



University of Tehran Press

Journal of Environmental Studies

Vol. 49, No. 4, Winter 2024

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir

Print ISSN: 1025-8620

Online ISSN 2345-6922

Identification and Evaluation of Effective Land Use on the Biological Pollution of Urban Runoff

Sadegh Pertani¹, Abbas Taherian², Ali Jafari³, Hadi Jarahi⁴, Amin Arzhanghi⁵

1. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran. E-mail: S_partani@ub.ac.ir
2. Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran. E-mail: abbastaherian094@gmail.com
3. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran. E-mail: Ali.jafari@gmail.com
4. Department of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, Iran. E-mail: jarahih@gmail.com
5. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Bojnord, Bojnord, Iran. E-mail: aminarzhanghi@ymail.com

Article Info

Research Article:
Research Paper

Article history:

Received 28 June 2023
Received in revised form
12 October 2023
Accepted 11 November 2023
Publish online 19 November
2023

Keywords:

Biological pollution, Runoff water quality, Tehran, Urban drainage, Urban land use.

ABSTRACT

This research was conducted with the aim of investigating the effect of urban land use on the amount of biological pollution of urban runoff, the possibility of its reuse, and finding the amount of pollution in the quality of urban runoff in District 6 of Tehran. To carry out this study, first, urban sub-basins with different dominant land uses (residential, green space and office-commercial) in a geographical area with the same temperature change conditions in the 6th district of Tehran were determined and the land use distribution in each sub-basin was analyzed. Then, the sampling points at the exit positions of the runoff caused by the rainfall in the defined sub-basins were identified and the instantaneous sampling of the urban basin exit runoff after the rainfall in the spring season and field and laboratory measurements of the parameters and variables Qualitative (chemical and biological) and quantitative (flow rate and flow depth) were done. The quality relationship of urban runoff was measured based on biological variables in May. Pearson statistical methods and one-way analysis of variance were used to identify the relationship between land use and the results of laboratory measurements. In linear regression methods, total coliform was used as an independent variable to investigate the relationship and interaction with other parameters. The results showed the effect of green, residential, and office land use in increasing the amount of total coliform as an indicator of microbial pollution in urban runoff, respectively. The highest level of coliform in green space land use was 14 MPM, which is due to the use of chemical fertilizers. Also, EC with a value of 889 us, and TDS with a value of 640 mg/l, in green space usage was higher than other land uses, which could be attributed to soil washing by runoff. Based on the analytical results, the effective variables on the number of microbial pollutants were identified, and the relations of estimation and prediction of its amount based on the effective variables were introduced in the form of total coliform estimation equations.

Cite this article: Pertani, S.; Taherian, A.; Jafari, A.; Jarahi, H.; Arzhanghi, A. (2024). Identification and Evaluation of Effective Land Use on the Biological Pollution of Urban Runoff. *Journal of Environmental Studies*, 49 (4), 437- 456.
DOI: <http://doi.org/10.22059/JES.2023.361348.1008423>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.



DOI: <http://doi.org/10.22059/JES.2023.361348.1008423>

Extended abstract**Introduction**

Water supply is a big challenge both in terms of quantity and quality. Many health problems in developing countries are mainly due to the unavailability of safe drinking water. All over the world, urban development increases artificial land cover and reduces the infiltration capacity of rainwater. However, runoff quality is an obstacle for sanitation facilities and surface runoff harvesting systems, mainly due to the presence of microorganisms in the runoff. Runoff caused by urban rains can cause significant water quality problems, including direct pollution of water-receiving areas and a reduction in the efficiency of wastewater treatment systems. Common pollutants found in urban rainfall-runoff include suspended solids, fecal coliforms, nutrients, chlorides, and heavy metals such as aluminum, lead, copper, and zinc. These pollutants cause significant physical, chemical, and biological stress to the incoming water, and as a result, pose risks to aquatic life and human health. *Escherichia coli* is a type of coliform, which is considered an indicator of fecal contamination. Also, it is used to evaluate the effects of agricultural, aquaculture, and urban management activities in surface waters. Fecal coliform bacteria in a body of water act as an indicator of pollution originating from the excreta of warm-blooded animals.

Materials and Methodology

The study area is defined according to the indicators related to the distribution of land use type and urban characteristics that may have a direct or indirect effect on urban water quality. Three study areas including lands with different urban uses were selected in Tehran. First, statistical analysis methods and Spearman's correlation coefficients were used to analyze the data, and the dependence between the variables was examined according to the measured values and the measured levels of use. Region 6 due to the high density of buildings, urban development, and land use has caused an increase in impervious or low permeability areas. This leads to the production of surface runoff during the rainy season. The resulting runoff moves due to the slope of the land and over time, the cumulative volume of water, as well as its washing power, increases to collect polluting parameters. Considering the variety of uses in this area, three separate watersheds with different uses have been studied, including office use, residential use, and green space.

Results and Discussion

The values and concentrations of the variables were determined for each type of use used in this research, then according to the results of the correlation coefficient, more than 80% of the variables have a positive and strong correlation with the dominant use of green space and road surfaces, which TDS and DO variables are the most and TSS has the lowest values, while more than 80% of the variables have a negative and weak correlation with the use of water catchment surfaces of the building and 55% with the use of water catchment surfaces to the area. SALT has the lowest value.

Conclusion

In this study, according to field operations, investigation and laboratory tests, and statistical analysis, the results have been calibrated and are reliable and generalizable to other areas of Tehran and similar metropolises. In the data analysis, by normalizing the data and removing the less effective data, and performing various correlation tests, it was tried to obtain significant relationships between the effective biological and physical variables and the land uses mentioned in this research. According to the results, in the water quality variables, the amount of dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solids, and also the amount of total coliform in the use of green space was higher than the other uses, while the amount of total suspended solids and nitrates in the use of office space was higher than Other uses are more. Green space is known as one of the factors affecting the microbial contamination index.



شناسایی و ارزیابی کاربری اراضی موثر بر آلودگی بیولوژیکی رواناب شهری

صادق پرتانی^۱✉، عباس طاهریان^۲، علی جعفری^۳، هادی جراحی^۴، امین ارژنگی^۵

۱. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران، رایانامه: S_partani@ub.ac.ir
۲. گروه مهندسی آب، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران، رایانامه: abbastaherian094@gmail.com
۳. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران، رایانامه: Ali.jafari@stu.ub.ac.ir
۴. گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران، رایانامه: jarahih@gmail.com
۵. گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه بجنورد، بجنورد، ایران، رایانامه: aminarzhanghi@ymail.com

چکیده

اطلاعات مقاله

این پژوهش با بررسی اثر کاربری اراضی شهری بر میزان آلودگی بیولوژیکی رواناب شهری، امکان استفاده مجدد از آن و یافتن میزان آلودگی در کیفیت رواناب شهری در منطقه ۶ شهر تهران انجام شد. جهت انجام این مطالعه، ابتدا زیرحوضه‌های شهری با کاربری‌های غالب مختلف (مسکونی، فضای سبز و اداری-تجاری) در یک محدوده جغرافیایی با شرایط تغییرات دمایی یکسان در منطقه ۶ تهران تعیین و توزیع کاربری اراضی هر زیرحوضه آنالیز شد. سپس نقاط نمونه برداری در موقعیت‌های خروجی رواناب ناشی از بارش در زیرحوضه‌های تعیین شده مشخص و نمونه‌گیری لحظه‌ای انجام شده از رواناب خروجی حوضه شهری بعد از وقوع بارندگی در فصل بهار و اندازه‌گیری‌های میدانی و آزمایشگاهی پارامترها و متغیرهای کیفی (شیمیایی و بیولوژیکی) و کمی (دبی و عمق جریان) انجام شد. رابطه کیفیت رواناب شهری بر اساس متغیرهای بیولوژیکی در بازه زمانی اردیبهشت ماه اندازه‌گیری شد. روش آماری پیرسون و آنالیز واریانس یکطرفه برای شناسایی میزان ارتباط بین کاربری اراضی و نتایج سنجش‌های آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت. در روش‌های رگرسیون خطی از کلیفرم کل به عنوان متغیر مستقل جهت بررسی ارتباط و تاثیر متقابل با دیگر پارامترها استفاده گردید. نتایج تاثیر کاربری اراضی فضای سبز، مسکونی و اداری را به ترتیب در افزایش مقدار کلیفرم کل به عنوان شاخص آلودگی میکروبی در رواناب شهری به ترتیب نشان داد. بیشترین میزان کلیفرم در کاربری فضای سبز، ۱۴ MPM بود. که دلیل استفاده از کودهای شیمیایی می‌باشد. همچنین، EC با مقدار ۸۸۹ us و TDS با مقدار ۶۴۰ mg/l در کاربری فضای سبز نسبت به کاربری‌های دیگر بیشتر بود که می‌توان به شستشوی خاک توسط رواناب باشد نسبت داد. نتایج تحلیلی، متغیرهای موثر بر میزان آلاینده‌های میکروبی شناسایی شده و روابط تخمین و پیش‌بینی میزان آن براساس متغیرهای موثر در قالب معادلات تخمین کلیفرم کل معرفی شدند.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۲۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۸/۲۸

کلیدواژه‌ها:

آلاینده‌های میکروبیولوژیکی، تهران، زهکشی شهری، کاربری اراضی شهری، کیفیت رواناب

استناد: پرتانی، صادق؛ طاهریان، عباس؛ جعفری، علی؛ جراحی، هادی؛ ارژنگی، امین. (۱۴۰۲). شناسایی و ارزیابی کاربری اراضی موثر بر آلودگی بیولوژیکی رواناب شهری.

نشریه محیط‌شناسی، ۴۹(۴)، ۴۳۷-۴۵۶.

DOI: <http://doi.org/10.22059/JES.2023.361348.1008423>

DOR: 20.1001.1.10258620.1402.49.4.3.9

© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.



