Journal of Environmental Studies
Vol. 48, No. 3, Autumn 2022

Journal Homepage: www.Jes.ut.ac.ir
Print ISSN: 1025-8620 Online ISSN 2345-6922

Identifying Effective Components on Applying Nature-based Runoff Management Approaches in Local Streets of Tehran by Cross Impact Analysis (CIA)

Document Type
Research Paper

Received
May 13, 2022

Accepted
August 29, 2022

Parastoo Eshrati[1*], Mohammad Motallebi[2]

1 Department of Architecture, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran
2 Department of Environmental Design Enginering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

DOI: 10.22059/JES.2022.340903.1008305

Abstract

The current urban runoff management approach in Tehran is a structural approach which its main purpose is to collect and transfer runoff out of the city. However, nature-based approaches emphasize the maximum absorption as near as the source of runoff and apply interdisciplinary perspectives to achieve it. This research pursues two main goals in order to provide the basis for the application of nature-based approaches in the local streets of city of Tehran, Iran: 1) identifying of disciplines and main variables of the nature-based urban drainage approaches, and 2) identifying the role each variable plays in implementing these approaches in Tehran in the current situation. First, a theoretical model of the disciplines and variables has been develops based on literature review. Second, the role of each variable from the point of view of experts was investigated by using Cross Impact Analysis (CIA) method with the tool of MicMac software. The results show that in the current situation, 'runoff speed and volume' as an influential variable has the most important role on implementation of these new approaches in urban runoff management in Tehran local streets. And variables of 'street profile', 'land use', 'activities', and 'planting' as well as 'economic feasibility' are linkage variables. Other variables are either dependent or do not have high priority in the current situation. The results of the research place special emphasis on interdisciplinary teamwork between the specialties of water sciences and urban landscape as well as economics to provide the basis for the application of these approaches.

Keywords: Urban Runoff, Nature-Based Solutions for Runoff Management, Coss Imapact Analysis, Local Streets, Mic Mac

[*] Corresponding Author: Email: eshrati@ut.ac.ir

Extended abstract

Introduction

Flash Floods are intensified in Tehran and the change of natural permeable surfaces to impervious constructed areas is one of the main reasons. So, nature-base approaches investigated in this research. There are some different terms that represent nature-based approaches: Alternative Technique (AT), Sustainable Drainage Systems (SuDS), Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), Low Impact Development (LID), Best Management Practices (BMPs), Water Sensitive Urban Design (WSUD), Green Infrastructure (GI), Sponge City.

Investigating show that although each of them pursue different objectives but all of them are the same in these two aspects: a) applying interdisciplinary viewpoint and b) trying to runoff usage in place it produced. Regarding to these, the research is focused to maximize runoff penetration in local streets as a place that its flow start from there. Two main goals of this paper are: 1) identifying of disciplines and main variables of the nature-based urban drainage approaches, and 2) identifying the role each variable plays in implementing these approaches in Tehran in the current situation. Figure 1 shows the research structure diagram.

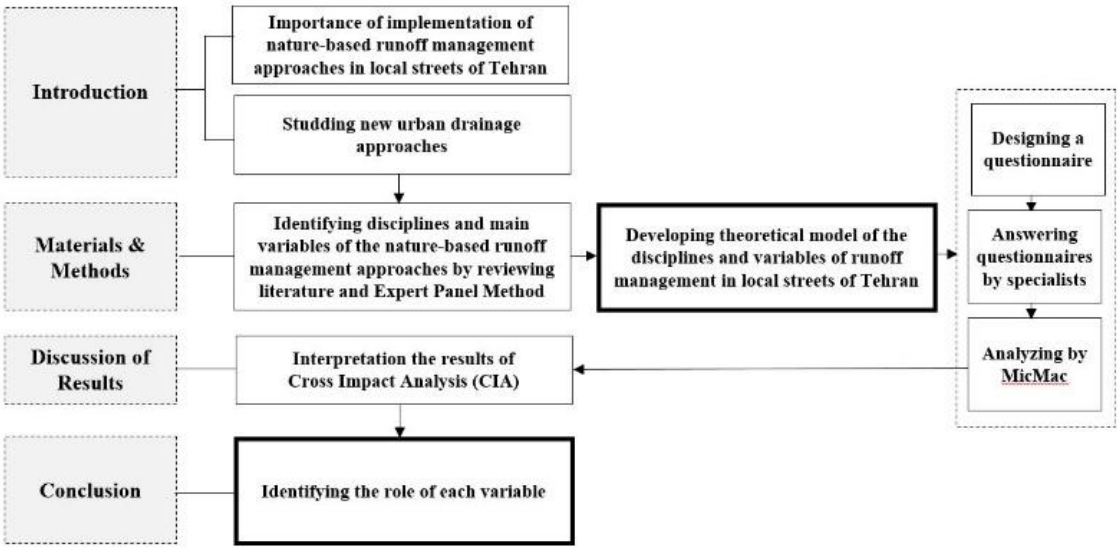


Figure 1. Research Structure Diagram, Source: (Authors)

Materials and Methods

Identifying of disciplines and main variables of the nature-based urban drainage approaches by Expert Panel Method

Disciplines and main variables of the nature-based urban runoff management approaches were extracted from literature review of new approaches and guidelines and finalized by Expert Panel Method as follow:

- Urban landscape: Street Profile, Adjacent Land Use, Activity, Planting;
- Facility: Underground Utilities, Overhead Utilities;
- Soil: Surface Permeability, Ground Sinkhole;
- Water: Runoff Pathway, Runoff Speed and Volume;
- Environment : Runoff Purification, Garbage; and
- Socio-economy: Social Acceptance, Social Participation, Social Behavior, Security, Economic Feasibility.

Then a theoretical model of the disciplines and variables was developed. (Figure 2)

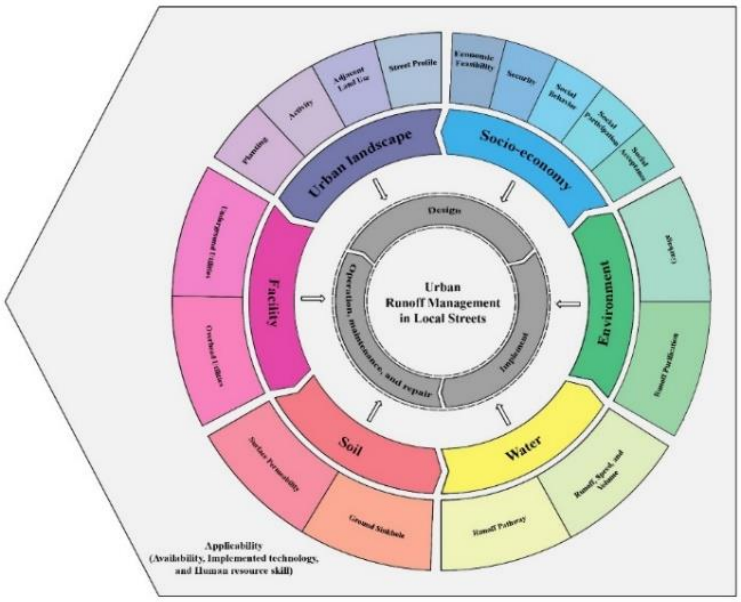


Figure 2. Proposed theoretical model of the disciplines and variables of implementing nature-based urban drainage approaches

Cross Impact Analysis with MicMac

To identifying of disciplines and main variables of the nature-based urban drainage approaches, and the role each variable plays in implementing these approaches in Tehran in the current situation, a questionnaire was designed based on the proposed theoretical model. To test the content validity of the questionnaire, *Content Validity Ratio* (CVR) was used. The formula of content validity ratio is CVR=(Ne - N/2)/(N/2), in which the Ne is the number of panelists indicating "essential" and N is the total number of panelists. The numeric value of content validity ratio is determined by *Lawshe Table*. In this research CVR=0.75 and the panel size was 8. Therefore, the questionnaire had face validity. 16 urban runoff drainage specialist from different disciplines answered the questionnaire. Then collected data analyzed by *Cross Impact Analysis (CIA)* method using *MicMac* software tool. Hence, the research approach of this paper is mixed qualitative and quantitative.

Discussion of Results

Using MicMac software, the runoff management variables have been categorized into four quarters based on their influential and dependence power. Cross-impact matrix multiplication applied to classification (MicMac) analysis of variables of implementation of landscape-based urban runoff management approach in local streets of Tehran

Analyzing figure 3 indicates:

- Influential variable (top left quarter): runoff speed and volume;
- Linkage variables (top right quarter): street profile, land use, activities, planting, and economic feasibility;
- Dependence variables (bottom right): Social Behavior, Security, and Surface Permeability;
- Autonomous variables (bottom left): Ground Sinkhole, Underground Utilities, Overhead Utilities, Runoff Pathway, and Runoff Purification; and
- Regulative variables (center): Garbage, Social Acceptance, and Social Participation.

Conclusion

The cross impact analizing results which taken by use of experts viewpoints and technically derived by MicMac, shown that ‘runoff speed and volume’ as influential variable with other five variables ‘street profile’, ‘land use’, ‘activities’, ‘planting’, and ‘economic feasibility’ as linkage variables that play important role in functionality and stability of nature-based methods, are the main variables which should be attended for runoff management in Tehran’s local streets. The results asserted the other

variables are not determinant and priority and don't play and important role in present situation. Overlapping the result of cross impact analyze and presented theoretical model in this research shows that water science discipline, because of runoff speed and volume defined as influential variable, and urban landscape discipline, according to determinant role of its variables on stability and function of nature-based approach, are two core disciplines which play an important role in implementation of nature based approach in local streets urban drainage. Also the results emphasis on use of economical knowledge for feasibility study of applying the mentioned methods. However should be considered that the result of research is just embraced the local streets of Tehran and could not be generalized for other type of streets and roads and for other cities.

محیط‌شناسی، دورهٔ ٤٨، شمارهٔ ٣، پاییز ١٤٠١، صفحهٔ ٣٢٣– ٣٤٤

تعیین مؤلفه‌های اثرگذار بر کاربست رویکردهای طبیعت محور در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران به کمک تحلیل اثر متقابل

پرستو عشرتی*[1]، محمد مطلّبی[2]

۱ گروه معماری، دانشکده معماری، دانشکدگان هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲ گروه مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱٤۰۱/۰٦/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۱/۰۲/۲۳

چکیده

رویکرد فعلی مدیریت رواناب در شهر تهران، رویکردی سازه‌محور است که هدف اصلی آن جمع‌آوری و انتقال رواناب به خارج از شهر است. این در حالی است که رویکردهای طبیعت‌محور بر جذب حداکثری آب در محل تأکید دارند و جهت محقق ساختن این هدف از نگاه بین‌رشته‌ای بهره می‌برند. این پژوهش جهت فراهم کردن زمینه کاربست رویکردهای طبیعت‌محور در معابر محلی تهران دو هدف اصلی را دنبال می‌کند: ۱) بازشناسی تخصص‌ها و مؤلفه‌های اصلی مرتبط با موضوع؛ ۲) تعیین نقش و نوع اثرگذاری هر مؤلفه در شرایط فعلی. در گام اول، واکاوی رویکردهای طبیعت‌محور به ارائه مدل نظری تخصص‌ها و مؤلفه‌های تحت پوشش آن‌ها انجامید. در گام دوم اثرات متقابل مؤلفه‌ها از نقطه‌نظر متخصصان با نرم افزار میک‌مک تحلیل گردید. نتایج نشان می‌دهد که در شرایط فعلی "سرعت و نرخ جریان" به عنوان مؤلفه تأثیرگذار مهم‌ترین نقش و مؤلفه‌های "پروفیل معبر"، "همجواری‌های معبر"، "فعالیت‌ها" و "پوشش گیاهی" و نیز "توجیه اقتصادی"، نقشی تعیین‌کننده در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران دارند؛ سایر مؤلفه‌ها یا تأثیرپذیر هستند یا در شرایط موجود از اولویت بالایی برخوردار نیستند. نتایج پژوهش بر کار بین‌دانشی بین تخصص‌های علوم آب و منظر شهری و همچنین اقتصاد جهت فراهم آوردن زمینه کاربست این رویکردها تأکید ویژه می‌نماید.

