

A Meta-Analysis of Biodiversity-Friendly City Indicators for Application in Urban Planning

Sahar Fallahi¹ , Maryam Roosta² , Hassan Izady³ 

1. Department of Urban Planning and Design, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: planner.shr.fllh@gmail.com
2. Corresponding author, Department of Urban Planning and Design, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: m-roosta@shirazu.ac.ir
3. Department of Urban Planning and Design, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran. E-mail: izady@shirazu.ac.ir

Article Info

Article type:
Review Article

Article history:

Received: 17 December 2025
Received in revised form: 12 July 2026
Accepted: 19 July 2026
Available online: 17 September 2026

Keywords:

biodiversity-friendly city,
environment,
meta-analysis,
sustainable development.

ABSTRACT

Objective: The global crisis of biodiversity loss is largely driven by increasing urbanization and poses a significant threat to ecosystem sustainability and human well-being. Enhancing the ecological health of urban environments has therefore become a vital necessity, along with developing effective strategies to create cities that support biodiversity. The objective of this research is to formulate biodiversity-friendly city indicators, analyze their effects, and prioritize them for application in urban planning in order to realize this approach.

Method: A quantitative meta-analysis method was applied to 32 valid and peer-reviewed scientific articles in English, published between 2010 and 2024, which were extracted from recognized academic publishing databases. The analysis included calculating the cumulative effect size of the indicators on urban biodiversity and evaluating publication bias utilizing CMA V3 software.

Results: The meta-analysis results showed a positive and highly significant relationship between the investigated indicators and the improvement of the biodiversity status in cities (pooled odds ratio: 0.258). This result indicates the ability of these indicators to reduce negative consequences on biodiversity by approximately 60 to 70 percent. Frequency analysis showed that indicators related to ecological dimensions (such as species richness, green spaces, native vegetation) received the most attention in the studies, while human and social dimensions (education, participation) have been less explored. The meta-analysis results were robust against publication bias.

Conclusions: This study emphasizes the vital importance of investing in urban green infrastructure and its sustainable management to enhance biodiversity. The identified indicators are effective tools for improving biodiversity in urban spaces. The findings highlight the necessity for future research to pay more attention to social and human dimensions and to adopt a holistic approach for building cities that truly support biodiversity and emphasize the application of this approach in urban planning and management in the layers of decision-making as well as the implementation of urban programs.

Cite this article: Fallahi, S., Roosta, M., & Izady, H. (2026). A Meta-Analysis of Biodiversity-Friendly City Indicators for Application in Urban Planning. *Journal of Environmental Studies*, 52 (2), 295-321. <https://doi.org/10.22059/jes.2026.408316.1008661>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.



<https://doi.org/10.22059/jes.2026.408316.1008661>

Introduction

The accelerating global decline in biodiversity, driven by human activities such as urbanization, habitat loss, and climate change, threatens to precipitate a sixth mass extinction. Despite international commitments like the Convention on Biological Diversity (CBD) and the Sustainable Development Goals (SDGs), reversing this trend remains a critical challenge. Urban areas, particularly in developing regions, face interconnected ecological, social, and climatic pressures, which are projected to intensify with ongoing urbanization and climate vulnerability. However, cities also hold untapped potential as hubs for biodiversity conservation. Strategic urban planning—such as green infrastructure, ecological corridors, and landscape connectivity—can mitigate habitat fragmentation while enhancing ecosystem services like air purification, pollination, and climate resilience. Urban green spaces, recognized as nature-based solutions, offer dual benefits for biodiversity and human well-being, including improved public health and recreational opportunities. Yet challenges persist, including inequitable access to green spaces, insufficient public awareness, and fragmented policy implementation. Urban expansion remains a primary driver of ecosystem modification, yet cities paradoxically host significant biodiversity and provide essential ecosystem services. Promoting biodiverse cities aligns with sustainable development goals and human welfare, as biodiversity underpins critical services like food security and mental health. Global wildlife populations have declined by 44% since 1970, with losses accelerating sharply in the 20th century. While localized conservation successes exist, regional disparities highlight the complexity of effective interventions. To address this crisis, actionable urban biodiversity indicators are urgently needed to guide sustainable development. This study identifies and evaluates such indicators through a systematic meta-analysis of existing research.

Method

The study employed a quantitative meta-analysis to assess the effectiveness of urban biodiversity indicators, adhering to systematic review guidelines. Research steps included formulating a focused question, database searches, eligibility screening, data extraction, statistical synthesis, and contextual interpretation.

A comprehensive search of ResearchGate, ScienceDirect, and Scopus yielded peer-reviewed articles (2010–2024) in urban ecology, conservation biology, and environmental science. Eligible studies provided quantitative data to calculate effect sizes (Odds Ratios, Ors), reflecting an indicator's association with biodiversity outcomes. Exclusion criteria included non-significant effects or insufficient data. From an initial pool of 3,000 sources, 45 articles underwent full review, with 32 meeting inclusion criteria.

Data extraction focused on biodiversity indicators and their Ors. Statistical analysis used Comprehensive Meta-Analysis (CMA) software, with a random-effects model to account for heterogeneity. Heterogeneity was assessed using Cochran's Q statistic and I^2 index. Publication bias was evaluated via funnel plots, Rosenthal's Fail-safe N, and Duval and Tweedie's Trim and Fill method. Indicators were categorized by frequency to identify research priorities.

Results

The meta-analysis of 32 studies revealed a significant pooled effect size (OR = 0.258, 95% CI: 0.222–0.299; $p < 0.000$), indicating that the examined indicators reduced negative biodiversity impacts by 60–70%. This underscores their efficacy in supporting SDG 15 (Life on Land). Geographically, 21 studies originated from Europe (e.g., Germany, UK, Spain), reflecting regional research dominance. Publication trends surged post-2012, peaking in 2022–2023, signaling growing academic and policy interest.

High heterogeneity ($I^2 > 87\%$) was attributed to methodological, contextual, and scale differences across studies. Despite variability, effect direction consistently favored biodiversity (all confidence intervals left of OR=1). Publication bias analyses confirmed robustness: Rosenthal's Fail-safe N indicated 1,885 null studies would be needed to nullify the effect, and Trim and Fill adjustments did not alter results.

Indicator frequency analysis revealed ecological and management metrics dominated research. Key categories included:

1. Ecological Structure:

- Species diversity/richness (100% of studies).
- Green space/habitat provision (96.87%).
- Native vegetation cover (87.5%).

2. Management Strategies:

- Monitoring/evaluation (87.5%).
- Sustainable resource management (71.87%).

In contrast, social dimensions were underrepresented:

- Community participation (65.62%).
- Education/awareness (53.12%).

This gap highlights a disconnect between theoretical recognition of socio-cultural factors and their empirical integration. Addressing this is vital for holistic conservation strategies.

Conclusions

This meta-analysis validates the effectiveness of urban biodiversity indicators, demonstrating their potential to mitigate urbanization's ecological impacts. Strategic investments in green infrastructure, native species, habitat connectivity, and adaptive management are critical. However, the study underscores a need for greater emphasis on social indicators, such as public engagement and education, to bridge the gap between ecological goals and community-driven implementation.

Future research should explore heterogeneity drivers (e.g., city size, governance) through subgroup analyses and expand geographical scope beyond Europe. Investigating synergies between ecological, managerial, and social indicators could yield comprehensive frameworks. By synthesizing global evidence, this study provides actionable insights for policymakers, planners, and researchers to foster biodiverse, sustainable cities that harmonize ecological resilience with human well-being.

Key Takeaways:

1. Urban biodiversity conservation is achievable through targeted indicators like green infrastructure and native species.
2. Social dimensions (e.g., community participation) require urgent attention to ensure equitable and effective outcomes.
3. Global collaboration and context-specific strategies are essential to address regional disparities and scale successes.

This evidence-based approach advances the vision of cities as biodiverse ecosystems, aligning ecological health with sustainable urban development.

Author Contributions

Sahar Fallahi: Conceptualization, methodology, software, validation, formal analysis, investigation, resources, data curation, writing—original draft preparation, visualization; Maryam Roosta: Conceptualization, validation, writing—review and editing, supervision, project administration; Hasan Izady: Conceptualization, validation, writing—review and editing, supervision. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. Authorship has been limited to those who have contributed substantially to the work reported.

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data are available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants of the present study.

The authors hereby declare that they have used DeepSeek v4 (Web Version) for abstract translation of this manuscript. All AI-generated or AI-edited content has been reviewed, verified, and approved by the authors, and they take full responsibility for the final content of the manuscript.

Ethical considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

فرا تحلیل شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی به منظور کاربست در برنامه‌ریزی شهری

سحر فلاحی^۱، مریم روستا^۲✉، حسن ایزدی^۳

۱. گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: planner.shr.filh@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: m-roosta@shirazu.ac.ir
۳. گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: izady@shirazu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله مروری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۸

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۲۶

هدف: بحران جهانی کاهش تنوع‌زیستی تا حد زیادی ناشی از شهرنشینی روزافزون است و تهدیدی جدی برای پایداری اکوسیستم‌ها و رفاه انسان به‌شمار می‌رود. از این‌رو، بهبود سلامت بوم‌شناختی محیط‌های شهری، همراه با تدوین راهبردهای مؤثر برای ایجاد شهرهایی که از تنوع‌زیستی حمایت می‌کنند، به یک ضرورت حیاتی تبدیل شده است. هدف این پژوهش، تدوین شاخص‌های شهرهای سازگار با تنوع‌زیستی، تحلیل اثرات آنها و اولویت‌بندی این شاخص‌ها برای به‌کارگیری در برنامه‌ریزی شهری به‌منظور تحقق این رویکرد است.

روش پژوهش: روش فراتحلیل کمی بر روی ۳۲ مقاله علمی معتبر و داوری‌شده به زبان انگلیسی، منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴، که از پایگاه‌های انتشار آکادمیک شناخته شده استخراج شده‌اند، به‌کار گرفته شد. تجزیه و تحلیل شامل محاسبه اندازه اثر تجمیعی شاخص‌ها بر تنوع‌زیستی شهری و ارزیابی سوگیری انتشار با بهره‌گیری از نرم‌افزار CMA V3 بود.

یافته‌ها: نتایج فراتحلیل، ارتباطی مثبت و بسیار معنادار را میان شاخص‌های بررسی شده و بهبود وضعیت تنوع‌زیستی در شهرها نشان داد (نسبت شانس تلفیقی: ۰/۲۵۸). این نتیجه حاکی از توانایی این شاخص‌ها در کاهش پیامدهای منفی بر تنوع‌زیستی به میزان تقریبی ۶۰ تا ۷۰ درصد است. تحلیل فراوانی نشان داد که شاخص‌های مرتبط با ابعاد اکولوژیکی (نظیر غنای گونه‌ای، فضاهای سبز، پوشش گیاهی بومی) بیشترین توجه را در مطالعات داشتند، در حالی که ابعاد انسانی و اجتماعی (آموزش، مشارکت) کمتر مورد کاوش قرار گرفته‌اند. نتایج فراتحلیل در برابر سوگیری انتشار مقاوم بود. **نتیجه‌گیری:** این مطالعه بر اهمیت حیاتی سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سبز شهری و مدیریت پایدار آنها برای تقویت تنوع‌زیستی تأکید می‌ورزد. شاخص‌های شناسایی شده ابزارهایی مؤثر برای بهبود تنوع‌زیستی در فضاهای شهری هستند. یافته‌ها ضرورت پرداختن بیشتر پژوهش‌های آینده به ابعاد اجتماعی و انسانی و اتخاذ رویکردی کل‌نگر برای ساخت شهرهایی واقعاً حامی تنوع‌زیستی را برجسته می‌سازند و بر کاربست این رویکرد در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در لایه‌های تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی و نیز اجرای برنامه‌های شهری تأکید دارد.

کلیدواژه‌ها:

توسعه پایدار،
شهر دوستدار تنوع‌زیستی،
فرا تحلیل،
محیط‌زیست.

استناد: فلاحی، سحر؛ مریم روستا، و ایزدی، حسن (۱۴۰۵). فراتحلیل شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی به‌منظور کاربست در برنامه‌ریزی شهری. *نشریه محیط‌شناسی*، ۵۲ (۲)، ۳۹۵-۳۲۱. <https://doi.org/10.22059/jes.2026.408316.1008661>



مقدمه

تنوع‌زیستی در تعریف علمی، به مجموعه گوناگونی و تغییرپذیری موجودات زنده در همه سطوح سازمان‌یافتگی زیستی گفته می‌شود. این مفهوم شامل تنوع میان گونه‌ها و تنوع اکوسیستم‌ها در یک منطقه یا در کل کره زمین است (Goethem & Zanden, 2021). تغییرات انسانی در اکوسیستم‌ها در سطح جهان، از جمله تغییرات آب‌وهوایی بی‌سابقه تنوع‌زیستی، را به آستانه ششمین انقراض دسته جمعی سوق داده است. با وجود درخواست‌های دانشمندان و سازمان‌های بین‌المللی و سیاست‌گذاری برای اقدامات جهت جلوگیری از، از بین رفتن سریع تنوع‌زیستی در سراسر جهان (به‌عنوان مثال، کنوانسیون تنوع‌زیستی؛ سازمان ملل متحد، ۲۰۱۵)، پیشرفت کمی در دستیابی به اهداف تعیین شده حاصل شده است. به‌طور ویژه، کاهش گوناگونی زیستی ناشی از رشد جمعیت انسانی و دگرگونی در الگوهای کاربری زمین، به‌ویژه در مناطق کلیدی تنوع‌زیستی جهان که در محدوده شهرها قرار گرفته‌اند، از طریق اقداماتی مانند حفاظت از گونه‌ها و زیست‌بوم‌ها، احداث و نگهداری گذرگاه‌های زیستگاهی، جریان‌سازی برنامه‌ریزی محیط‌زیستی در طرح‌های شهری و تقویت پیوندهای اکولوژیکی در چشم‌اندازهای طبیعی، نقشی حیاتی در صیانت از محیط زیست ایفا می‌کنند (Rega-Brodsky et al., 2022).

شهر دوست‌دار تنوع‌زیستی، شهری است که در برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت خود، به حفاظت، تقویت و بازسازی تنوع‌زیستی توجه نموده و تلاش می‌کند تعامل پایداری میان انسان و طبیعت را در محیط شهری برقرار سازد (Goethem & Zanden, 2021). مناطق گسسته و از هم پاشیده شهری که به سرعت در حال گسترش هستند در اقتصادهای در حال توسعه با چالش‌های اجتماعی، اقلیمی و اکولوژیکی مواجهند (Ibáñez-Álamo et al., 2024). انتظار می‌رود چنین چالش‌هایی به دلیل افزایش نرخ شهرنشینی و آسیب‌پذیری‌های جدید ناشی از تغییرات آب‌وهوایی در دهه‌های آینده، زیست‌گاه بسیاری از موجودات زنده را در معرض آسیب جدی قرار داده است، افزایش یابد. برای حل این مسائل، سیاست‌گذاران و دست‌اندرکاران توجه خود را به راه‌حل‌های عملی مبتنی بر طبیعت برای حل مسأله تغییر اقلیم و از دست‌دادن تنوع‌زیستی معطوف نموده‌اند (Knudsen et al., 2023).

