



University of Tehran Press





Journal of Environmental Studies

Vol. 50, No. 4, Winter 2025

Print ISSN: 1025-8620
Online ISSN 2345-6922

Homepage: www.Jes.ut.ac.ir

Investigation of the Distribution of Plant Species for Systematic Mapping of Urban Habitats with an Ecological Approach (Case Study: Districts 9 and 11 of Mashhad City)

Raziyeh Donyavi¹, Alireza Mikaeili Tabrizi², Abdolrasool Salman Mahini³,
Azadeh Karimi⁴

1. Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: donyaviraziyeh@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: amikaeili@gau.ac.ir
3. Department of Environment, Faculty of Fisheries and Environment, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mahini@gau.ac.ir
4. Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. Email: az-karimi@um.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Paper

Article history:

Received 16 September 2024

Received in revised form

9 January 2025

Accepted 23 January 2025

Available online

28 February 2025

Keywords:

Dominant vegetation cover,

GIS,

Selective Mapping,

Urban biotopes.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to understand the characteristics of urban biotopes in order to establish an ecological framework for mapping biotopes and creating spatial and biological databases.

Method: Biotope mapping is typically carried out by two main approaches: the comprehensive mapping method and the selective mapping method. In the comprehensive mapping method, the entire area is systematically mapped by identifying all biotopes and collecting precise environmental and biological data, a process that requires considerable time and financial resources. In contrast, the selective mapping method focuses on a smaller area that represents the main land uses and urban corridors, primarily emphasizing the recording of biological data for individual biotope units, thus requiring fewer resources. This research employs the method of selective mapping. Districts 9 and 11 of Mashhad city were chosen as samples for this study. The primary data and information include land use maps, land use classification in the comprehensive plan of Mashhad city, urban street design regulations, standards for the creation of urban green spaces, Google Map satellite images, vegetation cover information, and data obtained from field surveys. The identification of biotopes in the study area was carried out in six strategic stages, following spatio-temporal guidelines: (1) preparation of information resources and field surveys (collection of spatial and vegetation data); (2) creation of a database of the current vegetation cover in each land use; (3) establishment of a biotope classification framework (biotope identification); (4) data analysis, biotope classification, and segmentation of each biotope unit; (5) creation of a spatial database of biotopes and urban sub-biotopes in ArcGIS 10.8 software, along with the dominant vegetation cover in them; (6) mapping of the main biotope types and sub-biotopes.

Results: In this study, spatial information of biotopes, along with the dominant vegetation within them, reflecting the current ecological and biological characteristics and values in the study area, were presented. According to the results, 16 main types of biotopes and 44 sub-biotopes were identified. Of the total dominant plant species identified in the biotopes, 103 species were classified as trees and shrubs, 19 species as hedges, 51 species as ground cover plants, 41 species as seasonal plants, and 33 species as other plants.

Conclusions: Based on the information obtained from this study, the groundwork for creating an ecologically sustainable city was established. This is because identifying urban biotopes as ecological-spatial units and collecting data on their current vegetation cover provides the necessary information for ecological reconstruction of cities. Additionally, by establishing an appropriate framework for categorizing biotopes and sub-biotopes, it enables the biotope map to be updated according to the defined framework in case of land-use changes.

Cite this article: Donyavi, R., Mikaeili Tabrizi, A., Salman Mahini A., & Karimi, A. (2025). Investigation of the Distribution of Plant Species for Systematic Mapping of Urban Habitats with an Ecological Approach (Case Study: Districts 9 and 11 of Mashhad City). *Journal of Environmental Studies*, 50 (4), 501- 518. <http://doi.org/10.22059/jes.2025.382222.1008534>

© The Author(s).

Publisher: University of Tehran Press.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2025.382222.1008534>

Introduction

The pressures resulting from urban expansion and land-use changes have turned cities into new ecosystems with numerous environmental issues that do not meet the needs of their inhabitants. Therefore, there is a need for urban planning that takes into account existing land uses, biological data, and ecological principles. It is evident that decisions in urban ecological planning must be based on comprehensive information and evaluation of what currently exists. To gather and analyze biological data based on ecological principles, a framework aligned with ecological units in cities is necessary. These units should consider land-use changes and be representable by maps, as maps allow for observation, examination, interpretation, analysis, and editing. Each urban biotope can be considered as an ecological unit with homogeneous features in structure and biological elements, which can be represented on a map. These units are formed by the combination of many factors, including architecture and other human activities, vegetation, animal life, water, and soil resources.

The aim of this research is twofold: first, to provide a framework for identifying and categorizing urban biotopes from an ecological perspective, and second, to create a spatial database in ArcGIS software by mapping biotopes and determining their current vegetation cover in districts 9 and 11 of the city of Mashhad. These objectives are aimed at achieving the strategic policy of establishing ecological sustainability in Mashhad; a policy that seeks to expand green spaces throughout the city, enhance the sustainability of green spaces by planting species suitable for the city's climatic and geographical conditions, and improve the ecosystem functions and services to enhance the well-being of its residents.

Method

In general, the common methods for mapping biotopes are comprehensive mapping and selective mapping. In the comprehensive mapping method, an entire area, as large as a city, is considered for biotope mapping. This approach requires significant time and expense. However, in the selective mapping method, a smaller area that can reflect most of the existing land uses and corridors in the city is chosen for urban biotope mapping based on the study's objectives. This method requires less manpower and material resources, as only the biological information of each biotope unit is recorded. In this study, the selective mapping method was used. Given the study's objectives, districts 9 and 11 of the city of Mashhad were selected due to the presence of two of the oldest parks in the city (Mellat Park and Vakilabad Forest Park), a relatively high green space per capita, large areas, and the existence of various influential land uses on urban biotopes. The identification of biotopes in the studied areas was carried out in six strategic stages, following spatio-temporal guidelines: (1) preparation of information resources and field surveys (collection of spatial and vegetation data); (2) creation of a database of the current vegetation cover in each land use; (3) establishment of a biotope classification framework (biotope identification); (4) data analysis, biotope classification, and segmentation of each biotope unit; (5) creation of a spatial database of biotopes and urban sub-biotopes in ArcGIS 10.8 software, along with the dominant vegetation cover in them; (6) mapping of the main biotope types and sub-biotopes.

Results

In this study, a classification framework for biotopes and sub-biotopes was developed for the research

area, followed by data analysis, biotope categorization, and the segmentation of individual biotope units. The analysis revealed the identification of 16 primary biotope types and 44 sub-biotopes within the study area. Subsequently, ArcGIS 10.8 software was employed to establish a comprehensive biotope database for the research area. Of the 120 plant families identified in the study areas, the Rosaceae family, with 30 plant species, the Oleaceae family with 12 plant species, and the Leguminosae family with nine plant species, are the richest families in the study area. The highest species diversity is associated with the biotope of public green spaces.

Conclusions

Mapping urban biotopes is a comprehensive interdisciplinary task that provides a new data source for conducting research aimed at creating an ecologically sustainable city. Given that one of the strategic policies of the city of Mashhad is to achieve ecological sustainability and address environmental issues through the expansion of green spaces and enhancing their sustainability by planting species suited to the city's climatic and geographical conditions, this study is expected to establish a framework for identifying and categorizing biotopes from an ecological perspective. Ultimately, the goal is to create a biotope map and develop a spatial database with the dominant vegetation cover, laying the groundwork for future research aimed at restoring ecological balance in the study area.

The information obtained from this research can serve as a foundation for future studies. These studies might include exploring the distribution of different types of biotopes and the presence or absence of vegetation in them to assess the potential for expanding green spaces in cities, evaluating biotopes and identifying areas that need protection, restoration, and improvement, examining the role of green spaces in biotopes in providing ecosystem services within each biotope and identifying any deficiencies, analyzing the plant diversity within biotopes to create and maintain biodiversity in cities, and replacing non-native species with native ones to ensure the sustainability of green spaces in urban areas. Therefore, this study, by creating up-to-date spatial and biological information about the biotopes within the study area, provides the necessary data for planning the development of a sustainable city from an ecological perspective.

Author Contributions

Raziyeh Donyavi: Conceptualization and methodology; software; validation; resources; data curation; writing—original draft preparation; writing—review and editing; visualization.

Alireza Mikaeili Tabrizi: Thesis supervisor, research design, oversight of research implementation stages, review and verification of results, editing, revision, and finalization of the manuscript.

Abdolrasoul Salman Mahini: Thesis co-supervisor, contribution to research design, research supervision, review and revision of the manuscript.

Azadeh Karimi: Thesis co-supervisor, contribution to research design, research supervision, review and revision of the manuscript

Acknowledgements

The authors deem it necessary to express their gratitude to the Mashhad Municipality, the Parks and Green

Spaces Organization of Mashhad, and the General Directorate for Environmental Improvement of Mashhad for their cooperation in providing the required information.

Ethical considerations

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

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.



University of Tehran Press

نشریه محیط‌شناسی

دوره ۵۰، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

Homepage: <http://Jes.ut.ac.ir>

شاپای چاپی: ۸۶۲۰-۱۰۲۵
شاپای الکترونیکی: ۶۹۲۲-۲۳۴۵

بررسی توزیع گونه‌های گیاهی به منظور نقشه‌سازی روشمند زی‌جاهای شهری با رویکرد اکولوژیکی (مطالعه موردی: منطقه‌های ۹ و ۱۱ شهر مشهد)

راضیه دنیوی^۱، علیرضا میکائیلی تبریزی^۲، عبدالرسول سلمان ماهینی^۳، آزاده کریمی^۴

۱. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: donyaviraziye@gmail.com
۲. نویسنده مسئول، گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: amikaeili@gau.ac.ir
۳. گروه محیط زیست، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران. رایانامه: mahini@gau.ac.ir
۴. گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران. رایانامه: az-karimi@um.ac.ir

اطلاعات مقاله

چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

هدف: نقشه‌سازی زی‌جاهای شهری یک ابزار ضروری برای برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت اکوسیستم‌ها از منظر محیط‌زیستی است. هدف از این مطالعه، درک ویژگی‌های زی‌جاهای شهری به‌منظور ایجاد یک چارچوب محیط‌زیستی برای نقشه‌سازی از زی‌جاها و ایجاد پایگاه داده فضایی و زیستی است.