کلید واژه ها: رواناب شهری، رویکردهای طبیعت‌محور مدیریت رواناب، تحلیل اثر متقابل، معابر محلی، میک مک

سرآغاز

یکی از دلایل تشدید سیلاب‌های شهری، تغییراتی است که شهرسازی معاصر در پهنه طبیعی شهر پدید آورده است. شهرسازی معاصر با تغییر بخش وسیعی از سطوح طبیعی نرم، تراوا و نفوذپذیر به سطوح مصنوع سخت، ناتراوا و نفوذناپذیر، قابلیت جذب آب در محل را کاهش داده است. این در حالیست که رویکردهای نوین مدیریت رواناب در دنیا برخلاف دیدگاه سنتی که راهکار اصلی را جمع و دفع هرچه سریع‌تر آب‌های مازاد می‌دانست، متکی بر این است که رواناب شهری یک منبع آب برای استفاده مستقیم و یا منبعی برای کاهش فشار بر منابع آب شرب محدوده شهرها می‌باشد (Razmjooi et al., 2018؛ Mitchell et al, 2007). در حالی که موضوع آب در سال‌های اخیر در فصول گرم سال به یک بحـران تبدیل شـده است، در کلان‌شهـری مانند

* نویسنده مسئول
Email: eshrati@ut.ac.ir
DOI: 10.22059/JES.2022.340903.1008305
DOR: 20.1001.1.10258620.1401.48.3.3.0

تهران هر سال میلیون‌ها مترمکعب رواناب ناشی از بارندگی بدون استفاده از محیط شهری خارج می‌شود. با این وجود، در حال حاضر اقدامات شهرداری تهران در حوزه آب‌های سطحی مطابق رویکردی که در شش دهه اخیر پیگیری شده است، تنها در پی کنترل و هدایت آب‌های سطحی و انتقال آن به خارج از شهر است، بدون آن که استفاده مناسب و مؤثری از این فرصت صورت پذیرد. در این شرایط، نه تنها بازچرخانی آب و استفاده مطلوب از این رواناب صورت نمی‌گیرد، بلکه عدم توجه به رویکردهای نوین در بهره‌گیری از آب ناشی از بارندگی، تهدیداتی را هم برای شهر به وجود می‌آورد که از جمله آن‌ها می‌توان به جاری شدن سیلاب و آب‌گرفتگی معابر در اثر بارش و همچنین پایین رفتن سطح سفره آب‌های زیرزمینی در مناطق جنوبی شهر و تبعات آن از جمله فرونشست زمین اشاره کرد.

راه‌حل‌های طبیعت محور[1] به عنوان مجموعه‌ای از رویکردها به جایگزینی معتبر برای توسعه زیرساخت‌ها و به‌روزرسانی زیرساخت‌ها در شهرهایی تبدیل شده‌اند که رویکردهای جدید را در نظر می‌گیرند و افق زمانی و هزینه‌های خود را برای حفظ آن‌ها بازنگری می‌کنند (Santiago Fink, 2016). این راه‌حل‌ها طیف وسیعی از اقدامات، مانند حفاظت و مدیریت اکوسیستم‌های طبیعی و نیمه طبیعی، ادغام زیرساخت‌های سبز و آبی در مناطق شهری، و به کارگیری اصول مبتنی بر اکوسیستم در سیستم‌های کشاورزی را در بر می گیرد (Seddon et al., 2020). از این رو استفاده از رویکردهای طبیعت محور در مدیریت رواناب شهری می‌تواند به عنوان پاسخی برای حل این مشکلات برشمرده شود. رویکردها و روش‌های مختلفی در کشورهای مختلف برای مدیریت رواناب مبتنی بر راه‌حل‌های طبیعت محور به کار می‌رود که وجوه مشترک بسیاری نیز دارند تا آن جا که گاه در منابع معتبر بیان شده است که برخی از این اصطلاحات معادل یکدیگر هستند و صرفاً در موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت پدید آمده و توسعه پیدا کرده‌اند. «صرف نظر از ویژگی و تفاوت‌های خاص، همه رویکردها معمولاً مبتنی بر تعریف مفهومی یکسان هستند: جایگزینی سیستم زهکشی موجود در حوزه‌های شهری یا ایجاد سیستم زهکشی جدید با استفاده از اقدامات و عناصری که پیرو یا پشتیبان محیط طبیعی است» (Vasilevska and Vasilevska, 2018). در ادامه برخی از این رویکردها که در کشورهای مختلف با اسامی و عناوین مختلفی به کار رفته، به عنوان پیشینه موضوع ارائه گردیده است.

- **تکنیک‌های جایگزین**[2]– این اصطلاح در اوایل دهه ۱۹۸۰ در کشورهای فرانسه زبان و در برخی از کشورهای دیگر برای توضیح روش جدید زهکشی شهری که جایگزین رویکرد سنتی دفع سریع[3] رواناب گردید، مورد استفاده قرار گرفت (STU, 1981 به نقل از Fletcher et al., 2015)
- **سیستم‌های زهکشی پایدار**[4] **و سیستم‌های زهکشی پایدار شهری**[5]– این سیستم‌های زهکشی از دهه ۱۹۹۰ در انگلستان به عنوان یک رویکرد مدیریت سیلاب به کار برده شد. این رویکرد بر دو معیار میزان آب (جاری شدن سیل)، کیفیت آب (آلودگی) استوار است و با مجموعه‌ای از شیوه‌های مدیریتی، امکانات کنترل و راهبردهای طراحی شده را برای تخلیه کارآمد و مؤثر آب‌های سطحی، ضمن کاهش آلودگی به کمترین حد ممکن و مدیریت تأثیر کیفیت بر روی آب‌های محلی در نظر می‌گیرد (Vasilevska and Vasilevska, 2018).
- **توسعه کم اثر**[6]– روش‌های توسعه کم اثر که برای اولین بار در دهه ۱۹۹۰ در پاسخ به اثرات پرهزینه اقتصادی و محیط زیستی روش‌های متداول مدیریت سیلاب توسعه یافت، یکی از پیشرفت‌های اخیر در مدیریت سیلاب محسوب می‌شود (PGCo, 1999 به نقل از Zahmatkesh et al., 2015). بر خلاف طراحی سنتی سیستم سیلاب، رویکرد توسعه کم اثر با دقت بیشتری از طراحی سایت در مراحل برنامه‌ریزی حمایت می‌کند. هدف از طراحی سایت با روش‌های توسعه کم اثر حفظ هر چه بیشتر سایت در شرایط دست نخورده است و در مواردی که دخل و تصرف ضرورت دارد، کاهش تأثیرگذاری بر

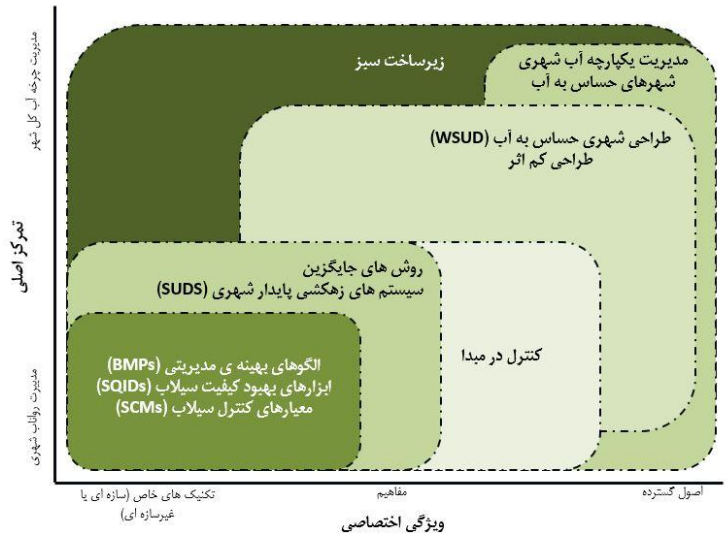
خاک، پوشش گیاهی و سیستم‌های آبی در سایت، مدنظر می‌باشد (Dietz, 2007).

- **بهترین اقدامات مدیریتی**[۷]- در آمریکای شمالی (در درجه اول ایالات متحده و کانادا) از این اصطلاح برای توصیف نوعی از اقدام یا رویکرد ساختاری در جهت جلوگیری از آلودگی استفاده می‌شود. در ایالات متحده، این اصطلاح به عنوان بخشی از قانون آب تمیز[۸] در سال ۲۰۱۱ که پیش‌نویس آن در سال ۱۹۷۲ تهیه شده بود، وضع شد. در مورد زهکشی شهری، این اصطلاح سابقه تاریخی در مدیریت فرآیندهای تصفیه فاضلاب دارد و در درجه اول بر روی اقدامات غیرسازه‌ای (به عنوان مثال آموزش اپراتور ، نگهداری و روش‌های استاندارد عملکرد) متمرکز شده است. در حالی که در آن زمان فعالیت‌ها بر بهره‌برداری از سیستم‌های متمرکز تصفیه‌خانه فاضلاب معطوف بود. "بهترین اقدامات مدیریتی" مانند حوضچه‌های خشک و مرطوب، روسازی متخلخل و بسیاری از روش‌های دیگر به طور گسترده‌ای برای کاهش حجم رواناب و غلظت رسوبات و مواد مغذی در رواناب مورد استفاده قرار می گیرند (Hoss et al., 2016).
- **طراحی شهری حساس به آب**[۹]- اصطلاح طراحی شهری حساس به آب که در دهه ۱۹۹۰ در استرالیا رواج یافت، معرف «یک رویکرد فلسفی در برنامه‌ریزی و طراحی شهری است که در پی به حداقل رساندن تأثیرات آبی توسعه‌های شهری در محیط پیرامون است. مدیریت سیلاب زیرمجموعه طراحی شهری حساس به آب به منظور کنترل سیلاب، مدیریت جریان، بهبود کیفیت آب و فراهم کردن فرصت‌های استفاده از آب سیلاب به عنوان مکمل آب برای استفاده غیرشرب است» (Lloyd, 2001: 2).
- **زیرساخت سبز**[۱۰]- اصطلاح زیرساخت سبز برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ در فلوریدا در گزارشی از استراتژی‌های حفاظت از اراضی به فرماندار فلوریدا ابلاغ شد و در پی آن بود که بر اهمیت این موضوع تأکید نماید که سیستم‌های طبیعی بخشی از "زیرساخت" را شکل می‌دهند که به اندازه زیرساخت‌های مصنوع اهمیت دارند. از آن‌جا که یک اتفاق نظر جمعی درباره برنامه‌ریزی زیرساخت‌های خاکستری وجود دارد، ایده ایجاد برنامه‌ریزی برای حفظ یا احیای منابع طبیعی یا همان "زیرساخت‌های سبز" کمک کرد تا اهمیت آن را در برنامه‌ریزی آشکار گردد (Firehock, 2010: 1). به این ترتیب اصطلاح زیرساخت سبز که در دهه ۱۹۹۰ در امریکا پدید آمد، دامنه‌ای فراتر از سیلاب دارد و گاه در نقطه مقابل زیرساخت مصنوع (مانند راه و تأسیسات آب و برق) قرار می‌گیرد (یاوری، یزدان پناه، زبردست، و آل محمد، ۱۳۹۴).
- **زیرساخت سبز – آبی**[۱۱]- مفهوم زیرساخت سبز و آبی شامل عناصرهای آبی و عملکرد آن‌ها در زیرساخت سبز است و بیشتر توسط حرفه‌مندان و محققان در مطالعات هیدرولوژی و مهندسی و همچنین در چارچوب های تحقیقاتی سازگاری با اقلیم و تاب‌آوری استفاده می‌شود (Ghofrani et al., 2017 & Fletcher et al., 2014). زیرساخت سبز- آبی به عنوان یک مفهوم چتر، ارتباط نزدیکی با مفهوم "زیرساخت سبز" دارد و تنها محدود به فضاهای شهری نیست و می‌تواند در مقیاس‌ها و زمینه‌های مختلف برنامه‌ریزی مانند برنامه‌ریزی شهری، پیرا شهری، منطقه‌ای و روستایی مورد توجه قرار گیرد (Ghofrani et al., 2017).
- **شهر اسفنجی**[۱۲]- اصطلاح شهر اسفنجی یک اصطلاح در حوزه زهکشی شهری است که معادل ترمینولوژی‌هایی مانند زیرساخت سبز و طراحی شهری حساس به آب است اما محدود به مفاهیم زهکشی شهری نیست، بلکه شامل جنبه‌های برنامه‌ریزی شهری، منظر و موارد دیگر نیز می‌باشد. این رویکرد در هلند مطرح شده اما در چین توسعه یافته و به شکل یک برنامه عملیاتی بزرگ مقیاس در حال انجام است. مفهوم شهر اسفنجی اولاً اتخاذ و توسعه مفهوم توسعه کم اثر است که کنترل مؤثر رواناب شهری را بهبود می‌بخشد، و به طور موقت ذخیره،