DOI: <http://doi.org/10.22059/JES.2023.361348.1008423>

۱. مقدمه

تامین آب هم از نظر کمیت و هم از نظر کیفیت یک چالش بزرگ است. بسیاری از مشکلات بهداشتی در کشورهای در حال توسعه عمدتاً به دلیل در دسترس نبودن آب آشامیدنی سالم است (Bylund et al., 2017; Gray, 2017). کیفیت آب رودخانه‌ها تحت تأثیر عوامل متعددی که ناشی از منابع آلودگی نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای می‌باشد (Aalipour Ardi & Jabbarian Amiri, 2021; Rafiee & Azari, 2020). در واقع، رودخانه‌های ورودی به دریاها به دلیل عبور از مناطق مختلف شهری (Askari & PourJohari, 2017) و صنعتی حاوی حجم زیادی از آلودگی‌های مختلف هستند و منجر به تغییرات در کیفیت آب مصب و دریا می‌شوند (Yousefi Kebria et al., 2021). در سراسر جهان، توسعه شهری باعث افزایش پوشش مصنوعی زمین و کاهش ظرفیت نفوذ آب باران می‌شود (Daud et al., 2017; Solpuker et al., 2014; Varol, 2013)؛ با این حال، کیفیت رواناب، مانعی برای تأسیسات بهداشتی و سیستم‌های برداشت رواناب سطحی است که عمدتاً به دلیل وجود میکروارگانیسم‌ها در رواناب می‌باشد (Simmons et al., 2001). در برخی موارد متناسب با شرایط محیطی امکان استفاده از رواناب شهری در آبیاری فضای سبز شهری وجود دارد که ضرورت بررسی کیفی رواناب را در وضعیت کنونی بحران منابع آب کشور بیش از پیش از منظری دیگر نمایان می‌کند (Partani et al., 2020). آب‌های سطحی به دلیل توانایی آن در انتقال میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در مسیر جریان دو تماس با منابع آلاینده مختلف، می‌توانند تهدیدی بالقوه برای سلامت عمومی باشند (Denchak, 2018). رواناب ناشی از بارش‌های شهری می‌تواند باعث مشکلات قابل توجه کیفیت آب، از جمله آلودگی مستقیم مناطق دریافت‌کننده آب، اختلال در فرآیندهای تصفیه آب به دلیل نوسانات شدید در کیفیت آب خام و کاهش راندمان سیستم‌های تصفیه فاضلاب شود (Deletic & Maksimovic, 1998). آلاینده‌های معمولی که در رواناب بارش‌های شهری یافت می‌شوند عبارتند از: جامدات معلق، کلیفرم‌های مدفوعی، مواد مغذی، کلریدها و فلزات سنگین مانند آلومینیوم، سرب، مس و روی (Tsihrintzis & Hamid, 1997). این آلاینده‌ها تنش‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی قابل توجهی را برای آب ورودی ایجاد می‌کنند و در نتیجه خطراتی را برای آبریان و سلامت انسان به همراه دارند. نشت پساب‌های شهری نیز می‌تواند از منابع آلودگی رواناب سطحی باشد (Partani et al., 2019). در حالی که رواناب بارش‌های شهری، به عنوان یک منبع آلودگی غیر نقطه‌ای شهری، عامل اصلی کاهش کیفیت آب به دلیل مواد مغذی، ترکیبات آلی، رسوبات و فلزات سنگین شناخته شده است (Wang et al., 2013). در واقع رواناب حاوی سطوح بالایی از نیترژن و فسفر است که بیشتر به مشکلات کیفیت آب دامن می‌زند (Fred Lee & Jones-Lee, 2005). یکی از بهترین روش‌های حذف و کنترل آلودگی آب از رواناب بارش‌های شهری، شیوه‌های مدیریتی (BMPs) می‌باشد (Alihosseini et al., 2019) که مورد توجه بسیاری از محققان و ذی‌نفعان قرار گرفته است (Johanson et al., 1980). در حالی که افزایش جریان در پژوهش‌های دیگر به عنوان عامل ترقیق و کاهش آلودگی معرفی شده است (Whitehead et al., 2018). غلظت باکتری‌های شاخص مدفوعی (FIB^۲) در رواناب شهری بالاترین میزان را دیده شده و به تأثیر شهرنشینی نسبت داده شده و به طور قابل توجهی با دما، کل مواد جامد معلق (TSS^۳) و کدورت (M. A. Paule-Mercado et al., 2016) و کاربری اراضی (Bressane et al., 2022; Nkwanda et al., 2021; M. C. Paule-Mercado et al., 2022; Shafi et al., 2013) ارتباط مستقیم دارد. تغییرات کاربری اراضی شهری نه تنها در مقیاس مکانی و فضایی (Partani et al., 2023) که در مقیاس زمانی نیز می‌تواند بر میزان رواناب شهری متناسب با بار کمی و حجم رواناب (Sayahi et al., 2021) موثر باشد. کلیفرم‌ها به طور گسترده‌ای به عنوان شاخص‌های آلودگی میکروبی آب مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Limsakul et al., 2021) و در طول تاریخ باعث نگرانی‌های بهداشت عمومی شده است. اشرشیاکلی^۴، نوعی کلیفرم است، که به عنوان شاخص آلودگی مدفوع در نظر گرفته می‌شود (Okeke et al., 2011; Some et al., 2021). همچنین، برای ارزیابی اثرات فعالیت‌های کشاورزی، آبی‌پروری و مدیریت شهری در حریم آب‌های سطحی استفاده می‌شود (Petersen & Hubbard, 2020). ورودی زباله‌های

1. Best Management Practices
2. Fecal indicator bacteria
3. Total suspended solids
4. E. coli

پساب از CSO^۱ به جریان‌های رواناب شهری در طول بارندگی اغلب منجر به افزایش کلیفرم مدفوعی، به‌ویژه اشیریشیا کلی در این آبراه‌ها می‌شود (Orr et al., 2023).

باکتری‌های کلیفرم مدفوعی در یک بدنه آب به عنوان شاخصی از آلودگی با منشأ فضولات حیوانات خونگرم عمل می‌کند. علاوه بر این، وجود استرپتوکوک مدفوعی^۲، کلوستریدیوم پرفرنجنس^۳ نیز نشان‌دهنده آلودگی آب به مواد مدفوعی است (Onyango et al., 2008). در چین FC، به عنوان یک عامل اصلی آلودگی در رودخانه تایزی در شمال شرقی چین در نظر گرفته شد (J. Wang et al., 2020). که فاضلاب خانگی و فاضلاب دام به عنوان منابع اولیه آلودگی کلیفرم‌ها شناخته شده‌اند (Xu et al., 2022). به نظر می‌رسد یکی از عوامل تاثیرگذار بروی افزایش کلیفرم کل، بارندگی می‌باشد (Dwight et al., 2002; Hong et al., 2010; Seo et al., 2019) و جلبک‌ها و پوشش گیاهی آبی است که زیستگاه‌های آبی طبیعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Cho et al., 2022). در پژوهش دیگر، طرح شده است که منابع آلودگی آب، شرایط هیدرولوژیکی، رواناب آب، فرسایش سواحل رودخانه، فعالیت‌های خانگی و شهری و تخلیه‌های صنعتی و کشاورزی بوده است (Thanh Giao et al., 2021) در حالی که برخی پژوهشگران، فاضلاب را منبع اصلی آلودگی میکروبی آب می‌دانند (Some et al., 2021). بنابراین، منابع احتمالی افزایش کلیفرم‌ها می‌تواند شامل تخلیه فاضلاب از تصفیه‌خانه‌ها و سپتیک تانک‌های شهری، رواناب از مراتع و اراضی مرتعی باشد. می‌توان نتیجه گرفت که آلودگی غیرنقطه‌ای که توسط رواناب سطحی انجام می‌شود، تأثیر قابل توجهی بر سطوح باکتریایی منابع آب دارد (Hill et al., 2006). همچنین آلودگی انسانی ناشی از زباله‌های جامد و فاضلاب خانگی را بر روی کیفیت رواناب سطحی اثر منفی می‌گذارد و باید کاهش یابد (Nnaji et al., 2023).

این پژوهش با هدف ارزیابی و شناسایی منابع و تاثیر کاربری اراضی شهری بر آلاینده‌های بیولوژیکی در کلانشهرها انجام شده است. با توجه به وجود کاربری اراضی تفکیکی غالب مسکونی، اداری و فضای سبز در منطقه شش تهران، این منطقه به عنوان پایلوت در نظر گرفته شد. منطقه شش تهران به سه زیرحوضه مستقل براساس شبکه جمع‌آوری آب‌های سطحی و سطح کاربری اراضی غالب (مسکونی، اداری - تجاری و فضای سبز) تفکیک شد. عملیات میدانی برای تفکیک منابع آلودگی ناشی از رواناب بارش و اطمینان حاصل کردن از هم‌مکانی^۴ منبع آلودگی بودن منبع در شرایط بارش انجام شد. نمونه‌برداری و سنجش متغیرهای کیفی رواناب از خروجی زیرحوضه‌های تفکیک شده بر اساس کاربری اراضی غالب صورت گرفت. برخی متغیرها در محل و برخی با انتقال به آزمایشگاه معتمد محیط‌زیست، مورد سنجش و تحلیل قرار گرفتند. تاثیر و سهم کاربری اراضی در میزان متغیرهای کیفی بیولوژیکی با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیر انجام شد.

۲. روش شناسی

منطقه مورد مطالعه، با توجه به شاخص‌های مربوط به توزیع نوع کاربری اراضی و ویژگی‌های شهری که ممکن است بر کیفیت آب شهری تأثیر مستقیم و یا غیرمستقیم داشته باشند، تعریف شده است. نوع کاربری (مسکونی، اداری، فضای سبز)، درصد فضاهای اشغال شده توسط پشت‌بام‌ها، شیب عمومی، فضاهای اشغال شده توسط معابر و ... در توسعه شاخص‌های جدید مورد توجه قرار گرفته‌اند. سه منطقه مطالعاتی شامل زمین‌هایی با کاربری‌های مختلف شهری در شهر تهران انتخاب شدند. نقشه‌ها و سازه‌های زهکش شهری مورد مطالعه قرار گرفتند و نقاط نمونه‌گیری تعیین شدند. پس از شروع بارش، نمونه‌برداری از آب در نقاط مشخص شده صورت پذیرفت. پس از آن نمونه‌ها، برای پارامترهای فیزیکی کیفیت آب توسط دستگاه سنجش کیفیت آب Combo Water Tester در محل اندازه‌گیری شده و همین‌طور برای متغیرهای شیمیایی کیفیت آب، نمونه‌ها به آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط‌زیست انتقال داده شدند.

1. Combined Sewer Outflow
2. Streptococcus
3. Clostridium perfringens
4. Autochthonous

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

مساحت شهر تهران بالغ بر ۷۳۰ کیلومترمربع است و با توجه به گزارش گرفته شده از مرکز آمار ایران، جمعیت نقاط شهری تهران در سال ۹۵، معادل ۱۲,۴۵۲,۲۳۰ نفر برآورد شده است. بارش سالانه در محدوده تهران عمدتاً متأثر از تغییرات ارتفاعی محدوده‌ی شهر بوده و بین حد بیشتر ۴۲۲ میلی‌متر در شمال تهران تا ۱۴۵ میلی‌متر در جنوب شرق تهران متغیر است. در محدوده‌ی کلان‌شهر تهران، دمای سالانه بین ۱۵ تا ۱۸ درجه متغیر بوده و با توجه به ناهموار بودن محدوده‌ی شهر، میانگین سالانه در مناطق مختلف آن حدود ۳ درجه سانتی‌گراد اختلاف دما دارند. مطابق شکل ۱، زیر حوضه شهری مرکزی تهران، به دلیل داشتن تراکم بالای ساختمان‌ها، توسعه شهری و نوع کاربری اراضی باعث ایجاد افزایش نواحی نفوذناپذیر یا کم نفوذ شده است. که در زمان‌های بارندگی منجر به تولید رواناب سطحی می‌شود. رواناب حاصل در اثر شیب زمین حرکت کرده و با گذشت زمان بر حجم تجمعی آب، همچنین قدرت شستشو آن جهت جمع‌آوری پارامترهای آلاینده افزوده می‌گردد. با توجه به تنوع کاربری در این منطقه سه حوضه مجزا با کاربری‌های مختلف که شامل کاربری اداری، مسکونی و فضای سبز است مورد مطالعه قرار گرفته است. منطقه ۶ شهرداری تهران، یکی از مناطقی است که در مرکز این شهر با مختصات جغرافیایی ۳۵,۷۲۱۱۱۸۶,۵۱,۳۹۹۴۶۷۲ واقع است. این منطقه شامل ۶ ناحیه و ۱۸ محله است. بر اساس آخرین اسناد فرادست (طرح جامع مصوب تهران: ۱۳۸۶) منطقه شش با محصور شدن در میان مناطق ۳ در شمال، ۱۱ و ۱۲ در جنوب، ۲ در غرب و ۷ و ۳ در شرق به همراه مناطق ۱۱ و ۱۲ مناطق سه‌گانه بخش مرکزی شهر را تشکیل می‌دهد. این منطقه به دلیل قرار داشتن در بافت اداری، تجاری، مسکونی، مراکز دانشگاهی و آموزشی دارای تراکم ناخالص جمعیتی معادل ۱۰۸/۵ نفر بر هکتار است. منطقه ۶ تهران به نوعی قلب عملکردی و یکی از تأثیرگذارترین مناطق تهران به لحاظ پویایی فعالیت، جذب جمعیت و تحولات شهری است. در واقع به دلیل مجاورت با بافت قدیمی شهر (بازار و میدان توپخانه و ...) از ابتدا از موقعیت فضایی مهمی برخوردار بوده است. چون ترکیبی از کاربری‌های مختلف اراضی را دارد می‌تواند نمونه معرفی از پروتوتایپ یک کلان شهر باشد. ویژگی منحصر به فرد زیر حوضه شهری مرکزی تهران قرارگیری عملکردهای ملی و فراملی تهران در آن است که این منطقه را به عنوان CBD شهر تهران شناسانده است. این منطقه با دارا بودن ده وزارتخانه و ادارات و مؤسسات مربوطه، ۵۰ درصد دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزش عالی، ۳۰ درصد بیمارستان‌های شهر، ۳۰ درصد سفارتخانه‌ها و ... نقش مهمی در تصمیم‌سازی کلان شهری و ملی ایفا می‌کند. خوابگاه‌های دانشجویی در منطقه ۶ تهران، بافت جمعیتی و اجتماعی این منطقه را کاملاً تحت تأثیر قرار داده است. از مهم‌ترین محله‌های واقع در این منطقه می‌توان به محله‌های نصرت، کشاورز، امیرآباد، یوسف آباد، بهجت آباد، کریم‌خان، ساعی و آرژانتین اشاره کرد. بافت این منطقه بیشتر از بخش‌های اداری و تجاری تشکیل شده و به همین جهت این منطقه از دیرباز به عنوان یکی از مناطق درآمدزای تهران به حساب می‌آید. از مهم‌ترین اماکن و پارک‌ها این منطقه می‌توان به پارک لاله، پارک ساعی، پارک نظامی گنجوی، کلیسای مریم مقدس، موزه هنرهای معاصر و همچنین دانشگاه صنعتی امیرکبیر دانشگاه تهران و ... اشاره کرد.