روش پژوهش: به‌طور کلی، نقشه‌سازی زی‌جاها معمولاً با دو روش اصلی انجام می‌شود: روش نقشه‌سازی جامع و روش نقشه‌سازی گزینشی. این پژوهش از روش نقشه‌سازی گزینشی استفاده کرده است. مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد به عنوان نمونه‌های این مطالعه انتخاب شدند. داده‌ها و اطلاعات اصلی شامل نقشه‌های کاربری زمین، طبقه‌بندی کاربری زمین در طرح جامع شهر مشهد، مقررات طراحی معابر شهری، استانداردهای ایجاد فضاهای سبز شهری، تصاویر ماهواره‌ای Google map، اطلاعات پوشش گیاهی و داده‌های به‌دست آمده از بررسی‌های میدانی است. شناسایی زی‌جاها در مناطق مورد مطالعه در شش مرحله استراتژیک با رعایت دستورالعمل‌های زمانی- مکانی انجام شد: ۱. آماده‌سازی منابع اطلاعاتی و بررسی‌های میدانی (جمع‌آوری داده‌های فضایی و گیاهی)؛ ۲. ایجاد پایگاه داده پوشش گیاهی فعلی در هر کاربری زمین؛ ۳. ایجاد چارچوب طبقه‌بندی زی‌جاها (شناسایی زی‌جاها)؛ ۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها، طبقه‌بندی زی‌جاها و بخش‌بندی هر واحد زی‌جا؛ ۵. ایجاد پایگاه داده فضایی زی‌جاها و زیرزی‌جاهای شهری در نرم‌افزار ArcGIS 10.8، همراه با پوشش گیاهی غالب در آن‌ها؛ ۶. نقشه‌سازی از انواع اصلی زی‌جاها و زیرزی‌جاها.

یافته‌ها: در این مطالعه، اطلاعات فضایی زی‌جاها به همراه پوشش گیاهی غالب در آن‌ها که ویژگی‌ها و ارزش‌های محیط‌زیستی و زیستی فعلی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد، ارائه شد. طبق نتایج این مطالعه، ۱۶ نوع اصلی زی‌جا و ۴۴ زیرزی‌جا شناسایی شدند. از مجموع گونه‌های غالب گیاهی شناسایی شده در زی‌جاها، ۱۰۳ گونه به عنوان درختان و درختچه‌ها، ۱۹ گونه به عنوان پرچین، ۵۱ گونه به عنوان گیاهان پوششی، ۴۱ گونه به عنوان گیاهان فصلی و ۳۳ گونه به عنوان گیاهان دیگر طبقه‌بندی شدند. **نتیجه‌گیری:** بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از این مطالعه، زمینه برای ایجاد یک شهر پایدار از نظر محیط‌زیستی فراهم شد. زیرا شناسایی زی‌جاهای شهری به عنوان واحدهای محیط‌زیستی- فضایی و جمع‌آوری داده‌ها در مورد پوشش گیاهی فعلی آن‌ها، اطلاعات ضروری برای بازسازی محیط‌زیست شهرها را فراهم می‌کند. علاوه بر این، با ایجاد چارچوب مناسب برای طبقه‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها، این امکان فراهم می‌شود که نقشه زی‌جاها طبق چارچوب تعریف شده در صورت تغییرات کاربری زمین بروزرسانی شود.

کلیدواژه‌ها:

پوشش گیاهی غالب،
زی‌جاهای شهری،
نقشه‌سازی انتخابی،
GIS

استناد: دنیوی، راضیه؛ میکائیلی تبریزی، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ و کریمی، آزاده. (۱۴۰۳). بررسی توزیع گونه‌های گیاهی به منظور نقشه‌سازی روشمند زی‌جاهای شهری با رویکرد اکولوژیکی (مطالعه موردی: منطقه‌های ۹ و ۱۱ شهر مشهد). *نشریه محیط‌شناسی*، ۵۰ (۴)، ۵۰۱-۵۱۸.

<http://doi.org/10.22059/jes.2025.382222.1008534>

© نویسندگان.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2025.382222.1008534>



DOR: 20.1001.1.10258620.1403.50.4.6.9

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.

۱. مقدمه

فشارهای ناشی از گسترش شهرنشینی و تغییر کاربری اراضی، شهرها را به یک اکوسیستم جدید با مشکلات محیط‌زیستی فراوان تبدیل کرده است که پاسخگوی نیازهای ساکنان آن نیست (سلطانی‌فر و جعفری، ۲۰۱۹). بنابراین نیاز به برنامه‌ریزی در شهرها با در نظر گرفتن کاربری‌های موجود در شهر، داده‌های بیولوژیکی و اصول اکولوژیکی، ضروری به نظر می‌رسد. بدیهی است که تصمیمات در برنامه‌ریزی‌های اکولوژیکی در شهرها باید مبتنی بر اطلاعات و ارزیابی جامع از آنچه که در حال حاضر وجود دارد، باشد. با این حال، در بسیاری از شهرها تصمیماتی که به شدت بر بافت، منظر و کیفیت زندگی شهری تأثیر می‌گذارند، بر اساس داده‌های ناقص، قدیمی و ناهمگن گرفته شده‌اند. برای گردآوری و تحلیل داده‌های بیولوژیکی بر اساس اصول اکولوژیکی نیاز به ایجاد یک چارچوب، هم‌راستا با واحدهای اکولوژیکی در شهرها است. واحدهایی که بتوانند تغییر کاربری اراضی را در نظر بگیرند و قابل ارایه به صورت نقشه باشند چرا که نقشه‌ها امکان مشاهده، بررسی، تفسیر، تحلیل و ویرایش را فراهم می‌نماید. به‌طور کلی زی‌جا^۱ به عنوان یک واحد اکولوژیکی با شرایط محیطی یکسان یا مشابه در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند یک محیط زندگی برای جامعه خاصی از موجودات فراهم کند (Sukopp & Weiler, 1988). چشم‌انداز یک شهر نیز از انواع زی‌جاها تشکیل شده است که در آن هر زی‌جا با توجه به ساختار اکولوژی آن‌ها می‌تواند عملکردهای اکولوژیکی و خدمات اکوسیستمی مختلفی جهت افزایش رفاه ساکنان در شهرها ارایه دهد (Jarvis, 2010; werner, 1999). بنابراین هر زیرجای شهری را می‌توان به عنوان یک واحد اکولوژیکی با ویژگی‌های همگن در ساختار و عناصر زیستی در نظر گرفت که قابل ارایه به صورت نقشه است و از ترکیب عوامل بسیاری از جمله معماری و سایر فعالیت‌های انسانی، پوشش گیاهی و جانوری، منابع آبی و خاکی تشکیل شده است (Löfvenhaft, Björn & Ihse., 2002; Mansuroglu, Ortacesme & Karaguzel, 2006; Adam, 2008:320; Kim & Kim 2024). نقشه‌سازی از زی‌جاهای شهری نه تنها می‌تواند جهت تجزیه و تحلیل خدمات اکوسیستمی در شهرها مورد استفاده قرار گیرد، بلکه می‌تواند برای حفاظت از تنوع زیستی، مدیریت اکوسیستم، برنامه‌ریزی اکولوژیکی شهری و منطقه‌ای و ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در شهرها نیز استفاده شود (Garibaldi, Pulik Zhao, Yang & Hu, 2022; Kwon, Park & Baek, 2021; Toledo- & Smith, 2023).

از طرف دیگر بررسی مطالعات انجام شده نشان داد که در ایران گردآوری، ارزیابی و تحلیل ضعیف و ناهمگن داده‌های بیولوژیکی و اکولوژیکی در شهرها، فقدان مدیریت و طبقه‌بندی داده‌ها بر اساس اصول اکولوژیکی به گونه‌ای که بتواند تأثیرات کاربری‌های زمین را در مقیاس کوچک و بزرگ در نظر بگیرد و همچنین فقدان اطلاعات در قالب یک نقشه به گونه‌ای که باعث تسهیل درک مسئولان و ذی‌نفعان از نقش زی‌جاها و تنوع زیستی در شهرها شود، بر مشکلات مدیریت صحیح و ایجاد شهرهای پایدار در ایران افزوده است. بنابراین، به نظر می‌رسد در ایران نیاز به جمع‌آوری اطلاعات بیولوژیکی شهری در واحدهای اکولوژیکی برای پیشبرد شهرهای ایران به سمت اکوسیستم‌هایی با تعادل اکولوژیکی و مرزهای مشخص اکولوژیکی وجود دارد.