بازیافت و تصفیه رواناب را انجام می‌دهد. ثانیاً، سیستم‌های زهکشی سنتی را با استفاده از زیرساخت‌های مقاوم‌تر در برابر سیل (مانند ساخت مخازن و تونل‌های ذخیره‌سازی آب زیرزمینی) ارتقا و استانداردهای فعلی حفاظت از زهکشی و سیستم‌های توسعه کم اثر را برای جبران دبی‌های اوج و کاهش رواناب اضافی توسعه می‌هد. ثالثاً، سطوح آبی طبیعی (مانند تالاب‌ها و دریاچه‌ها) را یکپارچه‌سازی کرده و اهداف چندمنظوره در طراحی زهکشی (مانند بهبود خدمات اکوسیستمی) را تشویق می‌کند در حالی که منابع آب مصنوعی و فضاهای سبز بیشتری را برای تأمین ارزش رفاهی بالاتر فراهم می‌کند (Shun Chan et al., 2018).

بررسی رویکردهای نوین از سال‌های ابتدای پیدایش در دهه ۶۰ میلادی تا کنون نشان از افزایش یکپارچه‌سازی و پیچیدگی مدیریت زهکشی شهری در گذر زمان دارد. از دیگر نکاتی که از این سیر تحول قابل برداشت است، در نظر گرفتن رواناب به عنوان منبع آب در سال‌های اخیر است. بررسی رویکردهای مختلف ارائه شده در متون تخصصی و همچنین تجارب کشورهای مختلف در به کارگیری این رویکردها مشخص می‌سازد اولاً با وجود تفاوت در عناوین و مفاهیم مورد استفاده، در مجموع بخش زیادی از تکنیک‌های اجرایی پیشنهاد شده در رویکردهای طبیعت‌محور دارای همپوشانی هستند و ثانیاً در تبیین این رویکردها طیف متنوعی از دانش‌ها و تخصص‌ها به کار گرفته شده است که بسیاری از آن‌ها بر خلاف باور جاری در کشور، در حوزه تخصص‌های عمرانی و سازه‌ای نیست.

فلچر در سال ۲۰۱۵ در یک مقاله که با همکاری گروهی از متخصصان حوزه‌های مختلف مرتبط با موضوع رواناب از کشورهای مختلف در مورد سیر تحول رویکردها و ترمینولوژی‌های مرتبط با موضوع زهکشی شهری به رشته تحریر درآورده است، جایگاه این رویکردها را نسبت به هم در قالب یک نمودار تبیین کرده است (Fletcher et al., 2015). لازم به ذکر است که در پژوهش مذکور برخی رویکردهای متأخر مانند شهر اسفنجی مورد توجه قرار نگرفته است. از این رو همان گونه که خود اذعان داشته‌اند این نمودار در گذر زمان امکان تغییر دارد؛ اما با نظر به این که رویکردهای متأخر مانند شهر اسفنجی هنوز به طور کامل تبیین نشده‌اند، امکان بازنگری نمودار مذکور میسر نیست. شکل ۱ نمودار طبقه‌بندی اصطلاحات زهکشی شهری از سوی ایشان را نشان می‌دهد. بر این اساس در گذر زمان تمرکز رویکردها از مدیریت رواناب به مدیریت کل چرخه آب شهری و از تکنیک‌های سازه‌ای و غیرسازه‌ای به مفاهیم گسترده‌تر حرکت کرده است.



شکل ۱. طبقه‌بندی احتمالی از اصطلاحات زهکشی شهری، با توجه به ویژگی اختصاصی و تمرکز اصلی آن‌ها. این طبقه‌بندی ممکن است با گذشت زمان تغییر کند؛ منبع: (Fletcher et al., 2014: 11)

با توجه به توصیه طرح جامع مدیریت آب‌های سطحی- که سند بالادستی مدیریت رواناب در شهر تهران برشمرده می‌شود- بهره‌گیری از روش‌ها و تکنیک‌های نوین در مدیریت رواناب در کلیه عناصر شهری با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی، شیب و توپوگرافی شهر تهران امری ضروری می‌باشد. در جلد هشتم این طرح به ضرورت و مبانی نظری رویکردهای نوین و طبیعت‌محور در مدیریت رواناب‌های شهری پرداخته شده است و شیوه‌های نوین کنترل رواناب‌های سطحی مبتنی بر رویکرد توسعه کم اثر به تفصیل از نظر کاربرد، مزایا و معایب مورد بررسی قرار گرفته است؛ علاوه بر این‌ها موضوع کیفیت آب ناشی از رواناب و نحوه استفاده از آن نیز مورد توجه قرار گرفته است (Tehran Surface Water Management Master Plan, 2011). ذکر موارد فوق در مطالعات طرح جامع آب‌های سطحی شهر تهران به خوبی نشان می‌دهد نویسندگان این طرح اشراف نسبتاً کاملی به روش نوین توسعه کم اثر داشته‌اند اما بررسی سایر جلدهای این طرح نشان می‌دهد نویسندگان و طراحان تهیه کننده، علی‌رغم اطلاع از این روش نوین، مجدداً به همان روش‌های سازه‌ای معمول در سایر طرح‌ها و ضوابط روی آورده و در نهایت آن چه حاصل شده است تفاوت کمی و کیفی قابل توجهی نسبت به وضعیت موجود در ارتباط با بازچرخانی آب و استفاده بهینه از رواناب‌های سطحی - برگرفته از نگرش‌های طبیعت محور- ندارد. علاوه بر وجود این ضعف در اسناد بالادستی مدیریت رواناب در شهر تهران، موضوع مدیریت رواناب شهری در ایران عمدتاً به عنوان مسأله‌ای تک‌ساحتی و سازه‌محور مورد توجه قرار گرفته است. این در حالی است که مدیریت رواناب شهری مبتنی بر رویکردهای نوین طبیعت محور ماهیتی بین‌دانشی دارد (Shuster et al., 2008).

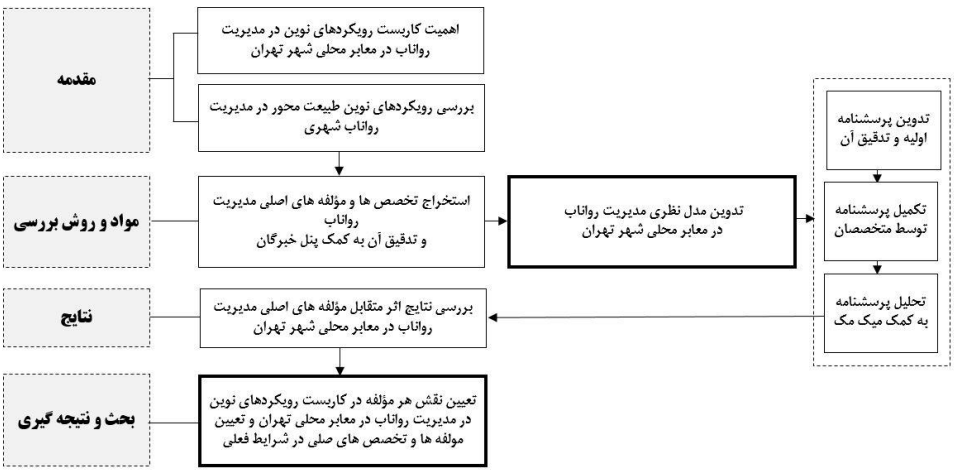
بررسی راهنماها و دستورالعمل‌های مدیریت رواناب در کشورهای مختلف نیز نشان از اهمیت نگاه بین‌رشته‌ای در همه آن‌ها دارد. به عنوان مثال راهنماهای ایالات متحده امریکا و کانادا درباره رویکرد توسعه کم اثر مانند راهنمای طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت سیلاب توسعه کم اثر، ۲۰۱۰؛ راهنمای کیفیت سیلاب کانکتیکات، ۲۰۰۴؛ راهنمای بهترین اقدامات مدیریتی پنسیلوانیا، ۲۰۰۶؛ گروه کیفیت محیط می‌سی‌سی‌پی، ۲۰۱۱؛ راهنمای مدیریت سیلاب فیلادلفیا، ۲۰۱۴؛ راهنمای کیفیت آب سیلاب: راهکارهای طراحی یکپارچه برای توسعه شهری، ۲۰۱۸؛ و کتابچه راهنمای رویکردهای توسعه کم اثر، ۲۰۲۱ (Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guid, 2010; Connecticut Stormwater Quality Manual, 2004; Pennsylvania Stormwater BMP Manual, 2006; Mississippi Department of Environmental Quality, 2011; Philadelphia Stormwater Management Guidance Manual, 2014; Sacramento Region, 2018; Low Impact Development Approaches Handbook, 2021) سترالیا درباره رویکرد طراحی شهری حساس به آب مانند راهنمای مدیریت سیلاب برای استرالیای غربی، ۲۰۰۷؛ ارزیابی گزینه‌ها برای طراحی شهری حساس به آب: راهنمای ملی، ۲۰۱۲؛ و آب ملبورن، ۲۰۱۳ (Storm water Management Manual for Western Australia, 2007; Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design: A National Guide, 2012; Melbourne Water, 2013)، سنگاپور در حوزه سیستم‌های زهکشی شهری شامل آژانس آب ملی، ۲۰۱۳، ۲۰۱۴، و ۲۰۱۸ (National Water Agency, 2013, 2014, 2018)، و انگلستان در زمینه زیرساخت سبز (Green Infrastructure Guidance, 2009) همگی بر ضرورت نگاه بین دانشی در تدوین و کاربست راهنماها و دستورالعمل‌ها تأکید دارند. این در حالی است که در ایران این موضوع مغفول مانده و نگاه جامع بین‌رشته‌ای نسبت به آن وجود ندارد.

