Geographical Urban Planning Research Quarterly

Online ISSN: 2423-7779

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

Evaluation of the Role of Sponge City as a Green-Blue City in Improving the Level of Ecosystem Services of Shiraz City

Mahboobeh Noori [1], MohammadReza Rezaei [2] ✉, Ebrahim Asgari [3]

1. *Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran*
Email: mahbob.nori70@gmail.com
2. *(Corresponding Author) Department of Geography, Yazd University, Yazd, Iran*
Email: mrezaei@yazd.ac.ir
3. *Department of Watershed Sciences and Engineering Water and Soil Conservation, Yazd, Iran*
Email: ebrahim.asgari90@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received:
25 August 2023
Received in revised form:
26 November 2023
Accepted:
29 December 2023
Available online:
26 January 2024

Keywords:
Urban Infrastructure
Water and Environmental Challenges,
Ecosystem Services,
Sponge City,
Shiraz City.

ABSTRACT

Today, with the development of urbanization, the green-blue space in urban areas has received wide attention and has become an important symbol of the health of the urban ecosystem. In this context, it is very important to pay attention to ecosystem services in the planning of the sponge city provided by green-blue infrastructure. In this regard, the current research was conducted with the aim of evaluating the role of the sponge city as a green-blue city in improving the ecosystem services of Shiraz city. The results of the content analysis showed that out of the 35 identified components related to the four most important categories of the green-blue infrastructure ecosystem services of the sponge city by the expert team, after ranking it was determined that the component of sustainable water supply (A1) from the subcategory of production services, the component of effective control of runoff Urbanization and reduction of road flooding (D15) and risk management and flood risk (D3) from the sub-group of regulatory services were ranked first to third with acquired scores of 26.25, 25.55 and 24.78, respectively. Also, in the field of green-blue infrastructure support services of Sponge City, the components of preserving, revitalizing and strengthening vegetation (B4) and restoring natural ecosystems (B3) were ranked tenth and eleventh respectively with scores of 19.77 and 19.63. After social-cultural services, the component of communication and better access to nature (C4) was ranked thirteenth with a score of 19.22.

Cite this article: Noori, M., Rezaei, M. R., & Asgari, E. (2023). Evaluation of the Role of Sponge City as a Green-Blue City in Improving the Level of Ecosystem Services of Shiraz City. *Geographical Urban Planning Research Quarterly*, *11* (4), 133-153.
http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2024.369561.1892

© The Author (s).

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Economic development, rapid growth of urbanization, and climate change have caused the formation and expansion of gray cities all over the world. The innovative response to these challenges is the development of green-blue cities. In this connection, the sponge city has recently attracted the attention of many urban planners as a plan for a successful green-blue city. The sponge city is based on low-impact development thinking by creating a series of green-blue infrastructures such as green roofs, green walls, gardens, planted strips, permeable canals and ponds, restoration and creation of wetlands, squares, passages, and permeable sidewalks seek to improve the process of absorbing water, storing and reducing the volume of runoff so that cities can hydrological and environmental conditions should be closer before development. In general, taking into account the important role of ecosystem services in the resilience of urban systems, recently, this category has received more serious attention in the world literature, which covers different aspects of urban ecosystem services concerning landscape management, spatial planning, and urban development practices. In this regard, the current research aims to investigate, identify, and prioritize the services of the sponge city ecosystem, which has a green-blue infrastructure. In the case of implementation, it was done in Shiraz as a study area.

Methodology

The current research is applied in terms of its purpose and in terms of its nature; it is among the descriptive-analytical studies that were conducted with a mixed method (quantitative and qualitative). Data collection was done using library and survey methods. In the field part, the statistical community of the research consists of experts and professors in the fields of urban planning and management, crisis management, natural resources, and urban environment. The sample size was 30 people and was determined by judgmental and snowball sampling. The theme analysis method was used to analyze the data. In this section, research data was coded and analyzed using MAXQDA software.

Results and discussion

The findings showed that among the 35 examined components, the component of sustainable water supply (A1), with an acquired score of 26.25 from the subcategory of production services, has the first rank according to the expert team. The components of effective control of urban runoff and reduction of road flooding (D15) and Risk management and flood risk (D3) were ranked second and third, respectively, with an acquired score of 25.55 and 24.78 from the sub-set of regulatory services. On the other hand, concerning support services, it should be mentioned that the components of preserving, revitalizing, and strengthening vegetation (B4) and restoring natural ecosystems (B3) were ranked tenth and eleventh with scores of 19.77 and 19.63, respectively. Cultural-social services, the component of communication and better access to nature (C4), was ranked thirteenth with a score of 19.22. Due to the fact that in most areas of Shiraz city, residential, commercial, public spaces, etc., have been created using impermeable materials and materials by changing a large part of soft, permeable, and permeable natural surfaces to hard, impermeable, and impermeable artificial surfaces, the ability to absorb water in place has reduced, so it cannot absorb rainwater. Through drainage systems on the way to different water areas, water flows to the streets and sidewalks. This, without control, causes floods and flooding of roads. Therefore, by changing the impervious surfaces in Shiraz city to green-blue spongy infrastructures, the runoff is directed to the subsoil, preventing the flow of rainwater in Shiraz city. Through the proper management of this stored water through the infrastructures, green-blue can become a sustainable water source. Also, green-blue sponge infrastructures can preserve, revive, and strengthen vegetation and thus restore natural ecosystems in the city because, in the sponge city, significant spaces are dedicated to vegetation, green spaces, wetlands, and lake restoration. In it, Importance has been given to the environment, air conditioning, ecosystems, and life cycles of other

organisms, which, in addition to maintaining cleanliness, also adds to the beauty and freshness of the city's atmosphere and provides a living environment for all kinds of environmental organisms in the city. In such a situation, the green-blue sponge infrastructure with a nature-oriented approach provides the ground for more communication between humans and nature.

Conclusion

In general, most of the urban ecosystem services in the green-blue city can be classified into the improvement of the urban microclimate, the availability of local recreational areas, and the creation of urban habitats. These green-blue infrastructures in the Sponge city can bring positive effects such as increasing the quality of life, improving accommodation and tourism conditions, and improving the well-being of urban residents. So, the effect of green-blue infrastructure on controlling and reducing floods in the Sponge city is clearly seen. Also, the green-blue elements in the sponge city provide more services, such as improving the local climate and providing a space for the recreation of urban residents and urban habitats, so the sponge city should be called a water collector, storer, and donor.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

This work is part of the doctoral dissertation and was jointly supported by the Department of Geography of Yazd University.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری
شاپا الکترونیکی: 2423-7779
Journal Homepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

ارزیابی نقش شهر اسفنجی به‌عنوان شهری سبز–آبی در ارتقاء سطح خدمات اکوسیستم شهر شیراز

محبوبه نوری [۱]، محمدرضا رضایی [۲]، ابراهیم عسگری [۳]

۱ – گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mahbob.nori70@gmail.com
۲ – نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، یزد، ایران. رایانامه: mrezaei@yazd.ac.ir
۳ – گروه علوم و مهندسی آبخیز، یزد، ایران. رایانامه: ebrahim.asgari90@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۶/۰۳
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۹/۰۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۱۰/۰۸
تاریخ چاپ:
۱۴۰۲/۱۱/۰۶

واژگان کلیدی:
زیرساخت شهری، چالش‌های آبی و زیست‌محیطی، خدمات اکوسیستم، شهر اسفنجی، شهر شیراز.

چکیده

امروزه با توسعه شهرنشینی، فضای سبز–آبی در مناطق شهری موردتوجه گسترده قرارگرفته و به نماد مهم سلامت اکوسیستم شهری تبدیل‌شده است. در این زمینه توجه به خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی شهر اسفنجی که توسط زیرساخت‌های سبز–آبی ارائه می‌شود اهمیت زیادی دارد. در این راستا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی نقش شهر اسفنجی به‌عنوان شهری سبز–آبی در ارتقاء سطح خدمات اکوسیستم شهر شیراز انجام شد. پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی–تحلیلی است که با روش آمیخته (کمی و کیفی) انجام‌شده است. به‌منظور تحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون و در قالب نرم‌افزار MAXQDA انجام شد و جهت رتبه‌بندی خدمات از آزمون آماری فریدمن استفاده شد. نتایج تحلیل محتوا نشان داد که از ۳۵ مؤلفه شناسایی‌شده مربوط به چهار مقوله مهم‌ترین خدمات اکوسیستم زیرساخت‌های سبز–آبی شهر اسفنجی توسط تیم خبرگان، پس از رتبه‌بندی مشخص شد که مؤلفه تأمین آب پایدار (A1) از زیرمجموعه خدمات تولیدی، مؤلفه کنترل مؤثر رواناب شهری و کاهش آب‌گرفتگی معابر (D15) و مدیریت ریسک و خطر سیلاب (D3) از زیرمجموعه خدمات تنظیمی به ترتیب با نمره اکتسابی ۲۶/۲۵، ۲۵/۵۵ و ۲۴/۷۸ در رتبه اول تا سوم قرار گرفت. هم‌چنین در زمینه خدمات حمایتی زیرساخت‌های سبز–آبی شهر اسفنجی، مؤلفه‌های حفظ، احیاء و تقویت پوشش گیاهی (B4) و بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی (B3) به ترتیب با نمره ۱۹/۷۷ و ۱۹/۶۳ در رتبه ده و یازده قرار گرفت و در بعد خدمات فرهنگی–اجتماعی نیز مؤلفه ارتباط و دسترسی بهتر به طبیعت (C4) با نمره ۱۹/۲۲ در رتبه سیزده قرار گرفت.

استناد: نوری، محبوبه؛ رضایی، محمدرضا و عسگری، ابراهیم. (۱۴۰۲). ارزیابی نقش شهر اسفنجی به‌عنوان شهری سبز–آبی در ارتقاء سطح خدمات اکوسیستم شهر شیراز. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۱ (۲)، ۱۵۳–۱۳۳.
http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2024.369561.1892

© نویسندگان
ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

مقدمه

توسعه اقتصادی، رشد سریع شهرنشینی و تغییرات اقلیمی، باعث شکل‌گیری و گسترش روزافزون شهرهای خاکستری در سراسر جهان شده است. این شهرها به‌طور عمده از سطوح نفوذناپذیر تشکیل‌شده‌اند و به حفظ محیط‌زیست و ویژگی‌های هیدرولوژیکی توجه چندانی ندارند. به‌طوری‌که تخریب بسیاری از زیستگاه‌های طبیعی و سیستم‌های هیدرولوژیک و تغییر در روند چرخه‌های مواد و انرژی و غیره بخشی از چالش‌های اساسی در این شهرها می‌باشد (Bierwagen, 2007; Asgari et al., 2024). واکنش نوآورانه به این چالش‌ها، توسعه شهرهای سبز–آبی است که با هدف حفاظت، مدیریت پایدار، بازیابی اکوسیستم‌ها در برابر آسیب‌های زیست‌محیطی و اکولوژیکی طراحی‌شده‌اند (Danny et al., 2018; Oral et al., 2020). در این شهرها رویکرد برنامه‌ریزی بر مبنای مدیریت اکولوژیکی است و شهر همانند اکوسیستمی است که با تطبیق شاخص‌های زیست‌محیطی در پی تحقق پایداری است و بدین ترتیب به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های جدید در برنامه‌ریزی شهری به‌منظور کاهش معضلات زیست‌محیطی و تحقق توسعه پایدار در شهرهای امروزی کاربرد دارد (Newman, 2010).