هدف این پژوهش از یکسو ارایه چارچوبی برای شناسایی و دسته‌بندی زی‌جاهای شهری با دیدگاه اکولوژیک است و از سوی دیگر با تهیه نقشه زی‌جاها و تعیین پوشش گیاهی فعلی آن‌ها در مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد، به تولید یک پایگاه داده مکانی در نرم‌افزار ArcGIS پرداخته است. این اهداف، رسیدن به سیاست راهبردی ایجاد پایداری اکولوژیک در شهر مشهد را دنبال می‌کند. سیاستی که خود به دنبال گسترش فضاهای سبز در سطح شهر مشهد، افزایش پایداری فضاهای سبز از طریق کاشت گونه‌هایی که مناسب شرایط اقلیمی و جغرافیایی این شهر باشند و افزایش عملکردها و خدمات اکوسیستمی آن‌ها جهت ارتقاء رفاه ساکنان آن است. چارچوب تهیه شده در این پژوهش امکان شناسایی زی‌جاها را به عنوان واحدهای اکولوژیکی و مکانی جهت جمع‌بندی اطلاعات پوشش گیاهی و اکولوژیکی فعلی آن‌ها در قالب نقشه، فراهم کرد تا از یک طرف شرایط را برای شناسایی زی‌جاهایی که امکان گسترش فضاهای سبز در آن‌ها وجود دارد، فراهم کند و از طرف دیگر با شناسایی نوع پوشش گیاهی فعلی در زی‌جاها، امکان بررسی و جایگزینی آن‌ها را با گونه‌های مناسب با شرایط اقلیمی و جغرافیایی مشهد ایجاد نماید. در واقع این پژوهش، با ارایه اطلاعات لازم، راه را برای رسیدن به سیاست راهبردی ایجاد پایداری

اکولوژیک در شهر مشهد باز می‌کند.

۲. پیشینه پژوهش

نقشه‌سازی از زی‌جاهای شهری برای اولین بار در دهه ۱۹۷۰ در آلمان انجام شد (Sukopp & Weiler, 1988) و سپس در بسیاری از کشورها از جمله ژاپن (Müller, 1998; Osawa et al., 2004)، سوئد (Löfvenhaft, Björn & Ihse, 2002)، نیوزلند (Freeman & Buck, 2003)، یونان (Boteva, Griffiths & Dimopoulos, 2004)، کره جنوبی (Hong et al., 2005)، ترکیه (Mansuroglu, 2006)، بریتانیا (Ortacesme & Karaguzel, 2006)، گسترش یافت. هر کدام از کشورها متناسب با اهداف تحقیقاتی، مقیاس و استانداردهای طبقه‌بندی کاربری اراضی، سیاست‌های راهبردی و ویژگی‌های فرهنگی و جغرافیایی خود، معیارهای مناسبی را جهت ارزیابی یک چارچوب برای دسته‌بندی و نقشه‌سازی از زی‌جاها انتخاب کرده است. دقت نقشه‌سازی نیز با پیشرفت تکنولوژی و استفاده از فناوری‌هایی مثل تصویربرداری ماهواره‌ای و سنجش از دور، عکس‌برداری هوایی مادون قرمز، تصویربرداری فرایمی هوایی و نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، QGIS¹ و CAD² افزایش یافته است. Wang & Lu (2018) با استفاده از نرم‌افزار GIS و CAD به شناسایی و نقشه‌سازی زی‌جاهای شهر نانجینگ چین بر اساس معیارهای کاربری اراضی و تراکم پوشش گیاهی پرداخته‌اند. Akkemik, Bozkurt & Köse (2022) بر اساس تفاوت‌های اکولوژیکی مکانی به شناسایی و نقشه‌سازی از زی‌جاهای شهر گورن و حاشیه آن پرداخته‌اند. هدف آن‌ها تعیین تغییرات گیاهی در زی‌جاهای مختلف بوده است. آن‌ها از تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزار QGIS برای نقشه‌سازی از زی‌جاها در محدوده مطالعاتی خود استفاده کرده‌اند. Knuijt (2020) به بررسی ایجاد زی‌جاهای جدید در مکان‌های مختلف در شهر مرود هلند برای کمک به افزایش تنوع زیستی و سازگاری اقلیمی بیشتر پرداخته‌اند. Gürkan (2016)، با استفاده از ویژگی‌های بافت، اندازه و شکل تصاویر ماهواره‌ای و داده‌هایی مانند شیب، ارتفاع و ویژگی‌های خاک، به شناسایی زی‌جاهای شهر آنتاکیا در جنوب ترکیه پرداخته است. سپس با کمک نرم‌افزار GIS، نقشه زی‌جاهای شناسایی شده را تهیه کرده است. Kaya Yılmaz, Gülez (2010) & Kaya به نقشه‌سازی از بیوتوپ‌های شهری بر اساس تفاوت‌ها در انواع کاربری اراضی و نوع پوشش گیاهی در شهر بارتی و حومه آن در ترکیه پرداخته‌اند. آن‌ها از نرم‌افزار GIS برای نقشه‌سازی بیوتوپ‌ها و ذخیره داده‌های اکولوژیکی استفاده کرده‌اند. Heiden, Segl, Roessner & Kauffmann (2003) با تحلیل داده‌های هایپرطیفی هوایی HyMap به شناسایی مواد سطحی شهری بر اساس ویژگی‌های بازتاب خاص مواد پرداخته‌اند که مبنای استخراج پارامترهای کمی در هر بیوتوپ بوده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

۳-۱. منطقه مورد مطالعه

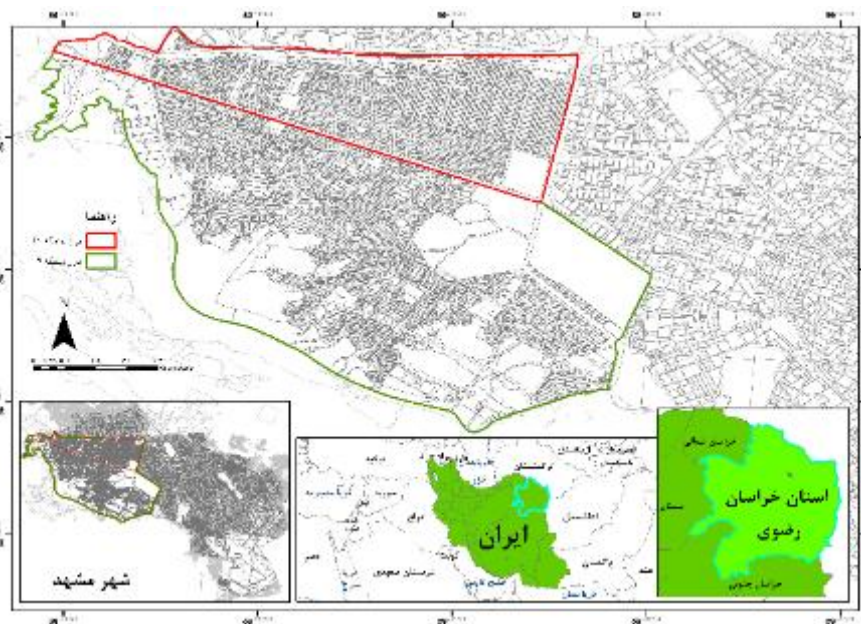
محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، مناطق ۹ و ۱۱ در شهر مشهد است. این مناطق در غرب شهر مشهد واقع شده‌اند و دو منطقه از ۱۳ مناطق شهر مشهد هستند (شکل ۱). شهر مشهد در شمال شرق ایران قرار گرفته است و به عنوان مرکز استان خراسان رضوی دارای مساحتی حدود ۳۵۱/۸۷ کیلومتر مربع است. این شهر در ۳۶/۲۰ درجه عرض شمالی و ۵۹/۳۵ درجه طول شرقی در منطقه‌ای به ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا بین دو رشته کوه هزار مسجد و بینالود واقع شده است. شرایط توپوگرافی متنوع باعث شده است که شهر مشهد به‌طور کلی در قسمت‌های شمالی و غربی دارای آب و هوای معتدل و در قسمت‌های مرکزی و جنوبی خشک و نیمه‌خشک باشد (مطلق و عباس‌زاده، ۲۰۱۲).

منطقه ۱۱ در شمال غرب شهر مشهد قرار گرفته است و کاربری‌های عمده آن، مسکونی، تجاری، اداری و آموزشی است. جمعیت ساکن در آن حدود ۱۸۰/۰۰۰ نفر است و تعداد خانوارهای موجود در آن، حدود ۴۶۸۱۰ خانوار است. مساحت کل این منطقه ۱۶ کیلومتر مربع است که از این میزان، مساحت کل فضای سبز حدود ۰/۷ کیلومتر مربع می‌باشد که ۷/۲ درصد از مساحت کل فضاهای سبز مشهد را تشکیل

1. Quantum Geographic Information System

2. Computer-Aided Design

می‌دهد. سرانه هر نفر از کل فضای سبز موجود در این منطقه حدود ۸/۳ مترمربع برآورد شده است. منطقه ۹ در سال ۱۳۷۰ تأسیس شد و به تدریج گسترش یافت. این منطقه در جنوب‌غرب شهر مشهد قرار دارد و کاربری‌های مسکونی، آموزشی، اداری و توریستی از عمده کاربری‌های آن هستند. وسعت این منطقه ۴۴/۸ کیلومترمربع می‌باشد و جمعیت آن حدود ۳۵۶/۰۰۰ نفر است. مساحت فضای سبز این منطقه حدود ۷ کیلومترمربع است که با توجه به جمعیت آن، سرانه هر نفر حدود ۸۰ مترمربع برآورد می‌شود. منطقه ۹ دارای بیشترین سرانه فضای سبز نسبت به سایر مناطق شهر مشهد است (رهنما، مهرورزی و سیاحی، ۱۳۹۵؛ شفیعا و همکاران، ۱۴۰۱)



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی (شهرداری مشهد، ۱۴۰۰)

۳-۲. روش کار

به‌طور کلی روش‌های رایج در نقشه‌سازی از زی‌جاها، دو روش نقشه‌سازی جامع و نقشه‌سازی انتخابی است. در روش نقشه‌سازی جامع، محدوده‌ای به وسعت یک شهر جهت نقشه‌سازی از زی‌جاها در نظر گرفته می‌شود. در این روش به شناسایی کامل همه زی‌جاها و آرایه داده‌های محیطی و اطلاعات جامع بیولوژیکی پرداخته می‌شود. بنابراین در این روش نیاز به زمان و صرف هزینه زیاد است. اما در روش نقشه‌سازی انتخابی با توجه به هدف مطالعه، محدوده‌ای کوچک‌تر که بتواند منعکس‌کننده اغلب کاربری‌ها و کریدورهای موجود در شهر باشد، جهت نقشه‌سازی از زی‌جاهای شهری در نظر گرفته می‌شود. در این روش، نیاز به نیروی انسانی و منابع مادی زیادی نیست و فقط اطلاعات زیستی هر واحد زی‌جا ثبت می‌شود (Tianyi et al., 2022). در این پژوهش، از روش نقشه‌سازی انتخابی استفاده شد. با توجه به اهداف مطالعه، مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد به جهت دارا بودن دو مورد از قدیمی‌ترین پارک‌های موجود در سطح شهر (پارک ملت و باغ جنگلی وکیل‌آباد)، سرانه نسبتاً بالای هر نفر برای بهره‌مندی از فضای سبز، وسعت زیاد و همچنین وجود انواع کاربری‌های مختلف و تاثیرگذار بر زی‌جاهای شهری، انتخاب شدند.