این امر یکی از دلایلی است که تحقق‌پذیری رویکرهای طبیعت محور در ایران را در حال حاضر با مشکل روبرو ساخته است. چرا که فقدان چنین نگاه بین‌دانشی هم در اسناد بالادستی ملاک عمل، هم در بدنه مدیریت شهری و هم در میان متخصصان امر باعث شده است که در عمل هر حوزه دانشی از زاویه دید خود به موضوع وارد شود و کار گروهی یکپارچه به دلیل اختلاف نظرها کمتر تحقق یابد. علاوه بر این، آگاهی ناکافی از تخصص‌های دخیل در حوزه مدیریت

رواناب شهری باعث شده است که برخی از دانش‌ها مورد غفلت واقع گردند یا جایگاهشان به درستی مشخص نباشد.

مدیریت رواناب با رویکردهای طبیعت محور در مقیاس‌های مختلف قابل طرح است. مقیاس مورد نظر در این مقاله "معابر محلی" در نظر گرفته شده است، و محدوده پژوهش مناطق ۲۲گانه شهر تهران می‌باشد. چرا که چنان که ذکر آن رفت در تهران هر سال میلیون‌ها مترمکعب رواناب ناشی از بارندگی بدون استفاده از محیط شهری خارج می‌شود که بخش عمده آن روانابی است که در سطوح معابر جریان می‌یابد و در این میان معابر محلی نقطه مبدأ بخش زیادی از رواناب جاری شده در شهر هستند. در پژوهش حاضر معابر محلی به معابری اطلاق می‌گردد که در طراحی و بهره‌برداری از آن‌ها نیازهـای وسـایل نقلیـه و عابران پیاده، با اهمیت یکسان در نظر گرفته می‌شود. معابر محلی خیابان‌های محلی و کوچه‌ها را دربرمی‌گیرد و عرض معبر معمولاً حداکثر ۱۲ متر است. این معابر از طریق خیابان‌های جمع و پخش‌کننده به خیابان‌های شریانی اصلی متصل می‌شوند. از آنجا که در ایران تاکنون پژوهش عمیقی در ارتباط با امکان‌سنجی کاربرد رویکردهای مختلف مبتنی بر راه‌حل‌های طبیعت‌محور صورت نگرفته، در این پژوهش از ملاک عمل قراردادن یک رویکرد خاص خودداری شده است و در عوض تلاش شده تا با یک نگاه جامع، تمامی رویکردهای طبیعت محور – که بسیاری از آن‌ها در عمل از تکنیک‌های مشابه استفاده می‌کنند- مورد توجه قرار گیرد.

این مقاله در پی آن است که در گام نخست، به بازشناسی "تخصص"های اصلی مرتبط با موضوع مدیریت رواناب شهری با رویکردهای طبیعت محور و "مؤلفه"هایی که هر یک از این تخصص‌ها باید در طراحی روش‌های مدیریت رواناب در معابر محلی مورد توجه قرار دهند، بپردازد. تا از این رهگذر بتواند در مسیر تحقق نگاه بین‌دانشی در کاربست رویکردهای نوین در مدیریت رواناب در معابر محلی، گامی عملی بردارد. در گام دوم تعیین نماید که در شرایط فعلی نقش هر یک از این مؤلفه‌ها در کاربست این رویکردها و طراحی روش‌های مبتنی بر آن‌ها در معابر محلی شهر تهران چیست و کدام مؤلفه‌ها اثرگذاری بیشتری دارند. شکل ۲ ساختار شکلی پژوهش حاضر را نمایش می‌دهد.



شکل ۲. ساختار شکلی پژوهش؛ منبع: (نگارندگان)

مواد و روش بررسی

همان طور که در سرآغاز بیان گردید محدوده این پژوهش معابر محلی شامل خیابان‌های محلی و کوچه‌ها واقع در محدوده قانونی مناطق ۲۲ گانه شهر تهران صورت پذیرفته است. بدیهی است در محدوده شهر تهران، به دلایل ژئومورفولوژیکی و شهرسازانه، انواع مختلفی از معابر محلی از نظر پروفیل عرضی و طولی و ویژگی‌های محیط پیرامونی وجـود دارنـد که در این پـژوهش تمامـی آن‌ها مـورد توجه

می‌باشد.

- تعیین تخصص‌ها و مؤلفه‌های مرتبط با مدیریت آب سطحی به کمک پنل خبرگان

تعیین دانش‌های مرتبط با مدیریت آب سطحی در معابر محلی در این پژوهش، بر نتایج حاصل از بررسی رویکردهای نوین و راهنماهای آن‌ها در سطح بین المللی استوار گردید. بر این اساس، در گام اول "تخصص"های اصلی مرتبط با موضوع شناسایی و در گام دوم حوزه‌هایی که هر یک از این تخصص‌ها باید پوشش دهند، تعیین شد. این حوزه‌ها در واقع "مؤلفه"هایی هستند که در مدیریت بین‌دانشی رواناب شهری باید مورد توجه قرار گیرند. تخصص‌ها و مؤلفه‌ها در قالب یک مدل نظری اولیه شامل ۵ تخصص و ۱۲ مؤلفه تدوین گردید.

در گام بعدی برای تدقیق مدل نظری اولیه از پنل خبرگان بهره برده شد. برای مشخص کردن خبرگان از روش گلوله برفی استفاده شده و سعی شد هم جامعه دانشگاهی، هم جامعه حرفه‌ای و هم بدنه مدیریت شهری در حوزه‌های دانشی مختلف را در برگیرد. به این ترتیب سه جلسه هر کدام به مدت ۲ ساعت با حضور ۸ نفر از خبرگان موضوع به هدف تدقیق مدل نظری اولیه تشکیل گردید. پیش از نخستین جلسه هدف پژوهش و نیز هدف برگزاری پنل خبرگان و همچنین مدل نظری اولیه به صورت مکتوب در اختیار اعضای پنل خبرگان قرار گرفت. علاوه بر آن در ابتدای جلسه اول که به صورت حضوری برگزار گردید، هدف کلی پژوهش که تدقیق تخصص‌ها و مؤلفه‌های تحت پوشش هر یک از آن‌ها با نگاه بین‌رشته‌ای به منظور کاربست رویکردهای نوین در مدیریت آب سطحی در معابر محلی تهران بود، برای اعضای پنل تشریح گردید و ساختار مدل نظری توضیح داده شد. در جلسه در زمینه تخصص ها و مؤلفه های تحت پوشش هر یک و نیز همپوشانی‌های احتمالی تبادل نظر گردید. ادامه موضوع در جلسات دوم و سوم مورد بحث قرار گرفت. لازم به ذکر است جلسات دوم و سوم به دلیل محدودیت‌های ناشی از همه‌گیری کرونا به صورت مجازی برگزار گردید. در نهایت مبتنی بر مباحث مطروحه در جلسات به مدل نظری اولیه یک تخصص اضافه گردید و مؤلفه های تحت پوشش هر یک بازنگری و اصلاح گردید. مبتنی بر خروجی جلسات ۶ تخصص اصلی و ۱۷ مؤلفه مرتبط با آن‌ها به شرح زیر شناسایی شد:

- **منظر شهری** (شامل موضوعات پروفیل عرضی و طولی، همجواری، فعالیت، و پوشش گیاهی)
- **تأسیسات** (شامل موضوعات تأسیسات روزمینی و زیرزمینی)
- **علوم خاک** (شامل موضوعات نفوذپذیری و نشست‌پذیری)
- **علوم آب** (شامل موضوعات خط جریان، سرعت، حجم و نرخ جریان)
- **محیط زیست** (شامل موضوعات پالایش -آلودگی‌های آب و هوا و خاک- و پسماند)
- **اجتماعی- اقتصادی** (شامل موضوعات پذیرش اجتماعی، مشارکت اجتماعی، رفتارهای اجتماعی، امنیت، توجیه اقتصادی)

تعاریف مؤلفه‌های تحت پوشش هر تخصص -در ارتباط با موضوع این پژوهش- مبتنی بر مطالعات انجام شده درباره رویکردهای نوین و نیز نظرات اخذ شده در جلسات پنل خبرگان به شرح زیر است:

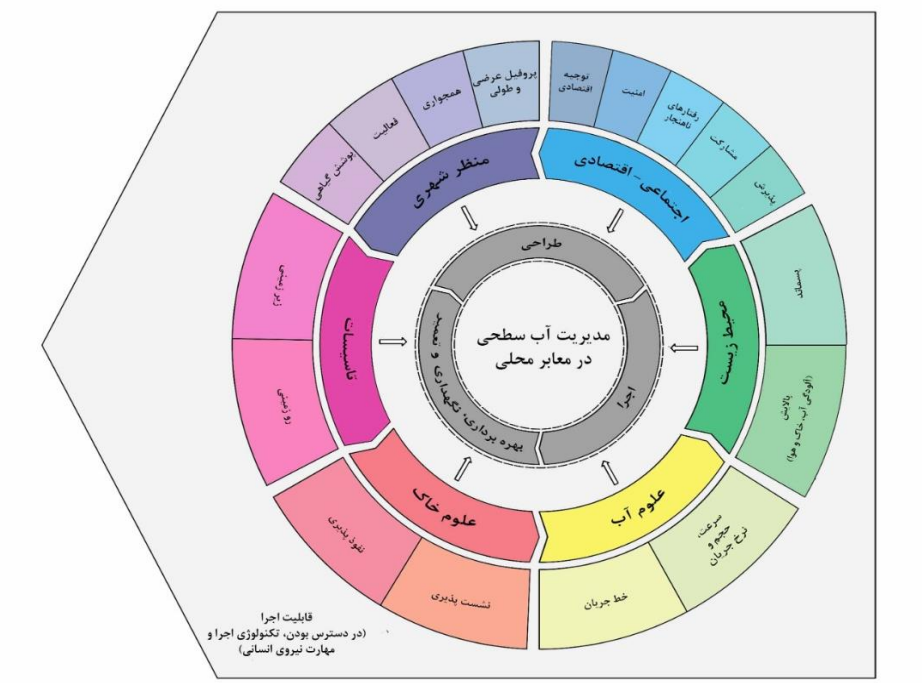
- **پروفیل معبر**: عبارت است از پروفیل عرضی (نمودار ترسیمی تغییرات ارتفاعی زمین در امتداد عرض معبر و تا انتهای محدوده پیاده‌رو در دو طرف آن) و پرفیل طولی. در پروفیل عرضی، محل لبه‌های پیاده‌رو و سواره‌رو، جوی یا کانال حاشیه معبر و باغچه کنار معبر (در صورت وجود) نشان داده می‌شود و در پروفیل طولی عمدتاً شیب طولی معبر مد نظر است.
- **همجواری**: منظور از همجواری، کاربری‌هایی هستند که در جداره معبر وجود دارند (مانند ساختمان مسکونی، اداری، واحدهای تجاری، محوطه، پارک و...).
- **فعالیت**: منظـور از فعالیت، فعالیت‌هایـی است که در داخل محدوده معبر اتفاق می‌افتد (پارک خودرو، نشستن روی نیمکت، دوچرخه‌سواری، حرکت و مکث پیاده و ...)