دراین‌ارتباط "شهر اسفنجی" یکی از طرح‌های نوینی است که در سال ۲۰۱۳ مطرح‌شده است و اخیراً به‌عنوان یک طرح برای شهر سبز–آبی موفق موردتوجه بسیاری از برنامه‌ریزان شهری قرارگرفته است. اساس پایه‌گذاری این طرح، استفاده از طبیعت در طراحی و اجرای زیرساخت‌های شهری در طیف وسیعی از مقیاس‌ها برای کنترل کمیت، مدیریت کیفیت، تأمین منابع آب و جلوگیری از آلودگی و استفاده از فرصت‌های گسترده‌تر برای ایجاد و حفظ مکان‌های قابل زیست‌تر برای ساکنین شهرها می‌باشد (Cohen-Shacham et al., 2016; Chang et al., 2018; Jurczak et al., 2018 Lashford et al., 2019; Oates et al., 2020; Hamidi et al., 2021). در واقع شهر اسفنجی بر مبنای تفکر توسعه کم اثر (LID)، با ایجاد یکسری زیرساخت‌های سبز–آبی از قبیل؛ بام‌های سبز، دیوار سبز، جوی–باغچه، نوارهای گیاه کاری شده، کانال‌ها و حوضچه‌های نفوذپذیر، احیاء و ایجاد تالاب‌ها، میدان‌ها، معابر و پیاده‌روهای نفوذپذیر به دنبال بهبود فرآیند جذب آب، ذخیره‌سازی و کاهش حجم رواناب است تا از این طریق شهرها به شرایط هیدرولوژیکی و زیست‌محیطی پیش از توسعه نزدیک‌تر شوند (نوری و همکاران، ۱۴۰۲). در شهر اسفنجی، زیرساخت‌های سبز–آبی به شکل یک شبکه برنامه‌ریزی راهبردی از عناصر طبیعی و نیمه‌طبیعی با سایر ویژگی‌های زیست‌محیطی است که با ارائه طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستم مانند تصفیه آب، بهبود کیفیت هوا، فضایی برای تفریح و کاهش تأثیرات شدید اقلیمی و سازگاری طراحی و ساخته‌شده است (Shao et al., 2016; Johannessen & Wamsler, 2017; Europe Commission, 2019). این شبکه که از فضای سبز و آب تشکیل‌شده است می‌تواند باعث بهبود تنوع زیستی و بهبود شرایط محیطی، سلامت و کیفیت زندگی شهروندان، ترویج زندگی سالم حتی پشتیبانی از اقتصاد، ایجاد فرصت‌های شغلی و در نتیجه تاب‌آوری شهرها در برابر تغییرات اقلیمی شود (نوری و رضایی، ۱۴۰۲).

در واقع یکی از نقش‌های اصلی شهر اسفنجی ارائه خدمات اکوسیستمی متنوع در بستر شهرهاست. این خدمات به‌عنوان منافعی است که افراد به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از اکوسیستم به دست می‌آورند و به چهار گروه خدمات تولیدی، تنظیمی، فرهنگی و پشتیبان حمایت قابل‌تقسیم‌اند که سه دسته اول به‌طور مستقیم بر مردم اثر گزارند و دسته چهارم بر استمرار تدارک سایر خدمات مذکور از سوی اکوسیستم‌ها حیاتی است. خدمات اکوسیستم در محیط شهر اسفنجی از تنوع بسیاری برخوردار است که می‌تواند به‌عنوان مبنای تصمیم‌گیری در فرآیند برنامه‌ریزی و مدیریت شهری عمل کند. بدین ترتیب حفظ خدمات اکوسیستم در شهر اسفنجی دارای فوایدی همسو برای دو پدیده ظاهراً غیرهمسوی طبیعت و توسعه

انسان‌ساخت است که در نهایت به حفظ تعادل اکوسیستم شهر می‌انجامد. لذا خدمات اکوسیستم به دلیل نقش ویژه‌ای که در زمینه سلامت، رفاه و آسایش شهروندان و تحقق توسعه پایدار دارند، از ضرورت و اهمیت خاصی برای بررسی و مطالعه برخوردار هستند.

با در نظر گرفتن نقش مهم خدمات اکوسیستم در تاب‌آوری سیستم‌های شهری، اخیراً این مقوله در ادبیات جهانی به شکل جدی‌تری موردتوجه قرارگرفته است که جنبه‌های مختلف خدمات اکوسیستم شهری در رابطه با مدیریت منظر، برنامه‌ریزی فضایی و شیوه‌های توسعه شهری را پوشش می‌دهد. در این زمینه فانگ[1] و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهشی با عنوان ادغام زیرساخت‌های سبز، خدمات اکوسیستم و راه‌حل‌های طبیعت‌محور در راستای پایداری شهری به روش کتاب‌سنجی و تحلیل ۱۳۳۰۷ مقاله لاتین نمایه شده در پایگاه WOS طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۲ عنوان کردند که زیرساخت‌های سبز، خدمات اکوسیستم و راه‌حل‌های طبیعت‌محور سه مفهوم اصلی در حل چالش‌های شهری و دست‌یابی به پایداری به شمار می‌رود که مطالعات مرتبط با خدمات اکوسیستم و زیرساخت سبز از سال ۲۰۱۴ وارد فاز رشد نمایی شده درحالی‌که مفهوم راه‌حل‌های طبیعت‌محور هنوز در مرحله ظهور و ابتدایی است. بدین ترتیب می‌بایست در یک حرکت روبه‌جلو با ادغام این سه مفهوم، زمینه افزایش پایداری شهری را فراهم آورد. از طرفی راه‌حل‌های طبیعت‌محور، خدمات اکوسیستم، آسیب‌ها و تأثیرات آن بر رفاه ساکنین در محیط‌های شهری توسط پریرا[2](۲۰۲۳) موردبررسی قرار گرفت و نتایج بیان‌گر این بود که راه‌حل‌های طبیعت‌محور می‌توانند طیف گسترده‌ای از خدمات اکوسیستم اساسی را برای بهبود امنیت غذایی، سلامت و رفاه جوامع ارائه دهند، زیست‌پذیری مناطق شهری را بهبود بخشند و برای افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی ضروری هستند. در اقدامی دیگر، ویرکمپ[3] و همکاران (۲۰۲۱) با مرور ۸۵۰ نشریه و بررسی مطالعات صورت گرفته در زمینه ارزیابی خدمات اکوسیستمی ارائه‌شده توسط زیرساخت‌های سبز- آبی دریافتند که زیرساخت‌های سبز - آبی و خدمات اکوسیستم مرتبط به‌طور فزاینده‌ای سبب کاهش چالش‌های پایداری شهری می‌شوند. دراین‌بین خدمات اکوسیستم بیش‌تر شش زمینه اصلی؛ تعدیل دمای محلی، کنترل رواناب، تصفیه آلاینده‌ها، تنظیم کیفیت هوا، گرده‌افشانی، تفریح و زیبایی‌شناسی را پوشش می‌دهد. باکین[4] و همکاران (۲۰۲۱) نیز در بررسی مزایای زیرساخت سبز-آبی برای شهرهای پایدار بیان کردند که زیرساخت‌های سبز-آبی به‌عنوان روش‌های نوآورانه جدید می‌توانند خدمات چندمنظوره متنوعی در مناطق شهری ارائه دهند که تحقق این امر مستلزم ترکیب و ادغام طراحی شهری، برنامه‌ریزی شهری و چارچوب شهر حساس به آب در قالب یک رویکرد منسجم است. که در پژوهشی دیگر چن[5] و همکاران (۲۰۲۰) با توزیع ۴۰۵ پرسشنامه در شهر گوانگژو (چین) به بررسی تفاوت بین درک افراد از مزایای خدمات اکوسیستمی که توسط زیرساخت‌های سبز شهری قابل‌ارائه است پرداخته و نتایج نظرسنجی به کمک آزمون‌های ناپارامتریک کروسکال - والیس و مدل رگرسیون تحلیل و نشان داد که بین عرضه و تقاضای خدمات تفاوت معناداری وجود دارد. بدین معنی که با وجود شناخته شدن زیرساخت‌های سبز شهری به‌عنوان ارائه‌دهندگان کلیدی خدمات اکوسیستم، هنوز بسیاری از افراد آگاهی عمومی نسبت به این مقوله نداشته و تمایلی به پرداخت هزینه جهت دریافت این نوع خدمات را ندارند که این امر مستلزم افزایش آگاهی و ادراک اجتماعی است. این در حالی است که برزوسکا و اسپج[6](۲۰۲۰) در پژوهش خود با مرور سیستماتیک و تحلیل ۷۶ نشریه، عنوان کردند که شهرها دارای تنوع گسترده‌ای از انواع زیرساخت‌های

1. Fang
2. Pereira
3. Veerkamp
4. Bacchin
5. Chen
6. Brzoska & Spage

سبز مانند پارک‌ها، باغ‌ها و غیره هستند که این ساختارها می‌توانند با ارائه خدمات اکوسیستمی متنوع بر رفاه انسان تأثیر گذارند. بنابراین در برنامه‌ریزی شهری به‌منظور حفظ و ارتقای کیفیت زندگی باید توجه ویژه‌ای به این‌گونه زیرساخت‌ها شود. در همین ارتباط بررسی یک نمونه موردی موفق از شهر اسفنجی (نینگبو) توسط تانگ[1]و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که ترویج الگوی شهر اسفنجی در سال‌های اخیر نشان‌دهنده اراده سیاسی دولت چین در راستای مدیریت پایدار آب و سیلاب‌های شهری با بهره‌گیری از زیرساخت‌های سبز- آبی است که ضمن کاهش خطر سیل می‌تواند مزایای فراوانی برای اقتصادها، جوامع و محیط‌های شهری به دنبال داشته باشد. در پژوهشی مشابه نیز که در مکزیکوسیتی توسط Calderon-Contreras & Quiroz-Rosas (2017) انجام شد نتایج نشان داد که خدمات اکوسیستم شهری می‌تواند تاب‌آوری شهری را افزایش دهد و این‌که خدمات اکوسیستم شهری تاب‌آور نیز به‌طور مستقیم به کمیت، کیفیت و تنوع زیرساخت سبزی که آن‌ها را تولید می‌کند بستگی دارد. این در حالی است که در مکزیکوسیتی اکثر زیرساخت‌های سبز دارای کیفیت پایینی هست که مانع از ارائه خدمات اکوسیستم شهری موردنیاز در راستای تاب‌آور ساختن مکزیکوسیتی می‌شود. بدین ترتیب استفاده از مفاهیم زیرساخت سبز و خدمات اکوسیستم در طراحی شهرهای فشرده سبز توسط ارتمن[2] و همکاران (۲۰۱۷) در شهر درسدن آلمان به‌عنوان نمونه موردی مورد تأکید قرار گرفت چرا که به‌کارگیری مفاهیم خدمات اکوسیستم و زیرساخت سبز می‌تواند در ساختاربندی روابط پیچیده متقابل بین برنامه‌ریزی منظر و شهرهای فشرده نقش کلیدی داشته باشد که این نیازمند برنامه‌ریزی جامع جهت پیوند زیرساخت‌های سبز با زیرساخت‌های خاکستری موجود در شهرهاست. به‌عنوان نمونه بام سبز یکی از بهترین روش‌های توسعه کم تأثیر (LID) جهت بهبود محیط‌زیست و مدیریت رواناب در شهرها است که این امر در پژوهش شفیق[3] و همکاران (۲۰۱۶) بر روی شهر سئول مورد تأیید قرار گرفت چرا که خروجی آب باران در طرح بام سبز بسیار کم‌تر از یک بام معمولی بود همچنین این بام سبز در کاهش دمای سطح محدوده نیز نقش مهمی داشت. همسو با این نتایج، یانگ[4]و همکاران (۲۰۱۵) نیز در بررسی خود در شهر ییشینگ (چین) طی دوره ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹، نشان دادند که میانگین حجم بارندگی ذخیره‌شده به‌وسیله زیرساخت‌های سبز بیش از ۸۸ درصد از بارندگی دریافتی بوده است و حذف آلاینده‌ها در طی بارندگی، تلطیف هوا به نسبت مناطق پیرامونی شهر که فاقد زیرساخت سبز بودند نیز نکته قابل‌توجهی است. درنهایت کورنبرگ[5](۲۰۱۵) در پاسخ به این‌که چرا یک شهر را سبز نکنیم؟ به بررسی موانع نهادی در مقابل حفظ خدمات اکوسیستم شهری پرداخته و اذعان داشت که اگرچه گفتمان فعلی در مورد خدمات اکوسیستمی بر افزایش آگاهی از مزایایی که طبیعت ارائه می‌کند تمرکز دارد، اما حفاظت از اکوسیستم‌های شهری ارائه‌دهنده خدمات؛ نیاز به یک اصلاح نهادی گسترده دارد.