این منطقه با مساحتی معادل ۲۱/۲ کیلومترمربع، حدود ۳/۲ درصد از سطح شهر را در بر می‌گیرد که از این نظر در رتبه سیزدهم مناطق شهر تهران قرار دارد. مساحت منطقه به ۶ ناحیه و ۱۸ محله تقسیم شده و بیش از ۳۰ درصد ساختمان‌های دولتی و خصوصی را در خود جای داده و به لحاظ موقعیت جغرافیایی در حوزه مرکزی شهر تهران واقع است. این منطقه از شمال به منطقه ۳، از شرق به منطقه ۷، از جنوب به مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ و از غرب به منطقه ۲ منتهی می‌گردد. بزرگراه همت در شمال، بزرگراه چمران در غرب، بزرگراه مدرس در شرق و خیابان انقلاب در جنوب این منطقه قرار دارند.

• خصوصیات بافت شهری:

تا حدود سال ۱۳۲۰، این منطقه به غیر از باغ‌های امیرآباد، زمین‌های زراعی جلالیه، باغ میرزا یوسف آشتیانی و اماکنی مانند پادگان جمشیدیه و قزل‌قلعه، فاقد سکونت‌گاه‌های دائمی بود و هیچ گونه بافت شهری در آن مشاهده نمی‌شد. امروزه بافت شهری این منطقه متأثر از دوره تکوین آن، بافتی شطرنجی و منظم محسوب می‌شود.

• ویژگی‌های مسکونی:

ساختمان‌های مسکونی در این منطقه عموماً حیاط دار و با جهت شمال به جنوب‌اند. منطقه ۶ از نظر رده‌بندی تراکم بنای مسکونی در رتبه

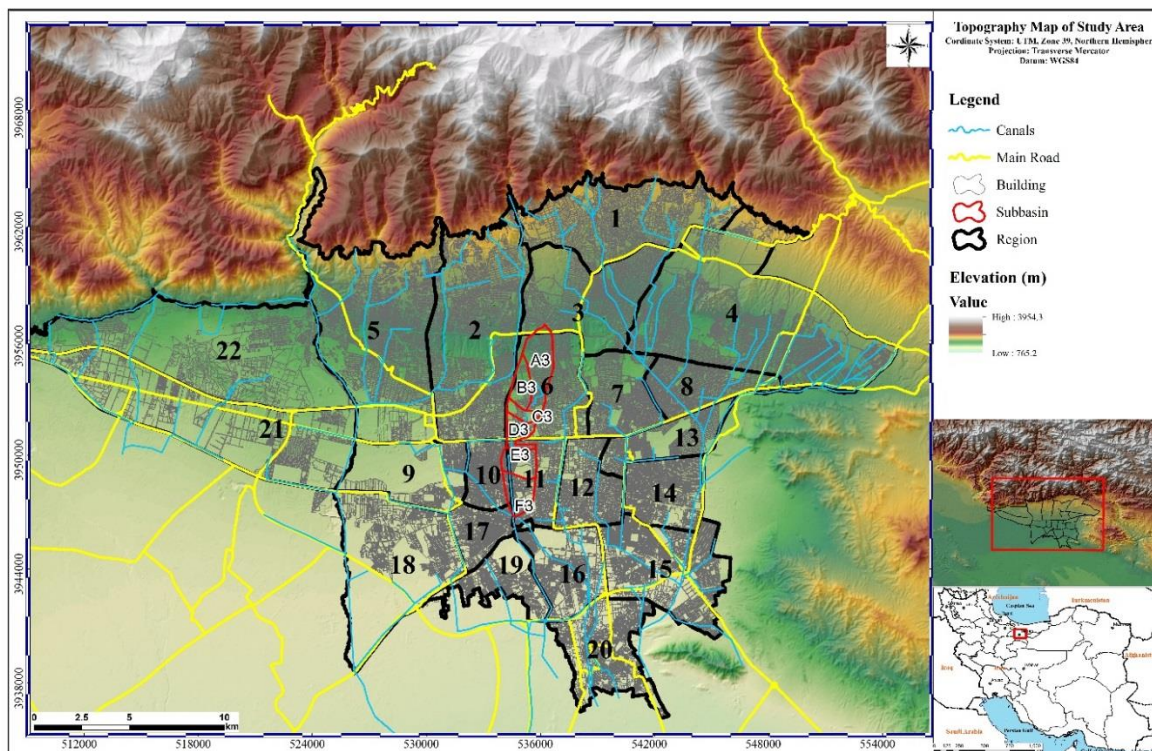
اول شهر تهران قرار دارد. حدود ۳۵ درصد این منطقه مسکونی، بیش از ۳۰ درصد اداری، تجاری، آموزشی و حدود ۳۰ درصد به شبکه‌های حمل و نقل اختصاص دارد.

• ویژگی‌های زیست‌محیطی:

تهران در زمان‌های دور به شهر درختان چنار شهرت داشت، به خصوص این که در مسیر خیابان ولی‌عصر و بلوار کشاورز به دلیل وجود درختان بلند و سرسبز، دالانی ایجاد شده بود که ظاهری زیبا و دلنشین به شهر می‌بخشید. هم‌اکنون نیز این درختان کهن سال از زیبایی‌های این خیابان‌ها به شمار می‌آیند. در منطقه ۶ به سبب وجود شیب‌های متعدد از شمال به جنوب و شرق به غرب دفع آب‌های سطحی به سادگی امکان‌پذیر است. وجود تصفیه‌خانه‌های آب در برخی نواحی این منطقه و مکانیزه بودن سیستم جمع‌آوری زباله، از ویژگی‌های این منطقه به شمار می‌آید.

• تراکم:

منطقه ۶ به عنوان یکی از پرتراکم‌ترین مناطق شهری تهران، با محدودیت‌های بی‌شماری در زمینه توسعه شهری رو به روست چرا که با بیش از ۹۸ درصد فضای ساخته شده، عملاً جایی برای گسترش ندارد و به همین دلیل توسعه عمودی (ارتفاعی) در آن بسیار مورد توجه قرار گرفته است، در حال حاضر بیش‌ترین تعداد ساختمان‌های ۶ تا ۱۰ طبقه در این منطقه قرار دارند. عوامل فوق، باعث ایجاد حساسیت خاص مدیریت شهری نسبت به مقوله تراکم در منطقه ۶ شده است. تراکم مسکونی این منطقه ۷۵ درصد بوده که بالاتر از میانگین تراکم شهر تهران است.



شکل ۱. گستره مورد مطالعه در نقشه تهران بزرگ، شیب عمومی زمین در این منطقه از شمال به جنوب بوده و روند آبراهه‌ها نیز از شیب پیروی می‌کنند. داده ارتفاعی با دقت ۱۲/۵ متر از ماهواره Aleos Palsar اخذ شده است. کادر قرمز حوزه آبریز مطالعاتی را در میان منطقه بندی شهرداری نمایش می‌دهد. اطلاعات آبراهه‌ها از مطالعات جراحی گرفته شده است (Habibi Rama et al., 2023; Jarahi, 2021).

۲-۲. کاربری مناطق

کاربری اراضی از مهم‌ترین ویژگی‌های حوزه آبریز است که تأثیر زیادی بر کیفیت آب دارد. در تحقیق حاضر ارتباط کاربری‌های مختلف با کیفیت آب در سطح منطقه شش کلانشهر تهران بررسی شده است.

جدول ۱. نوع کاربری منطقه و نسبت تحت پوشش آن

ردیف	نوع کاربری اراضی	سطح اشغال (کیلومتر مربع)	درصد نسبی اشغال کاربری	نسبت به کل برای منطقه ۶
۱	مسکونی ^۱	۱۷۷	۸/۲۸	۳۵
۲	تجاری- اداری ^۲	۲۶	۲/۴	۳۰
۳	صنعتی- کارگاهی ^۳	۲۷	۴/۴	
۴	خدمات ^۴	۵۰	۱/۸	
۵	نظامی ^۵	۴۴	۲/۷	
۶	بایر و ساخته نشده ^۶	۴۱	۶/۷	
۷	حمل و نقل و انبارداری ^۷	۳۰	۴/۹	۲۹
۸	شبکه معابر و دسترسی ^۸	۱۱۴	۶/۱۸	۶
۹	فضای سبز ^۹	۷۰	۱۱/۴	
۱۰	کشاورزی ^{۱۰} (زراعی و باغی)	۲۵	۵/۷	
	مجموع	۶۱۴	۱۰۰	۱۰۰

در جدول ۱، نوع کاربری منطقه و نسبت تحت پوشش آن برای کل شهر تهران و برای منطقه ۶ به دست آمده است. بیشترین سطح اشغال مربوط به کاربری اراضی مسکونی است که با ۱۷۷ کیلومتر مربع و نسبت ۲۸/۸ درصد در سطح استان است، این نسبت برای منطقه ۶ معادل ۳۵ درصد است. دیگر کاربری‌هایی که برای استان تهران تقسیم‌بندی شده‌اند برابر است با: کاربری تجاری- اداری، کاربری صنعتی- کارگاهی، کاربری خدمات، کاربری نظامی، بایر و ساخته نشده، حمل و نقل و انبارداری، شبکه معابر و دسترسی، کاربری فضای سبز، کاربری کشاورزی (زراعی و باغی)، اما به دلیل کم بودن نسبت بسیاری از این تقسیم‌بندی‌ها در منطقه شش تهران، تنها چهار دسته‌بندی کلی در نظر گرفته شده است. این کاربری‌های عبارتند از: کاربری مسکونی، کاربری اداری، کاربری فضای سبز و معابر، بدین صورت که کاربری‌های تجاری- اداری، کاربری صنعتی- کارگاهی، خدمات، نظامی و بایر و ساخته نشده جزئی از کاربری اداری در نظر گرفته شده‌اند، حمل و نقل و انبارداری، شبکه معابر و دسترسی جزئی از معابر در نظر گرفته شده و در نهایت کاربری فضای سبز، کاربری کشاورزی (زراعی و باغی) به کاربری فضای سبز تبدیل شده‌اند. در این حالت اگر برای تهران نیز این دسته‌بندی را در نظر بگیریم بیشترین نسبت کاربری مربوط به کاربری اداری با مقدار ۳۰/۶ درصد خواهد شد؛ که خدمات با ۸/۱ درصد و نظامی با ۷/۲ درصد بیشترین مقدار را در این گروه دارا هستند. هر چند عمده درصد در منطقه ۶ برای کاربری تجاری- اداری بوده است. کاربری تجاری در منطقه ۶ با نسبت ۳۰ درصد از کل در مکان دوم از لحاظ وسعت قرار دارد و در رتبه‌های بعدی معابر و فضای سبز و به ترتیب با مقادیر ۲۹ و ۶ درصد از نسبت کل هستند. این مقدار برای کل سطح تهران به ترتیب برابر با ۲۳/۵ و ۱۷/۱ درصد قرار دارند.