- **پوشش گیاهی:** تمامی تیپ‌ها و انواع گونه های گیاهی که در حاشیه یا رفوژ میانی معبر وجود دارد.
- **تأسیسات زیرزمینی:** کلیه تأسیساتی که در زیر سطح معبر استقرار یافته‌اند (مانند لوله آب، لوله گاز، لوله فاضلاب، کابل برق و...)
- **تأسیسات روزمینی:** کلیه تأسیساتی که در بالای سطح معبر استقرار یافته‌اند (مانند کافوها، خطوط انتقال برق و مخابرات و ...)
- **نفوذپذیری معبر:** منظور از نفوذپذیری معبر، میزان قابلیت سطح معبر برای نفوذ و رسوخ رواناب به سطوح زیرین است.
- **نشست‌پذیری معبر:** منظور از نشست‌پذیری معبر، میزان قابلیت سطح معبر برای نشست به دلیل وجود تخلخل زیاد در زیراساس یا لایه‌های طبیعی زیر آن است.
- **خط جریان:** منظور از خط جریان، جهت و مسیری است که آب ناشی از بارش پس از جاری شدن در سطح معبر طی می‌کند.
- **سرعت و نرخ جریان:** منظور از این عبارت، سرعت و میزان رواناب جاری شده در سطح معبر است.
- **پالایش آلودگی‌ها:** منظور از این عبارت، حذف آلاینده‌های مختلف از رواناب جاری شده در سطح معبر با هر روش و با هر وسیله‌ای می‌باشد.
- **پسماند:** منظور از پسماند، زباله‌های ریخته شده و تجمع یافته در سطح معبر و در مسیر حرکت رواناب می‌باشد.
- **پذیرش اجتماعی:** منظور از پذیرش اجتماعی، پذیرش تغییر رویکرد در مدیریت رواناب‌های سطحی توسط مدیریت شهری، نهادهای حرفه‌ای، کارشناسان و متخصصان و عموم مردم می‌باشد.
- **مشارکت اجتماعی:** منظور از مشارکت اجتماعی، همدلی و همراهی تمامی نهادها و سازمان‌های دخیل در مدیریت رواناب‌های شهری و همچنین عموم مردم در اجرایی‌شدن رویکردهای نوین مدیریت رواناب می‌باشد.
- **رفتار اجتماعی:** منظور هرگونه رفتار شهروندان است که عملکرد ساختارهای فیزیکی مدیریت رواناب در سطح معبر را تحت تأثیر قرار دهد (از جمله ریختن یا نریختن زباله، وندالیسم و ...).
- **امنیت:** منظور امنیت و ایمنی معبر برای عبور و مرور مردم بدون توجه به سن، جنس و وضعیت سلامتی آن‌ها و نوع وسیله نقلیه در ساعات مختلف شبانه‌روز است.
- **توجیه اقتصادی:** منظور از توجیه اقتصادی، عملی بودن رویکرد نوین و تناسب هزینه-فایده با توجه به توانایی مالی نهادهای مجری می‌باشد.

لازم به ذکر است که چنین تقسیم‌بندی و مرزبندی دانشی و مؤلفه‌های تحت پوشش هر تخصص با هدف تحقق‌پذیر ساختن تعیین مؤلفه‌های مؤثر در مدیریت رواناب در معابر محلی در حوزه نظری انجام شده است تا از طریق آن زیربنایی جهت کار عملی فراهم آید. از این رو در این مقاله از همپوشانی‌های احتمالی بین این تخصص‌ها و مؤلفه‌ها چشم‌پوشی شده است تا امکان محقق شدن هدف مذکور فراهم گردد. تمامی این تخصص‌ها و مؤلفه‌های مرتبط با حوزه دانشی آن‌ها در هر سه مرحله اصلی مدیریت رواناب شهری شامل "طراحی"، "اجرا"، و "بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر" حضور و مشارکت دارند. لازم به ذکر است مدیریت رواناب شهری همواره منوط به در نظر داشتن متغیر تأثیرگذاری است که در این پژوهش تحت عنوان "قابلیت اجرا" نام‌گذاری گردیده است؛ قابلیت اجرا در دسترس بودن مصالح و تجهیزات، تکنولوژی اجرا، و مهارت نیروی انسانی را در بر می‌گیرد. با در نظر داشتن این متغیر است که این نتیجه حاصل می‌گردد که الزاماً تجربیات موفق جهانی در بستر زمانی و مکانی فعلی شهر تهران قابلیت کاربرد ندارد.

شکل ۳ مدل نظری تخصص‌ها و مؤلفه‌های مرتبط با حوزه دانشی هر یک از آن‌ها در مدیریت رواناب شهری در معابر محلی را نمایش می‌دهد. این مدل از سه حلقه درونی (مراحل سه‌گانه)، میانی (تخصص‌های شش‌گانه)، و بیرونی (مؤلفه‌های هفده‌گانه) شکل یافته است که دور یک هسته مرکزی قرار گرفته‌اند. "مؤلفه"های نمایش داده شده در حلقه

بیرونی توسط "تخصص"های نمایش شده در حلقه میانی در مراحل سه گانه "طراحی"، "اجرا"، و "بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر" که در حلقه درونی نمایش داده شده است، به گونه‌ای لحاظ می‌شود که مدیریت کمیت و کیفیت آب سطحی محقق گردد.



شکل ۳. مدل نظری تخصص‌ها و مؤلفه های مرتبط با حوزه دانشی هر یک از آن‌ها در مدیریت رواناب در معابر محلی با رویکردهای طبیعت محور منبع: (نگارندگان)

- تشکیل ماتریس اثر متقابل و تحلیل آن به کمک نرم‌افزار میک مک

در گام بعدی پژوهش، با توجه به ماهیت چندگانه و بین رشته‌ای موضوع، برای تعیین نقش هر یک مؤلفه‌های هفده‌گانه مؤثر در کاربست رویکردهای نوین طبیعت محور در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران و نیز مشخص کردن این که کدام مؤلفه‌ها در شرایط حاضر اثرگذاری بیشتری دارد، از روش "تحلیل اثر متقابل" بهره برده شد. تحلیل اثر متقابل به عنوان نوعی روش تحلیل ساختاری به دنبال مشخص کردن متغیرهای کلیدی (آشکار یا پنهان) به منظور دریافت نظرات و تشویق مشارکت‌کنندگان و ذی‌نفعان در مورد جوانب و رفتارهای پیچیده و غیرقابل پیش‌بینی یک سیستم است. این روش ابزاری است برای پیوند عقاید و تفکرات که از طریق ماتریس ارتباط تمامی متغیرهای سیستم (ماتریس اثر متقابل)، به توصیف و شناسایی سیستم می‌پردازد. توانایی این مدل در شناسایی روابط بین متغیرها و در نهایت شناسایی متغیرهای کلیدی مؤثر در تکامل سیستم است (Rabani, 2012). روش تحلیل اثر متقابل این قابلیت را دارد که با در نظر گرفتن تأثیر احتمالی متغیرها بر یکدیگر، بر محدودیت‌های پیش‌بینی یک به یک فائق آید (Hajiani, 2017: 281).

در این پژوهش متغیرهای مورد سنجش به روش تحلیل اثر متقابل همان مؤلفه‌های هفده‌گانه مؤثر در مدیریت رواناب در معابر محلی شهر تهران می‌باشد. برای شناسایی نقش هر یک از مؤلفه‌های از ماتریس اثر متقابل استفاده شد. در این ماتریس میزان ارتباط دو مؤلفه به صورت کمی و با استفاده از اعداد بین صفر تا ۳ تعیین گردید. بدین صورت که عدد صفر به معنی عدم وجود ارتباط بین دو مؤلفه و عدد ۳ به معنی وجود ارتباط قوی بین دو مؤلفه است:

- ۰= ارتباطی وجود ندارد
- ۱= ارتباط ضعیف

- ۲= ارتباط متوسط
- ۳= ارتباط قوی

مبتنی بر این ماتریس پرسشنامه‌ای تنظیم شد. برای سنجش روایی محتوایی پرسشنامه مذکور از روش "نسبت روایی محتوایی"[۱۳] بهره برده شد. این نسبت توسط لاوشه[۱۴] طراحی شده است. جهت محاسبه این نسبت از نظرات کارشناسان متخصص در زمینه محتوای پرسشنامه مورد نظر استفاده می‌شود (Lawshe, 1975). بر این اساس ابتدا اهداف پرسشنامه برای گروه ۸ نفره خبرگان توضیح داده شد و تعاریف عملیاتی مربوط به محتوای سؤالات بیان گردید. با نظر به این که از نظرات این خبرگان در گام پیشین پژوهش که تدقیق مدل نظری بود، بهره برده شده بود، این مرحله نیاز به توضیحات کمی داشت. سپس از آن‌ها خواسته شد تا میزان ارتباط هر یک از سؤالات پرسشنامه با آنچه که قصد پرسش آن را دارد، به شرح زیر طبقه‌بندی نمایند:

- ۱= گویه ضرورتی ندارد.
- ۲= گویه مفید است ولی ضروری نیست.
- ۳= گویه ضروری است.

پس از گردآوری دیدگاه خبرگان با استفاده از رابطه زیر روایی محتوایی محاسبه گردید:

$$CVR = \frac{ne - (N/2)}{N/2}$$

تعداد کل متخصصان=N

تعداد متخصصانی که گزینه ضروری را انتخاب کردند =ne

CVR=0.75 حاصل گردید که روایی محتوایی پرسشنامه را تأیید نمود.

پس از تدوین پرسشنامه، پنل خبرگان تشکیل گردید. در انتخاب افراد پنل خبرگان معیارهای پیش رو مد نظر قرار داده شد:

- یک) دارا بودن سابقه تدریس دانشگاهی و/ یا دارای سابقه کار حرفه‌ای و/یا دارای سابقه پژوهشی در حوزه مورد نظر؛
- دو) دارا بودن یکی از تخصص‌های شش‌گانه مبتنی بر درخت دانش شامل منظر شهری، تأسیسات، علـوم خاک، علوم آب، محیط زیست، و علوم اجتماعی؛ و
- سه) دارا بودن سطحی از خبرگی در مقیاس ملی در حوزه مورد نظر.

برای مشخص کردن خبرگان از روش گلوله برفی استفاده شده و سعی شد هم جامعه دانشگاهی، هم جامعه حرفه‌ای و هم بدنه مدیریت شهری را در برگیرد؛ نمایندگان بخش‌های مختلف شهرداری تهران شامل معاونت فنی و عمرانی، شرکت خاکریز آب، و مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهرداری تهران نیز دعوت شدند. در مجموع از ۲۷ نفر برای شرکت در جلسه آنلاین پنل خبرگان دعوت رسمی به عمل آمد. از این تعداد ۱۹ نفر دعوت را پذیرفتند. یک نفر علیرغم پذیرش در جلسه شرکت نکرد. یک نفر هم امکان حضور در جلسه را نداشت اما توضیحات را در مکالمه تلفنی دریافت و پرسشنامه را پر کرد. به این ترتیب ۱۷ نفر در جلسه مجازی پنل خبرگان که در مورخ ۱۱ آذر ۱۳۹۹ برگزار شد، شرکت داشتند. پیش از جلسه هدف پژوهش و برگزاری پنل خبرگان در اختیار اعضای پنل خبرگان قرار گرفت. در ابتدای جلسه پاورپوینتی از سوی پژوهشگران ارائه گردید. این ارائه این فرصت را به وجود آورد که اعضای پنل خبرگان با هدف پژوهش که کاربست رویکردهای نوین در مدیریت آب سطحی در معابر محلی است، آشنا شوند. علاوه بر این نحوه پر کردن پرسشنامه که به دو صورت آنلاین و هاردکپی تهیه گردیده بود، برای اعضای پنل توضیح داده شد. سپس پرسشنامه در دو قالب آنلاین در محیط گوگل فرم و هارد کپی در محیط اکسل و همراه با راهنما در اختیار خبرگان قرار گرفت و به اعضای پنل به مدت دو هفته برای پاسخ فرصت داده شد. در مجموع ۱۶ نفر پرسشنامه را پر کردند (۱۵ نفر پرسشنامه آنلاین و ۱ نفر نسخه هارد کپی). در جدول ۱ مشخصات متخصصینی که در پر کردن پرسشنامه همکاری کردند، ارائه گردیده است.