بدین ترتیب با در نظر گرفتن نتایج پژوهش‌های صورت گرفته و روشن شدن اهمیت و نقشی که شهر اسفنجی می‌تواند در ارائه خدمات اکوسیستمی متنوع در محیط‌های شهری داشته باشد، پیاده‌سازی این طرح به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند کشور ایران که با پدیده شهرنشینی سریع، رشد بی‌برنامه شهرها، توسعه ساخت‌وسازهای شهری، چالش‌های آبی، تغییرات اقلیمی و غیره مواجه هستند به ضرورتی اجتناب‌ناپذیر تبدیل‌شده است. در این زمینه کلان‌شهر شیراز نیز به‌واسطه مرکزیت استان و تمرکز گسترده جمعیت و فعالیت در نتیجه، فشار اکولوژیکی گسترده‌ای بر طبیعت وارد کرده که بیش از ظرفیت تحمل محیطی آن است که این خود سبب شکل‌گیری و تشدید چالش‌های آبی و زیست‌محیطی

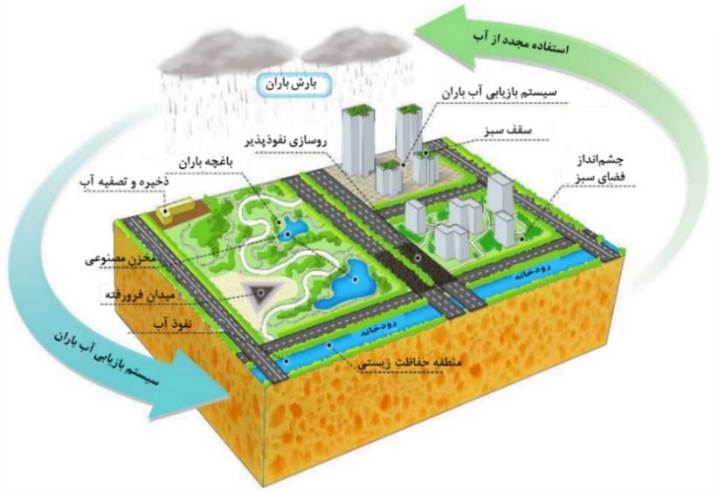
1. Tang
2. Artmann
3. Shafique
4. Yang
5. Kronenberg

متنوع در بستر شهر شده و مسائل مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی گسترده‌ای را به دنبال داشته است که ادامه روند موجود به‌کارگیری الگوهایی از توسعه شهری که آسیب کم‌تری به محیط وارد کرده و قابلیت تداوم و استمرار داشته باشد را ضروری ساخته است. لذا می‌بایست در برنامه‌ریزی شهری به دنبال ایجاد شرایطی در راستای هماهنگی با محیط‌زیست و به وجود آوردن محیط‌زیستی پایدار بود. بدین ترتیب با توجه به مسائل و چالش‌های شهر شیراز و روشن شدن اهمیت طرح نوین شهر اسفنجی و توجه به این‌که تاکنون پژوهشی در ارتباط با شهر اسفنجی در سطح داخلی صورت نگرفته است؛ پژوهش حاضر با هدف بررسی، شناسایی و اولویت‌بندی خدمات اکوسیستم شهر اسفنجی در صورت پیاده‌سازی در شهر شیراز انجام شد.

مبانی نظری

شهر اسفنجی

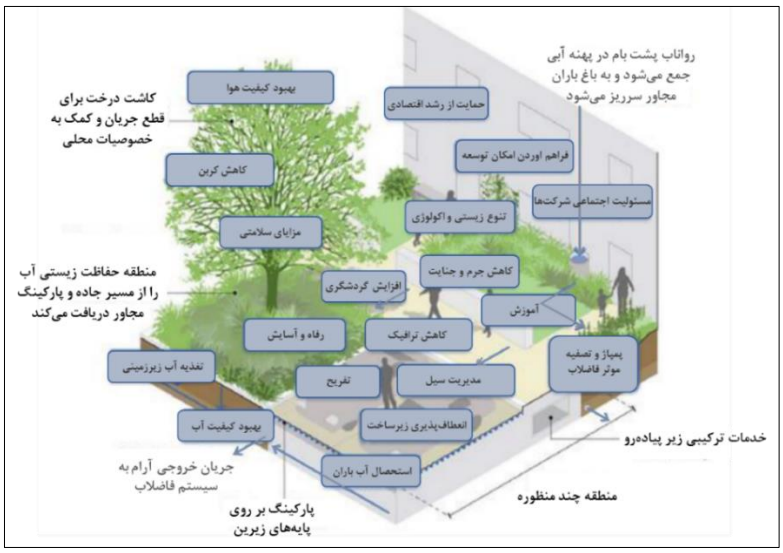
رشد سریع شهرنشینی، توسعه اقتصادی-اجتماعی بی‌سابقه در برخی از کشورها سبب تغییر کاربری اراضی از چشم‌اندازهای طبیعی (فضاهای سبز، سطوح پوشش گیاهی، جنگل‌ها) به انواع کاربری‌های شهری (تجاری، مسکونی و صنعتی) شده است. صدمه‌های وارده بر این سرمایه‌های طبیعی همراه با توسعه شهری سبب ایجاد ترکیبی از جاده‌ها، ساختمان‌ها و دیگر زیرساخت‌های شهری نفوذناپذیر شده است. بدین ترتیب، افزایش سطوح نفوذناپذیر منجر به کاهش ظرفیت نفوذ و نگهداری آب، عدم تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و تشدید جریان رواناب و سیلاب‌های شهری در بسیاری از مناطق شهری شده است (Chan et al., 2018; Lancia et al., 2020). در راستای پاسخ به این مسائل و مشکلات، ایده "شهر اسفنجی" مطرح‌شده است. مفهوم شهر اسفنجی برای اولین بار با هدف حل چالش‌های آبی و ایجاد مفهومی فراگیر و متشکل از مؤلفه‌های کلیدی مدیریت منابع آب شهری، برنامه‌ریزی شهری و توسعه پایدار، به‌منظور حفظ پهنه‌های آبی شهر، ذخیره رواناب و بهبود کیفیت آب ارائه شد (Yeung, 2010; MOHURD, 2014; Xu et al., 2014; Guan et al., 2018; Zhou et al., 2019; Hou et al., 2020). هدف اصلی این طرح، جذب و استفاده حداکثری از آب در حین بارندگی است. در راستای نیل به این هدف و بر مبنای تفکر توسعه کم اثر، اکثر زیرساخت‌های شهر اسفنجی به شکل زیرساخت سبز-آبی طراحی‌شده و شکل می‌گیرد. این زیرساخت‌ها بیش‌تر شامل جوی باغچه‌ها، بام سبز، دیوار سبز، میدان‌ها، پارکینگ و پیاده‌رو و سنگفرش‌های نفوذپذیر، احیاء و بازسازی تالاب‌ها و دریاچه‌ها، مناطق حفاظت زیستی و غیره است که شهر را قادر می‌سازد در زمان بارندگی همانند یک اسفنج عمل کند و آب باران را جذب، نفوذ، جمع‌آوری، تصفیه طبیعی و استفاده مجدد نماید (نوری و رضایی، ۱۴۰۲). در شکل (۱) مدل شماتیکی از شهر اسفنجی ارائه‌شده است.



شکل ۱. مدل شماتیک شهر اسفنجی

زیرساخت‌های سبز-آبی

زیرساخت سبز-آبی اصطلاحی است که در زمینه حفاظت از زمین و توسعه آن، اخیراً در سراسر جهان مطرح و مورد تأکید بیش‌تری قرارگرفته است. این اصطلاح بسته به زمینه کاربرد آن مفاهیم متعددی به خود می‌گیرد. بدین‌صورت که در برخی موارد به معنای پوشش گیاهی با نقش اصلی ایجاد مزایای بوم‌شناختی در مناطق شهری است. هم‌چنین به معنای ساختار سازه‌های مهندسی مانند مدیریت سیلاب یا تجهیزات نگهداری آب است که با رویکرد سازگاری با محیط‌زیست طراحی و ساخته‌شده‌اند. علاوه بر این به‌صورت شبکه‌ای درهم‌تنیده و به‌هم‌پیوسته از محدوده‌های طبیعی و سایر فضاهای باز نیز تعریف می‌شود که از ارزش‌ها و کارکردهای اکوسیستم حفاظت می‌کند، سبب تصفیه و تلطیف آب‌وهوا و سایر مزایا برای مردم و حیات‌وحش می‌شود و چارچوب بوم‌شناختی برای حیات زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی را فراهم می‌آورد و به‌نوعی دستگاه طبیعی حفظ حیات به شمار می‌رود (حکیمیان و لک، ۱۳۹۶). به‌عبارتی‌دیگر می‌توان این نوع زیرساخت را شبکه‌ای طراحی و مدیریت‌شده از عناصر طبیعی و نیمه‌طبیعی تعریف کرد که در ارتباط با سایر عناصر زیست‌محیطی به دنبال ارتقاء توان سرویس‌دهی طبیعت به اکوسیستم است (مسعودی، ۱۳۹۴). این زیرساخت‌ها در مناطق شهری بیش‌تر به‌صورت شبکه‌ای به‌هم‌پیوسته از راه‌های سبز، پارک‌ها، مناطق حفاظت زیستی، جنگل‌ها، فضاهای باز، آبراهه‌ها، تالاب‌ها، زیستگاه‌های حیات‌وحش و سایر مناطق طبیعی است که از فرآیندهای طبیعی زیست‌محیطی، منابع اقلیمی حفاظت می‌کنند و به‌سلامت و کیفیت زندگی جوامع کمک می‌کنند و نقش مهمی در تاب‌آوری شهرها در برابر تغییرات اقلیمی دارند (Mell, 2008; Faggian et al., 2012; Kabisch et al., 2017). در شکل (۲) به بخشی از مهم‌ترین مزایایی که زیرساخت‌های سبز-آبی می‌توانند در مناطق شهری ایجاد کنند اشاره‌شده است.



شکل ۲. برخی از مزایای زیرساخت‌های سبز-آبی در مناطق شهری (منبع: Faggian et al., 2012)

خدمات اکوسیستم

اکوسیستم شیوه توصیف عملکرد طبیعت است و ترکیبی پیچیده و پویا را از کلیه جوامع گیاهی، جانوری و میکروارگانیسم‌های زنده و تعامل درونی با اجزاء و محیط را در برمی‌گیرد (Cowan, 2007). در چند سال اخیر، ارتباط بین رفاه انسانی و اکولوژی با عنوان "خدمات اکوسیستم" مورد تأکید جوامع علمی قرارگرفته است. خدمات حاصل از اکوسیستم اولین بار توسط Ehrlich (۱۹۸۱)، بیش‌تر برای توضیح منافع همگانی عرضه‌شده از طرف اکوسیستم‌ها مطرح شد. در واقع جوامع انسانی برای داشتن تصمیمات مدیریتی آگاهانه‌تر می‌بایست به منافع حاصل از اکوسیستم که "خدمات اکوسیستم" نامیده می‌شود توجه کنند. خدمات اکوسیستم در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف کاملاً مستقل از یکدیگر نیستند و یک ارتباط غیرخطی پیچیده در بین آن‌ها وجود دارد که در آن، رشد یا کاهش یک خدمت اکوسیستمی بر رشد یا کاهش خدمات دیگر تأثیر می‌گذارد. در دهه‌های اخیر، تلاش‌های مستمری به مفهوم‌سازی، طبقه‌بندی، کمی سازی و ارزش‌گذاری خدمات اکوسیستم اختصاص‌یافته است و گسترش سریع تحقیقات پیرامون خدمات اکوسیستم در جامعه علمی، کاربرد خدمات اکوسیستم در تصمیم‌گیری‌های فضایی را ارتقاء داده است (Czucz et al, 2018; Cortinovis & Geneletti, 2019; Delibas et al, 2021; Chen et al, 2023). اگرچه بین همگان در ارتباط با مفهوم کلی خدمات اکوسیستم، توافق نظر وجود دارد اما تعاریف متفاوتی از این اصطلاح ارائه‌شده است که به‌طور خلاصه در (جدول ۱) به تعدادی از این تعریف‌ها اشاره‌شده است.

