رویکردهای نو در مطالعات انسان و محیط

دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۴۰۴
شاپا الکترونیکی: ۱۸۱۲ـ۲۸۲۱

برآورد میزان سطوح نفوذناپذیر شهری با بکارگیری فناوری های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی: منطقه ۶ شهر تهران

مهسا عظیم‌پور[۱] ✉، شهرزاد فریادی[۲]، زهرا دهقان منشادی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست و HSE، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
نویسنده مسئول: Azimpourmahsa78@gmail.com
۲. دانشیار، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست و HSE، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۳. دانشجوی دکتری، گروه برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست و HSE ، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۲۵
پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۷

واژگان کلیدی:
نفوذناپذیری
رواناب
فضای سبز
توسعه شهری

چکیده

پژوهش حاضر به بررسی سطوح نفوذناپذیر در شهر تهران (منطقه ۶ شهر تهران) و تأثیرات آن بر رواناب و سیلاب‌های شهری می‌پردازد. در نیم قرن گذشته، تغییرات سریع در کاربری اراضی و افزایش جمعیت منجر به کاهش فضای سبز و گسترش سطوح نفوذناپذیر شده‌است. این سطوح به‌عنوان مواد مصنوعی شناخته می‌شوند که مانع از نفوذ آب می‌شوند و شامل جاده‌ها، ساختمان‌ها و سایر سازه‌ها هستند. افزایش سطوح نفوذناپذیر، رواناب ناشی از بارش‌های شدید را افزایش می‌دهد و این موضوع به نوبه خود، خطر وقوع سیلاب‌ها را در مناطق شهری افزایش می‌دهد. مورد مطالعه این پژوهش، منطقه ۶ شهر تهران است. این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزارهای جغرافیایی، درصد سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر در منطقه ۶ تهران را شناسایی و تحلیل کرده‌است. سپس با استفاده از الگوریتم‌ها و نرم‌افزارهای جغرافیایی متعدد، داده‌ها پیش پردازش، طبقه‌بندی، تحلیل و پس از ترسیم نقشه‌های نفوذپذیری و نفوذناپذیری، درصد مساحت‌های هر یک از سطوح بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد مناطق نفوذناپذیر در کل شهر تهران معادل ۲۰/۸۹٪ از کل مساحت است. با این حال، در منطقه ۶ نسبت درصد سطوح نفوذپذیر به مساحت کل منطقه، تنها ۱۰/۱۹٪ است که نشان‌دهنده درصدکمتر مناطق نفوذپذیر نسبت به شهر تهران، در این منطقه است و نشان‌دهنده این است که این منطقه به‌شدت تحت تأثیر ساخت و سازهای بی‌برنامه و کاهش فضای سبز قرار دارد که باعث مشکلاتی نظیر جزایر گرمایی و سیلاب‌های سطحی شده‌است. در نهایت، این مطالعه بر ضرورت بهبود مدیریت آب‌های سطحی و افزایش فضای سبز به عنوان راهکارهایی برای کاهش آثار منفی سطوح نفوذناپذیر تأکید می‌کند.

استناد: فریادی، شهرزاد، عظیم‌پور، مهسا، دهقان منشادی، زهرا (۱۴۰۴). برآورد میزان سطوح نفوذناپذیر شهری با بکارگیری فناوری های سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی: مطالعه موردی: منطقه ۶ شهر تهران. *رویکردهای نو در مطالعات انسان و محیط*، ۲ (۲). ۳۱ـ۴۰.
https://doi.org/10.30487/hmes.2025.2045355.1066

© ۱۴۰۴ (۲۰۲۶) نویسندگان مقاله، نشریهٔ رویکردهای نو در مطالعات انسان و محیط، ناشر: سازمان مطالعه و تدوین کتب دانشگاهی در علوم اسلامی و انسانی (سمت).

Innovative Approaches in Human – Environment Studies

Vol. 2, Issue 2
Autumn & Winter 2026
Online ISSN: 2821-1812

The effect of impervious surfaces on urban runoff and flooding: A case city study of District 6 of Tehran

Mahsa Azimpour [1]✉, Shahrzad Faryadi [2], Zahra Dehghan Manshadi [3]

1. Master's student, Department of Environmental Planning, Management and HSE, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran. Corresponding author: Azimpourmahsa78@gmail.com
2. Associate Professor, Department of Environmental Planning, Management and HSE, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Ph.D. student, Department of Environmental Planning, Management and HSE, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran.