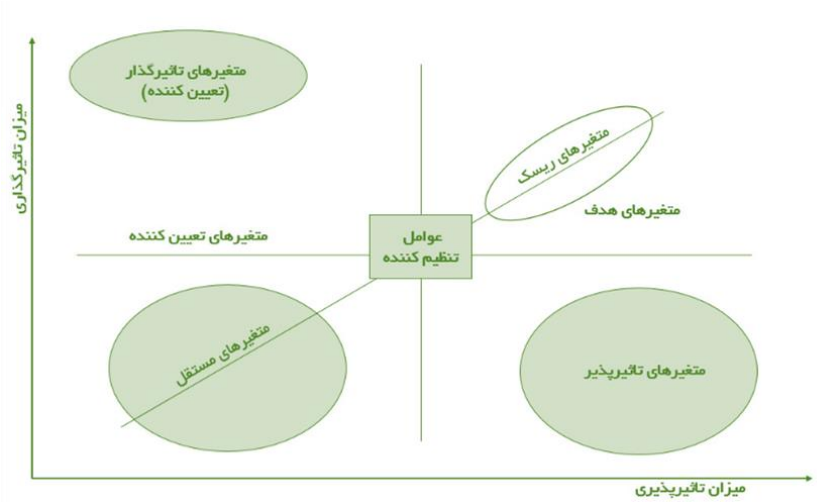
جدول ۱. مشخصات فردی متخصصین حوزه مدیریت رواناب شهری که به پرسشنامه پاسخ دادند؛ منبع: (نگارندگان)

شماره	جنس	رشته تحصیلی	حوزه دانشی	مقطع تحصیلی	سمت
۱	خانم	معماری/ معماری منظر	منظر فرهنگی	دکتری	استادیار دانشکده معماری، هنرهای زیبا، دانشگاه تهران
۲	آقا	معماری منظر	فضای سبز شهری	دکتری	استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳	آقا	معماری/ معماری منظر	منظر شهری	دکتری	دانشیار دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران
۴	خانم	مدیریت منابع آب و محیط زیست	آب و محیط زیست	دکتری	دانشیار دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان
۵	خانم	معماری/ طراحی شهری	شهرسازی	دکتری	مدرس دانشگاه
۶	آقا	معماری منظر–محیط	طراحی، برنامه ریزی و اکولوژی منظر	دکتری	دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۷	خانم	عمران مدیریت منابع اب	منابع آب و مدیریت بحران	کارشناسی ارشد	پژوهشگر منابع آب و کارشناس مدیریت امور فنی و عمرانی، استانداردسازی و امور بحران مرکز مطالعات شهرداری تهران
۸	آقا	عمران آب	عمران آب	دکتری	استادیار دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست
۹	آقا	عمران– مدیریت منابع آب	مدیریت منابع آب با رویکرد محیط زیستی	دکتری	استادیار دانشگاه تهران، دانشکده محیط زیست
۱۰	آقا	عمران	مدیریت بحران	دکتری	مدیر مطالعات و برنامه‌ریزی امور فنی و عمرانی، استانداردسازی و امور بحران مرکز مطالعات شهرداری تهران
۱۱	آقا	معماری	شهرسازی	کارشناسی ارشد	مدیر عامل مهندسان مشاور در حوزه معماری
۱۲	آقا	معماری و معماری منظر	منظر شهری	دکتری	استادیار دانشکده معماری، هنرهای زیبا، دانشگاه تهران– مؤسس مهندسین مشاور در حوزه معماری و شهرسازی
۱۳	آقا	فضای سبز	پوشش گیاهی	کارشناسی ارشد	مدیر عامل مهندسان مشاور در حوزه منظر
۱۴	آقا	معماری منظر	اکولوژی شهری	دکتری	استادیار دانشگاه بیرجند
۱۵	آقا	معماری منظر	پوشش گیاهی و فضای سبز	دکتری	استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۱۶	آقا	مهندسی عمران محیط زیست	عمران محیط زیست و پسماند	دکتری	استاد دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران

در ادامه برای تحلیل داده‌های مستخرج از پرسشنامه‌ها یعنی تحلیل ماتریس اثر متقابل از ابزار "نرم افزار میک مک" بهره گرفته شد. از این رو، رویکرد حاکم بر پژوهش حاضر یک روش ترکیبی یا آمیخته است. روش میک‌مک در سال ۱۹۷۱ توسط یک آینده‌پژوه فرانسوی به نام میشل گوده[۱۵] تدوین شد. از آن پس این روش به صورت کاربردی در شناسایی، طبقه‌بندی و رتبه‌بندی عناصر تأثیرگذار بر آینده سیستم‌های مختلف استفاده شده است. تحلیل میک‌مک در دهه گذشته در پژوهش‌های گسترده‌ای در حوزه‌های آینده‌پژوهی و مدیریت مهندسی در دنیا به کار رفته است (Braziel, 2006; Dubey and Singh, 2015). علاوه بر آن در سطح محدودتری در ایران به کار گرفته شده است (Molaei & Talebian, 2016). مبتنی بر این روش، نرم‌افزاری به نام میک‌مک طراحی شده است. این نرم افزار خروجی‌های مختلفی را از اثرات مستقیم و غیرمستقیم مؤلفه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر ارائه می‌دهد و در نهایت می‌توان با استفاده از آن نقش و جایگاه مؤلفه‌های مختلف را شناسایی کرد. این نرم‌افزار این امکان را دارد که با کمک گرفتن از ارتباط ماتریسی نقش همه مؤلفه‌های اصلی یک سیستم را تشریح کند. با بررسی این ارتباط، امکان آشکارسازی مؤلفه‌های تأثیرگذار، تأثیرپذیر و مستقل جهت ارزیابی سیستم ارائه می‌شود، که ممکن است به تنهایی یا به

عنوان قسمتی از برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار گیرد (Arcade et al., 2003).

خروجی نرم‌افزار میک‌مک به صورت یک جدول مختصات است که در آن متغیرهای موجود در سطح ها بر متغیرهای موجود در ستون‌ها اثر می‌گذارد. به این ترتیب متغیرهای سطرها تأثیرگذار و متغیر ستون‌ها تأثیرپذیر هستند. در خروجی نرم‌افزار جایگاه هر یک از متغیرها تعیین می‌شود. در این جدول مختصات مؤلفه‌های تأثیرگذار، تأثیرپذیر و مستقل، ریسک و هدف تعیین شده و عوامل تنظیم کننده متغیرها نیز شناسایی می‌شود. (شکل ۴)



شکل ۴. وضعیت قرارگیری مؤلفه‌ها در محور تأثیرگذاری-تأثیرپذیری، منبع: (Arcade et al., 2010)

نتایج

با توجه به توضیحات فوق، برای انجام تحلیل اثر متقابل ابتدا ماتریس‌های تکمیل شده توسط متخصصان از طریق میانگین‌گیری بین امتیازات در قالب یک ماتریس جمع‌بندی گردید. سپس برای ورود داده‌ها به نرم‌افزار میک‌مک، برای هر مؤلفه یک کد شناسایی به شرح جدول ۲ تعیین شد.

جدول ۲. کد شناسایی مؤلفه‌ها در نرم افزار میک مک، منبع: (نگارندگان)

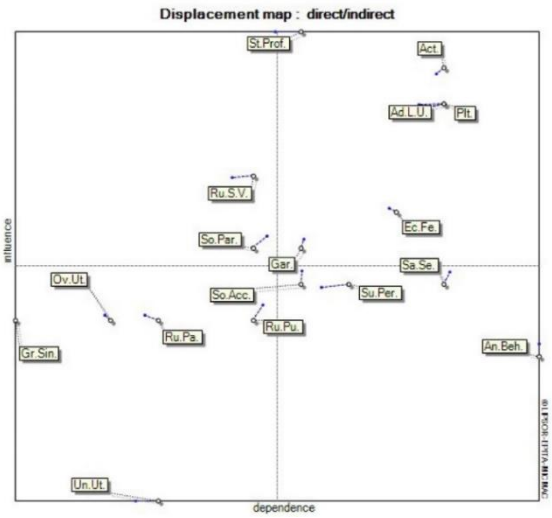
N°	Long label	Short label	N°	Long label	Short label
1	Street Profile	St.Prof.	10	Runoff Speed and Volume	Ru.S.V.
2	Adjucent Land Use	Ad.L.U.	11	Runoff Purification	Ru.Pu.
3	Activity	Act.	12	Garbage	Gar.
4	Planting	Plt.	13	Social Acceptance	So.Acc.
5	Underground Utilities	Un.Ut.	14	Social Participation	So.Par.
6	Overhead Utilities	Ov.Ut.	15	Social Behavior	An.Beh.
7	Suface Permeability	Su.Per.	16	Security	Sa.Se.
8	Ground Sinkhole	Gr.Sin.	17	Economic Feasibility	Ec.Fe.
9	Runoff Pathway	Ru.Pa.			

بر اساس این کدها، ماتریس نهایی در نرم افزار ترسیم و امتیازات جمع‌بندی شده وارد نرم افزار شد و ماتریس نهایی به شکل زیر به دست آمد. (جدول ۳)

جدول ۳. ماتریس نهایی وارد شده در نرم افزار میک مک، منبع: (نگارندگان)

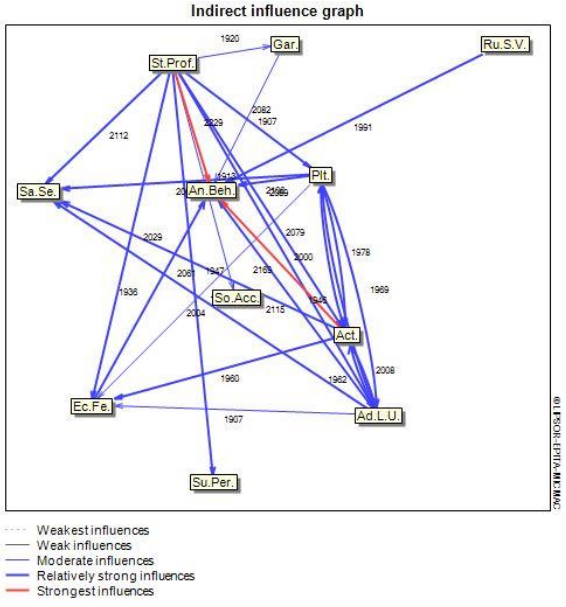
	1. St.Prof.	2. Ad.L.U.	3. Act.	4. Plt.	5. Un.Ut.	6. Ov.Ut.	7. Su.Per.	8. Gr.Sin.	9. Ru.Pa.	10. Ru.S.V.	11. Ru.Pu.	12. Gar.	13. So. Acc.	14. So. Par.	15. An. Beh.	16. Sa.Se.	17. Ec.Fe.
1. St.Prof.	.	2	2	3	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
2. Ad.L.U.	2	.	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
3. Act.	2	2	.	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	2
4. Plt.	2	2	2	.	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2
5. Un.Ut.	2	2	1	2	.	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
6. Ov.Ut.	2	2	2	2	2	.	2	1	2	2	1	2	1	1	2	2	2
7. Su.Per.	2	1	2	2	2	2	.	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2
8. Gr.Sin.	2	2	2	2	3	2	2	.	2	2	1	1	2	1	1	1	2
9. Ru.Pa.	2	2	2	2	2	2	2	2	.	3	2	1	1	1	1	2	1
10. Ru.S.V.	2	2	2	2	2	2	3	2	2	.	2	2	2	2	2	1	2
11. Ru.Pu.	2	2	2	2	1	1	2	1	1	2	.	2	2	2	2	2	2
12. Gar.	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	2	.	2	2	3	2	2
13. So. Acc.	2	2	2	2	1	0	1	1	1	1	2	3	.	3	3	3	2
14. So. Par.	2	2	2	2	1	1	1	1	0	1	2	3	3	.	3	3	3
15. An. Beh.	1	2	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	.	3	2
16. Sa.Se.	1	3	3	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	3	.	3
17. Ec.Fe.	2	3	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	2	.