جدول ۱. تعاریف مختلف ارائه‌شده برای خدمات اکوسیستم

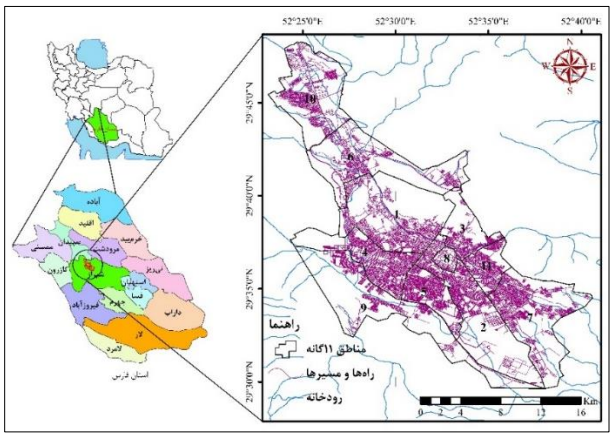
تعاریف ارائه‌شده	نویسنده/گان (سال)
اجزائی از سیستم که در جهت رفاه انسانی به‌طور مستقیم مصرف‌شده، مورداستفاده قرارگرفته و یا از آن‌ها لذت برده می‌شود.	Banzhaf & Boyd (2007)
بخش‌هایی از اکوسیستم که به شکل فعال یا غیرفعال در جهت رفاه انسانی کاربرد دارند.	Fisher et al. (2009)
خدمات اکوسیستم در واقع مشارکت مستقیم و غیرمستقیم اکوسیستم‌ها در راستای رفاه بشر می‌باشد.	TEEB (2010)
خدمات متنوعی که اکوسیستم‌ها می‌توانند به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم برای انسان‌ها و سایر موجودات فراهم آورند که نقش مهمی در زندگی، سلامتی و هم‌چنین رفاه انسانی دارند.	Kumar (2010)
مزایایی که مردم از اکوسیستم دریافت و دارای اهمیت اساسی به‌منظور رفاه انسان، سلامتی، معیشت	De Groot et al. (2012)

و بقا می‌باشند،	
مزایایی از اکوسیستم که ارتباط نزدیکی با تنوع زیستی دارند.	Lucas et al. (2014)
سودمندی طبیعت از نظر تأمین نیازهای اساسی انسان، مانند غذا، سوخت، آب پاک، کنترل سیلاب و بهبود وضعیت آب‌وهوا.	
به ویژگی‌های اکولوژیکی، عملکردها یا فرآیندهایی اشاره دارد که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم به رفاه انسان یا مزایایی که مردم از اکوسیستم‌های فعال به دست می‌آورند کمک می‌کند.	Costanza et al. (2017)
خدمات اکوسیستمی مزایایی هستند که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از اکوسیستم‌ها به دست می‌آیند و ارتباط نزدیکی با رفاه انسان دارند.	Liu et al (2019)
خدمات اکوسیستمی به شرایط محیط طبیعی و اثراتی که انسان برای بقا و پایداری به آن تکیه می‌کند و تمام مزایایی که انسان به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم از اکوسیستم‌ها دریافت می‌کند، اشاره دارد.	Liu et al (2020)
خدمات اکوسیستم به‌طور گسترده به‌عنوان یک چارچوب مفهومی در روابط انسان و طبیعت پذیرفته‌شده است و نقش اساسی در دستیابی سیستم‌های اجتماعی- اکولوژیکی به توسعه پایدار ایفا می‌کند.	Costanza (2020)
خدمات اکوسیستم شرایط و امکانات محیطی است که توسط اکوسیستم‌ها برای بقاء و توسعه انسان شکل‌گرفته و حفظ می‌شود و در مزایای مختلفی که انسان از آن‌ها به دست می‌آورد منعکس می‌شود.	Li et al (2023)

با شناخت روزافزون از ارتباط میان انسان و محیط‌زیست، میزان آگاهی افراد از اهمیت اکوسیستم‌ها در حفظ و بهبود رفاه انسانی افزایش‌یافته است که این امر سبب توسعه مفهوم خدمات اکوسیستم شده است (Nahlik et al., 2012). خدمات اکوسیستم با عنوان مزایایی که انسان از طبیعت استخراج می‌کند در چهار گروه خدمات تولیدی، خدمات تنظیمی، خدمات حمایتی (پشتیبانی) و خدمات فرهنگی-اجتماعی قابل‌تقسیم می‌باشد (Kremen & Ostfeld, 2005). با درک ارزش این مزایا، برنامه‌ریزان و مدیران شهری می‌توانند در راستای ایجاد یک شهر پایدار گام بردارند چرا که خدمات اکوسیستم منافع قابل‌توجهی را برای مفهوم یک شهر پایدار ارائه می‌دهد و نقش مهمی در تحقق توسعه پایدار دارد (Ahern et al., 2014).

منطقه موردمطالعه

محدوده موردمطالعه در پژوهش حاضر، شهر شیراز یکی از کلان‌شهرهای ایران و مرکز استان فارس می‌باشد که در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول ۵۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۴۸۶ تا ۱۶۷۰ متری از سطح دریا واقع‌شده است. میانگین دمای سالانه این شهر ۱۷/۷ سانتی‌گراد است. هم‌چنین میانگین بیشینه و کمینه دما در این شهر به ترتیب ۲۵/۷ و ۵/۸ سانتی‌گراد می‌باشد. مقدار بارندگی سالانه این شهر نیز حدود ۲۶۳/۷ میلی‌متر است (نوری و رضایی، ۱۴۰۲؛ نوری و همکاران، ۱۴۰۲). بر اساس آخرین تقسیمات اداری، این شهر به ۱۱ منطقه مستقل شهری تقسیم و مساحتی در حدود ۵۲۷۱ کیلومترمربع دارد. مساحت کل فضای سبز شهری این شهر که شامل کمربند سبز، بوستان‌ها و فضای سبز پراکنده است؛ حدود ۴۰/۶ کیلومترمربع است (Statistical Centre of Iran, 2020a). بر پایه آخرین سرشماری مرکز آمار ایران جمعیتی بالغبر ۱۵۶۵۵۷۲ نفر دارد (Statistical Centre of Iran, 2020b). در شکل (۳) موقعیت مناطق مختلف شهر شیراز بر روی نقشه ایران و استان فارس ارائه‌شده است.



شکل ۳. موقعیت شهر شیراز در ایران و استان فارس

روش پژوهش

پژوهش حاضر از حیث هدف کاربردی و از نظر ماهیت در زمره پژوهش‌های توصیفی – تحلیلی است که با روش آمیخته (کمی و کیفی) انجام‌شده است. گردآوری داده‌ها به دو روش کتابخانه‌ای و پیمایشی صورت گرفته است. در بخش میدانی، جامعه آماری پژوهش را خبرگان و اساتید حوزه برنامه‌ریزی و مدیریت شهری، مدیریت بحران، منابع طبیعی و محیط‌زیست شهری تشکیل می‌دهد که ویژگی اصلی آن‌ها دارا بودن مدرک تحصیلی مرتبط، در دسترس بودن و تمایل به مشارکت در پژوهش است. حجم نمونه نیز به تعداد ۳۰ نفر و به شیوه نمونه‌گیری هدفمند قضاوتی و گلوله برفی تعیین شد. به‌منظور تحلیل داده‌ها از روش تحلیل مضمون یا در حقیقت تحلیل تِم استفاده شد. تحلیل مضمون، روشی برای شناخت، تحلیل و گزارش الگوهای موجود در داده‌های کیفی است. این روش، فرآیندی برای تحلیل داده‌های متنی است و داده‌های پراکنده و متنوع را به داده‌هایی غنی و تفصیلی تبدیل می‌کند. در این بخش، کدگذاری و تحلیل داده‌های پژوهش در قالب نرم‌افزار MAXQDA انجام شد. پایایی بین کدگذاران به‌عنوان مقیاسی برای کیفیت پژوهش به شمار می‌رود. در این زمینه از ضریب توافق کاپا برای محاسبه پایایی استفاده شد. برای محاسبه ضریب کاپا علاوه بر محقق اصلی که اقدام به کدگذاری اولیه می‌کند، محقق بعدی همان متن را بدون اطلاع از کدهای داده‌شده، مجدداً کدگذاری می‌کند. درصورتی‌که کدهای هر دو محقق نزدیک باشد نشان می‌دهد که بین این دو کدگذار توافق بالا است که نشانگر پایایی است. ضریب کاپا بین ۱+ و ۱− تغییر می‌کند که مقدار ۱+ به معنای توافق کامل بین کدگذاران و ۱− به معنای عدم توافق و مقدار صفر ناشی از شانس و تصادفی بودن توافق است (رستمی‌زاد و همکاران، ۱۴۰۱؛ Abbas & Jaber, 2020).

$$K = \frac{Pr(a) - Pr(e)}{1 - Pr(e)}$$ رابطه (۱)

که در آن: Pr(a) نسبت واحدهایی که در مورد آن‌ها بین ارزیاب‌ها توافق است و Pr(e) ثبت واحدهایی که احتمال می‌رود توافق بین ارزیاب‌ها تصادفی است؛ می‌باشد.

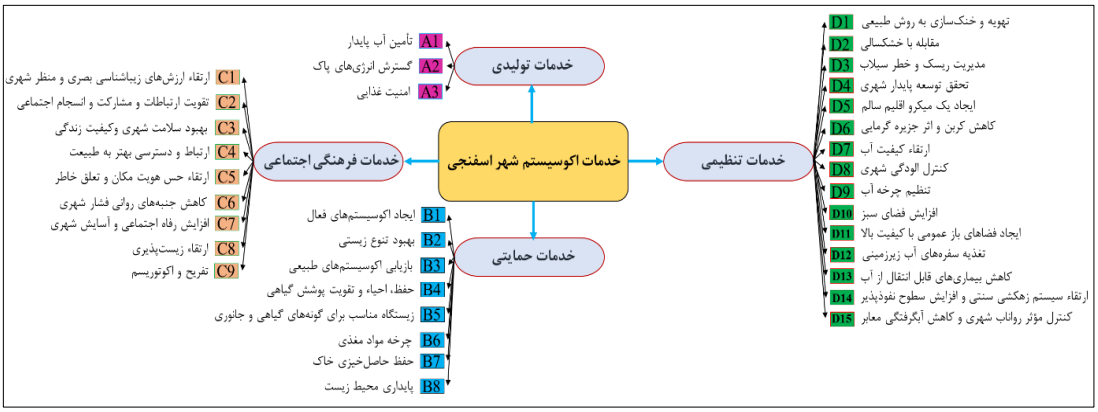
بدین ترتیب، کدهایی که قبلاً توسط محقق کدگذاری شده بود به‌صورت تصادفی توسط دو نفر از خبرگان سنجش شد. دو ستون، موافق و مخالف با نظر محقق در نظر گرفته شد و درصد توافق ارزیاب‌ها در مورد هر کد در سطرها محاسبه و درصد توافق بین آن‌ها در ستون‌ها محاسبه شد. در نهایت منطبق بر فرمول ضریب توافق کاپا، مقدار کاپای حاصل‌شده (۰/۷۴) نشانگر اعتبار قابل‌قبول کدگذاری است. در ادامه، کدهای حاصل به کمک آزمون آماری فریدمن در محیط نرم‌افزار SPSS رتبه‌بندی شد. آزمون فریدمن یک آزمون ناپارامتری است که از آن برای مقایسه میانگین رتبه‌ها در بین K متغیر

استفاده می‌شود.