شهرنشینی محرک اصلی تغییرات محیطی است و ارتباط نزدیکی با آینده تنوع‌زیستی دارد. شهرها می‌توانند میزبان غنای بالایی از گیاهان و جانوران باشند و این تنوع‌زیستی شهری از خدمات متعدد تنظیم، تأمین و اکوسیستم فرهنگی پشتیبانی می‌کند؛ بنابراین، توسعه شهرهای دوست‌دار تنوع‌زیستی به‌طور جدایی‌ناپذیری با توسعه پایدار شهری و رفاه انسانی مرتبط است (Kowarik et al., 2020; World Commission on Environment and Development, 1987).

تنوع‌زیستی برای رفاه انسان حایز اهمیت است. چرا که خدمات اکوسیستمی مانند گرده‌افشانی، پیشگیری از بیماری‌ها و تفریح را فراهم می‌کند. به‌طور کلی، متوسط فراوانی جمعیت گونه‌ها از سال ۱۹۷۰ تاکنون ۴۴ درصد کاهش یافته است. شاخص‌های متعدد که دوره زمانی طولانی را پوشش می‌دهند، بیانگر آن است که تنوع‌زیستی برای بخش عمده‌ای از دوره زمین‌شناسی هولوسن کاهش یافته، با این حال این روند از سال ۱۹۰۰ شتاب گرفته است. در کوتاه مدت، تلاش‌ها برای متوقف کردن کاهش تنوع زیستی، برخی نتایج را به همراه داشته است، مانند افزایش ۳۶ درصد در فراوانی گونه‌ها در غرب اروپا از سال ۱۹۷۰، که با این حال با کاهش ۸۱ درصد این شاخص در آمریکای لاتین و کارائیب تضاد دارد (Goethem & Zanden, 2021).

شهرهای دوست‌دار تنوع‌زیستی به‌طور جدایی‌ناپذیری با توسعه پایدار شهری و رفاه انسان پیوند خورده‌اند (Ibáñez-Álamo et al., 2020). طبیعت شهری طیف وسیعی از خدمات اکوسیستمی تنظیم‌کننده، تأمین‌کننده و فرهنگی را تولید و پشتیبانی می‌کند، سلامت جسمی و روانی را ارتقا می‌دهد و ارتباط مردم را با طبیعت حفظ می‌کند. نکته مهم این است که شواهد فزاینده‌ای مبنی بر ارزش افزوده تنوع‌زیستی، نسبت به مناطق ساده «سبز» در شهرها وجود دارد. تنوع‌زیستی اغلب (البته نه همیشه) ارتباط مثبتی با ارائه خدمات اکوسیستمی دارد که به نفع ساکنان شهری است. بنابراین، کیفیت و کمیّت طبیعت شهری برای مردم اهمیت دارد و به رفاه آنها کمک می‌کند. افزایش تنوع‌زیستی در محیط‌های شهری یکی از راه‌های مهم برای ایجاد شهرهای قابل زندگی می‌باشد (Kowarik et al., 2020).

بر اساس گزارش سازمان ملل، کاهش تنوع‌زیستی یکی از چالش‌های قرن بیست‌ویکم است و شهرها نقش کلیدی در این روند دارند. پژوهش در مورد تنوع‌زیستی به‌منظور کاربست در حوزه برنامه‌ریزی شهری، ضرورتی اساسی برای دستیابی به توسعه پایدار محسوب می‌شود. در رویکردهای جدید برنامه‌ریزی شهری، تلاش بر آن است که شهرها به بستری غنی و قابل اعتماد برای ادامه حیات گونه‌های زیستی تبدیل شوند. مطالعات جهانی نشان می‌دهد، تنوع‌زیستی شهری، نقش مهمی در ارتقای تاب‌آوری اکولوژیک، کاهش اثر جزایر

حرارتی شهری، بهبود کیفیت هوا و افزایش سلامت روانی شهروندان دارد (Kowarik et al., 2020). ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی ویژه و تنوع اقلیمی، یکی از غنی‌ترین کشورهای منطقه از نظر گونه‌های گیاهی و جانوری محسوب می‌شود. بسیاری از این گونه‌های زیستی در همجواری و یا در محدوده شهرها و سکونتگاه‌های انسانی در حال زیست هستند اما گسترش شهرنشینی در ایران، موجب تغییرات گسترده در کاربری اراضی، تخریب زیستگاه‌های طبیعی و کاهش تنوع‌زیستی شده است (شیعه و همکاران، ۱۴۰۴). انجام مطالعات دقیق و کاربردی در راستای تدوین راهبردها و سیاست‌هایی به منظور کاهش آسیب به انواع گونه‌های زیستی در محدوده شهرها و نیز همسازی شهر با گونه‌های زیستی، در راستای ارتقای پایداری شهرها ضروری می‌باشد. از آنجا که هنوز چارچوب مفهومی اولیه‌ای در مورد ویژگی‌های «شهر دوستدار تنوع‌زیستی»، به خصوص در ادبیات علمی داخلی وجود ندارد، به نظر می‌رسد پژوهش در این حوزه به منظور تبیین و فرهنگ‌سازی علمی این مفهوم، ضروری باشد. در پژوهش حاضر به منظور دستیابی به این مهم، از مرور نظام‌مند پژوهش‌های پیشین در این موضوع و به منظور تحلیل اندازه اثر و اولویت‌بندی شاخص‌ها از فراتحلیل بهره گرفته شده است. هدف از این پژوهش تدوین شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی و نیز اولویت‌بندی اثربخشی آنها به منظور کاربری‌های آتی در حوزه برنامه‌ریزی و مدیریت شهری است. از آنجا که بنیان‌های نظری این موضوع در لایه‌های «چستی» هنوز در ادبیات برنامه‌ریزی شهری به قدر کافی تبیین نشده، این پژوهش به کمک مرور پژوهش‌های پیشین (مرور نظام‌مند) سعی در پاسخ به این پرسش‌ها دارد: «شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی کدامند؟» و «اندازه اثر و اولویت‌بندی آنها در راستای تحقق این رویکرد در برنامه‌ریزی شهری چگونه است؟» مقاله حاضر، پس از تبیین مبانی نظری و معرفی فرایند روش‌شناسی، به ارائه یافته‌ها و بحث خواهد پرداخت. در روش‌شناسی، فرایند انتخاب مقالات نمونه، به منظور مرور نظام‌مند شرح داده شده و پس از ارائه یافته‌های توصیفی اولیه، به کمک فراتحلیل، شاخص‌های مورد اشاره در منابع پیشین، اولویت‌بندی و تدوین خواهد شد. به نظر می‌رسد تدوین شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی و اندازه اثر آنها بتواند در تدوین راهبردها و سیاست‌های برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در راستای حفظ تنوع‌زیستی در شهرها مؤثر واقع شود.

پیشینه پژوهش

تنوع‌زیستی یکی از ستون‌های اصلی برای دستیابی به توسعه پایدار است. زیرا، خدمات اکوسیستمی ناشی از تنوع‌زیستی پایه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط‌زیستی جوامع را تشکیل می‌دهد (Convention on Biological Diversity, 2010). ابتکارات محیط‌زیستی مهم اخیر جهانی به سمت جامعه‌ای پایدارتر، اهداف توسعه پایدار (SDGs)، دستور کار جدید شهری (NUA) و موافقتنامه پاریس است. محیط ساخته شده به عنوان یکی از عوامل اصلی از دست دادن تنوع‌زیستی شناخته شده است و بنابراین باید نقش مهمی را در جهانی پایدار که در آن ارزش‌های اکولوژیکی افزایش می‌یابد، ایفا کند (United Nations, 2024). باید بین محیط ساخته شده و محیط طبیعی تعامل روانی وجود داشته باشد. زیرا، انسان و طبیعت قربانیان معمول از دست دادن تنوع‌زیستی هستند. نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد که حتی اگر محیط ساخته شده تأثیر منفی بر تنوع‌زیستی دارد، همچنان بیشترین فرصت را برای ادغام تنوع‌زیستی در تمام پروژه‌های توسعه دارد. کاهش تأثیر محیط ساخته شده بر تنوع‌زیستی باید بخشی جدایی‌ناپذیر از سیاست‌ها و راهبردها به سمت یک محیط ساخته شده پایدار باشد. همه ذی‌نفعان کلیدی محیط‌زیست ساخته شده باید در افزایش آگاهی در مورد اثرات از دست دادن تنوع‌زیستی در نتیجه فعالیت‌های ساخت و ساز، بر سلامت و رفاه بشر مشارکت کنند (Opoku, 2019). گسترش رویکردهای نوین که چشم‌انداز جدیدی پیش روی برنامه‌ریزان شهری گشوده است، دیدگاه به شهر را از نگاه صرفاً کالبدی به سیستمی اکولوژیکی - اجتماعی تغییر می‌دهد و اولویت‌بخشی به روابط اکولوژیکی - اجتماعی مؤثر بر شهر را به منظور حل چالش‌های شهری ضروری می‌سازد (جمعه‌پور و همکاران، ۱۳۹۹).

سازمان ملل متحد گزارش می‌دهد که بیش از ۵۵ درصد جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می‌کنند و این عدد تا سال ۲۰۵۰ به ۶۸ درصد خواهد رسید. این رشد سریع شهرنشینی چالش‌های محیط‌زیستی فراوانی از جمله کاهش تنوع‌زیستی را به همراه دارد (United Nations, 2018). مطالعات نشان داده‌اند که توسعه شهری می‌تواند زیستگاه‌ها را تخریب کرده و به کاهش گونه‌های زیستی منجر شود (McDonald et al., 2008).

بر اساس گزارش سازمان جهانی حفاظت (IUCN)، شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی^۱ شهرهایی هستند که طراحی و مدیریت آنها به گونه‌ای است که از تنوع‌زیستی پشتیبانی کرده و آن را تقویت می‌کند (International Union for Conservation of Nature, 2020). یک شهر دوستدار تنوع‌زیستی شهری است که همزیستی گونه‌های مختلف را در کنار ساکنان انسانی با هدف افزایش تنوع‌زیستی شهری ضمن ترویج توسعه پایدار شهری و رفاه انسانی اولویت می‌دهد (Kowarik et al., 2020). چنین شهرهایی شامل گیاهان و جانوران متنوعی هستند و اهمیت فضاهای سبز شهری در حمایت از تاکسون‌های مختلف مانند بندپایان، خفاش، پرندگان، خزها، گرده‌افشان، پستانداران کوچک و گیاهان علفی را به رسمیت می‌شناسند (Fairbairn et al., 2023). این شهرها از مناظر متعارف و همگن به سمت طرح‌هایی دور می‌شوند که هویت محلی و تنوع‌زیستی را در بر می‌گیرد و از استفاده بیش‌ازحد از چمن‌های مرطوب و گونه‌های گیاهی غیربومی دوری می‌کنند (Ignatieva, 2017). با تمرکز بر ایجاد مناطق طبیعی و تلفیق اصول برنامه‌ریزی برای تنوع‌زیستی، شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی می‌توانند خدمات اکوسیستم متعدد را ارائه دهند، از تعامل انسان و طبیعت حمایت کنند و به سلامت کلی و رفاه ساکنان و حیات‌وحش کمک نمایند (Friedman, 2021).

شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی مزایای متعددی دارند که به بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری و سلامت انسانی کمک می‌کنند. برخی از مزایای این نوع شهرها عبارتند از:

- بهبود کیفیت هوا و کاهش آلودگی: مناطق سبز و طبیعی در شهرها می‌توانند به‌عنوان تصفیه‌کننده‌های طبیعی عمل کنند و با جذب آلاینده‌ها کیفیت هوا را بهبود ببخشند.
 - تنظیم آب و کاهش سیلاب‌ها: فضای سبز و مناطق طبیعی می‌توانند به تنظیم چرخه آب و کاهش خطر سیلاب‌ها کمک کنند، همچنین به تقویت منابع آب زیرزمینی منجر می‌شوند.
 - کنترل اقلیمی و تعدیل دما: تنوع‌زیستی و پوشش گیاهی در شهرها می‌تواند به تعدیل دما و کنترل اثرات تغییرات اقلیمی کمک کند.
 - ارائه خدمات محیط‌زیستی: شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی می‌توانند خدمات مهمی مانند تولید اکسیژن، حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش آن و ایجاد محیط‌زیست مناسب برای گونه‌های مختلف را فراهم کنند.
 - ارتقای سلامت و رفاه انسانی: تماس با طبیعت و حضور در فضاهای سبز می‌تواند به بهبود سلامت جسمی و روانی شهروندان کمک و محیطی سالم‌تر برای زندگی فراهم نماید.
 - جلوگیری از کاهش تنوع‌زیستی: این شهرها با حفظ و تقویت زیست‌بوم‌های طبیعی، به جلوگیری از کاهش تنوع‌زیستی و حفاظت از گونه‌های در معرض خطر کمک می‌کنند (Convention on Biological Diversity, 2022; Dhote & Mukherjee, 2018).
- در سطح جهانی به‌ویژه به زبان انگلیسی پژوهش‌های فراوانی پیرامون موضوع شهر دوستدار تنوع‌زیستی و شاخص‌های آن انجام شده است. این تلاش‌ها از سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۳ که تنوع‌زیستی به‌عنوان یکی از موضوعات دوره دو ساله کمیسیون توسعه پایدار مطرح گردید نمود و وفور بیشتری داشته است.