طبیعتاً در ناحیه‌های مشخص شده برای هر کاربری اراضی، تنها منحصر به همان کاربری نبوده است. در جداول ۱، ۲ و ۳ مساحت و نسبت میزان هر کاربری در ناحیه معرف هر شاخص نشان داده شده است. ناحیه‌ای که معرف ناحیه کاربری مسکونی است فضایی شامل ۵۹۳۵۱ مترمربع را شامل می‌شود از این مقدار مساحتی معادل ۴۴۶۳۶ مترمربع را در حقیقت فضای مسکونی تشکیل می‌دهد که معادل ۷۵

1. Residential
2. Commercial- Administrative
3. Industrial- Manufactory
4. Urban Services
5. Military
6. No Built
7. Transportation and warehousing
8. Pass way and access network
9. Green space
10. Agriculture

درصد از منطقه است. ۹ درصد از این منطقه را فضای سبز و ۱ درصد باقیمانده را فضای اداری تشکیل می‌دهد. در ناحیه معرف کاربری فضای سبز، ۴۸ درصد از کل فضا معادل ۲۸۵۶۴۷ مترمربع از ۵۸۹۱۶۶ مترمربع این ناحیه متعلق به کاربری فضای سبز است، مابقی فضای این ناحیه را کاربری اداری و مسکونی تشکیل می‌دهد. در نهایت ناحیه کاربری اداری که دارای مساحتی معادل ۳۵۳۳۶۷ مترمربع است نسبتی در حدود ۷۱ درصد متعلق به کاربری اداری است و ۱۵ درصد را فضای مسکونی تشکیل می‌دهد.

جدول ۲. مساحت هر نوع کاربری در هر شاخص کاربری منطقه شش

ردیف	شاخص	واحد	کاربری مسکونی	کاربری اداری	کاربری فضای سبز
۱	مساحت فضای مسکونی	مترمربع	۴۴/۶۳۶	۵۲/۴۰۵	۹۱/۳۲۲
۲	مساحت فضای اداری	مترمربع	۷۴۳	۲۴۹/۵۷۰	۱۳۸/۰۶۳
۳	مساحت فضای سبز	مترمربع	۵/۴۳۵	۰	۲۸۵/۶۴۷
۴	مساحت کل کاربری	مترمربع	۵۹/۳۵۱	۳۵۳/۳۶۷	۵۸۹/۱۶۶

جدول ۳. نسبت هر نوع کاربری در هر شاخص کاربری

ردیف	شاخص	واحد	کاربری مسکونی	کاربری اداری	کاربری فضای سبز
۱	مساحت فضای مسکونی / کاربری	%	۷۵%	۱۵%	۱۶%
۲	مساحت فضای اداری / کاربری	%	۱%	۷۱%	۲۳%
۳	مساحت فضای سبز / کاربری	%	۹%	۰%	۴۸%
۴	درصد از کل	%	۸۶%	۸۵%	۸۷%

۲-۳. شاخص‌های شهرسازی

شاخص‌های شهری که در این تحقیق مورد بررسی قرار می‌گیرند، عبارتند از: نوع کاربری (مسکونی، اداری، فضای سبز)، درصد فضاهای اشغال شده توسط پشت‌بام‌ها، شیب عمومی، فضاهای اشغال شده توسط معابر اشاره کرد. این شاخص‌ها به طور کامل در جدول ۴ نشان داده شده‌اند. در واقع با توجه به شاخص‌های نام برده، فضاهای اشغال شده توسط پشت‌بام‌ها، معابر و شیب عمومی برای هر نوع کاربری محاسبه شده است که به ترتیب گفته شده، در این میان کاربری فضای سبز با ۱۴۵/۲۳۵ مترمربع، ۷۴/۱۳۳ متر مربع و شیب ۳ درصد مطابق با جدول ۵، نسبت به دو کاربری دیگر بیشتر می‌باشد.

جدول ۴. شاخص‌های کاربری شهری مورد استفاده

ردیف	شاخص کاربری شهری
۱	کاربری مسکونی
۲	کاربری اداری
۳	کاربری فضای سبز
۴	فضاهای اشغال شده توسط پشت‌بام‌ها
۵	شیب عمومی
۶	فضاهای اشغال شده توسط معابر

۲-۴. متغیرهای کیفی

در این پژوهش برای تعیین منشأ آلودگی رواناب سطحی و ردیابی تغییرات سریع از پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی کیفیت آب استفاده می‌شود (Jeyashanthi et al., 2022; Regier et al., 2020). 1 COD و 2 BOD (Sarkheil et al., 2021)، کل جامدات معلق (TSS)،

1. Chemical Oxygen Demand
2. Biological Oxygen Demand

کل جامدات حل شده (TDS)، اکسیژن‌خواهی بیولوژیکی (BOD5) و شیمیایی (COD) و نیترات (Li et al., 2022; Vazirzadeh et al., 2022) جهت اندازه‌گیری انتخاب شده و پارامترهای کیفیت آب مانند pH، دما، اکسیژن محلول (DO)، هدایت هیدرولیکی (EC) و نمک (SALT) در محل اندازه‌گیری شدند.

جدول ۵. میزان شاخص‌های شهرسازی بر اساس نوع کاربری

ردیف	شاخص	واحد	کاربری مسکونی	کاربری اداری	کاربری فضای سبز
۱	مساحت پشت‌بام‌ها	مترمربع	۲۲/۲۳۵	۱۹۳/۲۵۰	۱۴۵/۲۳۵
۲	مساحت معابر	مترمربع	۸/۵۳۷	۵۱/۳۹۳	۷۴/۱۳۳
۳	مساحت کل کاربری	مترمربع	۵۹/۳۵۱	۳۵۳/۳۶۷	۵۸۹/۱۶۶
۴	مساحت پشت‌بام / کاربری	درصد	٪۳۷/۵	٪۵۴/۷	٪۲۴/۷
۵	شیب عمومی	درصد	٪۱/۶	٪۲/۸	٪۳/۰
۶	مساحت معابر / کاربری	درصد	٪۱۴/۴	٪۱۴/۵	٪۱۲/۶

۲-۵. نمونه‌برداری

در این قسمت ابتدا فیزیوگرافی و ویژگی‌های محل نمونه‌برداری برای هر کاربری اراضی با استفاده از نقشه‌های جمع‌آوری آب‌های سطحی محدوده که شامل زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی، شیب کانال‌ها، کاربری اراضی و ... به دست آمده است. زیرحوضه‌های هیدرولوژیکی نمونه‌برداری در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. شکل ۴ دستگاه سنجش کیفیت آب Combo Water Tester برای اندازه‌گیری متغیرهای فیزیکی در محل را نشان می‌دهد و برای متغیرهای شیمیایی مطابق شکل ۵، نمونه‌ها به آزمایشگاه معتمد ارسال شد و بعد از آن با استفاده از دستگاه فتومتری مورد سنجش قرار گرفت.

۲-۶. تحلیل همبستگی

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها ابتدا از روش‌های تحلیلی آماری و ضرایب همبستگی اسپیرمن^۱ استفاده گردید و وابستگی بین متغیرها با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده و سطوح اندازه‌گیری شده کاربری مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نرم‌افزار سنجش از دور گوگل‌ارت^۲ مساحت سطوح مربوط به هر بخش از کاربری را به صورت مجزا برای هر کاربری محاسبه و اندازه‌گیری می‌گردد. جهت ارزیابی و تحلیل داده‌های اخذ شده از آزمایشگاه، داده‌های کیفی موردنظر را با توجه به نوع کاربری اراضی مورد استفاده، به سه ناحیه فضای سبز، مسکونی و اداری تقسیم‌بندی کرده و داده‌های اندازه‌گیری شده هر بخش را به همان ناحیه اختصاص داده می‌شود.

۲-۷. آنالیز رگرسیون

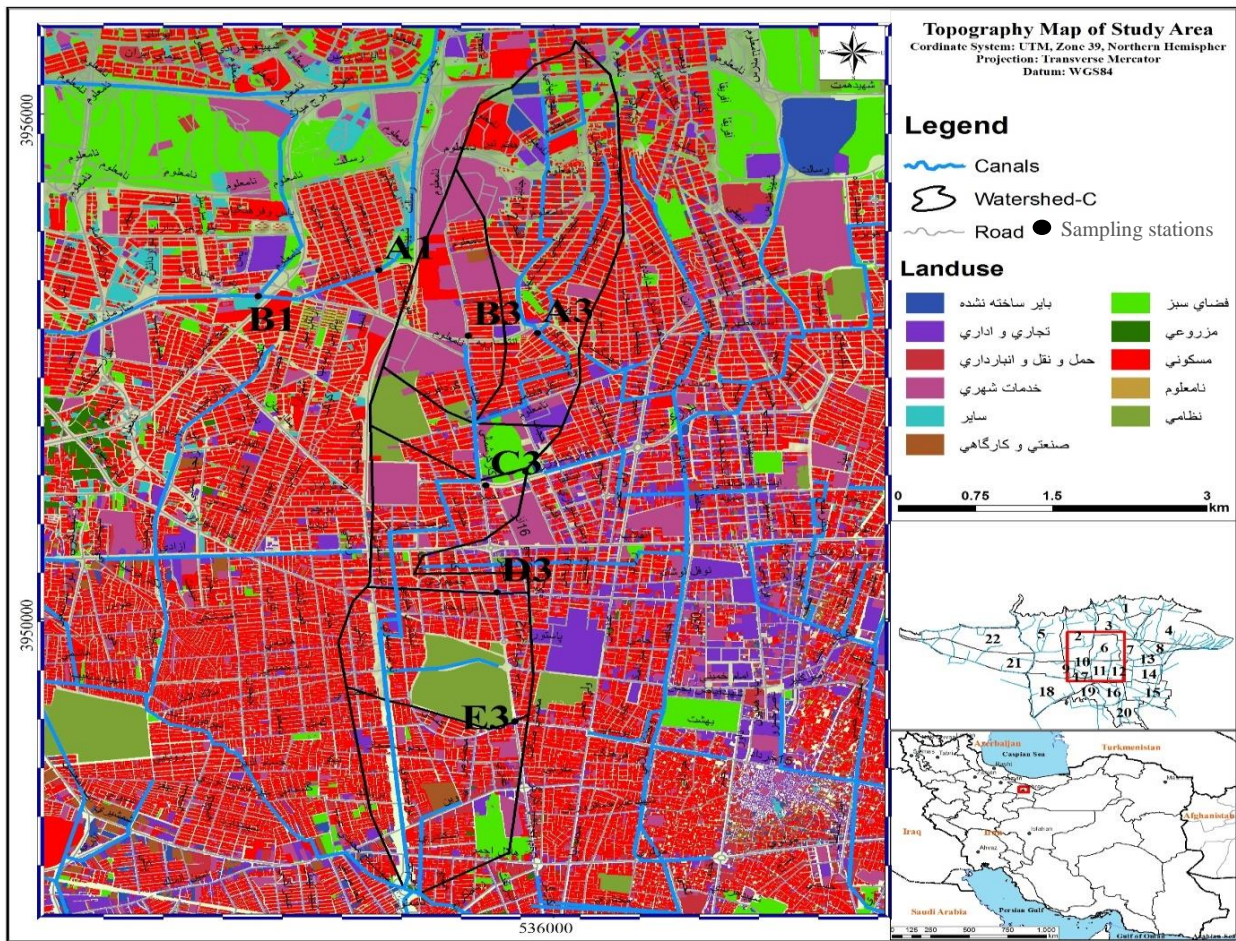
یکی از راه‌های تعیین رابطه بین باکتری‌های کلیفرم و عوامل کیفیت آب رودخانه‌ها و رواناب شهری، استفاده از آنالیز رگرسیون می‌باشد که در پژوهش‌های مختلف استفاده شده است (David & Haggard, 2011; Herrig et al., 2015). در روش‌های آماری به منظور کشف رابطه بین متغیرها به صورت یک معادله از روش‌های رگرسیونی استفاده می‌شود. معادله رگرسیونی می‌تواند خطی، لگاریتمی، درجه دوم و ... باشد. برای بررسی مناسب بودن مدل به دست آمده از R^2 استفاده می‌شود. این شاخص مطابق جدول ۶، همواره عددی بین ۰ و ۱ است و هر چه به ۱ نزدیکتر باشد مدل مورد بررسی مدل مناسب‌تری به لحاظ دقت خواهد بود. مقدار R^2 نشان می‌دهد که متغیر مستقل چند درصد از تغییرات متغیر وابسته را تبیین می‌کند. در این تحقیق متغیر مستقل، کلیفرم کل و متغیر وابسته، متغیرهای کیفی اندازه‌گیری