سپس تعیین زی‌جاها در مناطق مورد مطالعه در شش مرحله راهبردی با پیروی از خطوط زمانی - مکانی انجام شد: ۱. تهیه منابع اطلاعاتی و بررسی میدانی (جمع‌آوری داده‌های مکانی و گیاهی)؛ ۲. ایجاد بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی فعلی در هر کاربری؛ ۳. تعیین چارچوب دسته‌بندی زی‌جاها (شناسایی زی‌جاها)؛ ۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها، دسته‌بندی زی‌جاها و بخش‌بندی هر واحد زی‌جا؛ ۵. ایجاد پایگاه داده مکانی از زی‌جاها و زیرزی‌جاهای شهری در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 همراه با پوشش گیاهی غالب در آن‌ها؛ ۶. نقشه‌سازی از انواع زی‌جاهای اصلی و زیرزی‌جاها.

در جدول ۱، منابع اطلاعاتی جهت جمع‌آوری اطلاعات اولیه مورد نیاز برای پیشبرد پژوهش، همراه با نام سازمان مربوطه، بیان شده

است. داده‌های میدانی نیز شامل عکس‌های زمینی از انواع کاربری‌ها و تهیه فهرست پوشش گیاهی آن‌ها است.

جدول ۱. داده‌ها و اطلاعات پایه‌ای برای نقشه‌سازی زی‌جاهای شهری (منبع: در جدول ذکر شده است)

ردیف	داده‌ها و اطلاعات	سازمان - نویسنده	سال
۱	تحقیقات مربوط به پوشش گیاهی	سازمان پارک‌ها و فضای سبز - اداره کل بهبود محیط‌زیست شهری - دانشگاه فردوسی مشهد	۱۳۹۹
۲	آیین‌نامه طراحی معابر شهری	معاونت حمل و نقل وزارت راه و شهرسازی - معاونت پژوهشی دانشگاه تهران	۱۳۹۹
۳	طبقه‌بندی کاربری اراضی در طرح جامع	شهرداری مشهد	۱۴۰۰
۴	استانداردهای ایجاد فضای سبز شهری و انواع آن	سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی	۱۴۰۱
۵	نقشه کاربری اراضی	سازمان شهرداری کل شهر مشهد	۱۴۰۲
۶	تصاویر ماهواره‌ای	Google map	۱۴۰۲

در این پژوهش از نقشه کاربری اراضی بروز به عنوان نقشه پایه برای شناسایی زی‌جاها استفاده شد. کلیه کاربری‌ها در این نقشه با تصاویر ماهواره‌ای Google map مربوط به همان سال و کار میدانی دقیق، صحت‌سنجی شد. در مرحله بعد، نوع گونه‌های گیاهی غالب موجود در مناطق مورد مطالعه در محدوده هر کاربری موجود در سطح مناطق، با کار میدانی دقیق و همکاری کارشناسان سازمان فضای سبز شهر مشهد و اداره کل بهبود محیط‌زیست شهری شهرداری مشهد، شناسایی شد. در این راستا از تحقیقاتی که سازمان فضای سبز شهر مشهد با همکاری دانشگاه فردوسی، جهت شناسایی گونه‌های گیاهی بومی و مناسب با شرایط اقلیمی مشهد انجام شده بود، استفاده شد. همچنین از سایت POWO¹ و کتاب نام‌های گیاهان: واژه‌نامه اسامی علمی، فارسی و انگلیسی، نوشته ولی‌الله مظفریان برای بررسی گونه‌های گیاهی کمک گرفته شد. سپس فهرستی از پوشش گیاهی موجود در هر کاربری، در محدوده مطالعاتی به تفکیک درخت و درختچه، پرچین، پوششی، فصلی و سایر گیاهان، تهیه شد. در مرحله بعد، به سطح‌بندی سلسله‌مراتبی پوشش زمین جهت آرایه چارچوبی برای دسته‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها پرداخته شد. سطح‌بندی با توجه به استانداردهای تعریف شده برای طبقه‌بندی کاربری اراضی در طرح جامع شهر مشهد، آیین‌نامه طراحی معابر شهری، استانداردهای ایجاد فضای سبز شهری و بر اساس دو معیار پوشش زمین و وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی در آن‌ها انجام شد (جدول ۲). این معیارها بر اساس هدف مطالعه که آرایه یک چارچوب جهت شناسایی زی‌جاها به عنوان واحدهای اکولوژیکی - مکانی برای جمع‌بندی اطلاعات پوشش گیاهی و اکولوژیکی فعلی آن‌ها در قالب نقشه است، انتخاب شدند تا از این طریق اطلاعات لازم جهت پیشبرد سیاست راهبردی ایجاد تعادل اکولوژیکی و افزایش خدمات اکوسیستم شهری از طریق گسترش فضاهای سبز در سطح شهر مشهد و کاشت و جایگزینی گونه‌هایی که مناسب شرایط اقلیمی و جغرافیایی این شهر باشند، فراهم شود. در مرحله بعد، دسته‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها بر اساس چارچوب تعریف شده، انجام شد (جدول ۳). مطالعات مختلف، روش‌های متنوعی را برای بخش‌بندی هر واحد زی‌جا شهری استفاده کرده‌اند. روش‌هایی مانند روش تک فاکتوری، روش دلفی، تحلیل آماری و روش‌های تجزیه و تحلیل خوش‌بندی چندگانه. بیشتر مؤسسات تحقیقاتی و محققان اغلب مایل به استفاده از روش تک فاکتوری به عنوان مبنای بخش‌بندی هر واحد زی‌جا شهری بوده‌اند. چرا که روش تک فاکتوری امکان بخش‌بندی مناسب با هدف یا اهداف مطالعه و نیازها را فراهم می‌کند و از طرف دیگر کمبود داده را جبران می‌کند (Tianyi et al., 2022). در روش تک فاکتوری به شناسایی فاکتور اساسی مشترک بین گزینه‌های موجود پرداخته می‌شود. در این پژوهش، بر اساس هدف تحقیق، معیارهای مورد استفاده در تعیین زی‌جاها و نوع داده‌های جمع‌آوری شده، از روش تک فاکتوری که وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی در هر نوع زی‌جا است، استفاده شد. در مرحله بعدی، سیستم اطلاعات جغرافیایی برای نقشه‌سازی زی‌جاهای شهری و ذخیره داده‌های پوشش گیاهی به کار برده شد. بنابراین، یک پایگاه داده مکانی به منظور پایه‌ای برای رهیافت طرح‌ریزی اکولوژیکی در مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد با ذکر گونه‌های گیاهی موجود در هر زی‌جا و زیرزی‌جا شکل گرفت.

1. Plant Of the World Online

۴. یافته‌های پژوهش

انواع پوشش زمین و موقعیت آن‌ها در محدوده مطالعاتی با استفاده از نقشه کاربری اراضی، تصاویر ماهواره‌ای Google map و مشاهدات میدانی، تعیین و تأیید شدند که شامل موارد زیر است:

اراضی ساخته نشده در حاشیه شهر، مراکز نظامی و انتظامی، اراضی کوهستانی و هموار موجود در محدوده شهر، حمل‌ونقل و انبارداری، حریم و بستر کال (مسیل‌ها)، فضاهای مربوط به تأسیسات و تجهیزات شهری، اراضی کوهستانی کمربند سبز احاطه‌کننده در حاشیه شهر، مراکز درمانی، فضاهای باز و سبز، پارک‌ها و فضاهای تفریحی - گردشگری، مراکز فرهنگی - هنری و مذهبی، فضاهای ورزشی و تفریحی، کشاورزی، مراکز اداری و تجاری، محدوده‌های مسکونی متراکم، مراکز اقامتی و رفاهی، محدوده‌های مسکونی روستایی و نیازمند بازآفرینی، مراکز آموزشی، معابر.

پس از مطالعه و بررسی تحقیقات و کتب مربوطه برای شناسایی انواع گونه‌های گیاهی غالب موجود در محدوده مطالعاتی، کار میدانی دقیق انجام شد و نوع گونه‌های گیاهی غالب موجود در مناطق مورد مطالعه با همکاری سازمان فضای سبز شهری و اداره کل بهبود محیط‌زیست شهرداری مشهد در محدوده هر کاربری موجود در سطح مناطق، شناسایی و فهرست‌برداری شد. سپس پوشش گیاهی موجود در محدوده مطالعاتی بر اساس کاربرد گونه‌های گیاهی در هر کاربری، به ۵ گروه درخت و درختچه، گیاهان پرچین، گیاهان پوششی، گیاهان فصلی و سایر گیاهان، دسته‌بندی شدند. از کل گونه‌های گیاهی غالب شناسایی شده در محدوده مطالعاتی، ۱۰۳ گونه در دسته درخت و درختچه، ۱۹ گونه در دسته پرچین‌ها، ۵۱ گونه در دسته گیاهان پوششی قرار می‌گیرند. ۴۱ گونه به طور فصلی کاشته یا به صورت خودرو رشد می‌کنند و ۳۳ گونه گیاهی در دسته سایر گیاهان قرار گرفتند.