در مطالعه‌ای که توسط Snep & Weisser (2022) انجام شده است، به بررسی چگونگی توسعه فضاهای سبز و متنوع در محیط‌های شهری، از جمله مناطق مسکونی و تجاری، پرداخته‌اند. آنها نشان می‌دهند که حتی در مناطقی که به نظر نمی‌رسد مناسب حفاظت از حیات‌وحش باشند، می‌توان با همکاری میان صاحبان سایت‌ها، دولت‌های محلی و سازمان‌های غیردولتی، زیستگاه‌هایی برای حیات‌وحش ایجاد کرد. این مطالعه با ارائه درس‌هایی از این نمونه‌ها، به بررسی همکاری‌های مؤثر میان بازیگران مختلف و تأثیر این همکاری‌ها بر توسعه فضاهای سبز شهری می‌پردازد. نویسندگان رویکردی مبتنی بر ایجاد همزیستی میان انسان و حیات‌وحش در فضاهای شهری ارائه کرده و بر این باورند که با مشارکت میان صاحبان سایت‌ها، دولت‌های محلی، سازمان‌های غیردولتی و دیگر بازیگران، می‌توان مناطق مسکونی و تجاری را به فضاهایی سبز و تنوع‌زیستی تبدیل کرد. این رویکرد به توسعه فضاهایی طبیعی و پایدار در محیط‌های شهری کمک می‌کند که نه تنها به حفاظت از گونه‌های کمیاب منجر می‌شود، بلکه به بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها نیز کمک می‌نماید. روش‌شناسی این پژوهش بر مطالعه همکاری‌ها و مشارکت میان مالکین سایت‌ها، دولت‌های محلی، سازمان‌های غیردولتی و سایر بازیگران در تبدیل مناطق مسکونی و تجاری به فضاهای سبز و حیات‌وحش دوستانه متمرکز است. نویسندگان از مطالعه نمونه‌های واقعی از پروژه‌های موفق

مانند تبدیل ۲۰ هکتار از فضای سبز در کارخانه آبجوسازی هاینکن^۱ و توسعه مناطق مسکونی طبیعت‌گرا در شهر ایندهوون^۲ استفاده کرده‌اند تا نشان دهند چگونه می‌توان مناطق شهری را به گونه‌ای طراحی کرد که همزیستی انسان و حیات‌وحش را تسهیل کند. این رویکرد بر اساس تحلیل کیفی این پروژه‌ها و درس‌های آموخته شده از این تجربیات تدوین شده است، که از جمله آنها می‌توان به شناسایی ویژگی‌های مکان‌هایی که امکان توسعه زیستگاه‌های طبیعی را دارند، اشاره کرد.

(Pierce et al., 2022) بر عملیاتی کردن تنوع‌زیستی شهری با ارائه راهنمایی برای ادغام تنوع‌زیستی در تصمیم‌گیری شهرها متمرکز شده‌اند و بر لزوم یک استاندارد هنجاری برای تنوع‌زیستی شهری برای ترویج تصمیم‌گیری کثرت‌گرایانه و تعریف استاندارد جدیدی از تنوع‌زیستی شهری برای استفاده در مدیریت و برنامه‌ریزی شهری تأکید دارد. این مقاله چالش‌هایی را که طرفداران تنوع‌زیستی شهری در درک ارتباط بین تنوع‌زیستی و شهرها با آن مواجه هستند، برجسته می‌کند و بر اهمیت دسترسی یافتن پژوهش‌های علمی در زمینه تنوع‌زیستی شهری در دسترس و عملی برای تصمیم‌گیرندگان تأکید می‌نماید. روش پژوهش همچنین شامل توسعه سیستم‌ها یا شاخص‌های امتیازدهی قابل اندازه‌گیری مانند شاخص تنوع‌زیستی شهر، شاخص تنوع‌زیستی منظر و شاخص طبیعت شهری برای پشتیبانی از اندازه‌گیری‌های قابل دفاع در مقیاس‌های مختلف از سایت به شهر دیگر است.

در مطالعه‌ای که توسط Negacz et al (2020)، با استفاده از یک کارگاه تولید دانش با مشارکت ۱۶ کارشناس دانشگاهی و صنعت انجام شده است که این مطالعه برای بررسی ارتباط محیط ساخته شده، تنوع‌زیستی و اهداف توسعه پایدار، روش پژوهش کیفی را اتخاذ کرده است. داده‌های کیفی از طریق روش پژوهش مشارکتی، بازتاب و کاوش تجارب شرکت‌کنندگان در پژوهش، به منظور درک ادراکات دستیابی به هدف ۱۵ توسعه پایدار (مرتبط با موضوع تنوع‌زیستی) به طور خاص جمع‌آوری شده است. از جمله دستاوردهای این پژوهش باید به این که محیط ساخته شده می‌تواند تنوع‌زیستی را در پروژه‌های ساختمانی افزایش دهد و شیوه‌های پایدار تنوع‌زیستی، سازگاری با آب‌وهوا و سلامت انسان را بهبود می‌بخشد، اشاره کرد. این پروژه بر ابعاد پایداری مربوط به محیط ساخته شده، تنوع‌زیستی و اهداف توسعه پایدار (SDGs) تمرکز دارد و نیز با بحث در مورد چگونگی تعامل محیط ساخته شده با محیط طبیعی بر روی تأثیر آن بر تنوع‌زیستی بر بعد فضایی تأکید دارد. ابعاد اجتماعی از طریق اهمیت مشارکت همه ذی‌نفعان کلیدی در افزایش آگاهی در مورد اثرات از دست دادن تنوع‌زیستی بر سلامت و رفاه انسان ناشی از فعالیت‌های ساختمانی برجسته می‌شود. ابعاد اقتصادی با تأکید بر ارزش درک مشارکت محیط ساخته شده در حفاظت از تنوع‌زیستی برای تصمیم‌گیرندگان مانند سازمان‌های دولتی، بازیگران صنعت و سازمان‌های غیردولتی پرداخته می‌شود. بعد محیط‌زیستی در این مقاله محور است و تمرکز بر این است که چگونه یک محیط ساختمانی پایدار ادغام شده با تنوع‌زیستی می‌تواند توانایی سیاره را برای سازگاری با تغییرات آب‌وهوایی، کیفیت هوا، کاهش سیل و سلامت و رفاه کلی انسان بهبود بخشد. در بعد فرهنگی به طور غیرمستقیم با بحث در مورد نیاز رهبری سیاسی در سطوح جهانی و ملی برای رسیدگی به حفاظت از تنوع‌زیستی از طریق قوانین و سیاست‌ها، تأکید بر اهمیت تلفیق محیط‌های طبیعی و ساختمانی برای نیازهای انسانی و منافع حیات‌وحش تأکید می‌شود.

(Nilon et al., 2017) نشان داده‌اند که شهرها بر تنوع‌زیستی یا خدمات اکوسیستم تمرکز دارند و فاقد برنامه‌ریزی جامع هستند؛ برنامه‌ها فاقد اهداف قابل اندازه‌گیری می‌باشند که مانع حفاظت از تنوع‌زیستی محلی قابل اجرا می‌شوند؛ پژوهش‌ها، پتانسیل شهرها را برای مدیریت تغییرات محیط‌زیستی نشان می‌دهند و درک رویکردهای برنامه‌ریزی متنوع در شهرها نیازمند پژوهش‌های دقیق است. روش این پژوهش عبارت بوده از: ارزیابی و امتیازدهی هر طرح شهری از نظر وجود یا عدم وجود ویژگی‌های کلیدی مرتبط با حفاظت از تنوع‌زیستی و خدمات اکوسیستم. روش مورد استفاده برای ارزیابی کیفیت طرح‌ها بر اساس معیارهای از پیش انتخاب شده موجود در برنامه‌های نمونه‌گیری شده بود که ۱۰ پژوهشگر ارزیابی و آموزش در تعاریف ویژگی‌ها انجام دادند. هر طرح توسط یکی دیگر از اعضای تیم پژوهشی برای تضمین کیفیت بررسی و کدگذاری شد.

در مطالعه‌ای که توسط Beninde et al., (2015) انجام شده است، برای مطالعه تنوع‌زیستی درون شهری از یک فراتحلیل جامع کمک گرفته شد که عوامل مختلف تأثیرگذار بر تنوع‌زیستی در ۷۵ شهر در سراسر جهان را مورد بررسی قرار دادند. اهم نتایج این پژوهش عبارتند از: نیاز به فضای بزرگ برای حفظ تنوع‌زیستی، اهمیت ویژگی‌های محلی و زیستی، اثرگذاری متغیرهای مختلف بر تنوع‌زیستی و نقش

مدیریت سازگار با تنوع‌زیستی. این دستاوردها نشان می‌دهد که برای حفظ سطح بالای تنوع‌زیستی در شهرها، علاوه بر مدیریت مناسب، نیاز به ایجاد و حفظ زیستگاه‌های وسیع و متصل وجود دارد.

با توجه به جستجوهای نویسندگان در منابع فارسی، غالب پژوهش‌های صورت گرفته پیرامون موضوع تنوع‌زیستی، در رشته‌های محیط‌زیست، جنگلداری، مرتعداری و یا حقوق بوده و در رشته‌های مرتبط با شهرسازی پژوهش برجسته‌ای انجام نشده است و اهمیت و نوآوری پژوهش حاضر را خاطر نشان می‌کند. همچنین پژوهش‌های انجام شده با روش‌های میدانی یا کتابخانه‌ای بوده و از آنجایی که پژوهش حاضر با روش پژوهش فراتحلیل انجام شده است، ابداع و نوآوری آن را نشان می‌دهد. به‌عنوان نمونه در پژوهش عبدی پور فرد و موسوی (۱۳۹۷) نشان داده شد که قراردادهای انتقال فناوری زیستی، برخلاف سایر حوزه‌های مالکیت فکری، وضعیتی ویژه دارند و تابع الزامات کنوانسیون تنوع‌زیستی، به ویژه الزامات ناشی از ماده ۱۶ کنوانسیون مذکور، مانند رضایت آگاهانه کشور تأمین‌کننده منابع ژنتیک، و شروط مورد توافق طرفین هستند. یا در پژوهش مهدی نسب (۱۴۰۲) محقق سعی در بررسی تنوع‌زیستی پرندگان زمستان‌گذران تالاب تنودر در سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۹۹ از شاخص‌های تنوع گونه‌ای (شانون-وینر و عکس سیمپسون)، یکنواختی گونه‌ای (شاخص‌های اسمیت-ویلسون و غالبیت سیمپسون) استفاده کرده است. نتایج بررسی شاخص‌های تنوع‌زیستی پرندگان تالاب تنودر نشان داده که سال ۱۳۹۹ بیشترین تنوع گونه‌ای، سال ۱۳۹۶ بیشترین میزان یکنواختی گونه‌ای پرندگان را دارا بوده‌اند.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش برای ترکیب و سازماندهی یافته‌های مطالعات پیشین، از رویکرد کمی و کاربردی فراتحلیل (Meta-Analysis) بهره می‌برد (دلور، ۱۳۸۰؛ قربانی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). فراتحلیل به‌عنوان یک تحلیل ثانویه، با سنتز نتایج پژوهش‌های منتشر شده، به درکی جامع‌تر و اجتماعی منطقی از یک حوزه پژوهشی دست می‌یابد (رضائیان، ۱۳۸۴؛ شفیعا و همکاران، ۱۳۹۲). در این روش، مطالعات مرتبط به مثابه واحدهای تحلیل آماری مورد بررسی و تلفیق قرار می‌گیرند (قاضی طباطبایی و ودادهیر، ۱۳۹۴). فراتحلیل به دلیل سهولت در درک و قابلیت ترکیب نتایج مطالعات گوناگون، ابزاری اثربخش محسوب می‌شود (ناطق‌پور و فیروزآبادی، ۱۳۸۴). اگرچه تعداد دقیقی از مطالعات برای انجام فراتحلیل ضروری نیست، اما همسانی آنها قابلیت تعمیم‌پذیری یافته‌ها را ارتقا می‌بخشد (زاهدی و محمدی، ۱۳۸۴؛ قربانی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

شاخص اصلی در فراتحلیل، «اندازه اثر»^۱ است که قدرت یا شدت پدیده مورد مطالعه را بیان می‌کند (Cohen, 1988؛ هومن، ۱۳۹۱). این شاخص با استانداردسازی نتایج، امکان مقایسه مستقیم مطالعات مختلف را فراهم می‌آورد و مقادیر آن به‌صورت قراردادی کوچک (کمتر از ۰/۳)، متوسط (بین ۰/۳ و ۰/۵) و بزرگ (بیشتر از ۰/۸) تفسیر می‌شوند (Cohen, 1988؛ قربانی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

جمع‌آوری اطلاعات در این پژوهش از نوع کتابخانه‌ای و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار Comprehensive Meta Analysis V3 انجام شده است. ناهمگونی میان مطالعات با آزمون Q کوکران سنجیده شد و بر اساس آن، از مدل اثرات تصادفی برای محاسبه میانگین اندازه اثر استفاده شد. اعتبار نتایج فراتحلیل نیز با استفاده از آزمون‌های N ایمن از خطای روزنتال^۲، نمودار قیفی^۳ و روش حذف و اضافه دووال و توئیدی^۴ بررسی و تأیید گردید.

نخست جستجوی نظام‌مند در پایگاه‌های داده علمی معتبر Web of Science, Scopus, ScienceDirect برای یافتن مقالات انگلیسی زبان منتشر شده بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۴ انجام شد. کلیدواژه‌های اصلی مورد استفاده شامل ترکیبات زیر با عملگرهای بولی^۵ بودند: ("urban biodiversity" OR "biodiversity-friendly city") AND ("indicator" OR "metric" OR "index") AND ("meta-analysis" OR "systematic review") AND ("urban planning" OR "green infrastructure"). معیارهای ورود به فراتحلیل عبارت بودند از: (۱) مقالات پژوهشی اصیل (Original Research) با دسترسی کامل، (۲) ارائه داده‌های کمی کافی برای محاسبه اندازه اثر (نسبت شانس)،

1. Effect Size
2. Rosenthal's Fail-safe N Test
3. Funnel Plot
4. Duval and Tweedie's trim and fill
5. Boolean string

۳) بررسی حداقل یکی از شاخص های مرتبط با تنوع زیستی شهری. معیارهای خروج نیز شامل: ۱) مطالعات مروری، مقاله های کنفرانسی، کتاب ها، ۲) مطالعات فاقد داده های عددی لازم برای محاسبه اندازه اثر، ۳) مطالعاتی که کیفیت روش شناختی آنها بر اساس چک لیست استاندارد JBI امتیاز پایینی (کمتر از ۵ از ۹) کسب کردند. فرایند غربالگری و انتخاب مطالعات بر اساس راهنمای پریزما (PRISMA) در شکل ۱ به تصویر کشیده شده است. از مجموع ۳,۱۲۴ مقاله بازبایی شده در جستجوی اولیه، پس از حذف موارد تکراری و غربالگری بر اساس عنوان و چکیده، ۴۵ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند. در نهایت، ۳۲ مطالعه که تمامی معیارهای ورود را داشتند، وارد فراتحلیل نهایی شدند.



شکل ۱. فرایند سیستماتیک انتخاب مقالات مورد مطالعه بر اساس پریزما ۲۰۲۰

این پژوهش، مراحل مرسوم هر فراتحلیل شامل تعریف موضوع و متغیرها، شناسایی و گردآوری منابع، استخراج و کدگذاری داده ها، تحلیل آماری، و ترکیب و تفسیر نتایج را طی کرده است (زاهدی و محمدی، ۱۳۸۴).