1. Spearman's correlation coefficient
2. Google earth

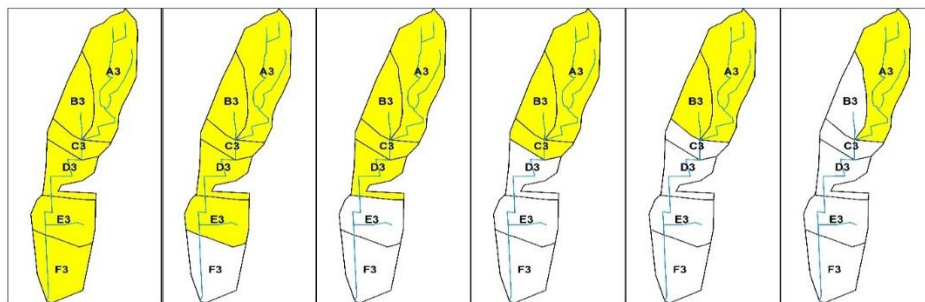
شده رواناب شهری و سطوح کاربری های مختلف شهری (که شامل سطوح سقف بامها، سطوح خیابان و فضای سبز شهری) می باشند.

جدول ۶. سطوح معناداری که توسط پژوهشگر انتخاب و در ۴ سطح مشخص شده

سطح معناداری	P-value	
Level ۱	$P\text{-value} < 0.05$	$R^2 > 0.7$
level ۲	$P\text{-value} < 0.1$	$R^2 > 0.7$
Level ۳	$P\text{-value} < 0.05$	$0.7 > R^2 > 0.55$
Level ۴	$P\text{-value} < 0.1$	$0.7 > R^2 > 0.55$



شکل ۲. منطقه مورد مطالعات و ایستگاه‌های نمونه برداری جانمایی کلی نقاط نمونه برداری. تنوع کاربری راضی با رنگبندی مختلف نمایش داده شده است.



شکل ۳. منطقه بندی حوضه آبریز بر اساس زیر حوزه‌های اصلی. به ترتیب از بالا به پایین شامل A3 تا F3 هستند.



شکل ۴. تصویر نتایج آزمون در محل برای محیط کاربری مسکونی



شکل ۵. نمونه‌های آماده شده برای ارسال به آزمایشگاه از محل نمونه‌برداری فضای مسکونی

۳-۱. یافته‌های پژوهش

نتایج حاصل از آزمون در محل برای محیط کاربری مسکونی دمای اندازه‌گیری شده در محل از نمونه برابر $19/6$ درجه سانتی‌گراد بوده است، میزان pH آب برابر $9/45$ می‌باشد. در جدول ۷، میزان DO در محل هنگام اندازه‌گیری برابر $2/9$ ppm که معادل $32/8$ درصد است. میزان نمک در نمونه اندازه‌گیری شده برابر $0/42$ ppt و مقدار 735 us، EC اندازه‌گیری شده است.

جدول ۷. نتایج آزمون متغیرهای کیفی در محل برای کاربرد فضای مسکونی

ردیف	پارامتر / متغیر	محل انجام آزمون	روش / دستگاه مورد استفاده	مقادیر	واحد
۱	pH	در محل	Combo Water Tester	$9/45$	
۲	دما	در محل	Combo Water Tester	$19/6$	C
۳	Do	در محل	Combo Water Tester	$32/8\%$	%
۴	Do	در محل	Combo Water Tester	$2/9$	ppm
۵	EC	در محل	Combo Water Tester	735	us
۶	SALT	در محل	Combo Water Tester	$0/42$	ppt

برای محیط کاربری اداری و نمونه‌هایی که برای ارسال به آزمایشگاه آماده شده‌اند در ادامه نمایش داده شده است. در جدول ۸ نیز نتایج آزمون متغیرهای کیفی اندازه‌گیری شده در محل برای کاربرد فضای اداری آورده شده است. دمای اندازه‌گیری شده در محل از نمونه برابر $18/4$ درجه سانتی‌گراد بوده است، میزان pH آب برابر $8/96$ اندازه‌گیری شده است، میزان DO در محل هنگام اندازه‌گیری برابر $3/4$ ppm که معادل $37/5$ درصد است. میزان نمک در نمونه اندازه‌گیری شده برابر $0/26$ ppt و مقدار 475 us، EC اندازه‌گیری شده است. در نهایت برای محیط کاربری فضای سبز، دمای اندازه‌گیری شده در محل از نمونه برابر $19/6$ درجه سانتی‌گراد بوده است، میزان pH آب برابر $8/43$ اندازه‌گیری شده است، میزان DO در محل هنگام اندازه‌گیری برابر $4/1$ ppm که معادل $45/8$ درصد است. میزان نمک در نمونه اندازه‌گیری شده برابر $0/51$ ppt و مقدار 889 us، EC اندازه‌گیری شده است که در جدول ۹ نشان داده شده است.

جدول ۸. نتایج آزمون متغیرهای کیفی در محل برای کاربرد فضای اداری

ردیف	پارامتر/متغیر	محل انجام آزمون	روش/دستگاه مورد استفاده	مقادیر	واحد
۱	pH	در محل	Combo Water Tester	۸/۹۶	
۲	دما	در محل	Combo Water Tester	۱۸/۴	C
۳	DO	در محل	Combo Water Tester	٪۳۷/۵	%
۴	DO	در محل	Combo Water Tester	۳/۴	ppm
۵	EC	در محل	Combo Water Tester	۴۷۵	us
۶	SALT	در محل	Combo Water Tester	۰/۲۶	ppt

جدول ۹. نتایج آزمون متغیرهای کیفی در محل برای کاربرد فضای سبز

ردیف	پارامتر/متغیر	محل انجام آزمون	روش/دستگاه مورد استفاده	مقادیر	واحد
۱	pH	در محل	Combo Water Tester	۸/۴۳	
۲	دما	در محل	Combo Water Tester	۱۹/۶	C
۳	DO	در محل	Combo Water Tester	٪۴۵/۸	%
۴	DO	در محل	Combo Water Tester	۴/۱	ppm
۵	EC	در محل	Combo Water Tester	۸۸۹	us
۶	SALT	در محل	Combo Water Tester	۰/۵۱	ppt

برای متغیرهای شیمیایی، ابتدا برای محیط کاربری فضای مسکونی، میزان TDS که توسط دستگاه مولتی متر اندازه گیری شد برابر ۳۲۵ میلی گرم بر لیتر به دست آمده است، میزان TSS، نیترات و COD نمونه اندازه گیری شده است که به ترتیب برابر ۲۱۱ mg/L، ۱۰۱/۹ mg/L و ۲۴۳ mg/L بوده است. میزان BOD₅ برای نمونه مساوی با ۱۷۰ mg/L بوده که در آزمایشگاه توسط دستگاه BOD سنج مورد محاسبه قرار گرفته است. در انتها نیز میزان کلیفرم کل موجود در نمونه برابر با ۲ MPN/100ml بوده که توسط آزمون متوالی مورد اندازه گیری قرار گرفته است که در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

از نتایج پارامترهای اندازه گیری شده در آزمایشگاه، برای محیط کاربری فضای اداری نیز می توان دریافت نمود که مقدار TDS، ۳۶۱ mg/L، TSS به میزان ۵۷۳ mg/L، میزان نیترات برابر ۱۴۱/۷ mg/L، BOD₅ معادل ۳۸۰ mg/L، COD برابر ۵۶۸ mg/L و میزان کلیفرم کل برابر با ۲ MPN/100ml بوده است که جدول ۱۱ نشان داده شده است. در کاربری مسکونی، pH و دما در مقایسه با سایر کاربری ها افزایش یافته است. به نظر می رسد فعالیت های خانگی مانند مراقبت در منزل، پخت و پز، تخلیه پساب آلوده در تهویه مطبوع و غیره ممکن است باعث ایجاد این تفاوت با سایر مناطق و همچنین تغییرات دمای هوا با سایر مناطق شود.

جدول ۱۰. نتایج آزمون متغیرهای کیفی آزمایشگاهی برای کاربرد فضای مسکونی

ردیف	پارامتر/متغیر	محل انجام آزمون	روش/دستگاه مورد استفاده	مقادیر	واحد
۱	TDS	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	مولتی متر ^۱	۳۲۵	mg/L
۲	TSS	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر ^۲	۲۱۱	mg/L
۳	نیترات	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر ^۲	۹/۱۰۱	mg/L
۴	BOD ₅	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	BOD Meter Oxytop	۱۷۰	mg/L
۵	COD	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر ^۲	۲۴۳	mg/L
۶	TC	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	آزمون	۲/۰۰	MPN/100ml

1. Multimeter
2. Photometer

جدول ۱۱. نتایج آزمون متغیرهای کیفی آزمایشگاهی برای کاربرد فضای اداری

ردیف	پارامتر/متغیر	محل انجام آزمون	روش/دستگاه مورد استفاده	مقادیر	واحد
۱	TDS	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	مولتی متر	۳۶۱	mg/L
۲	TSS	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر	۵۷۳	mg/L
۳	نیترات	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر	۱۴۱/۷	mg/L
۴	BOD ₅	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	BOD Meter Oxytop	۳۸۰	mg/L
۵	COD	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر	۵۶۸	mg/l
۶	TC	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	آزمون	۲/۰۰	MPN/100ml

در حالی که برای محیط کاربری فضای سبز براساس نتایج متغیرهای کیفی آزمایشگاهی می‌توان بیان کرد که مقدار TDS، ۶۴۰ mg/L، TSS به میزان ۱۶۷ mg/L، میزان نیترات برابر ۱۲۴/۱ mg/L، BOD₅ معادل ۲۳۰ mg/L، COD برابر ۸۸۹ mg/L و میزان کلیفرم کل موجود در نمونه برابر با ۱۴ MPN/100 ml بوده است. مقادیر به دست آمده برای هر پارامتر به همراه دستگاه واحد اندازه‌گیری هر کدام در جدول ۱۲ آورده شده است. همین‌طور متغیرهای COD و TSS در مناطق کاربری اراضی شهری اداری بالاتر از سایر کاربری‌ها تشخیص داده شد که بر اساس دانش نگارنده از مطالعه مناطق شهری تهران، مناطق کاربری شهری اداری دارای حمل و نقل عمومی بیشتری هستند. به نظر می‌رسد که مناطق کاربری شهری اداری، اگرچه به تقاضای عمومی کمتری برای آب نیاز دارند، ممکن است با آلودگی بیشتری همراه باشند عوامل موثر بر کیفیت آب در کاربری اداری نشان داد که مهاجرت روزانه و موقت بین شهری منجر به افزایش جمعیت روزانه، ترافیک سنگین و در نتیجه انتشار مواد ذرات می‌شود. سپس کیفیت آب ممکن است بین رواناب بارش شبانه و روزانه متفاوت باشد.