بر اساس این ماتریس، نمودار تحلیلی اثرات متقابل شامل اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسط نرم افزار به شرح زیر استخراج گردید. (شکل ۵ تا ۷)



شکل ۵. نمودار تحلیلی اثرات متقابل شامل اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسط نرم افزار، منبع: (نگارندگان)

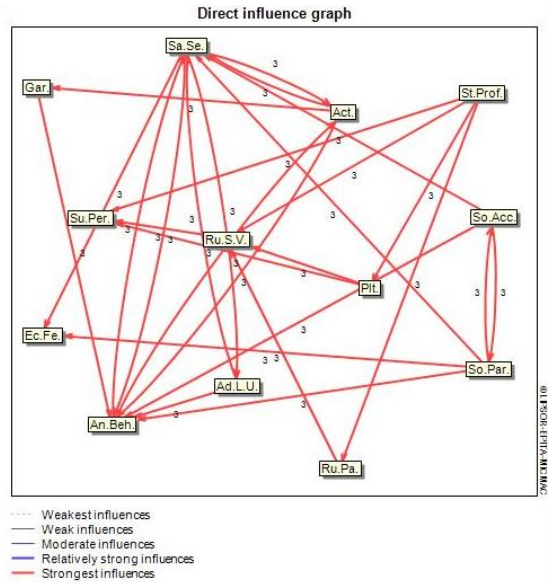
با توجه به توضیحات فوق در مورد نحوه تحلیل این نمودار و با عنایت به جایگاه هر یک از مؤلفه‌ها در نمودار خروجی نرم‌افزار میک مک، نکات تحلیلی زیر در مورد



شکل ۶. گراف اثرات متقابل غیرمستقیم مؤلفه‌ها بر همدیگر، استخراج شده توسط نرم افزار، منبع: (نگارندگان)

نقش هر یک از هفده مؤلفه در کاربست رویکردهای نوین طبیعت محور و طراحی روش‌های مبتنی بر آن‌ها در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران ارائه می‌شود:

- **"متغیرهای تعیین‌کننده و تأثیرگذار" (ربع سمت چپ بالا)**- **"سرعت و نرخ جریان"** به عنوان مؤلفه



شکل ۷. گراف اثرات متقابل مستقیم مؤلفه‌ها بر همدیگر، استخراج شده توسط نرم‌افزار، منبع: (نگارندگان)

تأثیرگذار مهم‌ترین نقش را در کاربست رویکردهای نوین طبیعت محور و طراحی روش‌های مبتنی بر آن‌ها خواهد داشت.

- **"متغیرهای ریسک یا دوگانه یا هدف"** (ربع سمت راست بالا)- مؤلفه‌های **"پروفیل معبر"، "همجواری"، "فعالیت"، "پوشش گیاهی"** و **"توجیه اقتصادی"** به عنوان مؤلفه‌های دو وجهی یا مؤلفه‌هایی که همزمان تأثیرگذار-تأثیرپذیر هستند نقش کلیدی در کارکرد و پایداری رویکردهای طبیعت محور در معابر محلی تهران دارند و هرگونه کم توجهی به آن‌ها باعث افزایش ریسک و در نهایت ناکارآمدی رویکرد مورد استفاده و روش‌های مبتنی بر آن خواهد شد.
- **"متغیرهای تنظیمی"** (ناحیه مربع شکل در مرکز)- مؤلفه‌های **"پسماند"، "پذیرش اجتماعی"، "مشارکت اجتماعی"** نقشی تنظیم‌کننده در کارکرد و پایداری رویکردهای طبیعت محور دارند. به این معنی که هر گونه اختلال ناشی از این مؤلفه‌ها می‌تواند موجب کارایی یا عدم کارایی رویکرد طبیعت محور در معابر محلی تهران شود.
- **"متغیرهای وابسته یا تأثیرپذیر"** (ربع سمت راست پایین)- مؤلفه‌های **"رفتار اجتماعی"، "امنیت"و "نفوذپذیری"** به عنوان مؤلفه‌های تأثیرپذیر معرفی شده‌اند. در واقع این مؤلفه‌ها متأثر از کارکرد مطلوب سایر مؤلفه‌ها هستند.
- **"متغیرهای مستقل"** (ربع سمت چپ پایین)- مؤلفه‌های **"نشست پذیری"، "تأسیسات روبنایی"، "تأسیسات زیربنایی"، "خط جریان" و "پالایش"** به عنوان مؤلفه‌های مستقل در واقع کمترین وابستگی را به سایر مؤلفه‌ها دارند و از این رو کمترین تأثیر را در کاربست رویکردهای طبیعت محور و طراحی روش‌های مبتنی بر آن‌ها در مقیاس معابر محلی تهران دارند.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف نخست این پژوهش بازشناسی "تخصص"های اصلی مرتبط با موضوع مدیریت رواناب شهری با رویکردهای طبیعت محور و "مؤلفه"هایی است که هر یک از این تخصص‌ها باید در طراحی روش‌های مدیریت رواناب در معابر محلی تهران مدنظر قرار دهند. هدف دوم تعیین نقش هر یک از این مؤلفه‌ها در کاربست این رویکردها و طراحی روش‌های مبتنی بر آن‌ها می‌باشد. بدین منظور رویکردهای نوین مبتنی بر راه‌حل‌های طبیعت محور در سطح بین المللی مورد مداقه قرار گرفت. بررسی این رویکردها نشان داد که اگرچه این رویکردها اهداف مختلفی را پیگیری می‌کنند اما تمامی آن‌ها بر خلاف رویکردهای قدیمی در دو موضوع مشترک هستند: بهره‌گیری از نگاه بین‌دانشی و تلاش بر جذب و بهره‌گیری حداکثری رواناب در محل. بر این اساس در این پژوهش، با نظر به اهمیت جذب حداکثری رواناب در محل، بر معابر محلی به عنوان نقطه شروع جاری شدن رواناب شهری تمرکز گردید. سپس نسبت به تعیین تخصص‌ها و حوزه‌های مرتبط با مدیریت آب سطحی در معابر محلی مبتنی بر رویکردهای طبیعت محور به کمک پنل خبرگان اقدام گردید. ماحصل این گام به ارائه مدل نظری حوزه‌های دانشی و مؤلفه‌های مرتبط با مدیریت رواناب در

معابر محلی منجر گردید. مبتنی بر این مدل نظری، آشکار گردید که برای تحقق رویکردهای طبیعت محور در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران باید امکان بهره‌گیری از تخصص‌های اصلی مرتبط با موضوع رواناب (شامل منظر شهری، تأسیسات، علوم خاک، علوم آب، محیط زیست و علوم اجتماعی) را به گونه‌ای فراهم آورد که در هر سه مرحله اصلی مدیریت رواناب سطحی شامل "طراحی"، "اجرا"، و "بهره‌برداری، نگهداری و تعمیر" امکان حضور و مشارکت داشته باشند. این تعامل بین‌رشته‌ای شرط موفقیت استراتژی‌های مدیریت رواناب سطحی در معابر محلی تهران است.

نتایج تحلیل اثر متقابل مؤلفه‌های مؤثر در مدیریت رواناب در معابر محلی تهران مبتنی بر نظرات متخصصان موضوع در حوزه‌های دانشی مختلف به کمک نرم افزار میک مک نشان داد که:

- **"سرعت و نرخ جریان"** به عنوان مؤلفه **تأثیرگذار** مهم‌ترین نقش را در کاربست رویکردهای طبیعت محور و طراحی روش‌های مبتنی بر آن‌ها در معابر محلی تهران در حال حاضر دارد.
- پنج مؤلفه **"پروفیل معبر"**، **"همجواری‌های معبر"**، **"فعالیت"**هایی که در معبر رخ می‌دهد و **"پوشش گیاهی"** موجود در معبر و **"توجیه اقتصادی"** در شرایط فعلی نقشی **تعیین‌کننده** در کارایی و پایداری رویکردهای طبیعت محور مدیریت رواناب در معابر محلی شهر تهران دارند.
- مدیریت رواناب در معابر محلی نمی‌تواند به یکباره و از صفر تا صد اجرایی شود؛ همان طور که از خروجی تحلیل اثرات متقابل نیز مشخص گردید اجرایی شدن رویکردهای نوین به سه مؤلفه **تنظیمی** **"پسماند"**، **"پذیرش اجتماعی"** و **"مشارکت"** وابسته است و برای تحقق این رویکرد لازم است تا با توجه به این مؤلفه‌ها، بسترسازی لازم به صورت گام به گام و با افزایش دانش و فرهنگی عمومی، مجمـوعه مدیریت شهری و پیمانکاران صورت پذیرد.
- مؤلفه‌های **"رفتار اجتماعی"**، **"امنیت"و "نفوذپذیری"** مؤلفه‌های **تأثیرپذیر** هستند یعنی از کارکرد سایر مؤلفه‌ها تأثیر می‌پذیرند. این امر بدین معناست که هر گونه خلل در عملکرد سایر مؤلفه‌ها منجر به اختلال در سه مؤلفه فوق می‌شود.
- مؤلفه‌های **"نشست‌پذیری"**، **"تأسیسات روبنایی"**، **"تأسیسات زیربنایی"**، **"خط جریان"** و **"پالایش** (کنترل انواع آلودگی‌ها)**"** به عنوان مؤلفه‌های **مستقل** تحت تأثیر سایر مؤلفه‌ها نیستند؛ اما ممکن است از عوامل بیرونی تأثیر بپذیرند.