Article Info

History
Received: November 16, 2025
Accepted: January 07, 2026

Keywords
Impenetrability
Runoff
Green space
Urban development

Abstract

This study examines impervious surfaces in Tehran and their impacts on urban runoff and flooding. Over the past half-century, rapid changes in land use and population growth have led to a decrease in green spaces and an increase in impervious surfaces. These surfaces, recognized as artificial materials that prevent water infiltration, include roads, buildings, and other structures. The rise in impervious surfaces exacerbates runoff during heavy rainfall, consequently increasing the risk of flooding in urban areas. The case study of this research is District 6 of Tehran. This research utilized satellite imagery and geographic information system (GIS) software to identify and analyze the percentage of permeable and impervious surfaces in Region 6 of Tehran. Then, using various algorithms and geographic software, the data were pre-processed, classified, and analyzed. After mapping the permeable and impermeable surfaces, the percentage of each surface type was examined. The results show that impervious surfaces account for 89.20% of the total area in Tehran. However, in District 6, the percentage of permeable surfaces relative to the total area is only 19.10%, indicating a significantly lower proportion of permeable areas compared to the city as a whole. The findings indicate that this area is significantly affected by unplanned construction and the reduction of green spaces, leading to issues such as urban heat islands and surface flooding. Ultimately, the study emphasizes the need for improved management of surface water and the enhancement of green spaces as strategies to mitigate the negative effects of impervious surfaces.

Citation: Faryadi, Sh., Azimpour, M., & Dehghan Manshadi, Z. (2025). The effect of impervious surfaces on urban runoff and flooding: A case study of District 6 of Tehran city. *Innovative Approaches in Human–Environment Studies*, *2*(2), 31-40. https://doi.org/10.30487/hmes.2025.2045355.1066

© 2025 Authors, Innovative Approaches in Human–Environment Studies.
Publisher: The Organization for Researching and Composing University Textbooks in the Islamic Science and Humanities (SAMT)

مقدمه

طی نیم قرن گذشته، فعالیت‌های انسانی از طریق جنگل زدایی و توسعه شهرها تغییرات چشمگیری بر زمین اعمال کرده‌است. در مناطق شهری، مشکلات محیط زیستی فراوانی ازجمله کاهش فضای سبز به دلیل تغییرات سریع پوشش زمین رخ داده‌است (امیری و همکاران،۲۰۰۶:۲۰۰۹). جمعیت شهری ایران طی ۹۰ سال گذشته حدود ۲۶ برابر افزایش یافته که سبب تغییرات زیادی در شهرها شده‌است. امروزه به دنبال روند افزایشی شهرنشینی، سطوح غیرقابل نفوذ شهری نیز افزایش پیدا کرده‌است. سطوح نفوذ ناپذیر به‌طور کلی به‌عنوان مواد مصنوعی که آب نمی‌تواند در آن نفوذ کند، شناخته می‌شوند و سقف ساختمان‌ها، سیستم‌های حمل‌ونقل مانند جاده‌ها، راه‌های عبور، پارکینگ‌ها و پیاده‌روها را شامل می‌شود (لی،۲۰۱۷:۲۳۸۹). باران یکی از رویدادهای طبیعی است که چنانچه تدابیر لازم جهت استفاده درست و به موقع از آن به کار رود می‌تواند در رفع نیازهای بشر بسیار مؤثر باشد. هر گاه بارانی با شدت زیاد بر روی حوضه‌ای می‌بارد، به دلیل کاهش نفوذپذیری خاک در همان اوایل بارندگی، آب بر روی خاک جاری شده و از طریق مسیل‌ها به رودخانه‌ها می‌پیوندد. تغییر الگوی استفاده از زمین و افزایش شهری شدن باعث بر هم خوردن پروسه‌های هیدرولوژیکی منطقه و افزایش مناطق نفوذناپذیر باعث بر هم خوردن تعادل طبیعی آب می‌شود. کاهش نفوذپذیری و افزایش رواناب، منجر به افزایش پیک سیلاب حتی در بارش های کم در دوره زمانی کوتاه مدت می‌شود. گسترش روزافزون مناطق شهری و از بین رفتن اراضی طبیعی موجب گسترش مناطق غیرقابل نفوذ شده که این حالت موجب افزایش حجم و ارتفاع رواناب ناشی از بارش در حوضه‌های شهری می‌شود. در صورت وجود زهکشی نامناسب رواناب ناشی از بارش‌های شهری، امکان بروز سیلاب در سطح شهر افزایش می‌یابد. فشار فعالیت های مضر بشری اغلب سبب افزایش سیلاب ها می‌شود (ایستومینا و همکاران،. توسعه روزافزون مناطق شهری و از بین رفتن اراضی طبیعی موجب گسترش مناطق غیر قابل نفوذ شده، که این حالت موجب افزایش رواناب ناشی از بارش در حوضه های شهری می‌شود. نفوذناپذیری یک شاخص مهم برای پایش شهرنشینی و تغییرات محیطی است و به طور گسترده در مناطق شهری ارزیابی می‌شود(ژائو، جی، و تسوتسومیدا ان، ۲۰۲۰). در صورت عدم زهکشی مناسب رواناب ناشی از بارش های شهری امکان بروز سیلاب در سطح شهر افزایش می یابد. به دلیل اثرات مخرب ناشی از سیلاب در حوضه های شهری چگونگی انتقال، مدیریت و تخلیه رواناب های ایجاد شده در سطح شهر مورد توجه محققین و سازمان های مربوطه از جمله شهرداری ها قرار گرفته است.آمار و تحقیقات خطر وقوع سیل نشان می‌دهد که هم‌زمان با توسعه اقتصادی، افزایش جمعیت، تجمع و انباشت سرمایه‌ها و کاربری نادرست اراضی در دشت‌های سیلابی رودخانه های بزرگ، خسارات و ضایعات اقتصادی مرتبط با سیلاب‌ها در حال افزایش است.در پنج دهه گذشته روند افزایش سیل نشان می‌دهد که تعداد وقوع سیل در دهه ۸۰ نسبت به دهه ۴۰ حدود ۱۰ برابر شده و به عبارتی ۹۰۰ درصد افزایش یافته‌است (عبدی ،۱۳۳۲). تغییر سطوح شهری به نفوذننا‌پذیری از نظر جذب دما و بروز پدیده جزایر گرمایی نیز حائز اهمیت است. با توجه به موارد بیان شده، ضرورت انجام این پژوهش برای شناسایی درصد سطوح نفوذ ناپذیر در سطح منطقه امری بدیهی است. هدف از این پژوهش، شناسایی عوامل مؤثر بر بروز سیلاب شهری و مناطق در معرض خطر سیلاب به منظور ارائه راهکارهایی برای کاهش خطرات و خسارات سیلاب در محدوده مطالعاتی است. یکی از راه‌حل‌های مبتکرانه برای این مشکل، حمایت از استفاده از بتن گذرا یا «بتن تشنه» است. سنگدانه‌های درشت، حفره‌هایی را در بتن ایجاد می‌کنند که نفوذ تدریجی آب باران به زیر زمین را تسهیل می‌کند و یک جایگزین عالی سازگار با محیط زیست ارائه می‌دهد. این نه تنها به کنترل سیلاب کمک می‌کند، بلکه آلودگی را به حداقل می‌رساند و فرسایش را کاهش می‌دهد (جدهاو، ریا و همکاران، ۲۰۲۲). در دو دهه گذشته، پژوهشگران مختلف پژوهش‌های زیادی به