جدول ۱۲. نتایج آزمون متغیرهای کیفی آزمایشگاهی برای کاربرد فضای سبز

ردیف	نام آنالیز	محل انجام آزمون	روش/دستگاه مورد استفاده	مقادیر	واحد
۱	TDS	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	مولتی متر	۶۴۰	mg/L
۲	TSS	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر	۱۶۷	mg/L
۳	نیترات	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر	۱۲۴/۱	mg/L
۴	BOD ₅	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	BOD Meter Oxytop	۲۳۰	mg/l
۵	COD	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	فتومتر	۴۹۸	mg/
۶	TC	آزمایشگاه معتمد سازمان حفاظت محیط زیست	آزمون	۱۴	MPN

در ادامه داده‌های کیفی به دست آمده از نمونه‌های آزمایشگاهی به جدول مربوطه اضافه شد. و نتایج آن در جدول ۱۳ نشان داده شده است. اکسیژن محلول، شوری، EC و TDS در کاربری فضای سبز نسبت به کاربری‌های دیگر بیشتر بود. دلیل آن ممکن است شستشوی خاک توسط رواناب باشد.

۲-۳. تحلیل رگرسیون داده‌ها

در این بخش به محاسبه معادلات رگرسیون خطی حاصل شده از نرم افزار آماری SPSS و تجزیه و تحلیل معادلات به دست آمده پرداخته می‌شود همچنین با استفاده از روابط معناداری و همبستگی زوجی پیرسون، ارتباط بین متغیر مستقل (کلیفرم کل) با متغیرهای وابسته ذکر شده در بالا، که به وسیله نرم‌افزار تحلیلی و آماری SPSS14 محاسبه شده، بررسی می‌شود.

مطابق جدول ۱۴، بین PA-TDS، RA-DO، DO_1-pH، SALT-WT، EC-SALT، بیشترین ضریب همبستگی و بین TC-PA-TC، WS-BOD₅، TDS، RT-COD، pH-DO، WS-Temp، RA-DO_1، WT-EC، کمترین ضریب همبستگی وجود دارد. با توجه به نتایج ضریب همبستگی مطابق با جدول ۱۴، بیش از ۸۰ درصد متغیرها با کاربری غالب فضای سبز و سطوح معابر دارای همبستگی مثبت و قوی هستند که از این میان متغیر TDS و DO بیشترین و TSS، کمترین مقدار را دارد می‌باشد در حالی که بیش از ۸۰ درصد، متغیرها با کاربری

سطوح آبگیر ساختمان و ۵۵ درصد با کاربری سطوح آبگیر نسبت به مساحت دارای همبستگی منفی و ضعیف هستند که از این میان متغیر COD و SALT کمترین مقدار را دارا می باشد.

جدول ۱۳. مقادیر اندازه گیری متغیرهای کیفی و متغیرهای مکانی

توضیحات	واحد	مسکونی (ناحیه ۳)	فضای سبز (ناحیه ۲)	اداری (ناحیه ۱)	مشخصات	Definition
	m ²	۳۷۱۲۸/۰۰	۴۷۲۶۷۱/۰۰	۳۲۶۹۵۰/۰۰	سطح کل	total area=TA
	m ²	۱۱۳۸/۰۰	۳۲۱۴۱۲/۰۰	۵۸۹۴۰/۰۰	فضای سبز	plant area=PA
عرض معابر حدوداً ۱۷-۲۰ متر طول	m ²	۸۱۷۵/۰۰	۵۴۴۵۵/۰۰	۳۳۱۱۹/۰۰	سطوح معابر	road area=RA
	m ²	۸۷۹۳/۰۰	۳۷۶۴۹/۰۰	۱۹۶۸۰۹/۰۰	سطوح آبگیر ساختمان	roof top=RT
	-	۰/۳۰	۰/۶۸	۰/۱۸	فضای سبز نسبت به مساحت کل	plant area to total area=PT
	-	۰/۲۲	0/12	۰/۰۷	سطح معابر نسبت به مساحت کل	road area to total area=RT
	-	۰/۲۴	۰/۰۸	۰/۶۰	سطح آبگیر نسبت به مساحت کل	water surface to total area=WT
آزمون متوالی	MPN/100ml	2/00	14/00	۲/۰۰	TC	Total coliform
مولتی متر	mg/l	۳۲۵/۰۰	۶۴۰/۰۰	۳۶۱/۰۰	TDS	total dissolved solid
فتومتری	mg/l	۲۱۱/۰۰	۱۶۷/۰۰	۵۷۳/۰۰	TSS	Total solids
فتومتری	mg/l	۱۰۱/۹	۱۲۴/۱	۱۴۱/۷	نیترات	Nitrate
سنج BOD	mg/l	۱۷۰/۰۰	۲۳۰/۰۰	۳۸۰/۰۰	BOD ₅	Biochemical oxygen demand
فتومتری	mg/l	۲۴۳/۰۰	۴۹۸/۰۰	۵۶۸/۰۰	COD	Chemical Oxygen demand
Combo Water Tester	pH unit	۹/۴۵	۸/۴۳	۸/۹۶	pH	pH
Combo Water Tester	C	۱۹/۶	۱۹/۶	۱۸/۴	T	Temperature
Combo Water Tester	%	32/8%	45/8%	37/5%	DO-1	Dissolved oxygen
Combo Water Tester	ppm	۲/۹	۴/۱	۳/۴۰	DO	Dissolved oxygen
Combo Water Tester	us	۷۳۵	۸۸۹	۴۷۵	EC	Electrical Conductivity
Combo Water Tester	ppt	۰/۴۲	۰/۵۱	۰/۲۶	SALT	

بر اساس جدول ۶ در سطح یک معناداری و پس از تحلیل میزان وابستگی، همبستگی و خطاهای ناشی از ضریب اعتماد پذیری، روابط جدول ۱۵ که در قالب معادلات جبری ارائه شده است، به عنوان بهترین^۱ معادلات تخمین میزان کلیفرم کل به عنوان (متغیر وابسته و) شاخص آلاینده های میکروبی معرفی می شوند. معادلات سطح یک بر اساس متغیرهای دارای بالاترین سطح و معادلات سطح دو بر اساس متغیرهای رده دوم تاثیر گذاری (جدول ۶) به دست آمده اند. معادلات متناسب با نوع متغیر در دسترس امکان تخمین میزان کلیفرم کل را داده اند. سطح حوضه آبگیر شهری نسبت به سطح کل، pH و شوری (جامدات محلول) از مهمترین متغیرهای موثر می باشند که بر اساس آن می توان در بهترین حالت میزان کلیفرم کل را در حالت بیشترین مقدار محتمل برآورد نمود. ضریب همبستگی ۱۰۰ درصد، میزان شاخص های خطای بسیار پایین (جدول ۱۵) و شریب تغییرات کمتر از یک درصد (در بیشتر معادلات) پس از غربالگری های آماری و حذف عوامل واگرایی،

1. Optimum

منجر به ارائه معادلات این جدول با اعتمادپذیری بسیار بالا ($p\text{-value} < 0.05$) برای تخمین میزان شاخص آلاینده‌های میکروبی بر اساس مطالعات میدانی، شده است.