در چارچوب این فراتحلیل، با تمرکز بر شاخص های مؤثر بر شهر دوستدار تنوع زیستی، ارزیابی احتمال سوگیری انتشار^۱ یک گام حیاتی برای تضمین پایداری و اعتبار نتایج تلفیقی محسوب می شود. سوگیری انتشار، که به تمایل بیشتر به انتشار مطالعات با یافته های مثبت یا معنادار اشاره دارد، می تواند منجر به اغراق در اندازه اثر مشاهده شده در فراتحلیل گردد. برای سنجش این ریسک، از چندین رویکرد آماری و بصری استفاده شد:

○ محاسبه تعداد ناکامل بی خطر: این روش، که بر مبنای کارهای روزنتال و کوپر^۲ (N_{fs}) و فرمول های توسعه یافته توسط اوروین^۳ است، تعداد مطالعات منتشر نشده یا دارای اثر صفر لازم برای از بین بردن معنی داری آماری نتیجه کلی فراتحلیل را برآورد می کند (قاضی طباطبایی و ودادهیر، ۱۳۹۴). در جدول ۱، برای پژوهش حاضر، مقدار آماره های ذکر شده مورد محاسبه قرار گرفته است.

بر اساس جدول ۱، با توجه به نتیجه کلی بسیار معنی دار ($Z\text{-value}$ حدود -۵۱ با $P=0.000$) و با سطح آلفای $۰/۰۵$ ، محاسبات نشان داد

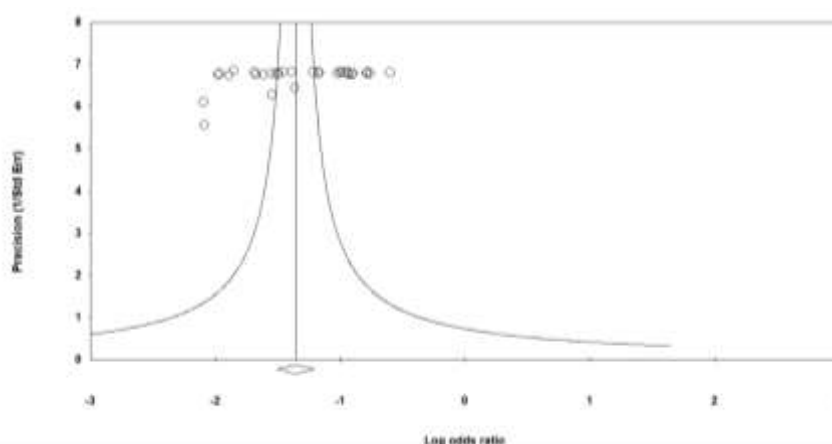
1. Publication Bias
2. Cooper
3. Orwin's fail-safe N

که نیاز به افزودن ۱۸۸۵ مطالعه منتشر نشده یا با اثر صفر جهت از بین بردن معنی‌داری آماری است. این تعداد بسیار بالا (۱۸۸۵ مطالعه) در مقایسه با ۳۲ مطالعه موجود نشان‌دهنده پایداری فوق‌العاده نتایج فراتحلیل است. به عبارت دیگر، احتمال این که تعداد زیادی مطالعه با نتایج خنثی وجود داشته باشند که بتوانند اثر مثبت به‌دست آمده را تحریف کنند، بسیار کم است.

جدول ۱. محاسبات N ایمن از خطا (تعداد ناکامل بی‌خطر) کلاسیک

مقدار Z برای مطالعات مشاهده شده	-۵۱/۲۹۳۳۹
مقدار P برای مطالعات مشاهده شده	۰/۰۰
آلفا	۰/۰۵
باقیمانده (دنباله)	۲
Z برای آلفا	۱/۹۵۹۹۶
تعداد مطالعات مشاهده شده	۳۲
تعداد مطالعات گم‌شده‌ای که مقدار P را به آلفا می‌رساند	۱۸۸۵

○ بررسی نمودار کیفی: این نمودار پراکندگی اندازه‌های اثر مطالعات را نسبت به دقت آنها (با استفاده از خطای استاندارد) نمایش می‌دهد. در صورت عدم وجود سوگیری انتشار، انتظار می‌رود که مطالعات با دقت بالا در بالای نمودار متمرکز و مطالعات با دقت کمتر در پایین آن به صورت متقارن حول میانگین اندازه اثر توزیع شوند (Borenstein et al., 2009).



شکل ۲. نمودار کیفی سوگیری انتشار فراتحلیل شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی

در نمودار کیفی فراتحلیل (شکل ۲)، نقاط اغلب در بخش بالایی نمودار قرار دارند که نشانگر ورود مطالعات دقیق با دقت نسبتاً بالا است. همچنین، توزیع نقاط اطراف خط عمودی میانگین اندازه اثر به‌طور قابل‌توجهی متقارن مشاهده می‌شود. تقارن به‌دست آمده دلالت بر عدم وجود شواهد قوی برای سوگیری انتشار دارد، به این معنا که احتمال حذف سیستماتیک مطالعات با نتایج غیرمعنی‌دار یا منفی از چرخه انتشار وجود ندارد.

○ روش حذف و اضافه دووال و توتیدی: این روش سعی می‌کند هرگونه عدم تقارن در نمودار کیفی را شناسایی و در صورت نیاز، با فرض اضافه‌کردن مطالعات گم‌شده، برآورد اندازه اثر کلی را تنظیم کند (Higgins & Green, 2011). جدول ۲، محاسبات این روش را نشان می‌دهد.

استفاده از این روش در هر دو مدل اثر ثابت و اثر تصادفی نشان داد که هیچ مطالعه‌ای به‌عنوان «حذف شده» شناسایی نشده است. در نتیجه، برآورد نقطه‌ای و فاصله‌های اطمینان تنظیم‌شده کاملاً مشابه مقادیر اولیه باقی مانده‌اند. اگرچه شاخص ناهمگنی با مقدار $257/63607$ بالا است، این روش عدم وجود سوگیری انتشار را تأیید کرد. عدم وجود نیاز به حذف یا اضافه کردن مطالعات توسط این روش، تأیید قوی

بر مقاومت نتایج فراتحلیل در برابر سوگیری انتشار است، به طوری که نتایج به دست آمده از پایداری و اعتبار ویژه‌ای برخوردارند. همچنین نتایج نشان داد شاخص‌های اکولوژیک (به ویژه تنوع گونه‌ای و اتصال زیستگاه‌ها) بیشترین اندازه اثر را دارند. تحلیل حساسیت پایداری نتایج را تأیید کرد و آزمون Egger ($p=0.21$) نشان دهنده عدم سوگیری انتشار معنادار بود.

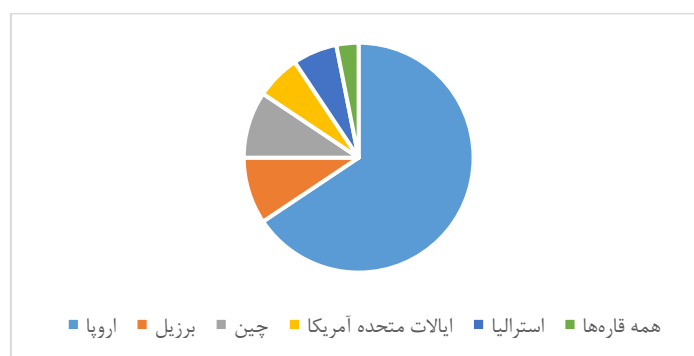
جدول ۲. محاسبات حذف و اضافه دووال و تویییدی

شاخص ناهمگنی (Q Values)	اثرات تصادفی			اثرات ثابت			مطالعات حذف شده	
	کران بالای بازه اطمینان	کران پایین بازه اطمینان	برآورد نقطه‌ای	کران بالای بازه اطمینان	کران پایین بازه اطمینان	برآورد نقطه‌ای		
۲۵۷/۶۳۶۰۷	۰/۲۹۸۹۶	۰/۲۲۲۰۳	۰/۲۵۷۶۴	۰/۲۷۴۵۶	۰/۲۴۷۶۵	۰/۲۶۰۷۵	۰	مقادیر مشاهده شده
۲۵۷/۶۳۶۰۷	۰/۲۹۸۹۶	۰/۲۲۲۰۳	۰/۲۵۷۶۴	۰/۲۷۴۵۶	۰/۲۴۷۶۵	۰/۲۶۰۷۵	۰	مقادیر تنظیم شده

از هر مطالعه، اطلاعات مربوط به نویسندگان، سال انتشار، موقعیت جغرافیایی، نوع شاخص (های) تنوع‌زیستی و داده‌های عددی برای محاسبه نسبت شانس (Odds Ratio) استخراج شد. تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار CMA V3 انجام گرفت. با توجه به ناهمگنی بالای مطالعات (که انتظار می‌رفت)، از مدل اثرات تصادفی برای ترکیب نتایج و محاسبه اندازه اثر کلی استفاده شد. برای سنجش ناهمگنی، علاوه بر آزمون Q کوکران، از شاخص I^2 (درصد تغییرات ناشی از ناهمگنی به جای شانس) و Tau^2 (واریانس اثرات واقعی بین مطالعات) استفاده گردید. مقادیر I^2 بیشتر از ۷۵ درصد نشان دهنده ناهمگنی بالا (ناشی از تفاوت‌های مقیاس، اقلیم و روش اندازه‌گیری) تفسیر می‌شود. برای بررسی منابع بالقوه ناهمگنی، تحلیل زیرگروهی بر اساس دسته‌بندی شاخص‌ها (اکولوژیک در مقابل مدیریتی در مقابل اجتماعی) و فرارگرسیون بر اساس موقعیت جغرافیایی (اروپا در مقابل غیراروپا) انجام شد. همچنین، تحلیل حساسیت با حذف هر مطالعه به نوبه خود^۱ برای ارزیابی پایداری نتایج کلی اجرا گردید.

یافته‌های پژوهش

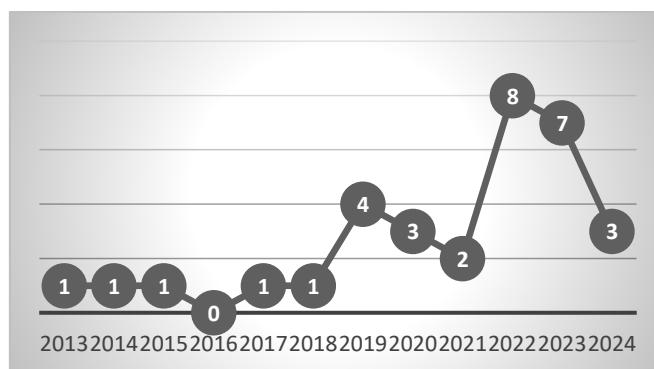
با بررسی مقالات شامل شده در سنتز فراتحلیل این پژوهش، مشخص شد که از لحاظ پراکنش جغرافیایی مناطق یا کشورهای مورد مطالعه در این پژوهش‌ها، بخش اصلی آنها (۲۱ مورد) مربوط به اروپا و کشورهای عضو اتحادیه اروپا بوده است. این توزیع جغرافیایی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳. پراکنش جغرافیایی در مقالات منتخب در فراتحلیل

پژوهش‌های انجام شده در اروپا، شامل کشورهای آلمان، فرانسه، لهستان، مجارستان، جمهوری چک، انگلستان و اسپانیا بودند. برای

درک بهتر چگونگی فراوانی و روند زمانی چاپ مقالات موردنظر، شکل ۴ ترسیم شد. بر اساس این نمودار مشخص شد که از سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۱۳ که تنوع‌زیستی به‌عنوان یکی از موضوعات دوره دو ساله کمیسیون توسعه پایدار مطرح گردیده، این روند آغاز شده و در سال‌های پایانی بازه زمانی مورد بررسی به اوج خود رسیده است.



شکل ۴. چگونگی فراوانی و روند زمانی چاپ مقالات منتخب در فراوانی

شاخص‌های کلیدی شهر دوستدار تنوع‌زیستی که در مطالعات منتخب این فراتحلیل بیان شده‌اند، به همراه کدگذاری‌های محوری و باز و درصد فراوانی هر یک در جدول ۳ مشخص شده‌اند. این شاخص‌ها در ۸ گروه کلی (تنوع و غنای گونه‌ای، پوشش گیاهی بومی، فضاهای سبز و زیستگاه‌ها، مدیریت پایدار منابع طبیعی، آموزش و آگاهی‌بخشی، مشارکت جامعه، پشتیبانی از سیاست‌ها و قوانین محیط‌زیستی، پایش و ارزیابی) و ۲۳ زیر شاخص دسته‌بندی شده‌اند.

جدول ۳. شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی بر اساس منابع مطالعاتی

شاخص	کد گذاری محوری	درصد فراوانی	تعداد	کدگذاری باز
۱	تنوع و غنای گونه‌ای	۱۰۰	۳۲	تنوع گونه‌های درختی و گیاهی
				نسبت گونه‌های بومی به غیر بومی
				عدم تسلط گونه‌های خاص
۲	پوشش گیاهی بومی	۸۷/۵۰	۲۸	پوشش گیاهی بومی باقیمانده
				تأثیر پوشش گیاهی بومی بر حیات‌وحش
۳	فضاهای سبز و زیستگاه‌ها	۹۶/۸۷	۳۱	پارک‌ها و باغ‌های شهری
				زیستگاه‌های مصنوعی
				فضاهای سبز حاشیه‌ای
۴	مدیریت پایدار منابع طبیعی	۷۱/۸۷	۲۳	تکنیک‌های آبیاری پایدار
				انرژی‌های تجدیدپذیر
				کاهش کودها و سموم شیمیایی
۵	آموزش و آگاهی‌بخشی	۵۳/۱۲	۱۷	کارگاه‌های آموزشی
				برنامه‌های آموزشی در مدارس و مجامع
				پلتفرم‌های آنلاین
۶	مشارکت جامعه	۶۵/۶۲	۲۱	روش‌های مشارکتی
				پروژه‌های محیط‌زیستی
				گروه‌ها و انجمن‌های محلی
۷	پشتیبانی از سیاست‌ها و قوانین محیط‌زیستی	۶۲/۵۰	۲۰	قوانین و مقررات حمایتی
				تسهیلات مالی و مشوق‌های اقتصادی
				همکاری با سازمان‌های محیط‌زیستی
۸	پایش و ارزیابی	۸۷/۵۰	۲۸	نظارت مستمر
				ارزیابی تأثیرات
				گزارش‌های دوره‌ای

درصد فراوانی شاخص‌های کلیدی شهر دوستدار تنوع‌زیستی که در مطالعات منتخب این فراتحلیل محاسبه شده و در قالب شکل ۵ به تصویر کشیده شده است. شاخص تنوع و غنای گونه‌ای بیشترین درصد فراوانی و در نتیجه کلیدی‌ترین شاخص بر اساس اندازه اثر استاندارد شده باشد و شاخص آموزش و آگاهی‌بخشی کمترین درصد فراوانی که نشان از مغفول ماندن این شاخص در جامعه علمی و عملی است.