منظور توسعه روش‌ها و تکنیک‌های لازم برای تشخیص و تعیین پراکندگی مکانی سطوح نفوذناپذیر و تعیین آثار منفی آن انجام داده‌اند. در ایران، اکبری در سال ۲۰۰۰ با استفاده از سنجنده TM، الگوی توزیع درجه حرارت شهر تهران را مورد مطالعه قرار داد. او با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال(MLC)کلاس‌های کاربری پارک تفریحی، پارک جنگلی، مسکونی-صنعتی، معابر، اراضی کم درخت و اراضی بایر را از سه مولفه اول حاصل از تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) استخراج کرد و میانگین حرارت برای هریک از کلاس های کاربری را به‌دست-آورد. وی با بررسی‌ها و ارزیابی‌های انجام شده، نتیجه گرفت که کلاس‌های کاربری دارای میانگین حرارتی متفاوت با یکدیگر بودند و کلاس‌های حرارتی یکسان در نقشه کاربری تقریبا بر کلاس های دمایی ویژه ای انطباق داشتند. امیری و همکاران، با استفاده از تصاویر TM و +ETM چند زمانه شهر تبریز، به بررسی تغییرپذیری فضایی-زمانی حرارت در زمینه کاربری/پوشش زمین پرداختند. نتایج نشان دادند که گرمترین کلاس پوشش در سال ۱۹۹۸ کلاس کاربری مسکونی بوده است. اما در سال ۲۰۰۱ و ۱۹۸۹ زمین‌های بایر گرم‌ترین کلاس‌ها بودند. بررسی رابطه میان NDVI و حرارت سطح با استفاده از تحلیل همبستگی و رگرسیون چند متغیره، بیانگر نقش موثر پوشش گیاهی در تعدیل دمای سطح بود(شانگ و ویلسون،۲۰۰۹) نشان دادند در حوزه‌های شهری ۹۰ درصد رگبارها به رواناب تبدیل می‌شود. در حالی که در حوزه‌های روستایی این مقدار 25 درصد است. ساریا و مجال سال ۲۰۱۲ در تحقیقی پیرامون مدیریت سیلاب‌های شهری، سیاست‌هایی را در رابطه با فعالیت‌های بشر و برنامه‌ریزی دولت‌ها ارائه دادند که در کاهش سیل در مناطق شهری موثر است. سلاجقه و همکاران، در مقاله‌ای با عنوان «برآورد رواناب در حوضه‌های آبخیز شهری با استفاده از مدل‌های تحلیلی» به تعیین مقدار رواناب در حوضه‌های آبخیز شهری در منطقه ۲۲ شهر تهران پرداختند. در این مطالعه، از دو مدل یکی بر اساس ضریب رواناب و دیگری با در نظر گرفتن ضریب نفوذپذیری استفاده شده‌است. مقایسه نتایج به‌دست آمده از برآورد مدل‌ها با مقادیر مشاهده شده در منطقه موردبررسی، نشان داد که هر دو مدل، در برآورد رواناب احتمالی از دقت خوبی برخوردارند. کومار و همکاران در ۲۰۱۳، در مقاله‌ای با عنوان «مدل‌سازی تغییرات رشد شهری و تأثیر آن بر ویژگی‌های رواناب سطحی» با استفاده از روش رگرسیون خطی به بررسی سطوح نفوذناپذیری شهری پرداخته و با برآورد حجم رواناب با استفاده از مدل هیدرولوژیک WetSpa، تأثیر افزایش سطوح نفوذناپذیر بر رواناب را موردبررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که افزایش سطوح نفوذناپذیر باعث افزایش ۱۲ درصدی حجم رواناب شده‌است؛ سپس با روش سلول‌های خودکار به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی آینده پرداختند و با توجه به داده‌های گذشته و حال، به مدل‌سازی پارامترهای رواناب در آینده پرداختند. نگوین تی توی لین و همکاران سال ۲۰۲۰در مقاله‌ای با عنوان «سنجش از دور و یادگیری ماشینی برای برجسته کردن همبستگی بین تغییرات کاربری/پوشش زمین و پتانسیل، GIS استفاده از سیل ناگهانی» با استفاده از سنجش از دور به بررسی همبستگی بین تغییر کاربری/پوشش زمین و تغییرات پتانسیل سیل ناگهانی در حوضه آبریز زابالا (رومانی) بین سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۹ پرداختند. در آخر نتیجه گرفته‌اند میان تغییرات کاربری زمین/پوشش زمین با تغییراتی که در پتانسیل سیل ناگهانی رخ داده است همبستگی زیادی داشت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه ۶ شهرداری تهران یکی از مهم‌ترین و مرکزی‌ترین مناطق پایتخت است که به دلیل موقعیت مکانی ویژه خود، از اهمیت زیادی برخوردار است. این منطقه در بخش میانی شهر تهران قرار دارد و از شمال به بزرگراه همت، از غرب به بزرگراه چمران، از شرق به بزرگراه مدرس و خیابان مفتح، و از جنوب به خیابان انقلاب محدود می‌شود. مساحت این