جدول ۱۴. نتایج حاصل از همبستگی زوجی بین متغیرهای وابسته و متغیر مستقل

متغیرها	نتایج	TA	PA	RA	WS	PT	RT	WT	TC	TDS	TSS	NO3	BOD5	COD	pH	Temp	DO	DO_1	EC
PA	R2	۰/۸۴۳																	
	معناداری	۰/۳۶۲																	
RA	R2	۰/۹۲۵	۰/۹۸۴																
	معناداری	۰/۲۴۹	۰/۱۱۴																
WS	R2	۰/۳۲۶	.	.															
	معناداری	۰/۷۸۹	۰/۸۴۹	۰/۹۶۳															
PT	R2	۰/۵۸۷	۰/۹۳۰	۰/۸۵۱	.														
	معناداری	۰/۶۰۱	۰/۲۳۹	۰/۳۵۲	۰/۶۱۰														
RT	R2	.	.	.	.	۰/۰۰۲													
	معناداری	۰/۴۰۰	۰/۷۶۳	۰/۶۴۹	۰/۳۸۸	۰/۹۹۹													
WT	R2	.	.	.	۰/۹۰۴	.	.												
	معناداری	۰/۹۳۱	۰/۵۶۹	۰/۶۸۲	۰/۲۸۱	۰/۳۳۰	۰/۶۶۹												
TC	R2	۰/۷۵۷	۰/۹۹۰	۰/۹۴۹	.	۰/۹۷۳	.	.											
	معناداری	۰/۴۵۳	۰/۰۹۱	۰/۲۰۵	۰/۷۵۸	۰/۱۴۷	۰/۸۵۴	۰/۴۷۷											
TDS	R2	۰/۸۲۱	۰/۹۹۹	۰/۹۷۶	.	۰/۹۴۴	.	.	۰/۹۹۵										
	معناداری	۰/۳۸۷	۰/۰۲۵	۰/۱۳۸	۰/۸۲۴	۰/۲۱۴	۰/۷۸۷	۰/۵۴۴	۰/۰۶۷										
TSS	R2	۰/۰۹۰	.	.	۰/۹۷۱	.	.	۰/۹۸۰	.	.									
	معناداری	۰/۹۴۳	۰/۶۹۵	۰/۸۰۹	۰/۱۵۴	۰/۴۵۶	۰/۵۴۲	۰/۱۲۷	۰/۶۰۴	۰/۶۷۰									
NO3	R2	۰/۷۰۳	۰/۲۰۹	۰/۳۷۹	۰/۹۰۲	.	.	۰/۶۲۱	۰/۰۶۷	۰/۱۷۰	۰/۷۷۲								
	معناداری	۰/۵۰۴	۰/۸۶۶	۰/۷۵۳	۰/۲۸۵	۰/۸۹۵	۰/۱۰۴	۰/۵۶۵	۰/۹۵۸	۰/۸۹۱	۰/۴۳۹								
BOD5	R2	۰/۴۵۳	.	۰/۰۷۹	۰/۹۹۰	.	.	۰/۸۲۷	.	.	۰/۹۲۹	۰/۹۵۳							
	معناداری	۰/۷۰۱	۰/۹۳۷	۰/۹۵۰	۰/۰۸۸	۰/۶۹۸	۰/۳۰۱	۰/۳۶۸	۰/۸۴۶	۰/۹۱۳	۰/۳۴۲	۰/۱۹۷							
COD	R2	۰/۸۵۷	۰/۴۴۵	۰/۵۹۷	۰/۷۶۶	۰/۰۸۶	.	۰/۴۱۹	۰/۳۱۲	۰/۴۱۰	۰/۵۹۰	۰/۹۶۹	۰/۸۴۷						
	معناداری	۰/۳۴۴	۰/۷۰۶	۰/۵۹۳	۰/۴۴۴	۰/۹۴۵	۰/۰۵۶	۰/۷۲۵	۰/۷۹۸	۰/۷۳۱	۰/۵۹۸	۰/۱۶۰	۰/۳۵۷						
pH	R2	.	.	.	.	.	۰/۶۶۷	۰/۳۱۵	.	.	۰/۱۲۱	.	.	.					
	معناداری	۰/۱۳۵	۰/۲۲۸	۰/۱۱۴	۰/۹۲۳	۰/۴۶۶	۰/۵۳۵	۰/۷۹۶	۰/۳۱۹	۰/۲۵۲	۰/۹۲۳	۰/۶۳۹	۰/۸۳۵	۰/۴۷۹					
Temp	R2	.	۰/۳۷۱	۰/۲۰۰	.	۰/۶۸۵	۰/۷۳۰	.	۰/۵۰۰	۰/۴۰۷	.	.	.	.	
	معناداری	۰/۸۸۰	۰/۷۵۸	۰/۸۷۲	۰/۰۹۱	۰/۵۱۹	۰/۴۷۹	۰/۱۸۹	۰/۶۶۷	۰/۷۳۳	۰/۰۶۳	۰/۳۷۶	۰/۱۷۹	۰/۵۳۵	۰/۹۸۶				
DO	R2	۰/۹۴۰	۰/۹۷۶	۰/۹۹۹	.	۰/۸۲۷	.	.	۰/۹۳۴	۰/۹۶۶	.	۰/۴۱۸	۰/۱۲۲	۰/۶۳۱	.	۰/۱۵۸			
	معناداری	۰/۲۲۱	۰/۱۴۱	۰/۰۲۷	۰/۹۹۰	۰/۳۸۰	۰/۶۲۱	۰/۷۱۰	۰/۲۳۲	۰/۱۶۶	۰/۸۳۶	۰/۷۲۵	۰/۹۲۲	۰/۵۶۵	۰/۰۸۷	۰/۸۹۹			
DO_1	R2	۰/۹۶۰	۰/۹۶۰	۰/۹۹۴	۰/۰۴۷	۰/۷۹۱	.	.	۰/۹۱۰	۰/۹۴۸	.	۰/۴۷۴	۰/۱۸۴	۰/۶۷۸	.	۰/۰۹۶	۰/۹۹۸		
	معناداری	۰/۱۸۱	۰/۱۸۱	۰/۰۶۷	۰/۹۷۰	۰/۴۲۰	۰/۵۸۲	۰/۷۴۹	۰/۲۷۲	۰/۲۰۶	۰/۸۷۶	۰/۶۸۵	۰/۸۸۲	۰/۵۲۶	۰/۰۴۷	۰/۹۳۹	۰/۰۴۰		
EC	R2	۰/۱۸۷	۰/۶۸۷	۰/۵۴۷	.	۰/۹۰۵	۰/۴۲۷	.	۰/۷۸۴	۰/۷۱۴	.	.	.	.	.	۰/۹۳۰	۰/۵۱۰	۰/۴۵۵	
	معناداری	۰/۸۸۰	۰/۵۱۸	۰/۶۳۲	۰/۳۳۱	۰/۲۷۹	۰/۷۱۹	۰/۰۵۰	۰/۴۲۷	۰/۴۹۳	۰/۱۷۷	۰/۶۱۶	۰/۴۱۹	۰/۷۷۵	۰/۷۴۶	۰/۳۴۰	۰/۶۵۹	۰/۶۹۹	
SALT	R2	۰/۱۷۴	۰/۶۷۷	۰/۵۳۵	.	۰/۸۹۹	۰/۴۳۹	.	۰/۷۷۵	۰/۷۰۵	.	.	.	.	.	۰/۹۳۵	۰/۴۹۸	۰/۴۴۳	۱/۰۰۰
	معناداری	۰/۸۸۹	۰/۵۲۷	۰/۶۴۰	۰/۳۲۲	۰/۲۸۸	۰/۷۱۱	۰/۰۲۲	۰/۴۳۵	۰/۵۰۲	۰/۱۶۸	۰/۶۰۷	۰/۴۱۰	۰/۷۶۷	۰/۷۵۴	۰/۲۳۱	۰/۶۶۸	۰/۷۰۸	۰/۰۰۹

معادلات سطح ۱:

جدول ۱۵. معادلات مستخرج از غربالگری و مدل‌سازی‌های آماری برای تخمین میزان شاخص آلودگی میکروبی در رواناب شهری

معادله	$\frac{\sum \Delta}{\text{تعداد}}$	$\sqrt{\sum \Delta^2}$	R ²	Var Coe	$1 - \frac{\sum (TCm - TCc)^2}{\sum [(TCm - TCc)]^2}$
TC1= ۷۷/۶۱۲- ۹/۲۶۲ pH + ۲۸/۳۶۵ salt	-۰/۱۳۴۲	-۰/۰۰۰۴	۱۰۰/۰۰۰۰	۰/۷۲۰۰	۱/۰۰۰۰
TC2= -۳۲/۱۲۷+۸/۱۰۱DO+۲۵/۳۱۶ SALT	-۰/۰۵۹۱	-۰/۰۰۱۰	۱۰۰/۰۰۰۰	۰/۶۵۶۲	۱/۰۰۰۰
TC 3= ۹۶/۷۸۳ - ۱۳/۱۹۶ WT - ۹/۶۹۵ pH	-۰/۰۳۳۸	-۰/۰۲۴۳	۱۰۰/۰۰۰۰	-۷/۹۰۵۰	۱/۰۰۰۰
TC۴ = -۱۹/۶۹۵ - ۱۱/۷۱۹ WT + ۸/۴۳۸ DO	-۰/۰۰۵۲	-۰/۰۲۲۱	۱۰۰/۰۰۰۰	-۴/۸۸۶۴	۱/۰۰۰۰
TC۵= -۴۸/۹۵۱ + ۳/۶۷۳ pH + ۰/۰۵ TDS	-۰/۰۰۲۱	-۰/۰۰۶۴	۱۰۰/۰۰۰۰	-۰/۶۳۲۸	۱/۰۰۰۰

معادلات سطح ۲:

معادله	$\frac{\sum \Delta}{\text{تعداد}}$	$\sqrt{\sum \Delta^2}$	R ²	Var Coe	$1 - \frac{\sum (TCm - TCc)^2}{\sum [(TCm - TCc)]^2}$
TC۱=۲۹/۱۵۳+۰/۰۲۷COD+۰/۰۳۴ EC	-۰/۱۳۴۲	۰/۲۶۲۱	۱۰۰/۰۰۰۰	-۰/۶۳۸۴	۰/۹۹۴۴
TC۲=۷۵/۸۶۳-۹/۱۵۹ pH+۰/۰۱۷ EC	-۰/۰۵۹۱	۰/۱۱۷۳	۱۰۰/۰۰۰۰	۰/۶۸۴۰	۰/۹۹۸۹
TC۳= -۱۰/۴۷۴ + ۰/۰۴۲ TDS - ۰/۰۰۵ COD	۰/۰۳۳۸	۰/۰۷۸۷	۱۰۰/۰۰۰۰	۱/۰۹۷۶	۰/۹۹۹۷
TC۴= ۱۱۰/۲۱۸ - ۱۱/۱۱۶ pH - ۰/۰۱۵ TSS	-۰/۰۰۵۲	۰/۰۱۲۳	۱۰۰/۰۰۰۰	-۱/۱۴۲۳	۱/۰۰۰۰
TC۵= -۱۰۸/۶۶۷ + ۱۰ DO + ۴/۱۶۷ T	-۰/۰۰۲۱	۰/۰۰۴۳	۱۰۰/۰۰۰۰	-۰/۶۸۹۰	۱/۰۰۰۰

۴. نتیجه گیری

این مطالعه با توجه به عملیات میدانی، بررسی و سنجش‌های آزمایشگاهی و تحلیل‌های آماری انجام شده، نتایج آن مورد واسنجی قرار گرفته و قابل اعتماد و قابل تعمیم به مناطق دیگر تهران و کلانشهرهای مشابه است. در فرآیند تحلیل اطلاعات، داده‌ها نرمال‌سازی شده، داده‌های کم اثر حذف شده و آزمون‌های مختلف همبستگی انجام شده است تا روابط معنی‌دار بین متغیر بیولوژیکی، فیزیکی موثر و کاربری‌های اراضی مورد بررسی در این پژوهش را به دست آورد. همان‌طور که از نتایج پیداست، در متغیرهای کیفی آب، مقدار اکسیژن محلول، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و همچنین مقدار کل کلیفرم در کاربری فضای سبز نسبت به سایر کاربردها بالاتر بود که نشان‌دهنده شستشوی خاک توسط رواناب و استفاده از کودهای شیمیایی است. همچنین، مقدار کل جامدات معلق، نیترات و COD در کاربری فضای اداری نسبت به سایر کاربردها بالاتر است. با توجه به افزایش جمعیت در اثر مهاجرت روزانه و موقت که باعث ایجاد ترافیک سنگین می‌شود، لذا مناطق کاربری شهری اداری، اگرچه به تقاضای عمومی کمتری برای آب نیاز دارند، ممکن است با آلودگی بیشتری

همراه باشند. در کل، مناطق اداری و مناطق تجاری در معرض خطر آلودگی بالاتر هستند، به خصوص از لحاظ آلودگی شیمیایی و سمی. فضای سبز به عنوان یک عامل مؤثر بر شاخص آلودگی میکروبی شناسایی شده است که با نتایج Fred Lee (2005) به صورت سرانه بدون انجام مطالعات مشخص هم راستا بود در حالی که Tishrintzis (1997) از سطوح آبیگر به عنوان منابع اصلی بدون ذکر کاربری غالب یاد کرده است