چارچوب دسته‌بندی زی‌جاها با توجه به هدف تحقیق، سیاست‌های راهبردی شهر و مطالعه چارچوب‌های دسته‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها در کشورهای پیشرو در این زمینه و همچنین نظم کاربری اراضی در محدوده مطالعاتی، در سه سطح، به صورت سلسله مراتبی و بر اساس دو معیار کاربری اراضی و وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی در آن‌ها انجام شد. در این مرحله، از طبقه‌بندی کاربری اراضی در طرح جامع شهر مشهد برای تعلق گرفتن هر کاربری به هر سطح، از جزء به کل، استفاده شد. از آیین‌نامه طراحی معابر شهری جهت شناسایی و دسته‌بندی معابر در سطح سوم استفاده شد و استانداردهای ایجاد فضای سبز شهری برای شناسایی و سطح‌بندی انواع فضاهای سبز در شهرها به کار برده شدند (جدول ۲). همان‌طور که از جدول ۲ قابل مشاهده است، در سطح اول، محدوده مطالعاتی به دو بخش محدوده شهری و محدوده حاشیه شهر تقسیم شده است. علت انتخاب محدوده حاشیه شهر، وجود زمین‌های بایر و کمربند سبز است که دارای اهمیت اکولوژیکی است و با توجه به این که هدف این مطالعه شناسایی بیوتوپ‌های شهری به عنوان واحدهای اکولوژیکی است، کمربند سبز و زمین‌های بایر در حاشیه شهر می‌توانند نقش اکولوژیکی زیادی بر محیط شهری داشته باشند.

جدول ۲. چارچوب دسته‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها در محدوده مطالعاتی (منبع: یافته‌های پژوهش)

سطح	دسته‌بندی
۱	محدوده شهری (ساخت و ساز): اراضی ساخته نشده، اراضی ساخته شده، کشاورزی. محدوده حاشیه شهر: اراضی ساخته نشده، فضاهای سبز حاشیه شهر
۲	محدوده شهری (ساخت و ساز): اراضی ساخته نشده دارای پوشش گیاهی، اراضی ساخته نشده فاقد پوشش گیاهی، محدوده‌های مسکونی و سایر اراضی ساخته شده فاقد پوشش گیاهی، اراضی ساخته شده دارای پوشش گیاهی با رسیدگی منظم، کشاورزی. محدوده حاشیه شهر: اراضی ساخته نشده دارای پوشش گیاهی، اراضی ساخته نشده فاقد پوشش گیاهی، جنگل دست‌کاشت و طبیعی
۳	محدوده شهری (ساخت و ساز): اراضی کوهستانی و محدوده‌های فاقد سازه و دارای پوشش گیاهی، اراضی فاقد سازه و فاقد پوشش گیاهی، محدوده‌های مسکونی نابسامان (بافت روستایی، بافت فرسوده)، محدوده‌های مسکونی سامان یافته، مسیل‌ها با سطح سخت و فاقد پوشش گیاهی، معابر و سایر کاربری‌های بدون پوشش گیاهی، سطوح سبز معابر (میادین و لچکی‌ها)، سطوح سبز ورزشی، فضاهای سبز عمومی (پارک پهنه‌ای، پارک خطی، پارک و مسیل، محدوده‌های تفریحی و گردشگری، فضاهای باز و سبز)، فضاهای سبز نیمه عمومی (مراکز مذهبی، ورزشی، فرهنگی - هنری، حمل و نقل و انبارداری، نظامی و انتظامی، اداری، تجاری، درمانی، آموزشی، آموزش عالی، اقامتی و رفاهی، تأسیسات و تجهیزات شهری، محورهای مختلط)، فضاهای سبز معابر (گذرگاه‌ها) معابر شریانی درجه یک و درجه دو فرعی و اصلی، معابر محلی و میادین و لچکی‌ها، خطوط ریل قطار شهری، محورهای ویژه پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری، باغ میوه. محدوده حاشیه شهر: اراضی ساخته نشده کوهستانی، اراضی ساخته نشده مسطح و هموار، کمربند سبز احاطه‌کننده شهر.

پس از ایجاد چارچوب دسته‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها در منطقه تحقیقاتی، به تجزیه و تحلیل داده‌ها، دسته‌بندی زی‌جاها و بخش‌بندی هر واحد زی‌جا پرداخته شد (جدول ۳). طبق بررسی‌های انجام شده در محدوده مطالعاتی، ۱۶ نوع اصلی زی‌جا و ۴۴ زیرزی‌جا شناسایی شدند. سپس برای ایجاد پایگاه داده زی‌جاها در محدوده مطالعاتی از نرم‌افزار ArcGIS 10.8 استفاده شد. گونه‌های گیاهی موجود در هر زی‌جا و زیرزی‌جا به پایگاه داده در نرم‌افزار ArcGIS 10.8 وارد شد.

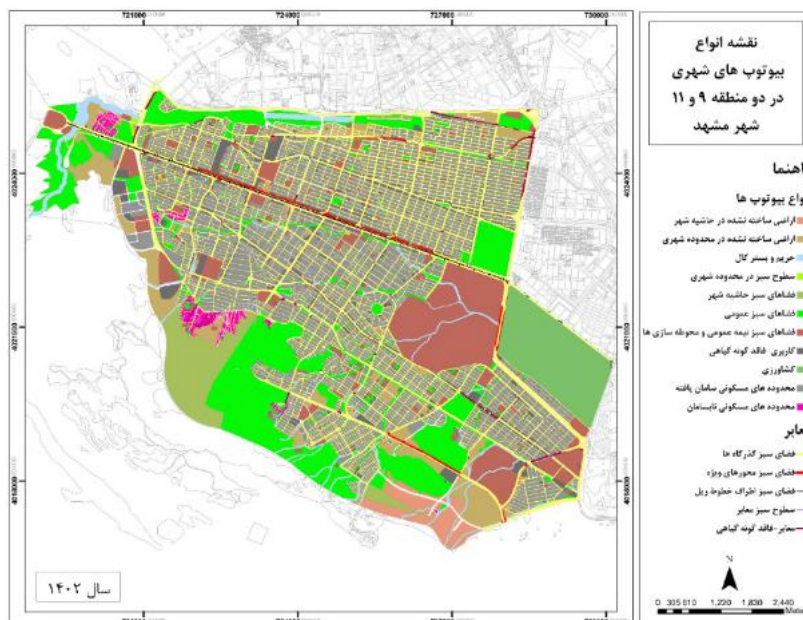
جدول ۳. انواع زی‌جاها اصلی و زیرزی‌جاها در محدوده مورد مطالعه (منبع: یافته‌های پژوهش)

زی‌جا	زیرزی‌جا	
اراضی ساخته نشده در حاشیه شهر	اراضی مسطح و هموار دارای پوشش گیاهی	
	اراضی کوهستانی دارای پوشش گیاهی	
اراضی ساخته نشده در محدوده شهری	محدوده‌های ساخته نشده فاقد پوشش گیاهی	
	محدوده‌های ساخته نشده دارای پوشش گیاهی	
	اراضی کوهستانی دارای پوشش گیاهی	
حریم و بستر کال	حریم و بستر کال با سطح سخت و فاقد پوشش گیاهی	
سطوح سبز در محدوده شهر	سطوح سبز ورزشی	
	سطوح سبز در بخش تأسیسات و تجهیزات شهری	
فضاهای سبز حاشیه شهر	کمربند سبز احاطه‌کننده شهر	
فضاهای سبز عمومی	پارک پهنه‌ای	
	تفریحی - گردشگری	
	پارک خطی	
	پارک و کال	
	فضای باز و سبز	
فضای سبز نیمه عمومی و محوطه‌سازی‌ها	فضای سبز مراکز ورزشی	
	فضای سبز مراکز نظامی و انتظامی	
	فضای سبز مراکز آموزشی	
	فضای سبز بخش اداری	
	فضای سبز مراکز درمانی	
	فضای سبز بخش حمل و نقل و انبارداری	
	فضای سبز مراکز فرهنگی - هنری	
	فضای سبز مراکز مذهبی	
	فضای سبز محورهای مختلط	
	فضای سبز مراکز اقامتی و رفاهی	
	فضای سبز مراکز آموزش عالی	
	فضای سبز بخش تجاری	
	فضای سبز تجهیزات و تأسیسات شهری	
	کاربری - فاقد پوشش گیاهی	کاربری فاقد پوشش گیاهی
	کشاورزی	باغ میوه
محدوده‌های مسکونی سامان یافته	محدوده‌های مسکونی متراکم	
محدوده‌های مسکونی نابسامان	بافت روستایی	
	بافت نیازمند بازآفرینی	
سطوح سبز معابر	سطوح سبز در میداين و لچکی‌ها	
	سطوح سبز در معابر محلی	
فضای سبز اطراف خطوط ریل	فضای سبز اطراف خطوط قطار شهری	
فضای سبز محورهای ویژه	فضای سبز محور ویژه دوچرخه	