یافته‌ها

امروزه در سال‌های اخیر، رشد سریع جمعیت، روند شتابان و گسترده شهرنشینی و هم‌چنین رشد اقتصادی و صنعتی، منجر به گسترش مهاجرت به شهرها و در پی آن تغییرات شدیدی در کاربری‌ها و پوشش زمین در اغلب مناطق شهری کشور شده است. به‌طوری‌که اراضی ساخته‌شده گسترش فراوانی یافتند و اراضی طبیعی و نیمه‌طبیعی مثل مراتع و زمین‌های کشاورزی از بین رفته و یا دچار زوال شدند. این تغییرات، در محدوده شهر شیراز شدت قابل‌توجهی پیداکرده است. بدین شکل که با گسترش شهر، محیط طبیعی قطعه‌قطعه شده و با کاهش سطح اتصال فضاهای اکولوژیک، خدمات اکوسیستم نزول یافته است. در چنین شرایطی به نظر می‌رسد توسعه طرح "شهر اسفنجی" می‌تواند به‌عنوان یک‌راه حل مؤثر ضمن کاهش چالش‌های آبی و زیست‌محیطی، برای شهر و شهروندان خدمات اکوسیستمی متنوعی به دنبال داشته باشد. چرا که خدمات اکوسیستم زمینه تعامل فیزیکی، فرهنگی و اقتصادی انسان را با عرصه‌های طبیعی فراهم می‌کند. لذا شناخت و طبقه‌بندی خدماتی که زیرساخت‌های سبز–آبی در شهر اسفنجی به همراه دارند به‌منزله راهنمایی در فرآیند برنامه‌ریزی، تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری شهری عمل می‌کند.

در این زمینه و در راستای هدف اصلی پژوهش حاضر، از طریق مصاحبه نیمه ساختاریافته و بهره‌گیری از روش تحلیل محتوا، مهم‌ترین مفاهیم مرتبط با خدمات اکوسیستم شهر اسفنجی با عنوان کدهای باز استخراج گردید که دراین‌بین تعداد ۳۵ مفهوم یا خوشه به شیوه کدگذاری محوری تعیین شدند. سپس بر اساس تعاریف ارائه‌شده از انواع خدمات اکوسیستم، تعداد چهار مقوله هسته‌ای با عناوین خدمات تأمین‌کننده، خدمات تنظیم‌کننده، خدمات فرهنگی–اجتماعی و خدمات حمایتی به‌عنوان مهم‌ترین خدمات اکوسیستم ارائه‌شده توسط زیرساخت‌های سبز–آبی در شهر اسفنجی از نظر جامعه خبرگان شهر شیراز می‌باشد که در قالب خروجی نرم‌افزار MAXQDA به‌صورت شکل (۴) قابل تشریح می‌باشد.



شکل ٤. نشانه‌ها، مفاهیم و هسته‌های اصلی خدمات اکوسیستم شهر اسفنجی

تأمین آب پایدار، گسترش انرژی‌های پاک و امنیت غذایی سه مفهوم شناسایی‌شده از مقوله اصلی خدمات تأمین‌کننده است که به‌طور مستقیم به‌وسیله زیرساخت‌های سبز–آبی در شهر اسفنجی قابل حصول است و ۱۵ مفهوم؛ تهویه و خنک‌سازی به روش طبیعی، مقابله با خشکسالی، مدیریت ریسک و خطر سیلاب شهری، تحقق توسعه پایدار شهری، ایجاد یک میکرو اقلیم سالم، کاهش کربن و اثر جزیره گرمایی، ارتقاء کیفیت آب، کنترل آلودگی شهری، کنترل مؤثر

رواناب شهری و کاهش آب‌گرفتگی معابر، افزایش فضای سبز، ایجاد فضاهای باز عمومی با کیفیت بالا، ارتقاء سیستم زهکشی سنتی و افزایش سطوح نفوذپذیر، تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی، کاهش بیماری‌های قابل‌انتقال از آب و تنظیم چرخه آب از جمله منافع حاصل از تنظیم فرآیندهای اکوسیستم توسط زیرساخت‌های سبز -آبی شهر اسفنجی است. از طرفی ۹ مفهوم شناسایی‌شده از زیر مقوله خدمات فرهنگی -اجتماعی؛ ارتقاء ارزش‌های زیباشناسی بصری و منظر شهری، تقویت ارتباطات و مشارکت و انسجام اجتماعی، بهبود سلامت شهری و کیفیت زندگی، ارتباط و دسترسی بهتر به طبیعت، ارتقاء حس هویت مکان و تعلق‌خاطر، کاهش جنبه‌های روانی فشار شهری، افزایش رفاه اجتماعی و آسایش شهری، ارتقاء زیست پذیری و تفریح و اکوتوریسم از جمله منافع غیرمادی و معنوی حاصل از ایجاد زیرساخت‌های سبز-آبی در شهر اسفنجی است و در نهایت ایجاد اکوسیستم‌های فعال، بهبود تنوع زیستی، بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی، حفظ، احیاء و تقویت پوشش گیاهی، پایداری محیط‌زیست، چرخه مواد مغذی، زیستگاه مناسب برای گونه‌های گیاهی و جانوری و حفظ حاصلخیزی خاک، ۸ مفهوم شناسایی‌شده از مقوله خدمات حمایتی است که از جمله خدمات ضروری به‌منظور تولید سایر خدمات توسط زیرساخت‌های سبز-آبی در شهر اسفنجی به شمار می‌روند (جدول ۲).

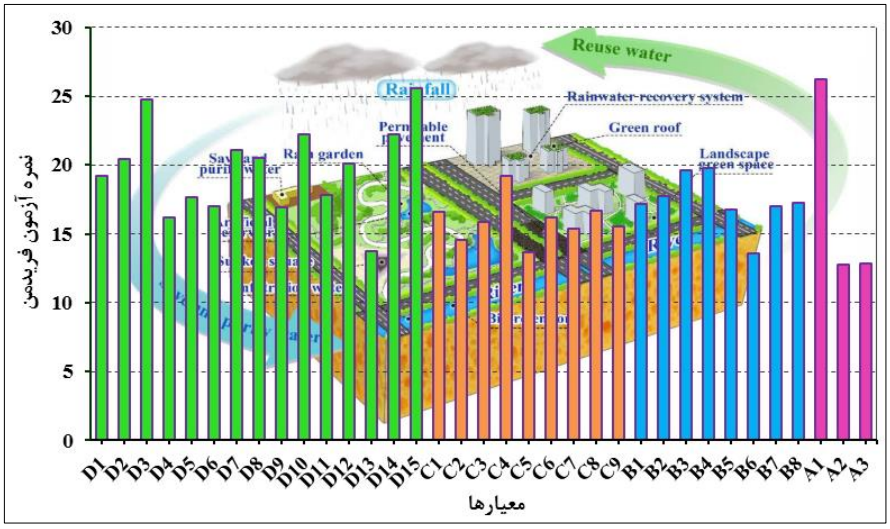
جدول ۲. مؤلفه‌ها و معیارهای خدمات اکوسیستم مرتبط با شهر اسفنجی

مؤلفه	علامت اختصاری	معیار	مؤلفه	علامت اختصاری	معیار
خدمات تنظیمی	D1	تهویه و خنک‌سازی به روش طبیعی	خدمات فرهنگی-اجتماعی	C1	ارتقاء ارزش‌های زیباشناسی بصری و منظر شهری
	D2	مقابله با خشک‌سالی		C2	تقویت ارتباطات و مشارکت و انسجام اجتماعی
	D3	مدیریت ریسک و خطر سیلاب		C3	بهبود سلامت شهری و کیفیت زندگی
	D4	تحقق توسعه پایدار شهری		C4	ارتباط و دسترسی بهتر به طبیعت
	D5	ایجاد یک میکرو اقلیم سالم		C5	ارتقاء حس هویت مکان و تعلق‌خاطر
	D6	کاهش کربن و اثر جزیره گرمایی		C6	کاهش جنبه‌های روانی فشار شهری
	D7	ارتقاء کیفیت آب		C7	افزایش رفاه اجتماعی و آسایش شهری
	D8	کنترل آلودگی شهری		C8	ارتقاء زیست‌پذیری
	D9	تنظیم چرخه آب		C9	تفریح و اکوتوریسم
	D10	افزایش فضای سبز			
	D11	ایجاد فضاهای باز عمومی با کیفیت بالا	خدمات حمایتی	B1	ایجاد اکوسیستم‌های فعال
	D12	تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی		B2	بهبود تنوع زیستی
	D13	کاهش بیماری‌های قابل‌انتقال از آب		B3	بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی
	D14	ارتقاء سیستم زهکشی سنتی و افزایش سطوح نفوذپذیر		B4	حفظ، احیاء و تقویت پوشش گیاهی
	D15	کنترل مؤثر رواناب شهری و کاهش آب‌گرفتگی معابر		B5	زیستگاه مناسب برای گونه‌های گیاهی و جانوری
خدمات تولیدی	A1	تأمین آب پایدار		B6	چرخه مواد مغذی
	A2	گسترش انرژی‌های پاک		B7	حفظ حاصلخیزی خاک
	A3	امنیت غذایی		B8	پایداری محیط‌زیست

پس از مشخص شدن مقوله و مفاهیم اصلی مرتبط با خدمات اکوسیستم که توسط زیرساخت‌های سبز-آبی در شهر اسفنجی قابل‌ارائه است. این مفاهیم در قالب یک پرسشنامه تنظیم و در اختیار تیم خبرگان قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد با در نظر گرفتن شرایط شهر شیراز نظر خود را در رابطه با درجه اهمیت هر یک از این خدمات مطرح نمایند و در نهایت با بهره‌گیری از آزمون آماری فریدمن اقدام به رتبه‌بندی مؤلفه‌ها و معیارهای مربوطه شد که نتایج مربوط به این اولویت‌بندی این معیارها در جدول (۳) و نیز شکل‌های (۵) و (۶) ارائه‌شده است.

جدول ۳. اولویت‌بندی مؤلفه‌ها و معیارهای خدمات اکوسیستم مرتبط با شهر اسفنجی بر اساس تحلیل فریدمن

مؤلفه	معیار	میانگین	انحراف معیار	نمره فریدمن	رتبه دریافتی
خدمات تنظیمی	D1	۲/۷۰	۱/۰۷۵	۱۹/۲۵	۱۲
	D2	۲/۶۰	۰/۹۶۱	۲۰/۴۷	۸
	D3	۳/۰۰	۰/۸۲۸	۲۴/۷۸	۳
	D4	۲/۳۰	۰/۹۳۷	۱۶/۲۲	۲۵
	D5	۲/۴۰	۱/۰۷۰	۱۷/۶۷	۱۶
	D6	۲/۳۳	۱/۱۱۴	۱۷/۰۰	۱۹
	D7	۲/۶۷	۱/۲۰۲	۲۱/۰۵	۶
	D8	۲/۶۷	۰/۹۸۳	۲۰/۴۸	۷
	D9	۲/۳۰	۰/۹۲۲	۱۶/۹۲	۲۱
	D10	۲/۷۳	۰/۹۵۰	۲۲/۲۳	۵
	D11	۲/۴۰	۰/۹۶۰	۱۷/۸۳	۱۴
	D12	۲/۶۳	۱/۰۰۳	۲۰/۰۷	۹
	D13	۲/۰۳	۰/۹۹۴	۱۳/۷۷	۳۱
	D14	۲/۸۰	۱/۱۹۲	۲۲/۲۵	۴
	D15	۳/۱۰	۱/۱۶۳	۲۵/۵۵	۲
خدمات اجتماعی-فرهنگی	C1	۲/۱۷	۱/۱۵۵	۱۶/۶۰	۲۴
	C2	۲/۱۰	۰/۹۲۸	۱۴/۵۲	۳۰
	C3	۲/۲۳	۱/۰۲۹	۱۵/۸۳	۲۷
	C4	۲/۵۰	۱/۲۰۸	۱۹/۲۲	۱۳
	C5	۲/۰۰	۱/۰۶۶	۱۳/۷۰	۳۲
	C6	۲/۲۷	۱/۲۱۳	۱۶/۲۱	۲۶
	C7	۲/۱۳	۱/۰۵۳	۱۵/۳۵	۲۹
	C8	۲/۲۷	۰/۹۷۳	۱۶/۷۲	۲۳
	C9	۲/۲۰	۰/۹۹۹	۱۵/۵۵	۲۸
خدمات حمایتی	B1	۲/۳۷	۱/۰۴۲	۱۷/۱۸	۱۸
	B2	۲/۴۰	۱/۰۹۸	۱۷/۷۵	۱۵
	B3	۲/۵۳	۱/۲۰۲	۱۹/۶۳	۱۱
	B4	۲/۶۰	۱/۱۵۹	۱۹/۷۷	۱۰
	B5	۲/۳۳	۱/۱۸۴	۱۶/۷۷	۲۲
	B6	۲/۰۳	۱/۰۳۷	۱۳/۵۷	۳۳
	B7	۲/۳۳	۰/۹۲۵	۱۶/۹۸	۲۰
	B8	۲/۳۷	۰/۸۳۷	۱۷/۲۸	۱۷
خدمات تولیدی	A1	۳/۱۷	۰/۹۰۷	۲۶/۲۵	۱
	A2	۱/۸۷	۰/۸۹۸	۱۲/۷۵	۳۵
	A3	۱/۹۳	۱/۱۷۹	۱۲/۸۳	۳۴