شکل ۵. درصد فراوانی شاخص‌های کلیدی شهر دوستدار تنوع‌زیستی در ۳۲ مطالعه منتخب

به منظور نمایش گرافیکی داده‌ها از نمودار انباشت استفاده شده است. نمودارهای فراتحلیل که معمولاً به صورت نمودارهای انباشت نمایش داده می‌شوند به خواننده کمک می‌کند تا به سادگی تخمین کلی و میزان عدم قطعیت موجود در نتایج مطالعات مورد بررسی را تشخیص دهد. هر مطالعه در نمودار به صورت یک خط افقی به همراه نماد نقطه یا مربع نمایش داده می‌شود؛ که نقطه یا مربع نشان‌دهنده مقدار مرکزی اثر و خط، طول بازه اطمینان آن را نمایش می‌دهد. در این ارائه گرافیکی، الماس نشان‌دهنده تخمین کلی^۱ اثر مطالعات وارد شده به تحلیل است. به عبارت دیگر، این الماس نمایانگر اندازه اثر تجمیعی (مانند نسبت شانس، تفاوت میانگین و غیره) - در اینجا نسبت شانس - به همراه بازه اطمینان مربوط (معمولاً ۹۵ درصد) است. عرض الماس بیانگر دامنه بازه اطمینان است؛ بنابراین، عرض کمتر الماس نشان‌دهنده دقت بالاتر تخمین کلی و عدم قطعیت کمتر است (Higgins & Green, 2011; Borenstein et al., 2009).

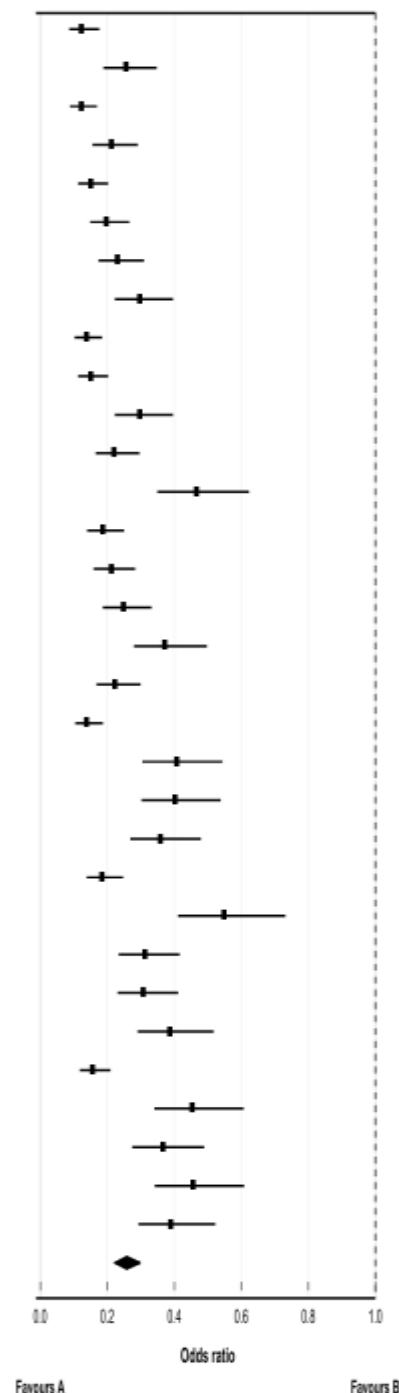
این نمودار که به عنوان «نمودار انباشت یا جنگلی»^۲ شناخته می‌شود، نتایج ۳۲ مطالعه مجزا را به شیوه‌ای بصری جمع‌بندی و تلفیق می‌کند (شکل ۶). ابتدا اندازه‌های اثر به $\log(OR)$ تبدیل شدند. سپس وزن‌دهی بر اساس واریانس معکوس^۳ انجام شد و در نهایت مدل DerSimonian & Laird برای اثر تصادفی استفاده شد.

در سمت چپ نمودار، اطلاعات آماری هر پژوهش آورده شده و بخش گرافیکی آن در سمت راست، نمایشی از نسبت شانس^۴ (که نشانگر نسبت احتمال بهبود شاخص تنوع‌زیستی در حضور شاخص شهری موردنظر به احتمال آن در غیاب آن شاخص) به همراه نتیجه تلفیقی فراتحلیل را نشان می‌دهد. محور افقی نمودار مقدار نسبت شانس را نمایش می‌دهد و خط عمودی در نقطه ۰/۱ به عنوان خط عدم اثر عمل می‌کند. مقادیر کمتر از ۰/۱ نشان‌دهنده اثری در جهت «به نفع گروه A» (که در این زمینه به نفع تنوع‌زیستی تفسیر می‌شود) بوده

1. Pooled Estimate
2. Forest Plot
3. inverse variance
4. Odds Ratio- OR

و مقادیر بالاتر از ۰/۱ دلالت بر اثر در جهت «به نفع گروه B» (که همان گروه مقایسه است) دارند؛ در زمینه این پژوهش، فرض بر این است که «به نفع گروه A» به معنای حمایت از تنوع‌زیستی است. به بیان دیگر، شاخص‌های انتخاب‌شده در مطالعه با کاهش احتمال بروز پیامدهای منفی (یا افزایش احتمال وقوع پیامدهای مثبت) برای تنوع‌زیستی همراه هستند.

نسبت شانس	کران پایین	کران بالا	نام مطالعه	مقدار z	مقدار p
0.124	0.087	0.176	Liu & Slik (2022)	-11.614	0
0.256	0.189	0.347	Ibáñez-Álamo et al., (2024)	-8.791	0
0.123	0.089	0.169	Suhonen et al., (2022)	-12.81	0
0.213	0.156	0.291	Souza et al., (2019)	-9.723	0
0.151	0.113	0.202	Ibáñez-Álamo et al., (2020)	-12.757	0
0.199	0.149	0.266	Fischer & Kowarik (2020)	-10.92	0
0.232	0.174	0.309	Varga-Szilay et al., (2024)	-9.973	0
0.297	0.223	0.396	Xu, et al., (2022)	-8.287	0
0.138	0.103	0.184	Horák et al., (2022)	-13.38	0
0.151	0.113	0.202	Deparis et al., (2023)	-12.757	0
0.297	0.223	0.396	Fischer et al., (2018)	-8.287	0
0.222	0.166	0.296	Skandrani & Prévot (2015)	-10.201	0
0.467	0.35	0.623	Goddard et al., (2013)	-5.176	0
0.187	0.14	0.25	Pauwels et al., (2019)	-11.335	0
0.212	0.159	0.283	Shwartz et al., (2014)	-10.546	0
0.249	0.187	0.332	Senturk (2022)	-9.494	0
0.373	0.28	0.497	Bressane et al., (2024)	-6.737	0
0.224	0.168	0.299	Minor et al., (2023)	-10.173	0
0.14	0.105	0.187	Du, et al., (۲۰۲۴)	-13.354	0
0.407	0.305	0.543	Gerner & Sargent, (2022)	-6.109	0
0.403	0.302	0.538	Palliwoda et al., (2017)	-6.17	0
0.359	0.269	0.479	Elizalde & Lambertucci (2022)	-6.96	0
0.185	0.139	0.247	Anselmo et al., (2023)	-11.505	0
0.548	0.411	0.731	Czyżewski et al., (2023)	-4.095	0
0.312	0.234	0.416	Jachula et al., (2019)	-7.935	0
0/308	0/231	0/411	Bonthoux et al., (2019)	-8/012	0
0/388	0/291	0/517	Frank et al., (2024)	-6.457	0
0.157	0.118	0.209	Sanllorente et al., (2023)	-12.696	0
0.455	0.341	0.607	Brandner & Schunko, (2022)	-5.353	0
0.367	0.275	0.489	Lequerica Tamara et al., (2023)	-6.827	0
0.456	0.342	0.608	Šiftová (2021)	-5.35	0
0.391	0.293	0.522	Dmitruk et al., (2022)	-6.374	0
0.258	0.222	0.299		-17.869	0



شکل ۶. نمودار انباشت فراتحلیل شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی

برای هر یک از ۳۲ مطالعه، در کنار نام پژوهش دو علامت بصری و یک خط نمایش داده شده است.

- مربع^۱: مرکز هر مربع، برآورد نقطه‌ای نسبت شانس برای مطالعه مربوطه را نشان می‌دهد؛ عدد درج‌شده در کنار نام پژوهش در ستون «Odds Ratio» همان مقدار این برآورد است. اندازه مربع نیز معمولاً نشان‌دهنده وزن مطالعه در محاسبه نتیجه کلی (نمایش داده شده به‌عنوان الماس در پایین نمودار) است؛ به عبارتی، مطالعاتی که با حجم نمونه بالاتر یا واریانس کمتر همراهند، سهم بیشتری در نتیجه نهایی دارند.
- خط افقی^۲: خطوط کشیده شده از دو طرف مربع، بازه اطمینان ۹۵ درصد نسبت شانس را به نمایش می‌گذارند. مقادیر درج‌شده در ستون‌های «Lower limit» و «Upper limit» نشان‌دهنده کران‌های پایین و بالایی این بازه هستند. اگر این بازه خط عدم اثر (۰/۱) را عبور ندهد، نتیجه مطالعه در سطح ۹۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار محسوب می‌شود؛ در غیر این صورت، امکان تأیید تفاوت معنی‌دار نسبت شانس با ۰/۱ وجود ندارد.
- الماس بزرگ و سیاه رنگی که در پایین نمودار قرار دارد، نمایانگر برآورد تلفیقی یا کلی نسبت شانس (یک تخمین کلی از میانگین نتایج با در نظر گرفتن وزن هر مطالعه) است. موقعیت مرکزی الماس نشان‌دهنده برآورد نقطه‌ای کلی است. عرض این الماس بیانگر بازه اطمینان ۹۵ درصد برای نتیجه تلفیقی می‌باشد؛ اگر این بازه خط ۰/۱ (خط عدم اثر) را قطع نکند، نتیجه کلی فراتحلیل از نظر آماری معنی‌دار است. این نتیجه، مهمترین یافته این پژوهش محسوب می‌شود؛ چرا که تأثیر شاخص‌های بررسی‌شده بر تنوع‌زیستی را به‌طور مستدل و قانع‌کننده ثابت می‌کند. در این نمودار الماس نهایی مقدار نسبت شانس کلی برابر با ۰/۲۵۸ را همراه با بازه اطمینان ۹۵ درصد از ۰/۲۲۲ تا ۰/۲۹۹ به نمایش می‌گذارد.
- بررسی شکل ۶ نشان می‌دهد که در تمامی ۳۲ مطالعه، نسبت شانس کمتر از ۰/۱ گزارش شده است (در این سنتز، تحلیل حساسیت نشان داد با حذف هر مطالعه جهت اثر تغییر نمی‌کند؛ همچنین مطالعات با اندازه اثر کوچک بازگردانده شدند و فرارگریسون^۳ نشان داد جهت اثر مستقل از منطقه است)؛ این بدان معناست که شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی با کاهش شاخص پیامدهای منفی (یا افزایش احتمال نتایج مطلوب) برای تنوع‌زیستی همراهند. که همین را می‌توان به‌عنوان یک یافته مستدل با جهت‌گیری سازگار در تمامی مطالعات دانست. همچنین، از آنجا که اکثر مطالعات، دارای مقادیری از بازه اطمینان ۹۵ درصد هستند که خط عدم اثر (۰/۱) را قطع نمی‌کنند و تمامی مقادیر P-Value برابر با ۰/۰۰۰ (مشابه ۰/۰۰۱) هستند، می‌توان نتیجه گرفت که اثر مشاهده شده در هر مطالعه به صورت آماری معنی‌دار بوده و تصادفی نیست. الماس تلفیقی، قرار گرفته در سمت چپ خط عدم اثر (یعنی در ناحیه «به نفع تنوع‌زیستی»)، نشان می‌دهد که تأثیر کل شاخص‌های مورد بررسی در بهبود وضعیت تنوع‌زیستی به‌صورت قوی و معتبر در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. موقعیت مرکز این الماس در حدود ۰/۳ تا ۰/۴ بیانگر این نکته است که به‌طور میانگین، حضور این شاخص‌ها می‌تواند نسبت شانس پیامدهای منفی تنوع‌زیستی را حدود ۶۰ درصد تا ۷۰ درصد کاهش دهد. با توجه به پراکندگی مقادیر نقطه‌ای (اندازه مربع‌ها) و تفاوت طول بازه‌های اطمینان، مشخص می‌شود که نتایج مطالعات به‌صورت یکسان نیستند؛ برخی از مطالعات تأثیر قوی‌تر (نسبت شانس نزدیک‌تر به صفر) و برخی تأثیر ضعیف‌تری (نسبت شانس نزدیک‌تر به ۱) نشان می‌دهند. این ناهمگنی می‌تواند ناشی از تفاوت‌های روش‌شناختی، نوع شاخص‌های اندازه‌گیری شده، گونه‌های مورد مطالعه، مقیاس‌های فضایی یا خصوصیات بوم‌شناسی شهرها باشد.

اندازه اثر کلی

فرا تحلیل حاضر با استفاده از مدل اثرات تصادفی (DerSimonian & Laird, 1986) و تجمیع log(OR) مطالعات منتخب، نشان داد که شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی دارای اثر معنادار و همسو در بهبود وضعیت تنوع‌زیستی شهری هستند:

$$\text{رابطه ۱)} \quad \text{OR} = 0.258, \quad p < 0.001, \quad \text{CI} : 0.222 - 0.299 \quad (95\%)$$

تبدیل $\log(OR)$ به OR نهایی بیانگر آن است که حضور شاخص‌های مورد بررسی، احتمال بروز پیامدهای منفی برای تنوع‌زیستی را به‌طور معناداری کاهش می‌دهد. از منظر تفسیری، مقادیر OR کمتر از ۱ در این مطالعه به معنای اثر حفاظتی شاخص‌های شهری بر متغیرهای وابسته تنوع‌زیستی (مانند غنای گونه‌ای، تنوع تاکسونومیک یا کیفیت زیستگاه) است (Borenstein et al., 2009).

