjan S. Estimation of Surface Runoff using NRCS Curve number procedure in Buriganga Watershed, Assam, India-A Geospatial Approach. *International research journal of earth sciences*, 2 (5), 1. 2014;7.
14. Hamdami, Q. Shiday Kirkej, A. Akbari Majder, H. Preparation of curve number map of Marawa Tepe area using geographic information system. *Protection and exploitation of natural resources*, 1(3), 2012. (In Persian)