شکل ۵. نتایج مربوط به نمرات آزمون فریدمن معیارهای مختلف خدمات اکوسیستم شهر اسفنجی

شکل ٦. نتایج آزمون فریدمن معیارهای مختلف خدمات اکوسیستمی حاصل از شهر اسفنجی

با توجه به جدول (۳) و شکل‌های (۵) و (۶) مشخص شد که در بین ۳۵ مؤلفه موردبررسی، مؤلفه تأمین آب پایدار (A1) با نمره اکتسابی ۲۶/۲۵ از زیرمجموعه خدمات تولیدی از نظر تیم خبرگان دارای رتبه اول می‌باشد و مؤلفه کنترل مؤثر رواناب شهری و کاهش آب‌گرفتگی معابر (D15) و مدیریت ریسک و خطر سیلاب (D3) به ترتیب با نمره اکتسابی ۲۵/۵۵ و ۲۴/۷۸ از زیرمجموعه خدمات تنظیمی در رتبه دوم و سوم قرار گرفت. از طرفی در رابطه با خدمات حمایتی باید اشاره کرد که مؤلفه‌های حفظ، احیاء و تقویت پوشش گیاهی (B4) و بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی (B3) به ترتیب با نمره ۱۹/۷۷ و ۱۹/۶۳ در رتبه ده و یازده قرار گرفت و در بعد خدمات فرهنگی-اجتماعی نیز مؤلفه ارتباط و دسترسی بهتر به طبیعت (C4) با نمره ۱۹/۲۲ در رتبه سیزده قرار گرفت.

در ارتباط با نتایج پژوهش باید اشاره کرد که در بیش‌تر مناطق شهر شیراز، کاربری‌های مسکونی، تجاری، فضاهای

عمومی و غیره با استفاده از مصالح و مواد نفوذناپذیر ایجاد شده‌اند که 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. به‌طوری‌که توانایی جذب آب باران را نداشته و به‌وسیله سیستم‌های زهکشی در مسیر هدایت به پهنه‌های آبی مختلف، آب به خیابان‌ها و پیاده‌روها سرازیر می‌شود. این امر بدون کنترل، موجب سیلاب و آب‌گرفتگی معابر می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود که سطوح نفوذناپذیر در سطح شهر شیراز با زیرساخت‌های سبز–آبی اسفنجی جایگزین شوند. چرا که اگر سنگفرش خیابان‌ها و فضاهای عمومی شهر به‌صورت نفوذپذیر ایجاد شود، آنگاه رواناب‌ها را به خاک زیرین خود هدایت می‌کند که این امر به سهم خود از جریان یافتن آب باران در شهر شیراز جلوگیری می‌کند و از طریق مدیریت درست آن و طی فرآیندهایی همچون؛ حفظ آب شامل ایجاد فضاهای طبیعی برای ذخیره موقت آب (مناطق سبز و تالاب‌های شهری)، بهبود نفوذ (مناطق سبز، گیاهان) و افزایش تحرک (درختان، مناطق سبز، پارک‌ها) به ذخیره آب باران کمک کرده و این آب ذخیره‌شده از طریق زیرساخت‌های سبز–آبی می‌تواند به یک منبع آب پایدار تبدیل شود که برای استفاده مستقیم و یا منبعی برای کاهش فشار بر منابع آب شرب محدود در فصول کم آبی مورداستفاده عموم مردم قرار گیرد. به‌طوری‌که با استفاده از این زیرساخت‌ها در مواقع بارندگی‌های شدید که در مدت‌زمان کوتاه رخداده و حجم زیادی از بارش ریزش می‌کند؛ با جمع‌آوری این بارش‌ها از طریق سطوح مختلف ساختمان‌ها با استفاده از بام سبز و دیوار سبز، پارک‌ها و میدان‌ها از طریق ایجاد پوشش گیاهی مناسب برای کنترل رواناب‌ها، جاده‌ها و پیاده‌روها به‌وسیله روسازی‌های نفوذپذیر و غیره و ذخیره آن‌ها و در نهایت استفاده از این منابع در شرایط خشک‌سالی می‌توان از حداقل بارندگی‌های رخداده نیز به بهترین نحو ممکن استفاده کرد. در نتیجه رواناب دیگر یک تهدید برای شهر نیست بلکه تبدیل به یک فرصت برای تأمین آب شهر نیز می‌شود که نقش مهمی در کاهش عوارض هیدرولوژیکی و جانبی ساخت‌وساز و توسعه در حوزه‌های مختلف شهر شیراز را ایفا می‌کند. از طرفی زیرساخت‌های سبز–آبی اسفنجی می‌توانند سبب حفظ، احیاء و تقویت پوشش گیاهی و در نتیجه بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی در سطح شهر شوند چرا که در شهر اسفنجی فضاهای قابل‌توجهی به پوشش گیاهی، فضاهای سبز، احیاء تالاب‌ها و دریاچه‌ها اختصاص داده می‌شود و در آن به محیط‌زیست، تلطیف هوا، اکوسیستم‌ها و چرخه‌های زیستی موجودات دیگر اهمیت داده‌شده است که علاوه بر حفظ پاکیزگی، بر زیبایی و طراوت فضای شهر نیز می‌افزاید و زمینه زندگی انواع جانداران زیست‌محیطی را نیز در شهر فراهم می‌آورد. از طرفی زیرساخت‌های سبز– آبی اسفنجی با رویکردی طبیعت‌محور زمینه ارتباط بیش‌تر انسان با طبیعت را فراهم می‌آورد که دراین‌ارتباط، سیر آرامش شهروندان اعم از سلامت جسمی و روانی، ارتباط با عناصر سبز در محیط زندگی، روابط قوی با حضور نور طبیعی، هم‌چنین هوای تازه که می‌تواند سبب شادی افراد و شهروندان شود و الگویی برای سلامت اجتماع و طبیعت باشد شکل می‌گیرد.

بحث

توسعه شهری بیش‌تر یک فرآیند تغییر کاربری است که در طی آن زمین‌های غیرشهری به مناطق شهری و مسکونی تبدیل می‌شوند. این روند از یک‌سو باعث ایجاد خسارات قابل‌توجه بر زیستگاه‌های طبیعی و خدمات اکوسیستمی مانند تولید غذا، آب آشامیدنی، ذخیره کربن و از بین رفتن پوشش گیاهی و افزایش سطوح نفوذناپذیر شده و از سوی دیگر به‌طور غیرمستقیم با تغییر چرخه هیدرولوژی، چرخه جوی و فرآیند چرخه غذایی بر ارائه خدمات اکوسیستمی (مانند ذخیره و تأمین آب، تنظیم اقلیم و حفظ مواد مغذی) تأثیر می‌گذارد. این در حالی است که امروزه دست‌یابی به توسعه پایدار بدون در نظر گرفتن مسائل زیست‌محیطی غیرممکن است، ازاین‌رو در سال‌های اخیر رویکردهای توسعهٔ شهری سازگار با محیط‌زیست همانند رویکرد شهر اسفنجی بیش‌تر موردتوجه محققان و برنامه‌ریزان شهری قرارگرفته است. شهر اسفنجی با

زیرساخت‌های سبز-آبی به‌عنوان یک رویکرد جدید در زمینه افزایش تاب‌آوری شهرها در برابر تغییرات اقلیمی مطرح می‌باشد. در این ترکیب، اسفنج بیانگر ساختار متخلخل و نفوذپذیر زیرساخت‌های شهر برای جذب و آزادسازی آب است و سبز- آبی نیز شامل رنگ‌های نمادین برای آب و پوشش گیاهی است که با هدف ایجاد روش‌های جدید مدیریت آب باران در مناطق شهری شکل‌گرفته است. در حقیقت، رویکرد شهر اسفنجی با پیوند دادن مدیریت هم‌زمان چالش‌های آبی با ارائه مجموعه‌ای از خدمات اکوسیستم، فرصتی منحصربه‌فرد به‌منظور تحقق اهداف توسعه پایدار (SDGs) مانند؛ "شهرها را فراگیر، ایمن، تاب‌آور و پایدار بسازیم (SDG11)" و "آب پاک و بهداشت (SDG6)" فراهم می‌آورد. در این راستا توجه به خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی شهر اسفنجی که توسط زیرساخت‌های سبز-آبی ارائه می‌شود از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا برای توسعه پایدار شهری ضروری است.

نتیجه‌گیری

در راستای هدف پژوهش باید اشاره کرد که روند افزایش جمعیت در کلان‌شهر شیراز باعث ایجاد فشار به اراضی به‌منظور توسعه کاربری‌های مسکونی و تجاری شده است. این موضوع علاوه بر نیاز جمعیت به توسعه کاربری‌های مختلف، نگرانی‌هایی را در خصوص کمبود آب، آلودگی هوا، امنیت غذایی و دیگر چالش‌های اقلیمی به وجود آورده است که عدم توجه به این موارد و تشدید آن‌ها می‌تواند رفاه ساکنین را به خطر بیندازد. بدین ترتیب پژوهش حاضر به بررسی، شناسایی و اولویت‌بندی خدمات اکوسیستم که توسط شهر اسفنجی در صورت پیاده‌سازی در شهر شیراز به‌عنوان محدوده مطالعاتی می‌تواند به دنبال داشته باشد انجام شد. با توجه به نتایج تحلیل محتوا مشخص شد ۳۵ مؤلفه در قالب چهار مقوله به‌عنوان مهم‌ترین خدمات اکوسیستم زیرساخت‌های سبز-آبی شهر اسفنجی توسط تیم خبرگان شناسایی شد که پس از رتبه‌بندی مؤلفه‌ها به کمک آزمون آماری فریدمن مشخص شد که در بین مؤلفه‌های موردسنجش، مؤلفه تأمین آب پایدار (A1) از زیرمجموعه خدمات تولیدی، مؤلفه کنترل مؤثر رواناب شهری و کاهش آب‌گرفتگی معابر (D15) و مدیریت ریسک و خطر سیلاب (D3) از زیرمجموعه خدمات تنظیمی به ترتیب با نمره اکتسابی ۲۶/۲۵، ۲۵/۵۵ و ۲۴/۷۸ در رتبه اول تا سوم قرار گرفتند. هم‌چنین در زمینه خدمات حمایتی زیرساخت‌های سبز-آبی شهر اسفنجی، مؤلفه‌های حفظ، احیاء و تقویت پوشش گیاهی (B4) و بازیابی اکوسیستم‌های طبیعی (B3) به ترتیب با نمره ۱۹/۷۷ و ۱۹/۶۳ در رتبه ده و یازده قرار گرفت و در بعد خدمات فرهنگی-اجتماعی نیز مؤلفه ارتباط و دسترسی بهتر به طبیعت (C4) با نمره ۱۹/۲۲ در رتبه سیزده قرار گرفت.