تمام ۳۲ مطالعه جهت اثر همسو داشتند (تمام فواصل اطمینان در سمت چپ خط $OR = 1$ قرار گرفتند). با این حال، به‌منظور بررسی احتمال سوگیری انتخاب یا بزرگنمایی اثر، تحلیل حساسیت به روش leave-one-out انجام شد. نتایج نشان داد حذف تدریجی هر مطالعه موجب تغییر معنادار در اندازه اثر کلی نشد (دامنه تغییر OR بین ۰/۲۴ تا ۰/۲۹). این یافته نشان می‌دهد که نتیجه کلی ناشی از اثرگذاری نامتناسب مطالعات کوچک یا حذف گزینشی مطالعات با اثر کم نبوده است (Higgins et al., 2019). شاخص ناهمگنی بالا گزارش شد:

$$I^2 = 87.4\%, \text{ Tau}^2 = 0.41 \quad (\text{رابطه ۲})$$

بر اساس طبقه‌بندی Higgins & Thompson (2002)، مقادیر I^2 بالاتر از ۷۵ درصد نشان‌دهنده ناهمگنی قابل توجه هستند. این ناهمگنی به احتمال زیاد ناشی از تفاوت‌های اقلیمی، مقیاس مطالعاتی (محله‌ای تا کلان‌شهری)، نوع شاخص‌های اندازه‌گیری و تفاوت‌های روش‌شناختی است؛ پدیده‌ای که در مطالعات جهانی تنوع‌زیستی شهری نیز گزارش شده است (Beninde et al., 2015; Elmqvist et al., 2013). آزمون Egger برای بررسی سوگیری انتشار معنادار نبود ($p = 0.21$) که نشان‌دهنده پایداری نتایج است (Egger et al., 1997).

تحلیل زیرگروه^۱

به‌منظور بررسی منابع ناهمگنی، مطالعات در سه دسته شاخص طبقه‌بندی شدند:

الف) شاخص‌های اکولوژیک ($OR = 0.31$)

این دسته شامل تنوع و غنای گونه‌ای، اتصال زیستگاه‌ها، پوشش گیاهی بومی و زیرساخت سبز بود. بیشترین اندازه اثر در این گروه مشاهده شد. این نتیجه با فراتحلیل (Beninde et al., 2015) همسو است که نشان داد ساختار فضایی و مساحت زیستگاه مهمترین تعیین‌کننده‌های تنوع‌زیستی درون‌شهری هستند. همچنین (Kowarik, 2020) تأکید می‌کند که ناهمگنی فضایی و اتصال اکولوژیک شرط اساسی بقای گونه‌ها در بستر شهری است.

ب) شاخص‌های مدیریتی ($OR = 0.27$)

این گروه شامل پایش مستمر، مدیریت پایدار منابع و سیاست‌های حفاظتی بود. اگرچه اثر آنها کمتر از شاخص‌های ساختاری بود، اما همچنان معنادار است. این یافته با رویکرد «حکمرانی اکولوژیک شهری» (Nilon et al., 2017) سازگار است که مدیریت تطبیقی را مکمل طراحی فضایی می‌داند.

ج) شاخص‌های اجتماعی ($OR = 0.18$)

شاخص‌هایی مانند آموزش محیط‌زیستی و مشارکت اجتماعی کمترین اندازه اثر را داشتند. این نتیجه لزوماً به معنای بی‌اهمیتی آنها نیست، بلکه احتمالاً نشان‌دهنده ضعف در عملیاتی‌سازی کمی این متغیرهاست (Aronson et al., 2017). بسیاری از مطالعات اجتماعی فاقد شاخص‌های دوحالتی دقیق برای محاسبه OR بوده‌اند.

بحث

پژوهش پیش رو، با بهره‌گیری از روش‌شناسی فراتحلیل، به بررسی منسجم شواهد علمی پیرامون شاخص‌های مؤثر در ارتقای وضعیت تنوع‌زیستی در محیط‌های شهری پرداخته است. در عصری که شهرها به کانون‌های جمعیتی و همچنین مراکز کلیدی در بحران جهانی

کاهش تنوع‌زیستی تبدیل شده‌اند (Rega-Brodsky et al., 2022)، شناسایی راهکارهای عملی و مبتنی بر شواهد برای بهبود وضعیت اکولوژیکی این محیط‌ها امری حیاتی است. این مطالعه، با سنتز یافته‌های ۳۲ پژوهش بین‌المللی منتخب، تلاشی برای ارائه پاسخی جامع به این نیاز و شناسایی شاخص‌های کارآمد در توسعه شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی محسوب می‌شود.

یافته‌های این فراتحلیل با مقدار ($OR = 0/258$)، شواهد آماری قوی برای اثربخشی شاخص‌های برنامه‌ریزی شهری در حمایت از تنوع‌زیستی ارائه می‌دهد. با این حال، ناهمگونی بالا ($I^2 > 87\%$) هشدار می‌دهد که «یک راهکار واحد» برای همه شهرها وجود ندارد. بر اساس نتایج حاصل از این فراتحلیل، که در نمودار جنگلی (شکل ۶) به تصویر کشیده شده، شاخص‌های مورد بررسی ارتباط معنادار و قوی با بهبود وضعیت تنوع‌زیستی شهری دارند. برآورد تلفیقی نسبت شانس کلی مطالعات $0/258$ (با فاصله اطمینان ۹۵ درصدی $0/222$ تا $0/299$) و مقدار معناداری بسیار بالا ($P < 0/000$)، نشان می‌دهد که اقداماتی که بر اساس این شاخص‌ها صورت می‌گیرند، به‌طور مؤثری پیامدهای منفی برای تنوع‌زیستی را کاهش داده و در نتیجه به تقویت آن کمک می‌کنند. مقدار کمتر از $0/1$ در نسبت شانس در این زمینه، حاکی از اثری مثبت یا «به نفع تنوع‌زیستی» است. برآورد $0/258$ ، که به حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش در احتمال وقوع پیامدهای منفی برای از بین رفتن تنوع‌زیستی در شهرها ترجمه می‌شود، تاییدی قاطع بر این است که تمرکز بر این شاخص‌ها می‌تواند به‌طور چشمگیری به حفاظت و ارتقای تنوع‌زیستی در بافت‌های شهری منجر شود. این یافته کلیدی نه تنها مفهوم شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی را از منظر کمی تقویت می‌کند، بلکه با اهداف توسعه پایدار ملل متحد (مانند پانزدهمین هدف از اهداف هزاره) و راهبردهای جهانی حفاظت که بر نقش شهرها در مدیریت زیست‌بوم‌ها تأکید دارند، همسویی دارد.

یافته‌های این فراتحلیل، ضمن تأیید اثربخشی کلی شاخص‌های تنوع‌زیستی شهری، دو نکته کلیدی را آشکار می‌سازد. اول، شکاف قابل توجه بین ابعاد اکولوژیکی و اجتماعی در ادبیات پژوهش است. فراوانی بالای شاخص‌های اکولوژیک (مانند غنای گونه‌ای و پوشش گیاهی بومی) در مقالات، در مقابل فراوانی کمتر شاخص‌های اجتماعی (آموزش و مشارکت)، نشان‌دهنده یک خلأ پژوهشی است. این بدان معنا نیست که شاخص‌های اجتماعی کم‌اهمیت‌ترند، بلکه بیانگر آن است که سنجش و کمی‌سازی آنها در پژوهش‌های میدانی با دشواری بیشتری همراه بوده و یا کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته است. دوم، تفسیر «اولویت‌بندی» شاخص‌ها نیازمند تمایز قائل شدن بین فراوانی و اثرگذاری است. هرچند شاخص‌های اکولوژیک بیشترین فراوانی را داشتند، اما این پژوهش قادر به محاسبه اندازه اثر مجزا برای هر یک از این شاخص‌ها نبود. این یک محدودیت مهم است که ناشی از نحوه گزارش نتایج در مطالعات اولیه می‌باشد. اغلب مطالعات، اثر ترکیبی مجموعه‌ای از شاخص‌ها را گزارش کرده‌اند. بنابراین، نمی‌توان نتیجه گرفت که صرفاً به دلیل فراوانی بیشتر، شاخص تنوع گونه‌ای «کلیدی‌ترین» شاخص است. اولویت‌بندی نهایی در این پژوهش بر اساس فراوانی بالا همراه با شواهد کیفی از اهمیت بنیادین آن در اکوسیستم‌های شهری صورت گرفته است.

تحلیل فراوانی شاخص‌های اصلی در میان مطالعات منتخب (جدول ۳ و شکل ۵) اولویت‌های پژوهش و عمل در این حوزه را آشکار می‌سازد. شاخص‌های مرتبط با «تنوع و غنای گونه‌ای» (100 درصد فراوانی)، «فضاهای سبز و زیستگاه‌ها» ($96/87$ درصد) و «پوشش گیاهی بومی» ($87/50$ درصد) بیشترین تکرار را در پژوهش‌ها داشتند. این تمرکز بالا بر ابعاد اکولوژیکی و زیرساخت‌های سبز، نشان‌دهنده درک گسترده در جامعه علمی از نقش بنیادین این عناصر در حمایت از تنوع‌زیستی شهری است. این نتایج با یافته‌های مطالعات پیشین که بر اهمیت طراحی و مدیریت فضاهای سبز شهری و استفاده از گونه‌های بومی برای ایجاد زیستگاه‌های کارآمد تأکید کرده‌اند (مانند Snep & Weisser, 2022; Dunnett & Kingsbury, 2004; Ignatieva, 2017)، همخوانی کامل دارد و مؤید جایگاه محوری این شاخص‌ها در برنامه‌ریزی شهری دوستدار تنوع‌زیستی است.

ابعاد مدیریتی نیز جایگاه قابل‌توجهی در مطالعات داشتند؛ شاخص‌های مرتبط با «پایش و ارزیابی» ($87/50$ درصد) و «مدیریت پایدار منابع طبیعی» ($71/87$ درصد) با فراوانی نسبتاً بالا، بر اهمیت رصد مستمر وضعیت تنوع‌زیستی و اتخاذ رویکردهای پایدار در مدیریت منابع طبیعی (مانند آب و خاک) برای حفظ این تنوع تأکید می‌کنند. این موضوع نشان می‌دهد که صرفاً ایجاد فضاهای سبز کافی نیست، بلکه مدیریت هوشمندانه و ارزیابی اثربخشی اقدامات نیز برای دستیابی به نتایج پایدار ضروری است.

با این حال، یافته‌های مربوط به فراوانی شاخص‌های «آموزش و آگاهی بخشی» ($53/12$ درصد) و «مشارکت جامعه» ($65/62$ درصد) حاکی از توجه کمتر پژوهشی به این ابعاد مهم انسانی و اجتماعی است. در حالی که ادبیات نظری بر نقش حیاتی تعامل انسان با طبیعت،

آگاهی عمومی و مشارکت ذی نفعان در موفقیت طرح‌های حفاظت از تنوع زیستی تأکید دارد (Negacz et al., 2020)، به نظر می‌رسد در پژوهش‌های کمی نگر و مبتنی بر شاخص، این ابعاد کمتر مورد سنجش و گزارش قرار گرفته‌اند. این عدم توازن در فراوانی، نشان‌دهنده شکافی میان درک نظری از اهمیت ابعاد اجتماعی و تمرکز عملی بر آنها در طراحی شاخص‌ها و اجرای پژوهش‌هاست. این یافته، ضرورت توجه بیشتر به توسعه و کاربرد شاخص‌های مرتبط با مشارکت و آموزش را در مطالعات آینده برجسته می‌سازد تا تصویری جامع‌تر از عوامل مؤثر بر تنوع‌زیستی شهری به‌دست آید.

با وجود اثر کلی معنادار، تحلیل ناهمگنی (با مقدار Q برابر ۲۵۷/۶۳۶۰۷) نشان‌دهنده تفاوت در قدرت اثر شاخص‌ها میان مطالعات بود. این ناهمگنی، که در نمودار جنگلی به صورت تفاوت در اندازه و فواصل اطمینان مشاهده می‌شود، می‌تواند ناشی از عواملی چون تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری، گونه‌های زیستی مورد بررسی، مقیاس فضایی مطالعات یا ویژگی‌های بوم‌شناختی و اجتماعی - اقتصادی متفاوت شهرها باشد. به عنوان مثال، ممکن است اثربخشی یک راهکار خاص (مثلاً ایجاد باغ‌های شهری) در شهرها با اقلیم متفاوت یا ساختار اجتماعی متغیر، متفاوت باشد. بررسی عمیق‌تر این ناهمگنی از طریق تحلیل زیرگروهی می‌تواند به شناسایی شرایطی که در آن هر شاخص بیشترین اثربخشی را دارد، کمک کند. با این وجود، مهمترین نکته این است که آزمون‌های انجام شده برای بررسی سوگیری انتشار (مقارن بودن نمودار قیفی، مقدار بالای Fail-safe N و نتایج آزمون Trim & Fill) نشان دادند که نتایج کلی فراتحلیل در برابر احتمال وجود سوگیری انتشار مقاوم بوده و اعتبار بالایی دارند. این به این معناست که نتایج مثبت مشاهده شده، بازتاب واقعی شواهد موجود هستند و نه صرفاً نتیجه انتشار جهت‌دار مطالعات.

ناهمگنی بالای مشاهده شده ($I^2 = ۸۷/۴\%$) که در تحلیل زیرگروهی تا حدی تبیین شد، نشان‌دهنده تأثیر عوامل زمینه‌ای مانند شرایط اقلیمی، مقیاس شهرها و نوع گونه‌های مورد بررسی است. این موضوع بر لزوم توجه به زمینه‌های محلی در کاربست این شاخص‌ها تأکید می‌کند.

این مطالعه با محدودیت‌هایی نیز همراه است. دامنه جستجو به مقالات انگلیسی زبان و منتشر شده در ژورنال‌های خاص در بازه زمانی مشخص محدود شده است که ممکن است مانع از پوشش تمامی شواهد موجود در سایر زبان‌ها یا منابع شده باشد. همچنین، تمرکز جغرافیایی مطالعات منتخب عمدتاً بر مناطق اروپایی بوده است که این امر می‌تواند قابلیت تعمیم مستقیم یافته‌ها به شهرها در سایر نقاط جهان با شرایط اکولوژیکی و اجتماعی متفاوت را محدود کند. همچنین کمبود داده‌های کمی در حوزه اجتماعی و وابستگی به شاخص‌های دوحالتی برای محاسبه نسبت شانس از جمله محدودیت‌های دیگر قابل ذکر است. با این حال، با توجه به حجم نمونه معتبر و روش‌شناسی دقیق فراتحلیل، یافته‌های اصلی از اعتبار درونی بالایی برخوردارند.