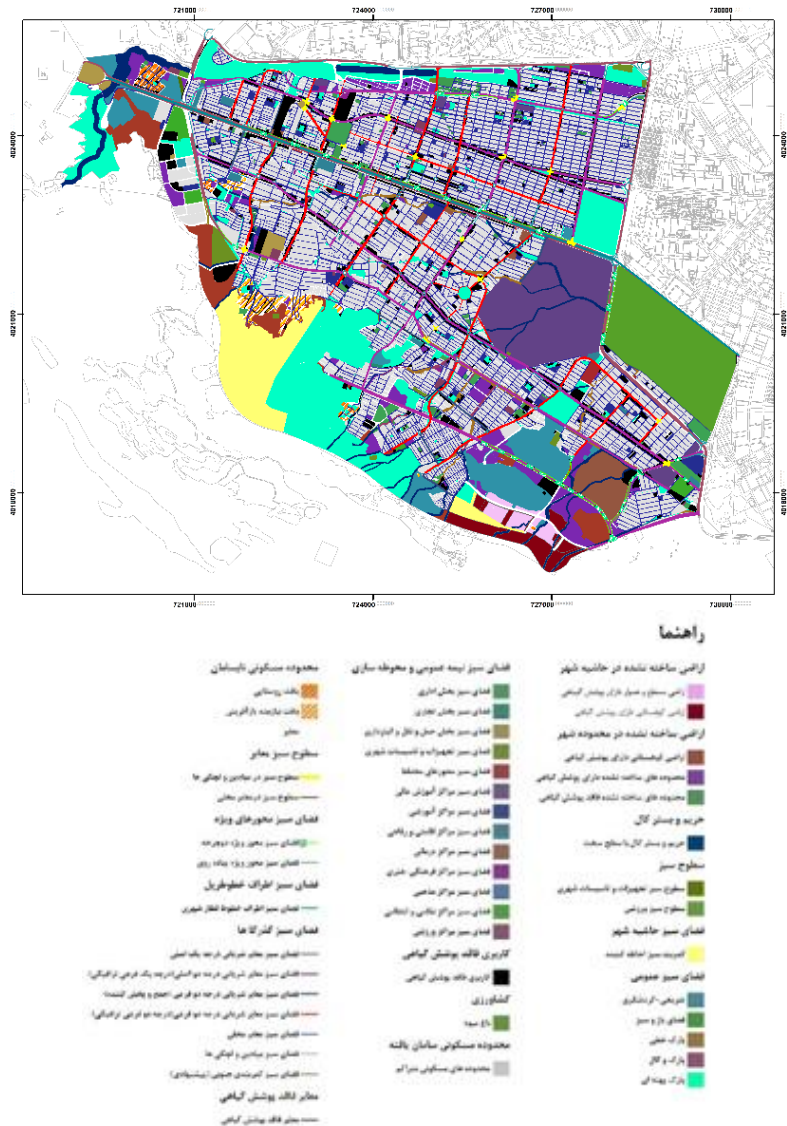
ادامه جدول ۳. انواع زی‌جاهای اصلی و زیرزی‌جاها در محدوده مورد مطالعه (منبع: یافته‌های پژوهش)

زیرزی‌جا	زی‌جا
فضای سبز محور ویژه پیاده‌روی	فضای سبز گذرگاه‌ها
فضای سبز معابر شریانی درجه دو فرعی (جمع و پخش‌کننده)	
فضای سبز معابر شریانی درجه دو فرعی (ترافیکی)	
فضای سبز معابر شریانی درجه یک اصلی	
فضای سبز معابر محلی	
فضای سبز میدین و لچکی‌ها	
فضای سبز معابر شریانی درجه دو اصلی (درجه یک ترافیکی)	
فضای سبز کمربندی جنوبی (پیشنهادی)	
معابر-فاقد گونه گیاهی	معابر- فاقد گونه گیاهی

از ۱۲ خانواده گیاهی شناسایی شده در مناطق مطالعاتی، خانواده‌های Rosaceae با ۳۰ گونه گیاهی، Oleaceae با ۱۲ گونه گیاهی و Leguminosae با ۹ گونه گیاهی به ترتیب غنی‌ترین خانواده‌ها در محدوده مطالعاتی هستند. بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به زی‌جای فضاهای سبز عمومی است. تقریباً در تمامی زی‌جاهای شناسایی شده در مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد، گونه‌های درختی افاقیا گل (*Robinia hispida*) و افاقیا معمولی (*Robinia pseudoacacia*) از خانواده Leguminosae و سرو شیراز (*Cupressus sempervirens*) و زبان گنجشک (ون) (*Fraxinus excelsior*) به ترتیب از خانواده‌های Cupressaceae و Oleaceae وجود دارند. به نظر می‌رسد، بیشترین گونه‌های گیاهی شناسایی شده در دسته گیاهان پوششی، مربوط به اراضی ساخته نشده در حاشیه شهر هستند که اغلب به صورت خودرو در این محدوده رویداده‌اند. گونه گیاهی چمن معمولی به عنوان گونه اصلی با کاربرد پوششی در زی‌جاها، کاشت و نگهداری می‌شوند. لازم به ذکر است که تمام گونه‌های گیاهی غالب موجود در زی‌جاهای مختلف، به جز زی‌جاهای اراضی ساخته نشده در حاشیه شهر و اراضی ساخته نشده در محدوده شهر، به صورت دست‌کاشت هستند.



شکل ۲. نقشه زی‌جاها در مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد (سال ۱۴۰۰) (منبع: یافته‌های پژوهش)



شکل ۳: نقشه زیرزی‌جاها در مناطق ۹ و ۱۱ شهر مشهد (سال ۱۴۰۰) (منبع: یافته‌های پژوهش)

۵. بحث

در این پژوهش، شناسایی و نقشه‌سازی زی‌جاها در دو منطقه ۹ و ۱۱ شهر مشهد، از دیدگاه اکولوژیکی و با توجه به سیاست راهبردی ایجاد پایداری اکولوژیکی در شهر، انجام شد. از آنجایی که برای هدایت شهر به سمت پایداری اکولوژیکی، داشتن اطلاعات و ارزیابی جامع از آن چه که در حال حاضر در محیط شهری وجود دارد، ضروری است، بنابراین شناسایی و دسته‌بندی زی‌جاها و نقشه‌سازی از آن‌ها با ارایه بصری پراکندگی پوشش گیاهی و نوع زیستگاه‌های فعلی، تصمیم‌گیری برای ایجاد شهر پایدار از نظر اکولوژیکی توسط برنامه‌ریزان را امکان‌پذیرتر می‌کند (Sukopp & Weiler, 1988; Kim & Kim, 2024; Schaefer & Ökologie, 1988). در کشورهای توسعه یافته، به طور گسترده‌ای از مطالعات نقشه‌سازی زی‌جاها برای برنامه‌ریزی شهری در راستای ایجاد و حفظ پایداری اکوسیستم‌های شهری استفاده می‌شود. Yang, Zhao & Hu (2022) از نقشه زی‌جاها و اطلاعات زیستی مربوط به آن‌ها برای برنامه‌ریزی بر مبنای ایجاد پایداری اکولوژیکی در شهر اینچئون در کره جنوبی استفاده کردند. Kim & Kim (2024) در پژوهشی به ارزیابی ارزش اکولوژیکی زی‌جاها و ایجاد نقشه رتبه‌بندی آن‌ها از نظر اکولوژیکی برای ارتقای مدیریت سازگار با محیط‌زیست در برنامه‌ریزی شهری در شهر دونگ‌وچئون

در کره جنوبی، پرداخته‌اند.

در مطالعات مختلف به دلیل کمبود داده و اطلاعات محیطی، منابع مالی و نیروی انسانی، از روش نقشه‌سازی انتخابی، برای نقشه‌سازی از زی‌جاها استفاده شده است. در این روش، یک یا چند محدوده که مناسب و هم‌راستا با اهداف مطالعه هستند، انتخاب می‌شوند. در روش انتخابی به هر زی‌جا به عنوان یک واحد اکولوژیکی مستقل توجه می‌شود و به فقط ثبت اطلاعات زیستی در هر زی‌جا بسنده می‌گردد (Witting & Schreiber, 1983; Tiany et al., 2022; Bastin, 1996). در این مطالعه نیز به دلیل کمبود داده از روش نقش‌سازی انتخابی استفاده شد. بنابراین، ابتدا به تهیه منابع اطلاعاتی و بررسی میدانی برای جمع‌آوری داده‌های مکانی و گیاهی و ایجاد بانک اطلاعاتی پوشش گیاهی فعلی در هر کاربری پرداخته شد. سپس برای شناسایی و دسته‌بندی زی‌جاها نیاز به تعریف یک چارچوب مناسب بود. چارچوبی که بتواند ارزش‌های اکولوژیکی را دنبال کند و از طرف دیگر تمامی زیستگاه‌ها و کریدورها را در محدوده مطالعاتی در نظر بگیرد. بنابراین با توجه به اطلاعات موجود از محدوده مطالعاتی، معیارهای کاربری اراضی، وجود یا عدم وجود پوشش گیاهی در آن‌ها، به عنوان معیارهایی در تعیین یک چارچوب برای دسته‌بندی زی‌جاها و زیرزی‌جاها مورد استفاده قرار گرفتند. مطالعات مختلف بر اساس اهداف و اطلاعات در دسترس، معیارهای مختلفی را برای شناسایی زی‌جاها در نظر گرفته‌اند اما می‌توان گفت که در اکثر این مطالعات از پوشش گیاهی به عنوان یک معیار اصلی برای شناسایی زی‌جاها استفاده شده است. به عنوان مثال، Bozkurt (2016) در رساله دکتری خود بر اساس معیارهای کاربری اراضی، پوشش گیاهی غالب و ویژگی‌های اکولوژیکی مختلف، در شهر گورون در استان سیواس ترکیه، ۱۳ نوع زی‌جا شناسایی و توسط نرم‌افزار ArcGIS نقشه‌سازی کرد.