در ارتباط با نتایج به‌دست‌آمده باید اشاره کرد که آب، هسته اصلی توسعه، پایه و اساس زندگی است که دسترسی به آن برای توسعه پایدار شهر شیراز ضروری است. اگرچه کمبود آب و مسائل زیست‌محیطی شهر به چالشی جدی در سال‌های اخیر تبدیل‌شده است، مدیریت کارآمد می‌تواند نقش مهمی در حل چالش‌ها و تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی در پرتو تغییرات سریع و غیرقابل‌پیش‌بینی شهر ایفا کند. مدیریتی که در قالب شهر اسفنجی می‌تواند با جمع‌آوری و ذخیره آب باران از طریق زیرساخت‌های سبز-آبی سبب ایجاد یک منبع آب پایدار در بستر شهر شیراز شود و از این طریق بحران کم آبی در این شهر را حل یا کاهش دهد. از طرفی مشکلات ناشی از شهرنشینی، شهر شیراز را تحت تأثیر قرار داده و سیل و آب‌گرفتگی معابر در نقاط پست و پایین‌دست شهر در هنگام بارش‌های شدید، سبب بروز مشکلات اقتصادی و اجتماعی شده است که با تحمیل بار آلودگی و نفوذ تدریجی فاضلاب به منابع آب، سبب کاهش کیفیت آب‌شده است و منابع آب سطحی نیز به‌واسطه انتقال فاضلاب به همراه آب باران، از طریق مسیل‌های شهر آلوده گردیده است. که در چنین شرایطی با ایجاد زیرساخت‌های سبز-آبی می‌توان رواناب شهری و تأثیرات نامطلوب اقتصادی، اجتماعی و

زیست‌محیطی آن را کنترل نمود به‌طوری‌که علاوه بر کاهش خسارت‌های آن به احیای بخشی از نیاز آبی شهروندان نیز کمک نمود.

در این زمینه و همسو با نتایج پژوهش، Tong et al (2022) در پژوهشی عنوان کردند که شهرهای اسفنجی با بهره‌گیری از طیف وسیعی از تکنیک‌های مختلف اقدام به نفوذ، جمع‌آوری و ذخیره رواناب‌ها می‌کنند و از این طریق سبب کاهش سیلاب‌های شهری می‌شوند. پس توجه به تأثیر مثبت زیرساخت‌های سبز–آبی در راستای کاهش انواع آلودگی‌های آب، پیشگیری از سیلاب‌های شهری، حفاظت از تنوع زیستی موجب بهبود شرایط شهر می‌گردد (Chan & Vu, 2017). به‌طوری‌که در یک شهر سبز–آبی، خدمات اکوسیستم طیف وسیعی از بهبود میکرو اقلیم شهری، ایجاد مناطق تفریحی محلی و زیستگاه‌های متنوع گیاهی و جانوری را شامل می‌شود (Cortinovis & Geneletti, 2019; Fallmann & Emeis, 2020). که این زیرساخت‌های سبز–آبی در شهر اسفنجی می‌تواند اثرات مثبتی در افزایش کیفیت زندگی، بهبود شرایط اقامتی و رفاه ساکنان شهری را به همراه داشته باشد (Gascon et al., 2017). به‌گونه‌ای که تأثیر زیرساخت‌های سبز–آبی در کنترل و کاهش سیل در شهر اسفنجی به‌وضوح دیده می‌شود (Hu et al., 2019). هم‌چنین عناصر سبز–آبی در شهر اسفنجی خدمات بیش‌تری مانند بهبود آب‌وهوای محلی، فراهم کردن فضایی برای تفریح ساکنان شهری و زیستگاه‌های شهری ارائه می‌دهد که می‌توان از شهر اسفنجی به‌عنوان شهر جمع‌آوری‌کننده، ذخیره کننده و اهداکننده آب نام برد (Koster, 2021) چرا که شهر اسفنجی یک سیاست ابتکاری در برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود که با مدیریت چالش‌های آبی و زیست‌محیطی زمینه تحقق اصل پایداری و تاب‌آوری شهرها در برابر تغییرات اقلیمی را فراهم می‌آورد (Ma & Jiang, 2023). بااین‌وجود عموم مردم نسبت به خدمات متنوع زیرساخت‌های سبز اسفنجی آگاهی متوسطی دارند به‌طوری‌که ارزش‌های زیبایی‌شناسی منظر شهری را بارزترین خدمات اکوسیستم شهر اسفنجی می‌دانند. در مقابل، کارشناسان و متخصصین شهری در مورد خدمات زیست‌محیطی شهر اسفنجی آگاه‌ترند که این امر نشان‌دهنده ضعف مشارکت عمومی در این زمینه است (Wang et al., 2022).

به‌طورکلی مجموع زیرساخت‌های خاکستری، سبز و آبی یک شهر را می‌سازد و ساختار منسجم و پایدار شهر به‌طور فزاینده‌ای حاصل تعامل این زیرساخت‌هاست. زیرساخت سبز– آبی که با هدف افزایش پایداری، انعطاف و تاب‌آوری شهر در برابر تغییرات آب‌وهوایی، بهبود ظرفیت‌های مقابله‌ای و تطبیقی پتانسیل‌های طبیعی در شهرها ایجاد می‌شود و از عملکرد اکوسیستم برای ارائه خدمات متعدد بهره می‌گیرد. بااین‌وجود تبدیل شهرها به شهرهایی پایدار از نظر آب (شهر اسفنجی) به تغییرات اساسی اجتماعی و فنی در مقایسه با روش‌های متداول نیاز دارد. بنابراین آگاهی و شناخت از مفاهیم و روش‌های جدید مدیریت منابع آب، مدیران و برنامه‌ریزان شهری را در مورد تصمیم‌گیری بهینه در راستای حل معضلات مربوط به مسائل آب و چالش‌های زیست‌محیطی یاری می‌رساند.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی دررابطه‌با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر از بخشی از نتایج رساله دوره دکتری تخصصی رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری در دانشگاه یزد استخراج‌شده است. لذا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از مسئولان این دانشگاه به عمل آورند.

منابع

حکیمیان، پانته‌آ و لک، آزاده. (۱۳۹۶). زیرساخت سبز: مفهومی مشترک در آموزش دو رشته طراحی شهری و معماری منظر. *صفه*، ۲۷(۳)، ۶۰-۴۵. http://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1396.27.3.3.7

رستمی‌زاد قباد، خان‌بابایی زهرا و طهمورث، محمد. (۱۴۰۱). ارزیابی صحت الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده برای استخراج نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تهم). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۱۲(۴)، ۱۴۱-۱۵۷. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1401.12.4.7.8

مسعودی، مرجان. (۱۳۹۴). زیرساخت سبز و آبی. *سومین کنگره بین‌المللی عمران، معماری و توسعه شهری*، تهران، ۸ دی‌ماه ۱۳۹۴، ۱-۹.

نوری، محبوبه و رضایی، محمدرضا. (۱۴۰۲). تبیین عملکرد شهر اسفنجی به‌عنوان رویکردی طبیعت‌محور در مدیریت پایدار منابع آب شهری (نمونه موردی: شهر شیراز). *فصلنامه علمی و پژوهشی پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، (انتشار آنلاین). https://doi.org/10.30495/jupm.2023.32001.4357.

نوری، محبوبه.، رضایی، محمدرضا.، حسینی، سیدموسی و منصوریان، حسین. (۱۴۰۲). تبیین ضرورت کاربست روش‌های نوین در مدیریت رواناب‌های شهری با رویکرد افزایش تاب‌آوری در برابر سیلاب (نمونه موردی: شهر شیراز). *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، ۱۱(۱)، ۲۷-۴۹*. https://doi.org/22059/jurbangeo.2023.354605.1788

نوری، محبوبه.، رضایی، محمدرضا. (۱۴۰۲). کاربرد فناوری‌های زیست‌محیطی در ایجاد روسازی بوم‌شهر اسفنجی (نمونه موردی: شهر شیراز). برنامه‌ریزی فضایی، ۱۳ (۴)، ۱۱۴-۹۷. https://doi.org/ 10.22108/SPPL.2024.139409.1752

References

Abbas, Z., & Jaber, H. S. (2020). Accuracy assessment of supervised classification methods for extraction land use maps using remote sensing and GIS techniques. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 745(1), 159-166. https://doi.org/10.1088/1757-899X/745/1/012166.

Ahern, J., Cilliers, S., & Niemelä, J. (2014). The concept of ecosystem services inadaptive urban planning and design: A framework for supporting innovation. *Landscape and Urban Planning* 125, 254-259. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.020.

Artmann, M., Bastian, O., & Grunewald, K. (2017). Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities - The Example of the Landscape Plan of Dresden (Germany). *Sustainability*, 9(2), 198. https://doi.org/10.3390/su9020198.

Asgari, E., Talebi, A., Kiani-Harchegani, M., & Amanian, N. (2024). The effect of Vetiver plant on runoff reduction and soil loss in parallel-convex and concave hillslopes in laboratory conditions. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 17(63), 12-24. https://doi.org/10.22034/17.63.12. [In Persian].

Bacchin, T., Ashley, R., Blecken, G. T., Viklander, M., & Gersonius, B. (2021). Green-blue infrastructure for sustainable cities: innovative socio-technical solutions bringing multifunctional value. *International Low Impact Development Conference*, 1-4. B2n.ir/f79332.

Banzhaf, S., & Boyd, J. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized

environmental accounting units. *Ecological Economics*, 63(2-3), 616-626. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002

Bierwagen, B. G. 2007. Connectivity in urbanizing landscapes: The importance of habitat configuration, urban area size, and dispersal. *Urban Ecosystem*, 10, 29-42. https://doi.org/10.1007/s11252-006-0011-6.

Brzoska, P., & Spage, A. (2020). From city- to site-dimension: Assessing the urban ecosystem services of different types of green infrastructure. *Land*, 9(5), 150. https://doi.org/10.3390/land9050150.

Calderon-Contreras, R., & Quiroz-Rosas, L.E. (2017). Analysing scale, quality and diversity of green infrastructure and the provision of Urban Ecosystem Services: A case from Mexico City. *Ecosystem Services*, 23, 127-137. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2016.12.004.

Chan, F.K.Sh., Griffiths, J.A., Higgitt, D., Xu, Sh., Zhu, F., Tang, Y.T., 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, 772-778. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.005.

Chan, K.M., & Vu, T.T. (2017). A landscape ecological perspective of the impacts of urbanization on urban green spaces in the Klang Valley. *Applied Geography*, 85, 89-100. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.06.002.

Chang, N. B., Lu, J. W., Chui, T. F. M., & Hartshorn, N. (2018). Global policy analysis of low impact development for stormwater management in urban regions. *Land Use Policy*, 70, 368-383. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.024.

Chen, S., Liu, X., Yang, L., & Zhu, Z. (2023). Variations in Ecosystem Service Value and Its Driving Factors in the Nanjing Metropolitan Area of China. *Forests*, 14, 113. https://doi.org/10.3390/f14010113.

Chen, S., Wang, Y., Ni, Zh., Zhang, X., & Xia, B. (2020). Benefits of the ecosystem services provided by urban green infrastructures: Differences between perception and measurements. *Urban Forestry & Urban Greening*, 54, 126774. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126774.

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges; *IUCN: Gland*, Switzerland. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en.

Cortinovis, C., & Geneletti, D. (2019). A framework to explore the effects of urban planning decisions on regulating ecosystem services in cities. *Ecosystem Services*, 38, 100946. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.100946.

Costanza, R. (2020). Valuing natural capital and ecosystem services toward the goals of efficiency, fairness, and sustainability. *Ecosystem Services*, 43, 101096. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101096.

Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., Farber, S., & Grasso, M. (2017). Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go? *Ecosystem Services*, 28, 1-16. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008.

Cowan, R. (2007). The dictionary of urbanism. *Streetwise Press*, 468 p. B2n.ir/h25290.

Czucz, B., Arany, I., Young, M., Bereczki, K., Kertész, M., Kiss, M., Aszalós, R., & Haines-Young, R. (2018). Where concepts meet the real world: A systematic review of ecosystem service indicators and their classification using CICES. *Ecosystem Services*, 29, 145-157. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.11.018.

Danny, B., Fu, D., & Singh, R.P. (2018). Feasibility and adaptability of Sponge City concepts: A Case study of Lusaka, Zambia. *National Natural Science Foundation of China*, 1-11. B2n.ir/a48751.