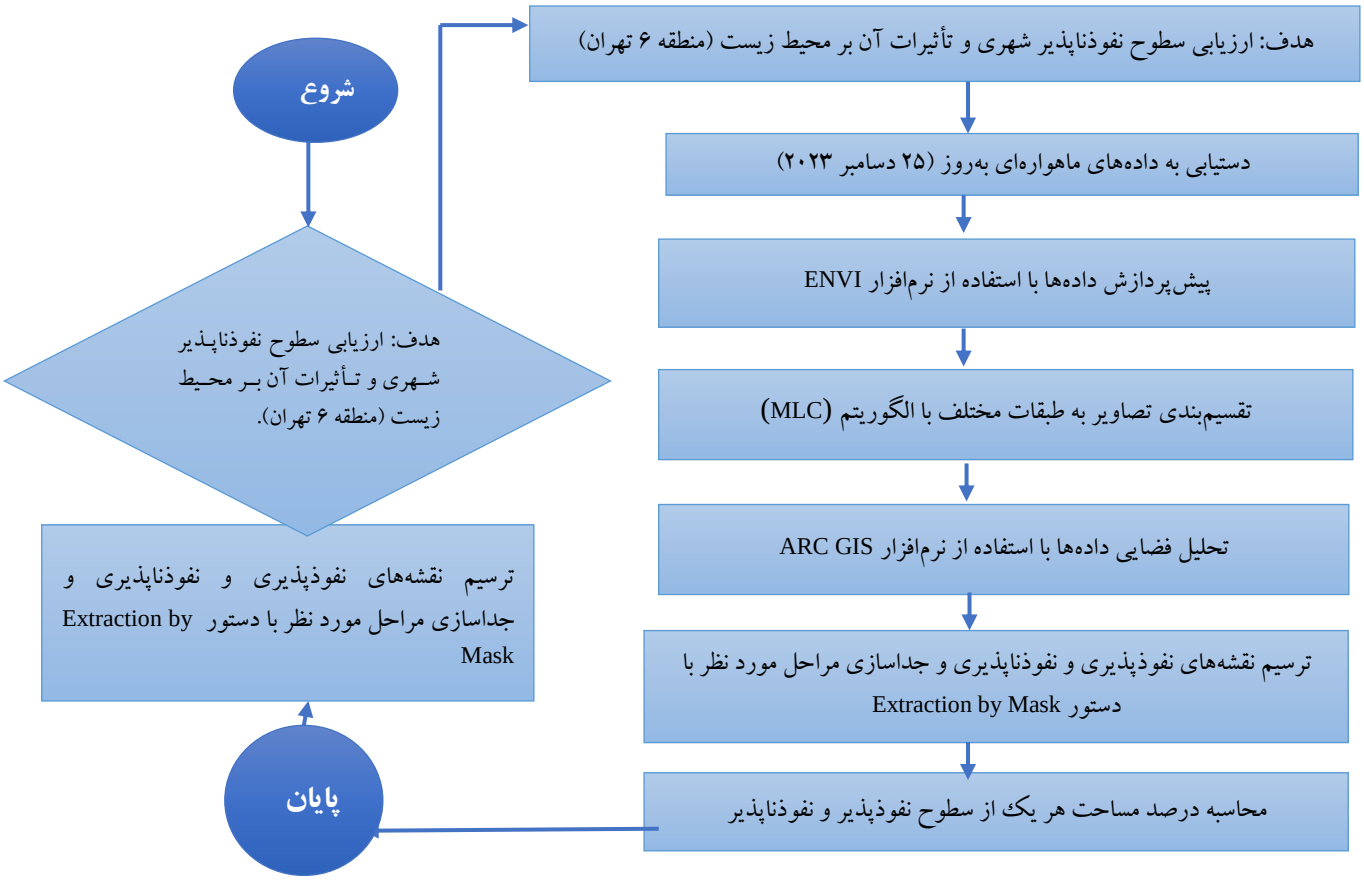
منطقه برابر با ۲۱۳۸,۴۵ هکتار است و حدود ۲,۳ درصد از کل مساحت شهر تهران را شامل می‌شود، که آن را به یکی از مناطق پرجمعیت و پرکاربرد شهری تبدیل کرده‌است (نیکبخت و همکاران، ۱۴۰۰). از نظر موقعیت اداری و تجاری، منطقه ۶ نقشی کلیدی در تهران دارد. بیش از ۳۰ درصد از ساختمان‌های دولتی و خصوصی تهران در این منطقه قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تمرکز بالای فعالیت‌های اقتصادی و اداری است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۹). وجود این تمرکز باعث شده است تا منطقه ۶ یکی از نقاط کلیدی شهر در ارائه خدمات دولتی و اقتصادی باشد. علاوه بر این، منطقه ۶ شامل ۶ ناحیه و ۱۸ محله است. به لحاظ تعداد محلات، این منطقه در رتبه سیزدهم بین مناطق تهران قرار دارد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۸). این محله‌ها از نظر ترکیب بافت مسکونی، تجاری و اداری تنوع زیادی دارند و هر کدام از آنها ویژگی‌ها و نیازهای خاص خود را دارند. از نظر دسترسی، منطقه ۶ به دلیل مجاورت با شبکه‌های اصلی حمل‌ونقل از جمله بزرگراه‌های همت، چمران و مدرس و همچنین نزدیکی به مراکز علمی و فرهنگی مانند دانشگاه تهران، به یکی از مهم‌ترین مراکز شهری تبدیل شده‌است. این نزدیکی‌ها باعث شده تا این منطقه نقشی اساسی در تأمین نیازهای روزانه شهروندان ایفا کند (حسینی و همکاران، ۱۴۰۰).

شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

این پژوهش، با هدف ارزیابی سطوح نفوذناپذیر شهری و تأثیرات آن بر محیط زیست به‌ویژه در منطقه ۶ تهران، انجام شده است. برای دستیابی به این هدف، ابتدا داده‌های ماهواره‌ای به‌روز از سال ۲۰۲۳ از وبسایت USGS Earth Explorer (در تاریخ ۲۵ دسامبر۲۰۲۳) دریافت شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار Envi ، داده‌ها پیش‌پردازش شدند. مراحل پردازش شامل تصحیحات هندسی و رادیومتریک تصاویر بود تا کیفیت داده‌ها برای تحلیل دقیق بهبود یابد. پس از پیش‌پردازش، تصاویر با الگوریتم Maximum Likelihood Classification (MLC) به طبقات مختلف کاربری زمین شامل مناطق بایر، فضای سبز، مناطق ساخته‌شده و منابع آبی طبقه‌بندی شدند. هر یک از این کلاس‌ها بر اساس نفوذپذیری به دو گروه نفوذپذیر (بایر، فضای سبز) و نفوذناپذیر (ساخته‌شده، آب) تقسیم شدند. در مرحله بعد، از نرم‌افزارArcGIS برای تحلیل فضایی داده‌ها استفاده شد. با استفاده از لایه‌های کاربری زمین و شیپ فایل منطقه ۶ تهران، نقشه‌های نفوذپذیری و نفوذناپذیری منطقه استخراج شدند. سپس با استفاده از دستورExtraction by Mask، مناطق مدنظر جدا و تحلیل شدند. برای ارائه نتایج دقیق‌تر، درصد مساحت

هر یک از سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر محاسبه شد. به منظور ارزیابی تأثیرات این سطوح بر رواناب‌های شهری و خطر وقوع سیلاب، از مقالات و مدل‌های پیشین به عنوان مرجع استفاده شد. نتایج این تحلیل‌ها با مطالعات مشابه در دیگر مناطق شهری مقایسه شد تا ارتباط بین نفوذناپذیری و وقوع سیلاب‌های شهری به‌طور علمی بررسی شود.



نتایج

طبق پژوهش انجام شده درصد بالایی از سطوح نفوذناپذیر در مناطق مرکزی شهر تهران مشهود است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که گسترش مناطق ساخته‌شده و کاهش قابل توجه فضای سبز و اراضی بایر در این مناطق، منجر به افزایش سطوح نفوذناپذیر شده‌است. مناطق نفوذناپذیر در کل شهر تهران معادل ۲۰/۸۹٪ از کل مساحت است. با این حال، در منطقه ۶ نسبت درصد سطوح نفوذپذیر به مساحت کل منطقه، تنها ۱۰/۱۹٪ است که نشان‌دهنده درصد کمتر مناطق نفوذپذیر نسبت به شهر تهران، در این منطقه است. این تفاوت را می‌توان به ساختار خاص منطقه ۶ که بخش زیادی از آن را فضاهای ساخته شده تشکیل می‌دهد، نسبت داد.