بر این اساس، مؤلفه "سرعت و نرخ جریان" که مؤلفه اثرگذار می‌باشد به علاوه پنج مؤلفه "پروفیل معبر"، "همجواری‌های معبر"، "فعالیت"هایی که در معبر رخ می‌دهد، "پوشش گیاهی" موجود در معبر و "توجیه اقتصادی" که نقش تعیین‌کننده در کارایی و پایداری رویکردهای طبیعت‌محور و روش‌های مبتنی بر آن‌ها دارند، مؤلفه‌هایی اصلی هستند که در شرایط حاضر برای مدیریت رواناب در معابر محلی شهر تهران و فرآیندهای برنامه‌ریزی، طراحی و اجرایی مبتنی بر آن باید مورد توجه قرار گیرند. نتایج حاصل از تحلیل اثر متقابل حاکی از آن است که سایر مؤلفه‌ها یا تأثیرپذیر هستند و به عبارتی از مؤلفه‌های شش‌گانه فوق تأثیر می‌پذیرند یا در شرایط موجود به دلیل آن که مستقل از سایر مؤلفه‌ها عمل می‌کنند برای مدیریت رواناب (برنامه‌ریزی، طراحی و اجرا) از اولویت بالایی برخوردار نیستند. البته این امر، به معنای عدم نیاز به توجه به سایر مؤلفه‌ها نمی‌باشد و صرفاً در اولویت‌بندی مؤلفه‌ها و تعیین نقش آن‌ها در فرآیندهای مدیریتی کاربرد دارد.

از برهمکنش نتایج حاصل از تحلیل اثر متقابل به کمک نرم افزار میک مک و مدل نظری ارائه شده در این مقاله این نتیجه قابل استنباط است که تخصص‌های مرتبط با علوم آب (با توجه مؤلفه تأثیرگذار سرعت و نرخ جریان) و منظر شهری (با توجه به نقش تعیین‌کننده تمامی مؤلفه‌های مرتبط

با آن در کارایی و پایداری رویکردهای طبیعت محور) دو تخصص اصلی هستند که هم‌اندیشی آن‌ها در تحقق این رویکردها در معابر محلی از اهمیت بالایی برخوردار است. همچنین نتایج این پژوهش بر بهره‌گیری از دانش متخصصان علوم اقتصادی برای توجیه اقتصادی روش‌های قابل کاربست مبتنی بر این رویکردها تأکید می‌نماید. لازم به ذکر است که نتایج این پژوهش محدود به معابر محلی شهر تهران در حال حاضر است و قابلیت تعمیم‌پذیری در معابر با مقیاس‌های بالاتر و یا در آینده –در صورتی که تغییرات بنیادین در شرایط مدیریت رواناب در شهر تهران ایجاد شود– ندارد.

پیشنهادات

در این پژوهش به بررسی موضوع رواناب در "معابر محلی" شهر تهران اختصاص یافت؛ اما برای رسیدن به مدیریت جامع رواناب نیاز است تا در پژوهش‌های تکمیلی سایر معابر و سطوح شهری نیز از نقطه‌نظر مؤلفه‌های مؤثر در مدیریت رواناب مورد بررسی قرار گیرد و نسبت به تکمیل پژوهش‌ها به منظور اخذ خروجی‌های عملیاتی اقدام شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی کاربردی با عنوان "مدیریت رواناب شهری (بخش اول: راهنمای مدیریت رواناب در طراحی معابر محلی)" به شماره قرارداد ۱۳۷/۱۳۰۷۷۵۹ مورخ ۱۳۹۸/۱۱/۱۲ است که مابین مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران و دانشگاه تهران منعقد شده است. بر اساس قرارداد داخلی به شماره ۱۴۳/۲۰۳۶۰ مورخ ۱۳۹۹/۲/۲۰ مابین اداره کل پژوهش‌های کاربردی دانشگاه تهران و پرستو عشرتی (نویسنده اول مقاله)، این طرح توسط پرستو عشرتی به عنوان مجری طرح، به انجام رسیده است.

یادداشت‌ها

1. Nature based solutions- NBS
2. Alternative Techniques-AT
3. Rapid disposal
4. Sustainable Drainage Systems-SuDS
5. Sustainable Urban Drainage Systems-SUDS
6. Low Impact Development-LID
7. Best Management Practices-BMPs
8. Clean Water Act-CWA
9. Water Sensetive Urban Design-WSUD
10. Green Infrustructure-GI
11. Blue-Green Infrastructure
12. Sponge City
13. Content Validity Ratio (CVR)
14. Lawshe
15. Michel Godet

فهرست منابع

Arcade, J., Godet, M., Meunier, F., & Roubelat, F. (2003). *Structural Analysis with the MICMAC Method & Actors Strategy with MACTOR Method*, AC/UNU Millennium Project: Futures Research Methodology, V2.0, AC/UNU, Washington, DC.

Connecticut Stormwater Quality Manual (2004). The Connecticut Department of Environmental Protection.

Connecticut Stormwater Quality Manual (2004). The Connecticut Department of Environmental Protection.

Dietz, M. E. (2007). Low Impact Development Practices: A Review of Current Research and Recommendations for Future Directions, Water, ir, and Soil Pollution, Issue 186.

Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design: A National Guide (2012). Lynbrook Estate (Melbourne, Victoria), in: Appendix A: WSUD Case Studies, Australia: BMT-WBM

Evaluating Options for Water Sensitive Urban Design: A National Guide (2012). Lynbrook Estate (Melbourne, Victoria), in: Appendix A: WSUD Case Studies, Australia: BMT-WBM

Firehock, K. (2010). A Short History of the Term Green Infrastructure and Selected Literature.

Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M.

(2014). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage, *Urban Water Journal*, 12(7), 525-542, DOI: 10.1080/1573062X.2014.916314

Ghofrani, Z., Sposito, V., & Faggian, R. (2017). A comprehensive review of blue-green infrastructure concepts. International Journal of Environment and Sustainability, 6(1)., 15-36.

Green Infrastructure Guidance (2009). UK: Natural England Publications.

Green Infrastructure Guidance (2009). UK: Natural England Publications.

Hajiani, A. (2017). *Principles and Methods of Futures Research*. Imam Sadiq University Press, Tehran.

Hoss, F., Fischbach, J., & Molina-Perez, E. (2016). Effectiveness of Best Management Practices for Stormwater Treatment as a Function of Runoff Volume, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 142(11), 05016009-1-12, DOI: 10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000684

Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity, *Personnel psychology*, 28, 563–575.

Lloyd, S. D. (2001). Water Sensitive Urban Design in the Australian Context, Synthesis of the Conference: Water Sensitive Urban Design - Sustainable Drainage Systems for Urban Areas, 30 - 31 August 2000, Melbourne, Australia.

Low Impact Development Approaches Handbook (2021). USA: Clean Water Service.

Low Impact Development Approaches Handbook (2021). USA: Clean Water Service.

Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide (2010). Conservation Toronto Region for the Living City, Version 1.0.

Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide (2010). Conservation Toronto Region for the Living City, Version 1.0.

Melbourne Water (2013). Water Sensitive Urban Design Guidelines South Eastern Councils: Melbourne Water & State Government Victoria.

Melbourne Water (2013). Water Sensitive Urban Design Guidelines South Eastern Councils: Melbourne Water & State Government Victoria.

Mississippi Department of Environmental Quality (2011). Handbook for Erosion Control, Sediment Control and Storm water Management on Construction Sites and Urban Areas, Vol.2, Mississippi, USA.

Mississippi Department of Environmental Quality (2011). Handbook for Erosion Control, Sediment Control and Storm water Management on Construction Sites and Urban Areas, Vol.2, Mississippi, USA.

Mitchell, V., Deletic, A., Fletcher, T. D., Hatt, B. E., & McCarthy, D. T. (2007). Achieving multiple benefits from stormwater harvesting. Water science and technology, 55(4), 135-144.

Molaei, M., Talebian. H. (2016). Future research of Iranian issues with the method of structural analysis, *Parliament and Strategy Journal*, 23 (86), 5-32.

National Water Agency (2013). Managing Urban Runoff: Drainage Handbook, Singapore National Water Agency, Singapore.

National Water Agency (2013). Managing Urban Runoff: Drainage Handbook, Singapore National Water Agency, Singapore.

National Water Agency (2014). ABC Waters Design Guidelines and Engineering Procedures: 3rd edition, Singapore’s national water agency, Singapore.

National Water Agency (2014). ABC Waters Design Guidelines and Engineering Procedures: 3rd edition, Singapore’s national water agency, Singapore.

National Water Agency (2018). Code of Practice on Surface Water Drainage (COP): 7th edition, Singapore’s national water agency, Singapore.

National Water Agency (2018). Code of Practice on Surface Water Drainage (COP): 7th edition, Singapore’s national water agency, Singapore.

Pennsylvania Stormwater BMP Manual (2006). Department of Environmental Protection Bureau of Watershed Management December 30, 2006.

Pennsylvania Stormwater BMP Manual (2006). Department of Environmental Protection Bureau of Watershed Management December 30, 2006.

Philadelphia Stormwater Management Guidance Manual (2014). Prepared by: Planning & Research Philadelphia Water Department, Version 2.1, Revised: February 10, 2014.

Philadelphia Stormwater Management Guidance Manual (2014). Prepared by: Planning & Research Philadelphia Water Department, Version 2.1, Revised: February 10, 2014.

Rabbani, T. (2012). *Structural analysis method as a tool for recognizing and analyzing variables affecting the future of urban issues*, Frist National Conference of Future Research, Yadegar Derakhshan Aria, Tehran. Iran.

Razmjooi, N., Magdavi, M., Afkhami, H., Mohseni Saravi, M., Moetamed Vaziri, B. (2018). Flood Control and Water Supply for Irrigation of Green Spaces Using Urban Runoff Harvesting Management Design (Case Study: Region 22 of Tehran). *Journal of Environmental Science and Technology*, 20(4), 95-109.

Sacramento Region (2018). Storm Water Quality Design Manual: Integrated Design Solutions for Urban Development, Sacramento Region, California, USA.

Sacramento Region (2018). Storm Water Quality Design Manual: Integrated Design Solutions for Urban Development, Sacramento Region, California, USA.

Santiago Fink, H. (2016). Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability. Sustainability, 8(3), 254, 1-21.

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 375(1794), 20190120, 1-12.

Shun Chan, F.K., Griffiths J.A, Higgitte, D., Xu, S., Zhu F., Tang, Y., Xu, Y., & Thorne, C. (2018). "Sponge City" in China—A breakthrough of planning and flood risk management in the urban context, *Land Use Policy*, 76(C), 772-778.

Shuster, WD., Heberling, MT., & Thurston, HW. (2008). A Multidisciplinary Approach to Sustainable Management of Watershed Resources, Unitd States Environental Protection Agency.

Storm water Management Manual for Western Australia (2007). Government of Western Australia, Department of Water.

Storm water Management Manual for Western Australia (2007). Government of Western Australia, Department of Water.

Tehran Surface Water Management Master Plan. (2011). Volume 8: The Modern Technology Approach (LID / BMP), Tehran Technical and Engineering Consulting Organization and Tehran Municipality Technical and Civil Deputy.

Vasilevska, M. & Vasilevska, L. (2018, April 20). *Modern Stormwater Management Approaches in Urban Regeneration*, 6th International Conference Contemporary achievements in civil engineering, Subotica: Serbia, 525-534.

Yavari, A., Yazdan Panah, M., Zebardast, L. Alemohammad, S. (2015). Urban Green Infrastructure Assessment for Their Regeneration in Tehran Landscape, *Journal of Environmental Studies*, 41 (35), 613-625.

Zahmatkesh, Z., Burian, S. J., Karamouz, M., Tavakol-Davani, H., & Goharian, E. (2015) Low-Impact Development Practices to Mitigate Climate Change Effects on Urban Stormwater Runoff: Case Study of New York City, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 141(1), 04014043-04014043.