De Groot, R., Brander, L., Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermandi, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., C. Rodriguez, L., ten Brink, P., & van Beukering, P. (2012). Global Estimates of the Value of Ecosystems and Their Services in Monetary Units. *Ecosystem Services*, 1, 50-61. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005.

Delibas, M., Tezer, A., & Bacchin, T.K. (2021). Towards embedding soil ecosystem services in spatial planning. *Cities*, 113, 103150. https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103150.

European Commission. 2019. EU Guidance on Integrating Ecosystems and Their Services into Decision-Making. B2n.ir/j31837.

Faggian, R., Romeijin, H. & Sposito, V. (2012). Soil data to support broad scale land suitability

assessment in the Gippsland Region. Melbourne: Agricultural Victoria Services. *Report to the Victorian Government*. B2n.ir/y48603.

Fallmann, J., & Emeis, S. (2020). How to bring urban and global climate studies together with urban planning and architecture?. *Developments in the Built Environment*, 4, 100023. https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100023.

Fang, X., Li, J., & Ma, Q. (2023). Integrating green infrastructure, ecosystem services and nature-based solutions for urban sustainability: A comprehensive literature review. *Sustainable Cities and Society*, 98, 104843. https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104843.

Fisher, B., Turner, R.K. & Morling, P. (2009). Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 68(3), 643-653. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.09.014.

Gascon, M., Zijlema, W., Vert, C., White, M.P., & Nieuwenhuijsen, M.J. (2017). Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 220(8), 1207-1221. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.004.

Guan, X.L., Wei, H.K., Lu, S.S., Dai, Q., & Su, H.J. (2018). Assessment on the urbanization strategy in China: achievements: challenges and reflections. *Habitat International*, 71, 97-109. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.11.009.

Hakimian, P., & Lak, A. (2017). Green infrastructure: Finding a common language in urban design and landscape architecture education. *Soffeh*, *27*(3), 45-60. [In Persian]. http://dorl.net/dor/20.1001.1.1683870.1396.27.3.3.7.

Hamidi, A., Ramavandi, B., & Sorial, G.A. (2021). Sponge City - An emerging concept in sustainable water resource management: A scientometric analysis. *Resources, Environment and Sustainability*, 5 (2021) 100028. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100028.

Hou, X., Guo, H., Wang, F., Li, M., Xue, X., Liu, X., & Zeng, S. (2020). Is the sponge city construction sufficiently adaptable for the future stormwater management under climate change? *Journal of Hydrology*, 588, S. 125055. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125055.

Hu, M., Zhang, X., Li, Y., Yang, H., & Tanaka, K. (2019). Flood mitigation performance of low impact development technologies under different storms for retrofitting an urbanized area. *Journal of Cleaner Production*, 222, 373-380. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.044.

Johannessen, Å., & Wamsler, C. (2017). What does resilience mean for urban water services? *Ecology and Society*, 22(1), 1-18. https://doi.org/10.5751/ES-08870-220101.

Jurczak, T., Wagner, I., Kaczkowski, Z., Szklarek, S., & Zalewski, M. (2018). Hybrid system for the purification of street stormwater runoff supplying urban recreation reservoirs. *Ecological Engineering*, 110, 67-77. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.019.

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J. & Bonn, A. (2017). Naturebased solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice Switzerland. *Ecology and Society*, 21(2), 1-15. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_1.

Koster, S. (2021). How the Sponge City becomes a supplementary water supply infrastructure. *Water-Energy Nexus*, 4, 35-40. https://doi.org/10.1016/j.wen.2021.02.002.

Kremen, C., & Ostfeld, R. (2005). A call to ecologists: measuring, analyzing, and managing ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 3, 540-548. https://doi.org/10.2307/3868610.

Kronenberg, J. (2015). Why not to green a city? Institutional barriers to preserving urban ecosystem. services. *Ecosystem Services*, 12, 218-227. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.07.002.

Kumar, P. (2010). The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations. UNEP/Earthprint. B2n.ir/t94239.

Lancia, M., Zheng, Ch., He, X., Lerner, D. N., Andrews, Ch., & Tian, Y. (2020). Hydrogeological constraints and opportunities for "Sponge City" development: Shenzhen, southern China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 28, S. 100679. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100679.

Lashford, C., Rubinato, M., Cai, Y., Hou, J., Abolfathi, S., Coupe, S., Charlesworth, S., & Tait, S. (2019). SuDS & Sponge Cities: a comparative analysis of the implementation of pluvial flood management in the UK and China. *Sustainability*, 11, 1-14. https://doi.org/10.3390/su11010213.

Li, C., Zong, Z., Qie, H., Fang, Y., & Liu, Q. (2023). CiteSpace and bibliometric analysis of published research on forest ecosystem services for the period 2018-2022. *Land*, 12, 845.

https://doi.org/10.3390/land12040845.

Liu, H., Wu, J., & Liao, M. (2019). Ecosystem service trade-offs upstream and downstream of a dam: A case study of the Danjiangkou dam, China. *Arabian Journal of Geosciences*, 12, 17. https://doi.org/10.1007/s12517-018-4145-7.

Liu, H., Zheng, L., Wu, J., & Liao, Y. (2020). Past and future ecosystem service trade-offs in Poyang Lake Basin under different land use policy scenarios. *Arabian Journal of Geosciences*, 13, 46. https://doi.org/10.1007/s12517-019-5004-x.

Lucas, P. L., Kok, M. T. J., Nillson, M., & Alkemade, R. (2014). Integrating biodiversity and ecosystem services in the post-2015 development agenda: Goal structure, target areas and means of implementation. *Sustainability*, 6(1), 193-216. https://doi.org/10.3390/su6010193.

Ma, X., Zhu, J., Zhang, H., Yan, W., & Zhao, C. (2020). Trade-offs and synergies in ecosystem service values of inland lake wetlands in Central Asia under land use/cover change: A case study on Ebinur Lake, China. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01253. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01253.

Ma, Y., Jiang, Y. (2023). Mainstreaming the framework of ecosystem services to enhance China's policy implementation for sponge city development. *Sustainable Development*, 31(4), 2291-2306. https://doi.org/10.1002/sd.2506.

Masoudi, M. (2015). Green and blue infrastructure. *3th International Congress on Civil Engineering, Architecture and Urban Development.* 29-31 December 2015, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, 1-9. [In Persian]. B2n.ir/r75686.

Mell, I. C. (2008). Green infrastructure: concepts and planning. *FORUM Ejournal*, 69-80. B2n.ir/t02843.

Ministry of Housing and Urban Rural Development (MHURD). (2014). MHURD Announcement on Publishing Preliminary Technical Guidance for Sponge City Construction – Low Impact Development Rainwater System Construction. *MHURD [2014]275*. MHURD, Beijing.

Nahlik, A. M., Kentula, M. E., Fennessy, M. S., & Landers, D. H., (2012). Where is the consensus? A proposed foundation for moving ecosystem service concepts into practice. *Ecological Economics*, 77, 27-35. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.01.001.

Newman, P. (2010). Green urbanism and its application to Singapore. *Enviroment and Urbanization Asia*, 1(2), 149-170. https://doi.org/10.1177/097542531000100204.

Noori, M., & Rezaei, M. (2023). Explaining the function of the sponge city as a nature-based approach in the sustainable management of urban water resources (case study: Shiraz city). (in press). https://doi.org/10.30495/jupm.2023.32001.4357. [In Persian].

Noori, M., & Rezaei, M. R. (2024). Application of Environmental Technologies in the Creation of the Pavement of the Sponge Eco-City (Case Study: Shiraz City). *Spatial Planning*, *13*(4), 97-114. https://doi.org/10.22108/sppl.2024.139409.1752. [In Persian].

Noori, M., Rezaei, M. R., Hosseini, S. M., & Mansourian, H. (2023). Explaining the necessity of using modern methods in the management of urban runoff with the approach of increasing resilience against floods (case study: Shiraz city). *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, *11*(1), 27-49. https://doi.org/22059/jurbangeo.2023.354605.1788. [In Persian].

Oates, L., Dai, L., Sudmant, A., & Gouldson, A. (2020). Building climate resilience and water security in cities: Lessons from the Sponge City of Wuhan, China. Coalition for Urban Transitions. London, UK, and Washington, DC: https://urbantransitions.global/publications, 1-29. https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/415096.

Oral, H.V., Carvalho, P., Gajewska, M., Ursino, N., Masi, F., Hullebusch, E.D.V., & Zimmermann, M., (2020). A review of nature-based solutions for urban water management in European circular cities: a critical assessment based on case studies and literature. *Blue-Green Systems*, 2(1), 112-136. https://doi.org/10.2166/bgs.2020.932.

Pereira, P., Yin, C., & Hua, T. (2023). Nature-based solutions, ecosystem services, disservices, and impacts on well-being in urban environments. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 33, 100465. https://doi.org/10.1016/j.coesh.2023.100465.

Rostamizad G, khanbabaei Z, & Tahmoreth M. (2022). Assessing the accuracy of supervised classification algorithms for land use map extraction (study area: Taham watershed). *Environmental Erosion Research*, 12(4),141-157. http://dorl.net/dor/20.1001.1.22517812.1401.12.4.7.8 [In

Persian].

Shafique, M., Kim, R., & Lee, D. (2016). The Potential of Green-Blue Roof to Manage Storm Water in Urban Areas. *Nature Environment and Pollution Technology*, 15(2), 715-718. https://doi.org/10.3390/su10030584.

Shao, W., Zhang, H., Liu, J., Yang, G., Chen, X., Yang, Z., & Huang, H. (2016). Data integration and its application in the Sponge City construction of China. *Procedia Engineering*, 154, 779-786. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.583.

Statistical Centre of Iran. (2020a). Fars province annual report (1- land and climate), 55-145. https://www.amar.org.ir/english?portalid=1. [In Persian].

Statistical Centre of Iran. (2020b). Fars province annual report (3- population), 185-239. https://www.amar.org.ir/english?portalid=1. [In Persian].

Tang, Y.T., Chan, F.K.S., O'Donnell, E.C., Griffiths, J., Lau, L., Higgitt, D.L., & Thorne, C.R. (2018). Aligning ancient and modern approaches to sustainable urbanwater management in China: Ningbo as a "Blue-Green City"in the "Sponge City" campaign. *Journal of Flood Risk Management*, 11, e12451. https://doi.org/10.1111/jfr3.12451.

TEEB. (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A Synthesis of the Approach, Conclusions and Recommendations of TEEB. (www.TEEBweb.org). B2n.ir/j44717.

Tong, P., Yin, H., Wang, Z., Trivers, I. (2022). Combining stormwater management and park services to mitigate climate change and improve human well-being: A case study of sponge city parks in Shanghai. *Land*, 11(9), 1589. https://doi.org/10.3390/land11091589.

Veerkamp, C.J., Schipper, A.M., Hedlund, K., Lazarova, T., Nordin, A., & Hanson, H.I. (2021). A review of studies assessing ecosystem services provided by urban green and blue infrastructure. *Ecosystem Services*, 52, 101367. https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101367.

Wang, R., Wu, H., & Chiles, R. (2022). Ecosystem Benefits Provision of Green Stormwater Infrastructure in Chinese Sponge Cities. *Environmental Management*, 69, 558-575. https://doi.org/10.1007/s00267-021-01565-9.

Xu, X., Tan, Y., Chen, S., & Yang, G. (2014). Changing patterns and determinants of natural capital in the Yangtze River Delta of China 2000-2010. *Science of The Total Environment*, 466-467, 326-337. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.043.

Yang, L., Zhang, L., Li, Y., & Wu, S. (2015). Water -related ecosystem services provided by urban green space: A case study in Yixing City (China). *Landscape and Urban Planning*, 136, 40-51.

Yeung, Y.M., (2010). The further integration of the Pearl River Delta. *Enviroment and Urbanization Asia,* 1(1), 13-26. https://doi.org/10.1177/097542530900100103.

Zhou, M., Koster, S., Zuo, J., Che, W., & Wang, X. (2019). Cross-boundary evolution of urban planning and urban drainage towards the water sensitive "Sponge City". Urban water management for future cities, technical and institutional aspects from Chinese and German perspective. *Cham: Springer International Publishing*, 303-329. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01488-9.