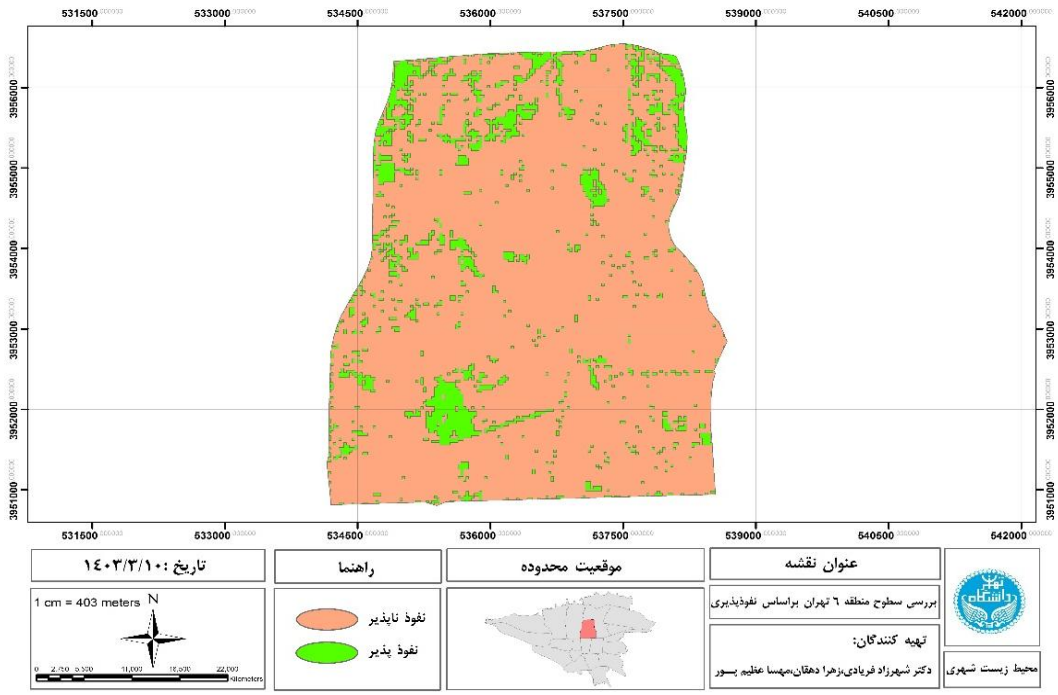
جدول ۱ برآورد مساحت و نسبت سطوح نفوذپذیر و ناپذیر شهر تهران و منطقه ۶.منبع نگارندگان

منطقه موردبررسی	مساحت کل(کیلومترمربع)	مساحت نفوذ ناپذیری	مساحت نفوذپذیر	درصد نفوذناپذیری	درصد نفوذپذیری
شهر تهران	۶۹۸۴۹۳	۵۵۲۹۲۳	۱۴۵۸۹۷	۲۰٪/۸۹	۷۹/۱۱ ٪
منطقه ۶	۲۱/۳۸	۱۹/۰۲	۲/۳۶	۱۰٪/۱۹	۸۹/۸۰ ٪

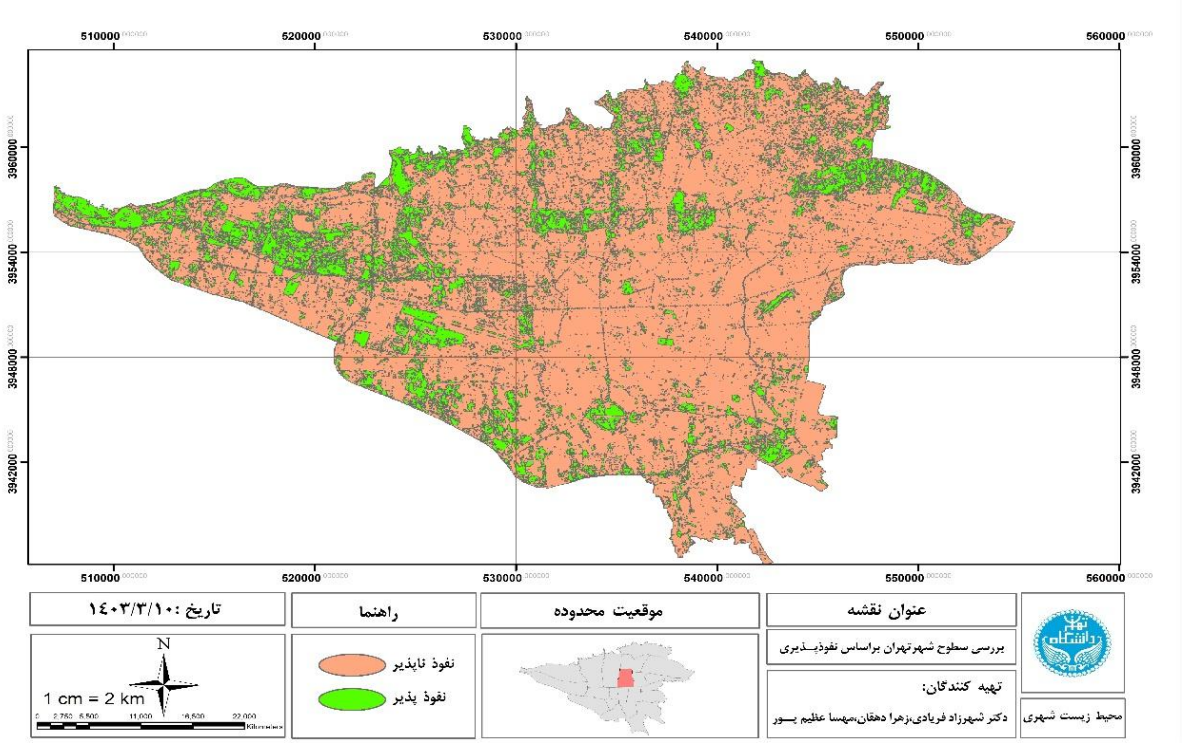
جدول فوق در برآوردی دقیق تر با محاسبه نسبت نفوذناپـذیری منطقـه ۶ و شـهر تهـران مـارا از شـرایط نامناسـب موجود آگاه می کند.