در این مطالعه، از ترکیب گونه‌های گیاهی غالب در هر زی‌جا فهرست‌برداری شد که نشان دهنده میزان تنوع گونه‌های گیاهی در محدوده مطالعاتی است. به عنوان مثال زی‌جای اراضی ساخته نشده در حاشیه شهر، به عنوان زی‌جا با پوشش گیاهی خودرو در محدوده مطالعاتی، دارای بیشترین گونه‌های گیاهی شناسایی شده در دسته گیاهان پوششی است. این گیاهان می‌توانند باعث جلوگیری از فرسایش خاک شوند. پژوهش Anand & Tungnung (2017) در شهر امفال منپور هند نشان داد که رشد جمعیت باعث تغییر کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی در حاشیه شهر و افزایش بحران محیط‌زیستی در شهر شده است. از نتایج مشخص شد که در محدوده مطالعاتی از چمن به عنوان گونه اصلی پوششی در بیشتر زی‌جاها استفاده شده است. از آنجایی که گونه چمن معمولی به عنوان یک گونه غیر بومی نیاز به آبیاری و رسیدگی منظم دارد، در نتیجه مصرف آب زیاد و هزینه نگهداری بالا از معایب استفاده از این گونه گیاهی در شهرها است (هوشمند، ۱۳۹۵؛ رجائی و آتشی، ۱۳۹۷). بنابراین از اطلاعات به دست آمده از این پژوهش می‌توان برای شناسایی زی‌جاهایی که از چمن به عنوان گونه پوششی استفاده کرده‌اند برای جایگزینی با گونه‌های بومی مثل بومادران یا آویشن که مناسب شرایط اقلیمی این محدوده هستند، استفاده نمود. از این طریق می‌توان ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب و هزینه‌های نگهداری، به بهبود شرایط اکولوژیکی در شهر مشهد نیز کمک کرد. همچنین، یافته‌ها نشان دادند که زی‌جای فضای سبز عمومی دارای بیشترین تنوع گونه‌ای در بین زی‌جاهای شناسایی شده است. بنابراین از این اطلاعات می‌توان در جهت برنامه‌ریزی برای افزایش تنوع گونه‌ای در سایر زی‌جاهای شناسایی شده، استفاده کرد. از طرف دیگر اطلاعات این پژوهش می‌تواند به شناسایی زی‌جاهایی که امکان گسترش فضاهای سبز در آن‌ها وجود دارند، کمک کند. از این طریق می‌توان زی‌جاهایی با مساحت‌ها و اشکال مناسب را برای نقش هسته‌های مرکزی فضاهای سبز و کریدورهای ارتباطی بین آن‌ها در محدوده مطالعاتی انتخاب کرد تا بتوان گامی در جهت توزیع عادلانه فضای سبز، بهبود شرایط اکولوژیکی و افزایش خدمات اکوسیستمی در شهر برداشت (میکائیلی تبریزی و صادقی بنیس، ۱۳۹۰). به‌طور کلی از اطلاعات به دست آمده در این مطالعه می‌توان برای برنامه‌ریزی جهت مدیریت بلندمدت و استراتژی‌های پایدار برای زی‌جاهای شناسایی شده استفاده کرد. در این راستا، باید به ملاحظات عملیاتی و مشارکت جوامع محلی در حفاظت از زی‌جاها پرداخته شود. این موارد نه تنها به پایداری بلندمدت زی‌جاها کمک می‌کند، بلکه تضمین‌کننده بهبود شرایط محیطی و اکولوژیکی در طول زمان خواهند بود. همچنین، توسعه سیاست‌ها و استراتژی‌های اجرایی که بر اساس ارزیابی دقیق و پیش‌بینی تغییرات محیطی تنظیم شوند، می‌تواند به پایداری بیشتر و انعطاف‌پذیری در برابر تهدیدات مختلف محیط‌زیستی مانند تغییرات اقلیمی، آلودگی و نابودی زیستگاه‌ها منجر شود. مشارکت فعال جامعه محلی نیز می‌تواند نقش مؤثری در آگاه‌سازی و حمایت از پروژه‌های حفاظتی ایفا کرده و به هم‌افزایی میان تصمیم‌گیرندگان، کارشناسان و مردم کمک کند.

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نقشه‌سازی زی‌جاهای شهری، یک کار جامع بین رشته‌ای است که منبع داده‌ی جدیدی را برای انجام تحقیقات در زمینه‌ی ایجاد یک شهر پایدار از نظر اکولوژیکی فراهم می‌کند. یکی از سیاست‌های راهبردی شهر مشهد، برقراری پایداری اکولوژیکی و حل مشکلات محیط‌زیستی در شهر است که از طریق گسترش فضاهای سبز و افزایش پایداری آن با کاشت گونه‌هایی که مناسب شرایط اقلیمی و جغرافیایی این شهر باشند، امکان‌پذیر است. در این پژوهش انتظار می‌رود با ایجاد یک چارچوب برای تعیین و دست‌بندی زی‌جاها از دیدگاه اکولوژیکی و در نهایت تهیه‌ی نقشه‌ی زی‌جاها و ایجاد پایگاه داده‌های مکانی همراه با پوشش گیاهی غالب آن‌ها، بستری برای پژوهش‌های بعدی جهت بازیابی تعادل اکولوژیکی در محدوده‌ی مورد مطالعه فراهم کرده باشیم.

اطلاعات به دست آمده از این پژوهش می‌تواند پایه‌ای برای پژوهش‌های راهبردی بعدی باشد. پژوهش‌هایی مانند: چگونگی توزیع انواع زی‌جاها و وجود و عدم وجود پوشش گیاهی در آن‌ها جهت بررسی امکان گسترش فضای سبز در شهرها (Toledo- Garibaldi, 2021)، ارزیابی زی‌جاها و تعیین مناطقی که نیاز به حفاظت، احیا و بهبود دارند (Rubanschi et al., 2024; Měkotová et al., 2006)، بررسی نقش فضای سبز زی‌جاها در ارائه‌ی خدمات اکوسیستمی در هر زی‌جا و شناسایی کمبودها (Bastian et al., 2017; Yuan et al., 2020)، بررسی تنوع گیاهی موجود در زی‌جاها جهت ایجاد و حفظ تنوع‌زیستی در شهرها (Zhao, Yang & Watson et al., 2019; Hu, 2022; Tiany et al., 2022; Jalkanen, Vierikko & Moilanen, 2020; Gao, 2015; Löfvenhaft, Björn & Ihse, 2002) جایگزینی گونه‌های بومی به جای گونه‌های بیگانه برای پایداری فضای سبز در شهرها (Planchuelo, Kowarik & von der Lippe, 2020; Bozkurt, Akkemik & Köse, 2020). بنابراین، این مطالعه با ایجاد اطلاعات مکانی و زیستی فعلی زی‌جاها در محدوده مطالعاتی، اطلاعات لازم برای برنامه‌ریزی جهت ایجاد شهر پایدار از دیدگاه اکولوژیکی را فراهم می‌کند.

در تحقیقات بعدی پیشنهاد می‌شود به تهیه‌ی نقشه‌ی جامع از زی‌جاهای کل شهر مشهد پرداخته شود تا با ایجاد یک شبکه‌ی جامع‌تر از زی‌جاها، نمونه‌ای خوب برای سایر شهرها ارائه نماید. امید است که با انجام تحقیقات مربوط به شناسایی جانوران ساکن در زی‌جاهای شهری توسط زیست‌شناسان، پایگاه داده‌ی کامل‌تر و کاربردی‌تری برای تجزیه و تحلیل‌های محیط‌زیستی در شهرها ارائه شود. از سوی دیگر، امیدواریم که در آینده با تلفیق نتایج به دست آمده از این تحقیقات با اصولی مانند اصول طراحی شهرها، اصول برنامه‌ریزی شهری و سایر موارد، زمینه برای اصلاح مدیریت شهری و ایجاد تعادل اکولوژیکی در شهرها فراهم شود.

مشارکت نویسندگان

راضیه دنیوی: 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

علیرضا میکائیلی تبریزی: استاد راهنمای پایان‌نامه، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و

نهایی‌سازی مقاله

عبدالرسول سلمان‌ماهینی: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

آزاده کریمی: استاد مشاور پایان‌نامه، مشارکت در طراحی پژوهش، نظارت بر پژوهش، مطالعه و بازبینی مقاله

تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از سازمان شهرداری کل شهر مشهد، سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهر و اداره‌ی کل بهبود محیط‌زیست شهر مشهد به خاطر همکاری در ارائه اطلاعات سپاسگزاری نمایند.

منابع

- رجائی، علی؛ آتشی، سوفیا (۱۳۹۷). بررسی مضرات کاشت چمن. *نخبگان علوم مهندسی*، ۳(۴)، ۱۲۵-۱۳۳.
- رهنما، محمدرحیم؛ مهرورزی، اکرم؛ و سیاحی، زهرا (۱۳۹۵). تحلیلی بر شاخص‌های شهر سالم (مطالعه موردی: منطقه ۱۱ شهرداری مشهد). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۰(۳۲)، ۱۷-۳۸.
- سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (۱۴۰۱). ایجاد فضای سبز و پارک‌ها. *معاونت آموزشی مؤسسه آموزش و ترویج کشاورزی*.
- شفیعا، مهدی؛ رضوانی، علیرضا؛ طیبی، محسن؛ و ملک‌الساداتی، سید سعید (۱۴۰۱). مقایسه تاثیر ویژگی‌های متفاوت دو اثر معماری تجاری بزرگ‌مقیاس بر ایجاد رونق اقتصادی در منطقه ۹ شهر مشهد. *تحقیقات جغرافیایی*، ۳۷(۲)، ۲۲۱-۲۳۰.
- شهرداری مشهد (۱۴۰۰). *آمارنامه سالانه شهر مشهد*. معاونت برنامه‌ریزی و توسعه پایدار شهری.
- میکائیلی تبریزی، علیرضا؛ و صادقی بنیس، مژگان (۱۳۹۰). شبکه اکولوژیکی شهر تبریز و راهکارهای پیشنهادی برای حفظ و توسعه آن. *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱(۲)، ۴۳-۵۲.
- هوشمند، سپیده (۱۳۹۵). جایگزین‌های مناسب چمن در فضای سبز جهت صرفه‌جویی در آب مصرفی و ایجاد تنوع در چشم‌انداز. *دومین کنفرانس بین‌المللی علوم زمین و توسعه شهر، تبریز، ایران*. <https://civilica.com/doc/525989>.