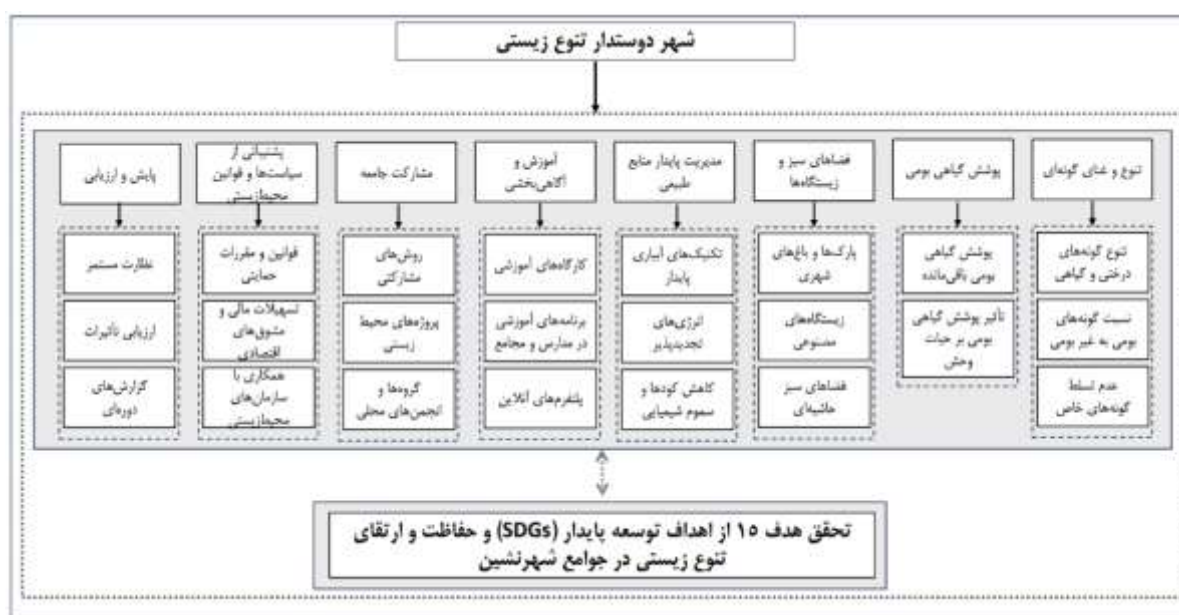
در نتیجه، یافته‌های این پژوهش پیامدهای مهمی برای اقدام در حوزه شهرسازی و سیاست‌گذاری محیط‌زیستی دارد. نتایج قویاً از سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌های سبز متنوع، حفاظت از گونه‌ها و پوشش گیاهی بومی و ایجاد سیستم‌های پایش مؤثر برای ارتقاء تنوع‌زیستی شهری حمایت می‌کنند. همچنین، لزوم توجه و پژوهش بیشتر بر ابعاد اجتماعی، به ویژه آموزش و مشارکت جامعه، برای تضمین پایداری و اثربخشی بلندمدت برنامه‌های دوستدار تنوع‌زیستی آشکار شد. پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی به توسعه و اعتبارسنجی شاخص‌های مرتبط با این ابعاد پرداخته و همچنین به تحلیل عوامل مؤثر بر ناهمگنی در میان مطالعات (مانند مقایسه‌های منطقه‌ای) بپردازند.

در نهایت، این فراتحلیل تأثیر مثبت شاخص‌های شناسایی شده بر تنوع‌زیستی شهری را به صورت کمی و مبتنی بر شواهد تأیید می‌کند و بر اهمیت رویکردی جامع که ابعاد اکولوژیکی و اجتماعی را به هم پیوند می‌دهد، برای خلق شهرهایی که واقعاً دوستدار تنوع‌زیستی و در نتیجه پایدارتر برای ساکنان خود هستند، تأکید می‌ورزد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

این پژوهش با استفاده از چارچوب فراتحلیل، به بررسی جامع شواهد علمی موجود در زمینه شاخص‌های مؤثر بر وضعیت تنوع‌زیستی در فضاهای شهری پرداخته است. هدف اصلی، سنتز دانش حاصل از مطالعات پیشین و شناسایی معیارهای کلیدی برای ارتقاء محیط‌های شهری دوستدار تنوع‌زیستی بود. در شرایط کنونی که شهرنشینی با چالش‌های بوم‌شناختی فزاینده و به‌ویژه کاهش تنوع‌زیستی همراه است،

ارائه مبنایی شواهد- محور برای اقدامات عملی در این زمینه از اهمیت بالایی برخوردار است. مدل مفهومی مستخرج از یافته‌های این پژوهش در شکل ۷ نشانگر شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی در جهت نیل به پارادایم توسعه پایدار است. یافته‌های اصلی این فراتحلیل که بر اساس تحلیل ۳۲ مطالعه منتخب صورت گرفت، با قدرت آماری بالا نشان‌دهنده ارتباط مثبت و معنادار میان شاخص‌های مورد بررسی و بهبود وضعیت تنوع‌زیستی در شهرهاست. برآورد تلفیقی اثر، به‌طور کمی بیانگر این است که به‌کارگیری این شاخص‌ها می‌تواند به کاهش پیامدهای منفی برای تنوع‌زیستی شهری کمک کند. این نتیجه نه تنها به اعتبار بخشیدن به مفهوم شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی می‌انجامد، بلکه همسو با اهداف جهانی توسعه پایدار و راهبردهای بین‌المللی حفاظت از تنوع‌زیستی است و بر نقش حیاتی شهرها در دستیابی به این اهداف صحنه می‌گذارد.



شکل ۷. مدل مفهومی فراتحلیل شاخص‌های شهر دوستدار تنوع‌زیستی

تحلیل فراوانی شاخص‌ها در مطالعات مورد بررسی، تصویر روشنی از اولویت‌های پژوهشی و عملی فعلی در حوزه تنوع‌زیستی شهری ارائه داد. مشخص شد که شاخص‌های مرتبط با ابعاد اکولوژیکی و زیرساخت‌های سبز، نظیر تنوع و غای گونه‌ها، فضاهای سبز و زیستگاه‌ها و پوشش گیاهی بومی، بیشترین توجه را به خود جلب کرده‌اند. این نشان‌دهنده درک گسترده از نقش بنیادین این عناصر در حفظ و ارتقاء تنوع‌زیستی شهری است. شاخص‌های مرتبط با مدیریت پایدار منابع طبیعی و پایش و ارزیابی نیز از فراوانی قابل‌توجهی برخوردار بودند که اهمیت اقدامات مستمر و مدیریت فعال را برجسته می‌سازد. در مقابل، شاخص‌های مربوط به ابعاد انسانی و اجتماعی، از جمله آموزش و آگاهی‌بخشی و مشارکت جامعه، فراوانی کمتری داشتند. این وضعیت نشان می‌دهد که با وجود اذعان نظری به اهمیت این ابعاد، سنجش و گزارش‌دهی آنها در پژوهش‌های عملی کمتر مورد توجه قرار گرفته است.

اگرچه ناهمگنی معناداری میان نتایج مطالعات مشاهده شد که ممکن است ناشی از تفاوت‌های زمینه‌ای (مانند روش‌شناسی، گونه‌ها، مقیاس مطالعه یا ویژگی‌های بوم‌شناختی و اجتماعی- اقتصادی شهرها) باشد، اما آزمون‌های آماری برای سوگیری انتشار نشان دادند که نتایج کلی فراتحلیل در برابر احتمال وجود چنین سوگیری‌هایی مقاوم است. این امر به اعتبار یافته‌های اصلی پژوهش می‌افزاید و نشان می‌دهد که اثر مثبت مشاهده شده، بازتابی واقعی از شواهد موجود است.

با در نظر گرفتن محدودیت‌های پژوهش، مانند تمرکز بر مقالات انگلیسی زبان و مناطق جغرافیایی خاص، این مطالعه مسیری را برای پژوهش‌های آتی روشن می‌سازد. برای نمونه پیشنهاد می‌شود که برنامه‌ریزان و طراحان شهری به جای فضاهای سبز تک‌کاربردی، بر ایجاد شبکه‌های بهم‌پیوسته از زیستگاه‌های طبیعی با استفاده از گونه‌های گیاهی بومی تمرکز کنند. و نیز سازوکارهای مشخصی برای مشارکت فعال جامعه محلی (مانند باغ‌های اجتماع‌محور، برنامه‌های پایش شهروندی) پیش‌بینی کنند.

از سوی دیگر سیاست‌گذاران و مدیران شهری، در قوانین توسعه شهری، الزام به پایش مستمر وضعیت تنوع‌زیستی با استفاده از شاخص‌های مشخص را بگنجانند و بودجه و برنامه‌های مشخصی برای آموزش شهروندان در مورد اهمیت تنوع‌زیستی در نظر گیرند. برای پژوهشگران علاقه‌مند در این زمینه پیشنهاد می‌گردد که پژوهش‌های آتی به گونه‌ای طراحی شوند که امکان محاسبه اندازه اثر مستقل هر شاخص فراهم شود. به علاوه، با توسعه شاخص‌های اجتماعی ترکیبی، تحقیقات میان‌رشته‌ای برای طراحی و اعتبارسنجی شاخص‌هایی که بتوانند ابعاد پیچیده مشارکت و آگاهی را اندازه‌گیری کنند، امری ضروری به نظر می‌رسد. به‌طور خلاصه، این فراتحلیل با ارائه شواهد کمی مبنی بر تأثیر مثبت شاخص‌های شناسایی شده، بر ضرورت رویکردی جامع برای خلق شهرهای دوستدار تنوع‌زیستی تأکید می‌کند. این پژوهش نشان می‌دهد که طراحی فضایی پیوسته مهمترین اهرم سیاستی است. مدیریت و پایش، مکمل ساختار کالبدی‌اند. مشارکت اجتماعی نیازمند ابزارهای کمی دقیق‌تر است. اولویت‌بندی باید بر اساس اندازه اثر باشد، نه تکرار ادبیات. تنوع‌زیستی می‌تواند به شاخص عملکرد شهری تبدیل شود. به بیان دیگر، این پژوهش چارچوبی برای گذار از «شهر سبز نمادین» به «شهر مبتنی بر شواهد اکولوژیک» ارائه می‌کند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

سحر فلاحي: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله. مریم روستا: طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله. حسن ایزدی: مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله.

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش هیچ کمک مالی خاصی از سازمان‌های تأمین مالی در بخش‌های دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

سپاسگزاری

نویسندگان مایلند از همه شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر تشکر کنند. از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

نویسندگان مقاله بدین‌وسیله اعلام می‌دارند که از ابزار هوش مصنوعی دیپ سیک ۴ (DeepSeek v4) نسخه تحت وب، برای ترجمه فارسی به انگلیسی چکیده، در این مقاله استفاده کرده‌اند. تمام محتوای تولید یا ویرایش‌شده توسط هوش مصنوعی توسط نویسندگان به دقت بررسی، راستی‌آزمایی و تأیید شده و مسئولیت نهایی تمام مطالب مقاله صرفاً بر عهده نویسندگان است.

منابع

- جمعه‌پور، محمود؛ اتحاد، سیده شیناز، و نوریان، فرشاد (۱۳۹۹). تبیین اصول، ابعاد و مؤلفه‌های رویکرد شهر اکولوژیک (مطالعه موردی: شهر بجنورد). *پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*، ۳۹۱-۴۱۳. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2020.298673.1241>
- دل‌آور، علی (۱۳۸۰). مبانی نظری و عملی پژوهش در علوم انسانی و اجتماعی. تهران: رشد.
- رضائیان، مرتضی (۱۳۸۴). واژه نامه توصیفی فراتحلیل‌ها. *مجله ایرانی آموزش در علوم پزشکی*، ۶(۲)، ۱۴۳-۱۴۵. <http://ijme.mui.ac.ir/article-1-227-fa.html>
- زاهدی، شمس‌السادات و محمدی، ابوالفضل (۱۳۸۴). فراتحلیل راهی به سوی شناسایی ارزشیابی ترکیب و تلخیص پژوهش‌های گذشته. *مطالعات مدیریت بهبود و تحول*، ۱۲ (۴۷)، ۵۱-۷۹.
- شفیعا، سعید؛ شفیعا، محمدعلی؛ و کاظمیان، غلامرضا (۱۳۹۲). فراتحلیل روش و نتایج پژوهش‌های کیفیت زندگی شهری در ایران. *جامعه شناسی کاربردی*، ۲۴ (۲)، ۲۱-۴۰. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085745.1392.24.2.2.4>
- عبدی پور فرد، ابراهیم، و موسوی، سید جعفر (۱۳۹۷). آثار الزامات کنوانسیون تنوع‌زیستی بر قراردادهای انتقال فناوری زیستی. *حقوق خصوصی*، ۱۵ (۱)، ۵۷-۸۶. <https://doi.org/10.22059/jolt.2018.235054.1006360>
- قاضی طباطبایی، محمود، و ودادهیر، ابوعلی (۱۳۹۴). *فراتحلیل در پژوهش‌های اجتماعی و رفتاری*. تهران: جامعه شناسان.
- قربانی‌زاده، وجه‌الله؛ حسن‌نانگیر، سید طه، و رودساز، حبیب (۱۳۹۲). فراتحلیل عوامل مؤثر بر پذیرش فناوری اطلاعات در ایران. *پژوهش‌های مدیریت در ایران*، ۱۷ (۲)، ۱۷۷-۱۹۶. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2322200.1392.17.2.8.4>
- مهدی‌نسب، مهدی (۱۴۰۲). بررسی تنوع‌زیستی پرندگان تالاب تنودر دورود. *پژوهش و فناوری محیط‌زیست*، ۱۴ (۸)، ۱۷۷-۱۸۶. <https://doi.org/10.61186/jert.41446.8.14.177>
- ناطق‌پور، محمدجواد، و فیروزآبادی، سید احمد (۱۳۸۴). سرمایه اجتماعی و عوامل مؤثر بر شکل‌گیری آن در شهر تهران. *جامعه شناسی ایران*، ۵۹-۹۱. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17351901.1384.6.4.4.4>
- هومن، حیدرعلی (۱۳۹۱). *راهنمای عملی فراتحلیل در پژوهش علمی*. تهران: سازمان سمت.