۵. مراجع

- Aalipour Ardi, M., & Jabbarian Amiri, B. (2021). Investigating the Effects of Land Use/Land Cover Composition on River Water Quality. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 51.2(103), 83–93. <https://doi.org/10.22034/jcee.2019.9091>. (In Persian)
- Alihosseini, S. H., Torabian, A., & Babaei Semiromi, F. (2019). Quality Assessment of Municipal Effluent for Agriculture Using Fuzzy Inference System (Case Study: Sahebgharanieh Wastewater Treatment Plant). *Journal of Environmental Studies*, 45(2), 209–221. <https://doi.org/10.22059/jes.2019.281054.1007858>. (In Persian)
- Askari, M., & PourJohari, A. (2017). Content analysis and comparison of urban environment challenges in Iran and the world during the recent fifteen years (1380-1394h- 2000-2014s). *Journal of Environmental Studies*, 42(4), 787–803. <https://doi.org/10.22059/jes.2017.60941>. (In Persian)
- Bressane, A., Loureiro, A. I. S., Gomes, R. C., Ribeiro, A. I., Longo, R. M., & Negri, R. G. (2022). Spatiotemporal Effect of Land Use on Water Quality in a Peri-Urban Watershed in a Brazilian Metropolitan Region: An Approach Considering GEP-Based Artificial Intelligence. *Pollutants*, 3(1), 1–11.
- Bylund, J., Toljander, J., Lysén, M., Rasti, N., Engqvist, J., & Simonsson, M. (2017). Measuring sporadic gastrointestinal illness associated with drinking water—an overview of methodologies. *Journal of Water and Health*, 15(3), 321–340.
- Cho, K. H., Wolny, J., Kase, J. A., Unno, T., & Pachepsky, Y. (2022). Interactions of E. coli with algae and aquatic vegetation in natural waters. *Water Research*, 209, 117952.
- Daud, M. K., Nafees, M., Ali, S., Rizwan, M., Bajwa, R. A., Shakoor, M. B., Arshad, M. U., Chatha, S. A. S., Deebe, F., & Murad, W. (2017). Drinking water quality status and contamination in Pakistan. *BioMed Research International*, 2017.
- David, M. M., & Haggard, B. E. (2011). Development of regression-based models to predict fecal bacteria numbers at select sites within the Illinois River Watershed, Arkansas and Oklahoma, USA. *Water, Air, & Soil Pollution*, 215, 525–547.
- Deletic, A. B., & Maksimovic, C. T. (1998). Evaluation of water quality factors in storm runoff from paved areas. *Journal of Environmental Engineering*, 124(9), 869–879.
- Denchak, M. (2018). Water pollution: Everything you need to know. *Nat. Resour. Def. Counc. NY*.
- Dwight, R. H., Semenza, J. C., Baker, D. B., & Olson, B. H. (2002). Association of urban runoff with coastal water quality in Orange County, California. *Water Environment Research*, 74(1), 82–90.
- Fred Lee, G., & Jones- Lee, A. (2005). Urban stormwater runoff water quality issues. *Water Encyclopedia*, 3, 432–437.
- Gray, N. (2017). *Water technology*. CRC Press.
- Habibi Rama, Ghorashi, M., Almasian, M., & Jarahi, H. (2023). The Effects of Quaternary Sediments on Earthquake Acceleration. *Himalayan Geology*, 44, 71–80. (In Persian)
- Herrig, I. M., Böer, S. I., Brennholt, N., & Manz, W. (2015). Development of multiple linear regression models as predictive tools for fecal indicator concentrations in a stretch of the lower Lahn River, Germany. *Water Research*, 85, 148–157.
- Hill, D. D., Owens, W. E., & Tchounwou, P. B. (2006). The impact of rainfall on fecal coliform bacteria in Bayou Dorcheat (North Louisiana). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 3(1), 114–117.
- Hong, H., Qiu, J., & Liang, Y. (2010). Environmental factors influencing the distribution of total and fecal coliform bacteria in six water storage reservoirs in the Pearl River Delta Region, China. *Journal of Environmental Sciences*, 22(5), 663–668.
- Jarahi, H. (2021). Paleo Mega Lake of Rey Identification and Reconstruction of Quaternary Lake in Central Iran. *Open Quaternary*, 7(1). (In Persian)
- Jeyashanthi, J., Maharajan, M. P., & Ramuvel, M. (2022). Assessment of physical and chemical water quality parameters using naive bayes control algorithm. *Materials Today: Proceedings*.
- Johanson, R. C., Imhoff, J. C., & Davis, H. H. (1980). *Users manual for hydrological simulation program-Fortran (HSPF)* (Vol. 80, Issue 15). Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, US
- Li, T., Zhang, Y., He, B., Wu, X., & Du, Y. (2022). Nitrate loss by runoff in response to rainfall amount category and

- different combinations of fertilization and cultivation in sloping croplands. *Agricultural Water Management*, 273, 107916.
- Limsakul, P., Phitsuwan, P., Waeonukul, R., Pason, P., Tachaapaikoon, C., Poomputsa, K., Kosugi, A., & Ratanakhanokchai, K. (2021). A novel multifunctional arabinofuranosidase/endoxylanase/ β -xylosidase gh43 enzyme from *paenibacillus curdlanolyticus* b-6 and its synergistic action to produce arabinose and xylose from cereal arabinoxylan. *Applied and Environmental Microbiology*, 87(24), e01730-21.
- Nkwanda, I. S., Feyisa, G. L., Zewge, F., & Makwinja, R. (2021). Impact of land-use/land-cover dynamics on water quality in the Upper Lilongwe River basin, Malawi. *International Journal of Energy and Water Resources*, 5(2), 193–204. <https://doi.org/10.1007/s42108-021-00125-5>
- Nnaji, C. C., Chibueze, C. V., Mama, C. N., Alum, O. L., & Afangideh, C. B. (2023). Impact of anthropogenic and environmental conditions on surface run-off quality: a case study of Nsukka, Eastern Nigeria. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(11), 12351–12362. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04799-8>
- Okeke, B. C., Thomson, M. S., & Moss, E. M. (2011). Occurrence, molecular characterization and antibiogram of water quality indicator bacteria in river water serving a water treatment plant. *Science of the Total Environment*, 409(23), 4979–4985.
- Onyango, D., Wandili, S., Kakai, R., & Waindi, E. N. (2008). Isolation of Salmonella and Shigella from fish harvested along winam Gulf of lake Victoria, Kenya. *J. Infect. Dis. In Developing Countries*, 2, 106–111.
- Orr, I., Mazari, K., Shukle, J. T., Li, R., & Filippelli, G. M. (2023). The impact of combined sewer outflows on urban water quality: Spatio-temporal patterns of fecal coliform in indianapolis. *Environmental Pollution*, 327, 121531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121531>
- Partani, S., Madany, S. M. R., & Seyed Seraji, M. H. (2019). Evaluation of the effect of irrigation with purified wastewater on the physical and chemical properties of soil. *Environmental Sciences*, 17(2), 69–80. <https://doi.org/10.29252/envs.17.2.69>
- Partani, S., Mahmoudi Mozaffar, A., & Rabani, M. (2020). Investigation the impacts of urban geographical altitude on water consumption and growth of urban green space, Case study: Region one, Tehran municipality. *Quarterly of New Attitudes in Human Geography (Autumn) 2020, Vol. 12. No 4.* (In Persian)
- Pratani, S., Nowruzi ghadim Qochan, A., & Cristovao Vicente Scapolatempo, F. (2023) Investigating the impact of urban elements and changes in urban use on the quality of runoff, a case study of Tehran metropolis. *Geography and Development of Urban Space*, 10(3). (In Persian)
- Paule-Mercado, M. A., Ventura, J. S., Memon, S. A., Jahng, D., Kang, J.-H., & Lee, C.-H. (2016). Monitoring and predicting the fecal indicator bacteria concentrations from agricultural, mixed land use and urban stormwater runoff. *Science of the Total Environment*, 550, 1171–1181.
- Paule-Mercado, M. C., Salim, I., Sajjad, R. U., Memon, S. A., Sukhbaatar, C., Lee, B.-Y., & Lee, C.-H. (2022). Quantifying the effects of land use change and aggregate stormwater management practices on fecal coliform dynamics in a temperate catchment. *Science of The Total Environment*, 838, 155608.
- Petersen, F., & Hubbart, J. A. (2020). Spatial and temporal characterization of Escherichia coli, suspended particulate matter and land use practice relationships in a mixed-land use contemporary watershed. *Water*, 12(5), 1228.
- Rafiee, N., & Azari, A. (2020). Evaluating the Effects of Constructing Urban and Agricultural Wastewater Treatment Plants on Improvement of Quality and Contamination Trends of Dez River. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 50.1(98), 33–41. https://ceej.tabrizu.ac.ir/article_11125.html. (In Persian)
- Regier, P. J., González-Pinzón, R., Van Horn, D. J., Reale, J. K., Nichols, J., & Khandewal, A. (2020). Water quality impacts of urban and non-urban arid-land runoff on the Rio Grande. *Science of The Total Environment*, 729, 138443.
- Sarkheil, H., Azimi, Y., & Rahbari, S. (2021). Fuzzy Wastewater Quality Index (FWWQI) for Environmental Quality Assessment of Industrial Wastewater, a Case Study for South Pars Special Economic and Energy Zone. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 51.2(103), 153–160. <https://doi.org/10.22034/jcee.2019.9101>
- Sayahi, A., Ardestani, M., & Partani, S. (2021). Developing a New Matrix Model to Estimate the Urban Run-Off Water Quality. *Pollution*, 7(1), 1–15.
- Seo, M., Lee, H., & Kim, Y. (2019). Relationship between coliform bacteria and water quality factors at weir stations in the Nakdong River, South Korea. *Water*, 11(6), 1171.
- Shafi, S., Kamili, A. N., Shah, M. A., & Bandh, S. A. (2013). Coliform bacterial estimation: A tool for assessing water quality of Manasbal Lake of Kashmir, Himalaya. *African Journal of Microbiology Research*, 7(31), 3996–4000.
- Simmons, G., Hope, V., Lewis, G., Whitmore, J., & Gao, W. (2001). Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Research*, 35(6), 1518–1524.
- Solpuker, U., Sheets, J., Kim, Y., & Schwartz, F. W. (2014). Leaching potential of pervious concrete and immobilization

- of Cu, Pb and Zn using pervious concrete. *Journal of Contaminant Hydrology*, 161, 35–48. <https://doi.org/10.1016/J.JCONHYD.2014.03.002>
- Some, S., Mondal, R., Mitra, D., Jain, D., Verma, D., & Das, S. (2021). Microbial pollution of water with special reference to coliform bacteria and their nexus with environment. *Energy Nexus*, 1, 100008.
- Thanh Giao, N., Kim Anh, P., & Thi Hong Nhien, H. (2021). Spatiotemporal analysis of surface water quality in Dong Thap province, Vietnam using water quality index and statistical approaches. *Water*, 13(3), 336.
- Tsihrintzis, V. A., & Hamid, R. (1997). Modeling and management of urban stormwater runoff quality: a review. *Water Resources Management*, 11, 136–164.
- Varol, M. (2013). Dissolved heavy metal concentrations of the Kralkızı, Dicle and Batman dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey. *Chemosphere*, 93(6), 954–962.
- Vazirzadeh, A., Jafarifard, K., Ajdari, A., & Chisti, Y. (2022). Removal of nitrate and phosphate from simulated agricultural runoff water by *Chlorella vulgaris*. *Science of The Total Environment*, 802, 149988.
- Wang, J., Qin, X., Guo, J., Jia, W., Wang, Q., Zhang, M., & Huang, Y. (2020). Evidence of selective enrichment of bacterial assemblages and antibiotic resistant genes by microplastics in urban rivers. *Water Research*, 183, 116113.
- Wang, S., He, Q., Ai, H., Wang, Z., & Zhang, Q. (2013). Pollutant concentrations and pollution loads in stormwater runoff from different land uses in Chongqing. *Journal of Environmental Sciences*, 25(3), 502–510.
- Whitehead, P., Bussi, G., Hossain, M. A., Dolk, M., Das, P., Comber, S., Peters, R., Charles, K. J., Hope, R., & Hossain, M. S. (2018). Restoring water quality in the polluted Turag-Tongi-Balu river system, Dhaka: Modelling nutrient and total coliform intervention strategies. *Science of the Total Environment*, 631, 223–232.
- Xu, G., Wang, T., Wei, Y., Zhang, Y., & Chen, J. (2022). Fecal coliform distribution and health risk assessment in surface water in an urban-intensive catchment. *Journal of Hydrology*, 604, 127204. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127204>
- Yousefi Kebria, D., Soheilifar, M., & Ghanbari Parmehr, E. (2021). Investigation of relationships between Landsat8 and Sentinel2 sensors and field data on the water quality parameters estimation in Chalous River estuary. *Journal of Civil and Environmental Engineering*. <https://doi.org/10.22034/jcee.2021.33723.1835>. (In Persian)