از جمله چالش‌های عمده‌ای که در سطح شهر تهران و منطقه ۶ مشاهده شد، افزایش رواناب‌هـای سـطحی و بـروز سیلاب‌های ناگهانی به دلیل وجود مناطق نفوذناپذیر است. این مناطق شامل سطوح ساخته‌شده مانند جاده‌ها، پارکینـگ‌هـا و سقف ساختمان‌ها می‌باشد که امکان نفـوذ آب بـه خـاک را کـاهش مـی‌دهـد و روانـاب سـطحی را افـزایش مـی‌دهـد. تحقیقات مشابه نیز نشان داده است که گسترش مناطق نفوذناپذیر در مناطق شهری، بـه‌ویـژه در منـاطقی بـا توسـعه سـریع، منجر به افزایش شدت و حجم سیلاب‌های شهری می‌شود.تحلیل‌ها نشان داد که منطقه ۶ تهران نسـبت بـه سـایر منـاطق، بـا کاهش قابل توجه فضای سبز و افزایش ساخت و ساز، مسـتعد افـزایش پدیـده جزایـر گرمـایی شـهری و کـاهش کیفیـت زیست‌محیطی است. جزایر گرمایی شهری به دلیل ذخیره گرمای بیشتر توسط سطوح نفوذناپذیر شکل می‌گیرنـد و باعـث افزایش دمای سطحی مناطق شهری می‌شوند. این پدیده می‌تواند بـه مشـکلات بهداشـتی و افـزایش مصـرف انـرژی بـرای خنک‌سازی ساختمان‌ها منجر شود.

در نهایت، بررسی نقشه‌هـای تولیـد شـده و تحلیـل نشـان مـی‌دهـد کـه افـزایش سـطوح نفوذناپـذیر نـه تنهـا خطـر سیلاب‌های ناگهانی را افزایش می‌دهد، بلکه مشکلات زیسـت‌محیطـی دیگـری نظیـر کـاهش جـذب آب بـاران، کـاهش نفوذپذیری خاک و افزایش دمای سطحی مناطق شهری را نیز به‌همراه دارد. با توجه به این تحلیل‌هـا، ضـروری اسـت کـه برنامه‌های جامع شهری برای افزایش سرانه فضای سبز و کاهش استفاده از مصالح نفوذناپذیر اجرا شـود تـا تـاثیرات منفـی توسعه شهری بر روی هیدرولوژی منطقه و خطرات مرتبط با سیلاب‌ها کاهش یابد.