References

- Abdipour Fard, E., & Mousavi, S. (2018). The Legal Effects of Requirements of Convention on Biological Diversity (CBD) on Biotechnology Transfer. *Private Law*, 15(1), 57-86. <https://doi.org/10.22059/jolt.2018.235054.1006360> [in Persian]
- Anselmo, P., Cardoso, J., Siqueira, P., & Maruyama, P. (2023). Non-native plants and illegitimate interactions are highly relevant for supporting hummingbird pollinators in the urban environment. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128025>
- Beninde, J., Veith, M., & Hochkirch, A. (2015). Biodiversity in cities needs space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation. *Ecology Letters*, 1-12. <https://doi.org/10.1111/ele.12427>
- Bonthoux, S., Chollet, S., Balat, I., Legay, N., & Voisin, L. (2019). Improving nature experience in cities: What are people's preferences for vegetated streets? *Journal of Environmental Management*, 335-344. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.056>
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to Meta-Analysis*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470743386>
- Brandner, A., & Schunko, C. (2022). Urban wild food foraging locations: Understanding selection criteria to inform green space planning and management. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127596>
- Bressane, A., Silva Loureiro, A., Cesar de Castro Medeiros, L., Moruzzi, R., Silva Formiga, J., Negri, R., & Varela Saraiva, A. (2024). Intelligent Nature-based Solutions in the 1st Smart Sustainable Brazilian City: Insights and Lessons Learned. *Nature-Based Solutions*, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.nbsj.2024.100161>
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York: Routledge. <https://doi.org/10.1016/c2013-0-10517-x>
- Convention on Biological Diversity. (2010). *Strategic plan for biodiversity 2011-2020, including Aichi biodiversity targets*. Retrieved 08 11, 2024, from <https://www.cbd.int/sp>
- Convention on Biological Diversity. (2022). Nations adopt four goals, 23 targets for 2030 in landmark UN biodiversity agreement. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Czyżewski, B., Trojanek, R., Dzikuć, M., & Czyżewski, A. (2020). Cost-effectiveness of the common agricultural policy and environmental policy in country districts: Spatial spillovers of pollution, bio-uniformity and green schemes in Poland. *Science of the Total Environment*, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138254>
- Delavar, A. (2001). Theoretical and practical foundations of research in humanities and social sciences. Roshd. [in Persian]
- Deparis, M., Legay, N., Isselin-Nondedeu, F., & Bonthoux, S. (2022). How managers and city dwellers relate to spontaneous vegetation in cities: towards an integrative approach. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-36. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.127876>
- DerSimonian, R., & Laird, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled clinical trials*, 7(3), 177-188. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(86\)90046-2](https://doi.org/10.1016/0197-2456(86)90046-2)
- Dhote, M., & Mukherjee, D. (2018). Chapter 9: Co-benefits of Urban Biodiversity. In M. Sethi, & J. Puppim de Oliveira, *Mainstreaming Climate Co-Benefits in Indian Cities Post-Habitat III Innovations and Reforms* (pp. 211-241). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5816-5_9
- Dmitruk, M., Strzałkowska-Abamek, M., Bozek, M., & Denisow, B. (2022). Plants enhancing urban pollinators: Nectar rather than pollen attracts pollinators of *Cotoneaster* species. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127651>
- Du, B., Ye, S., Gao, P., Ren, S., Liu, C., & Song, C. (2024). Analyzing spatial patterns and driving factors of cropland change in China's National Protected Areas for sustainable management. *Science of the Total Environment*, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169102>
- Dunnett, N., Kircher, W., & Kingsbury, N. (2004). Communicating naturalistic plantings: plans and specifications. In *The Dynamic Landscape* (pp. 348-367). Taylor & Francis.
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M., & Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *bmj*, 315(7109), 629-634. <https://doi.org/10.1136/bmj.315.7109.629>

- Elizalde, L., & Lambertucci, S. (2022). Private gardens in a town immersed in a National Park: Potential for conservation and highly valued under COVID lockdown. *Landscape and Urban Planning*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104481>
- Fairbairn, A., Meyer, S., Mühlbauer, M., Jung, K., Apfelbeck, B., Berthon, K., ... & Weisser, W. (2023). Urban biodiversity is affected by human-designed features of public squares. *Research Square-Biological Sciences*, 1-22. <https://doi.org/10.1038/s44284-024-00126-5>
- Fischer, L., Honold, J., Cvejić, R., Delshamar, T., Hilbert, S., Laforteza, R., ... & Kowarik, I. (2018). Beyond green: Broad support for biodiversity in multicultural European cities. *Global Environmental Change*, 35-45. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.02.001>
- Fischer, L., & Kowarik, I. (2020). Connecting people to biodiversity in cities of tomorrow: Is urban foraging a powerful tool? *Ecological Indicators*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106087>
- Frank, M., Zaunbrecher, B., Himmel, S., & Ziefle, M. (2024). Bug city life: Public acceptance of urban insect-friendly meadows in Germany, Austria, and Switzerland. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128426>
- Friedman, A. (2021). Urban Design for Biodiversity. In *Fundamentals of Sustainable Urban Design* (pp. 245-255). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60865-1_26
- Gerner, E., & Sargent, R. (2022). Local plant richness predicts bee abundance and diversity in a study of urban residential yards. *Basic and Applied Ecology*, 64-73. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.11.004>
- Ghazi Tabatabaei, M., & Vdahyer, A. (2015). Meta-analysis in social and behavioral research. Jami'e Shenasan. [in Persian]
- Ghorbanizadeh, V., Hasan Nangir, S., & Roodsaz, H. (2012). Meta-analysis of effecting factors on the information technology acceptance in Iran. *Research in Management in Iran*, 177-196. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.2322200.1392.17.2.8.4> [in Persian]
- Goddard, M., Dougill, A., & Benton, T. (2013). Why garden for wildlife? Social and ecological drivers, motivations and barriers for biodiversity management in residential landscapes. *Ecological Economics*, 258-273. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.07.016>
- Goethem, T., & Zanden, J. (2021). Biodiversity trends in a historical perspective. In OECD (Ed.), *How Was Life? Volume II New Perspectives on Well-being and Global Inequality since 1820*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3d96efc5-en>
- Higgins, J. P., & Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in medicine*, 21(11), 1539-1558. <https://doi.org/10.1002/sim.1186>
- Higgins, J., & Green, S. (Eds.). (2011). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. The Cochrane Collaboration. <https://doi.org/10.1002/9780470712184>
- Higgins, J. P., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., & Sterne, J. A. (2019). Assessing risk of bias in a randomized trial. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*, 205-228. <https://doi.org/10.1002/9781119536604.ch8>
- Hooman, H. (2012). A practical guide to meta-analysis in scientific research. Samt Organization. [in Persian]
- Horák, J., Šafářová, L., Trombik, J., & Menéndez, R. (2022). Patterns and determinants of plant, butterfly and beetle diversity reveal optimal city grassland management and green urban planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127609>
- Ibáñez-Álamo, J., Morelli, F., Benedetti, Y., Rubio, E., Jokimäki, J., Pérez-Contreras, T., ... & Díaz, M. (2020). Biodiversity within the city: Effects of land sharing and land sparing urban development on avian diversity. *Science of the Total Environment*, 1-36. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135477>
- Ibáñez-Álamo, J., Izquierdo, L., Mourocq, E., Benedetti, Y., Kaisanlahti-Jokimaki, M.-L., Jokimaki, J., ... & Díaz, M. (2024). Urban landscape organization is associated with species-specific traits in European birds. *Science of the Total Environment*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167937>
- Ignatieva, M. (2017). Biodiversity-friendly designs in cities and towns: Towards a global biodiversinesque style. In *URBAN BIODIVERSITY FROM RESEARCH TO PRACTICE* (pp. 216-235). Routledge. https://doi.org/10.9774/gleaf.9781315402581_15

- International Union for Conservation of Nature. (2020). Biodiversity in urban areas. Retrieved 08 11, 2024, from <https://iucn.org/>
- Jachula, J., Denisow, B., & Strzałkowska-Abamek, M. (2019). Floral reward and insect visitors in six ornamental *Lonicera* species—plants suitable for urban bee-friendly gardens. *Urban Forestry & Urban Greening*, 44, 126390. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126390>
- Jomehpour, M., Ettehad, S., & Noorian, F. (2020). Explaining the principles, dimensions, and components of the ecological city approach (Case study: Bojnourd city). *Research in Urban Geography and Planning*, 391-413. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2020.298673.1241> [in Persian]
- Knudsen, L., Heines, M., Colo, L., Ngcobo, S., & Pasgaard, M. (2023). My Mabopane: Opportunities of Photovoice to Support Inclusive Urban Green Space Engagement and Planning. In A. Osman, J. Nagle, & S. Tripathi (Eds.), *The Urban Ecologies of Divided Cities* (pp. 93-96). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-27308-7_16
- Kowarik, I., Fischer, L., & Kendal, D. (2020). Biodiversity Conservation and Sustainable Urban Development. *Sustainability*, 12(4964), 1-8. <https://doi.org/10.3390/su12124964>
- Lequerica Tamara, M., Latty, T., Threlfall, C., Young, A., & Hochuli, D. (2023). Responses of hover fly diversity and abundance to urbanisation and local attributes of urban greenspaces. *Basic and Applied Ecology*, 12-26. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2023.04.002>
- Liu, J., & Slik, F. (2022). Are street trees friendly to biodiversity? *Landscape and Urban Planning*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104304>
- McDonald, R., & et al., (2008). The impact of urbanization on species and genetic diversity. *Nature*.
- Mehdinasab, M. (2024). Study on biodiversity of birds in Tanodar Doroud wetland [In Persian]. *Journal of Environmental Research and Technology*, 8 (14), 177–186. <https://doi.org/10.61186/jert.41446.8.14.177> [in Persian]
- Minor, E., Lopez, B., Smith, A., & Johnson, P. (2023). Plant communities in Chicago residential neighborhoods show distinct spatial patterns. *Landscape and Urban Planning*, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104663>
- Nateghpour, M., & Firoozabadi, S. (2005). Social capital and the factors affecting its formation in the city of Tehran. *Iranian Sociology*, 59-91. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.17351901.1384.6.4.4.4> [in Persian]
- Negacz, K., Widerberg, O., Kok, M., & Pattberg, P. (2020). BioSTAR: Landscape of international and transnational cooperative initiatives for biodiversity. AMSTERDAM: IVM Institute for Environmental Studies.
- Nilon, C. H., Aronson, M. F., Cilliers, S. S., Dobbs, C., Frazee, L. J., Goddard, M. A., ... & Yocom, K. P. (2017). Planning for the future of urban biodiversity: a global review of city-scale initiatives. *BioScience*, 67(4), 332-342. <https://doi.org/10.1093/biosci/bix012>
- Opoku, A. (2019). Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs). *Resources, Conservation & Recycling*, 141, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.011>
- Palliwoda, J., Kowarik, I., & Lippe, M. (2017). Human-biodiversity interactions in urban parks: The species level matters. *Landscape and Urban Planning*, 394-406. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.003>
- Pauwels, J., Le Viola, I., Azam, C., Valet, N., Julienna, J.-F., Bas, Y., ... & Kerbirou, C. (2019). Accounting for artificial light impact on bat activity for a biodiversity-friendly urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 12-25. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.030>
- Pierce, J., Barton, M., Brown, I., Johnson, B., Mooney, P., Yok Tan, P., ... & Yun, M. (2022). Operationalizing Urban Biodiversity. In Y. Yang, & A. Taufen (Eds.), *The Routledge Handbook of Sustainable Cities and Landscapes in the Pacific Rim* (pp. 219-38). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003033530>
- Rega-Brodsky, C., Aronson, M., Piana, M., Carpenter, E. S., Hahs, A., Herrera Montes, A., ... & Nilon, C. (2022). Urban biodiversity: State of the science and future directions. *Urban Ecosystems*, 25(4), 1083–96. <https://doi.org/10.1007/s11252-022-01207-w>
- Rezaeian M. Descriptive Glossary (Meta-Analyses). *Iranian Journal of Medical Education* 2006; 6 (2):143-145. URL: <http://ijme.mui.ac.ir/article-1-227-fa.html> [in Persian]
- Sanlloriente, O., Ríos-Guisado, R., Izquierdo, L., Molina, J., Mourocq, E., & Ibañez-~Alamo, J. (2023). The importance of university campuses for the avian diversity of cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128038>
- Senturk, Z. K. (2022). Amphibian species detection in water reservoirs using artificial neural networks for ecology-friendly city planning. *Ecological Informatics*, 69, 101640. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101640>

- Shafiea, S., Shafiea, M., & Kazemian, Gh. (2013). Meta-Analysis of Methods and Findings of Urban Quality of Life in Iran. *Applied Sociology*, 24(2), 21-40. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.20085745.1392.24.2.2.4> [in Persian]
- Shwartz, A., Turbe', A., Julliard, R., Simon, L., & Pre'vot, A.-C. (2014). Outstanding challenges for urban conservation research and action. *Global Environmental Change*, 39-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.06.002>
- Šiftová, J. (2021). Shaping the urban home garden: Socio-ecological forces in the management of private green spaces. *Land Use Policy*, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105784>
- Skandrani, Z., & Prévot, A. C. (2015). Beyond green-planning political orientations: Contrasted public policies and their relevance to nature perceptions in two European capitals. *Environmental Science & Policy*, 52, 140-149. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.015>
- Snep, R., & Weisser, W. (2022). Chapter 4: Biodiversity in cities – creating spaces for the coexistence of humans and wildlife. In *The symbiotic city* (pp. 91-104). Wageningen Academic. https://doi.org/10.3920/978-90-8686-935-0_4
- Souza, F. L., Valente-Neto, F., Severo-Neto, F., Bueno, B., Ochoa-Quintero, J. M., Laps, R. R., ... & de Oliveira Roque, F. (2019). Impervious surface and heterogeneity are opposite drivers to maintain bird richness in a Cerrado city. *Landscape and Urban Planning*, 192, 103643. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103643>
- Suhonen, J., Jokimaki, J., Kaisanlahti-Jokimaki, M.-L., Morelli, F., Benedetti, Y., Rubio, E., ... & Ibáñez-Álamo, J. (2022). Occupancy-frequency distribution of birds in land-sharing and -sparing urban landscapes in Europe. *Landscape and Urban Planning*, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104463>
- United Nations. (2018). *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. New York: United Nations.
- United Nations. (2024). *Dimensions of Sustainability*. Retrieved 11 08, 2024, from <https://www.un.org/>
- Varga-Szilay, Z., Fetykó, K. G., Szövényi, G., & Pozsgai, G. (2024). Bridging biodiversity and gardening: Unravelling the interplay of socio-demographic factors, garden practices, and garden characteristics. *Urban Forestry & Urban Greening*, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128367>
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press.
- Xu, X., Qin, C., & Zhu, Y. (2022). Developing the agri-environment biodiversity index for the assessment of eco-friendly farming systems. *Ecological Indicators*, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109220>
- Zahedi, Sh., & Mohammadi, A. (2005). Meta-analysis: A path towards identifying, evaluating, synthesizing, and summarizing past research. *Journal of Management Studies*, 51-79. [in Persian]