شکل ۲ سطوح نفوذپذیر شهر تهران.منبع نگارندگان



شکل ۳ سطوح نفوذپذیر منطقه ۶ شهرداری تهران.منبع نگارندگان

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

سطوح نفوذپذیر و نفوذناپذیر شهر تهران به‌ویژه منطقه ۶، در این پژوهش با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تحلیل‌های مکانی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که افزایش شهرنشینی و توسعه مناطق ساخته‌شده در تهران، به ویژه در منطقه ۶، به‌طور قابل‌توجهی منجر به افزایش سطوح نفوذناپذیر و در نتیجه بروز مشکلاتی نظیر افزایش رواناب‌های سطحی و وقوع سیلاب‌های ناگهانی شده‌است. این تغییرات نه تنها باعث تغییر الگوهای هیدرولوژیکی شهر شده، بلکه منجر به بروز پدیده‌های دیگری نظیر جزایر گرمایی شهری نیز شده‌است. مطالعات نشان داده‌اند که سطوح نفوذناپذیر به دلیل جذب و ذخیره گرما، دمای سطحی مناطق شهری را افزایش می‌دهند که این امر به‌طور مستقیم بر کیفیت زیست‌محیطی و سلامت شهروندان تأثیر می‌گذارد (پارک و همکاران، ۲۰۲۰). از سوی دیگر، کاهش سطوح نفوذپذیر به دلیل کاهش فضاهای سبز و اراضی بایر، موجب افزایش حجم رواناب و کاهش نفوذپذیری خاک شده که این مسئله، خطر وقوع سیلاب‌های ناگهانی را افزایش می‌دهد (حیدری و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از مهم‌ترین نتایج این پژوهش، مشخص کردن نقش سرانه فضای سبز در مدیریت و کاهش اثرات منفی مناطق نفوذناپذیر است. افزایش سرانه فضای سبز می‌تواند به‌عنوان راهکاری موثر برای کاهش اثرات رواناب‌های سطحی و کنترل سیلاب‌ها در مناطق شهری مطرح شود (موسوی و همکاران، ۲۰۲۳). در همین راستا، توصیه می‌شود که شهرداری‌ها و نهادهای مسئول با اجرای پروژه‌های افزایش فضای سبز، از جمله کاشت درختان و ایجاد پارک‌های جدید، نقش موثری در بهبود وضعیت نفوذپذیری زمین ایفا کنند. همچنین، ضروری است که در برنامه‌ریزی‌های شهری، از مصالح ساختمانی نفوذپذیر به‌جای مصالح معمولی استفاده شود. تحقیقات نشان داده‌اند که استفاده از موادی مانند بتن‌های نفوذپذیر، به دلیل امکان جذب آب و کاهش رواناب‌های سطحی، می‌تواند نقش موثری در کاهش خطرات سیلاب‌های ناگهانی داشته باشد (کیم و همکاران، ۲۰۲۲). استفاده از چنین مصالحی نه

تنها به کاهش آب‌های سطحی و خطرات ناشی از آن کمک می‌کند، بلکه به حفظ تعادل هیدرولوژیکی و جلوگیری از تخریب محیط‌زیست نیز کمک می‌کند. در نهایت، پیشنهاد می‌شود که علاوه بر اقدامات سازه‌ای مانند استفاده از مصالح نفوذپذیر و افزایش فضاهای سبز، مدیریت پایدار آب‌های سطحی نیز به‌عنوان یکی از راهکارهای کلیدی در نظر گرفته شود. این مدیریت شامل ایجاد سیستم‌های زهکشی مناسب، جمع‌آوری و استفاده مجدد از رواناب‌های سطحی و توسعه سیستم‌های طبیعی نفوذ آب است (راد و همکاران، ۲۰۲۲). اجرای چنین راهکارهایی نه تنها به کنترل سیلاب‌ها کمک می‌کند، بلکه به بهبود کیفیت آب و حفظ منابع آبی نیز منجر می‌شود.

منابع

Haiderzadeh, M., Nohehgar, A., Malkiyan, A., & Khorani, A. (2017). Evaluation and sensitivity analysis of runoff quantity and drainage system in coastal urban basins: A case study of Bandar Abbas coastal city. *Water and Soil Conservation Research*, 24(3).

Ebrahimi Heravi, B., Riahi Bakhtiari, H., Anvaripour, R., & Safar Birandvand, P. (2015). Surface level entry estimation using pixel-based and sub-pixel methods in Karaj metropolis. *Geomatics National Conference*. Retrieved from https://sid.ir/paper/892172/fa

Zangeneh Asadi, M., Taghavi Moghadam, R., & Akbari, M. (2017). Review and evaluation of mangrove forest change trends using remote sensing techniques: Case study in Bandar Abbas. *Iranian Natural Ecosystems*, 4(7), 17-32.

Afshari Azad, M., & Pourki, H. (2012). Estimating surface runoff in Rasht city: A case study of Gholipoor Street to Yakh-Sazi roundabout. *Geographical Space 11:19

Safarrad, T., Yousefi, Y., & Rezaei Talaii, A. (2021). Analysis of changes in impervious surfaces and land surface temperature in Qaemshahr. *Applied Research in Geographical Sciences*, 21(62), 183-199. Retrieved from https://sid.ir/paper/963399/fa

Alizadeh, M. (2020). Evaluation of factors influencing flood occurrence in Yasuj city and providing management solutions. *10th National Conference on Civil Engineering, Architecture, and Urban Planning*. Retrieved from https://civilica.com/doc/1167282

Istomina, M. N., Kocharyan, A. G., & Lebedeva, I. P. (2005). Floods: Genesis, socioeconomic, and environmental impacts. *Water Resources*, 32, 349-853.

Zoppou, C. (2001). Review of urban stormwater models. *Environmental Modelling and Software*, 16, 195-132.

Jadhav, R., Vyas, K., Gollapudi, B., & Anil, T. (2022). Reviewing the implementation of 'Thirsty Concrete' in urban areas. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1000-1005.

Zhao, J., & Tsutsumida, N. (2020). Mapping fragmented impervious surface areas overlooked by global l

Smith, J. A., & Lee, Y. C. (2019). Urban flood management: Integrating green infrastructure solutions. *Journal of Hydrology*, 572, 835-846.

Brown, C., & Milne, G. (2020). Climate resilience and flood risk management in urban environments. *Sustainable Cities and Society*, 55, 101-118.

Li, X., & Li, Y. (2021). Remote sensing-based evaluation of urban heat islands and their link to land cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 258, 112-127.and-cover products in Liping County, Guizhou Province, China. *Remote Sensing*, 12(9), 1527.