References

- Adam, K. (1988). Stadtökologie in stichworten. Germany. Hirt.
- Agricultural Research, Education and Extension Organization. (2022). Creating green spaces and parks. *Educational Vice-Chancellor of Agricultural Education and Extension Institute*. [In Persian].
- Bastian, O. L. A. F. (1996). Biotope mapping and evaluation as a base of nature conservation and landscape planning. *Ekologia(Bratislava)/Ecology(Bratislava)*, 15(1), 5-17.
- Bastian, O., Syrbe, R. U., Slavik, J., Moravec, J., Louda, J., Kochan, B. and Berens, A. (2017). Ecosystem services of characteristic biotope types in the Ore Mountains (Germany/Czech Republic). *biodiversity science, ecosystem services & management*, 13(1), 51-71.
- Boteva, D., Griffiths, G., & Dimopoulos, P. (2004). Evaluation and mapping of the conservation significance of habitats using GIS: an example from Crete, Greece. *Nature Conservation*, 12(4), 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2004.09.002>.
- Bozkurt, S. G. (2016). *Gürün (Sivas) ilçe merkezi biyotoplarının özellikleri ve haritalanması üzerine araştırmalar* (Doctoral dissertation, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İstanbul).
- Bozkurt, S. G., Akkemik, Ü., & Köse, N. (2020). Determining the effect of urbanization on the vegetation of Gürün district (Sivas) based on biotope mapping and vegetation analysis. *Forestist*, 70(1), 8-18. <https://DOI:10.5152/forestist.2020.19023>.
- Freeman, C. & Buck, O. (2003). Development of an ecological mapping methodology for urban areas in New Zealand. *Landscape and Urban Planning*, 63(3), 161 - 173. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00188-3](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00188-3).
- Gao, T. (2015). Biotope and biodiversity mapping in forest and urban green space. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, (2015: 41).
- Gürkan, A. (2016). Biotop Mapping in an urban environment for sustainable urban development a case study in southern part of turkey. *Applied ecology and environmental research*, 14(4), 493-504. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1404_493504.
- Heiden, U., Segl, K., Roessner, S., & Kaufmann, H. (2003, May). Ecological evaluation of urban biotope types using airborne hyperspectral hmap data. In 2003 2nd GRSS/ISPRS Joint Workshop on Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas (pp.18-22). IEEE. <https://doi:10.1109/DFUA.2003.1219950>.
- Hong, S. K., Song, I. J., Byun, B., Yoo, S., & Nakagoshi, N. (2005). Applications of biotope mapping for spatial environmental planning and policy: case studies in urban ecosystems in Korea. *Landscape and Ecological Engineering*, 1, 101-112. <https://DOI10.1007/s11355-005-0026-9>.
- Houshmand, S. (1395). Suitable Alternatives to Grass in Green Spaces for Water Conservation and Creating Landscape Diversity. *The 2nd International Congress on Earth Sciences and Urban Development*. Tabriz, Iran. <https://civilica.com/doc/525989/>. [In Persian].
- Jalkanen, J., Vierikko, K., & Moilanen, A. (2020). Spatial prioritization for urban Biodiversity Quality using biotope maps and expert opinion. *Urban Forestry & Urban Greening*, 49, 126586. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126586>
- Jarvis, P. J. (2010). *The Routledge Handbook of Urban Ecology* (pp. 502-511). London. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203839263>
- Kim, T., & Kim, G. (2024). Biotope Map Creation Method and Utilization Plan for Eco-Friendly Urban Development. *Land*, 13(5), 699. <https://doi.org/10.3390/land13050699>.
- Knuijt, M. (2020). Laboratory for new urban biotopes. *Civil Engineering and Architecture*, 14, 80-91. <https://doi:10.17265/1934-7359/2020.02.004>
- Kwon, J. O., Park, S. C., & Baek, S. A. (2021). A Study on the Utilization of Biotope Map in Urban Planning-Focusing on the land use designation and planned urbanized area. *The Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 24(4), 31-46. <https://doi.org/10.13087/kosert.2021.24.4.31>
- Löfvenhaft, K., Björn, C., & Ihse, M. (2002). Biotope patterns in urban areas: a conceptual model integrating biodiversity issues in spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 58(2-4), 223-240. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(01\)00223-7](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00223-7).
- Lu, X., & Wang, X. (2018, March). A methodological study of biotope mapping in urban areas: case of Xuanwu District, Nanjing City, China. In *19th annual International Conference on Information Technology in Landscape Architecture* (pp. 208216). <https://doi:10.14627/537642022>.
- Mansuroglu, S., Ortacesme, V., & Karaguzel, O. (2006). Biotope mapping in an urban environment and its implications for urban management in Turkey. *Journal of Environmental Management*, 81(3), 175- 187. <https://doi:10.1016/j.jenvman.2005.10.008>.
- Mashhad Municipality (2021). Statistical Yearbook of Mashhad City, Vice President of Planning and Development of Mashhad Municipality. [In Persian].
- Měkotová, J., Šarapatka, B., Štěřba, O., & Harper, D. (2006). Restoration of a river landscape: Biotopes as a basis for quantification of species diversity and evaluation of landscape quality. *Ecology & Hydrobiology*, 6(1-4), 43-51. [https://doi.org/10.1016/S1642-3593\(06\)70125-2](https://doi.org/10.1016/S1642-3593(06)70125-2).
- Mikaeili, A. R., & Sadeghi Benis, M. (2011). The rehabilitation of the urban ecological network of Tabriz City with emphasis on landscape ecology concepts. *Environmental Research*, 1(2), 43 - 56. Dor: 20.1001.1.20089597. 1389.1.2.5.6. [In Persian].
- Motlaq, M. A., & Abbaszadeh, G. (2012). The physical development of Mashhad city and its environmental impacts. *Environment and Urbanization ASIA*, 3(1), 79 - 91. <https://DOI:10.1177/097542531200300105>.

- Müller, N. (1998). Assessment of habitats for nature conservation in Japanese cities—procedure of a pilot study on biotope mapping in the urban agglomeration of Tokyo. In *Urban ecology* (pp. 631-635). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-88583-9_124.
- Nature Conservancy Council. (2007). *Handbook for phase I habitat survey – a technique for environmental audit*. Joint Nature Conservation Committee (JNCC), Peterborough.
- Osawa, S., Yamashita, H., Mori, S., & Ishikawa, M. (2004). The preparing of biotope mapping in a municipal scale by using Kamakura City as a case study. *The Japanese Institute of Landscape Architecture*, 67(5), 581-586.
- Planchuelo, G., Kowarik, I., & von der Lippe, M. (2020). Plant traits, biotopes and urbanization dynamics explain the survival of endangered urban plant populations. *Applied Ecology*, 57(8), 1581-1592. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13661>.
- Rahnama, M. R., Mehrvarzi, A., & Siahi, Z. (2015). Analysis of the indicators of a healthy city of Mashhad Municipality Zone 11. *Planning studies and healthy settlements*, 10 (32), 17-38. [In Persian].
- Rajaei, A., & Atashi, S. (1397). Examining the Disadvantages of Grass Planting. *Elite Journal of Science and Engineering*, 3(4), 1-132. [In Persian].
- Rubansch, S., Hof, C., Weisser, W. W., & Meyer, S. T. (2024). Assessing the conservation and restoration potential of biotopes in a central European region. *Biodiversity and Conservation*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10531-024-02841-w>.
- Schaefer, M. Ökologie. 1988. In *Wörterbücher der Biologie*, 3rd ed.; Gustav Fischer: Stuttgart, Germany. p. 433.
- Shafia, M., Rezvani A., Tabasi M., & Malek Sadati., S. (2022). Comparing the Effect of Different Features of Two Commercial Large-Scale Buildings on Economic Prosperity in District 9 of Mashhad. *Georesaerch*, 37 (2), 221-230. DOI: 10.29252/geores.37.2.221. [In Persian].
- Soltanifard, H., & Jafari, E. (2019). A conceptual framework to assess ecological quality of urban green space: a case study in Mashhad city, Iran. *Environment, Development and Sustainability*, 21, 1781-1808. <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0103-5>.
- Sukopp, H., & Weiler, S. (1988). Biotope mapping and nature conservation strategies in urban areas of the Federal Republic of Germany. *Landscape and urban planning*, 15(1), 39-58. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(88\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0169-2046(88)90015-1)
- Tianyi, C. H. E. N., Congcong, Z. H. A. O., Sujie, W. E. N., & Yuandong, H. U. (2022). Research progress in urban biotope mapping and its application in biodiversity conservation. *Landscape Architecture*, 29(1), 12 - 17. <https://doi.org/10.14085/j.fjyl.2022.01.0012.06>.
- Toledo-Garibaldi, M. M. (2021). *Urban Biotope Development for Green Infrastructure and Urban Forest Planning in Mexico City* (Doctoral dissertation, University of Toronto (Canada)).
- Toledo-Garibaldi, M., Puric-Mladenovic, D., & Smith, S. M. (2023). Urban biotope classification incorporates urban forest and green infrastructure for improved environmental land-use planning in Mexico City. *Urban Ecosystems*, 26(2), 323-336. <https://doi.org/10.1007/s11252-023-01336-w>.
- Tungnung, J. Z., & Anand, S. (2017). Dynamics of Urban Sprawl and Landuse Change in Imphal of Manipur, India. *Space and Culture, India*, 5(2), 69-83. <https://doi.org/10.20896/saci.v5i2.271>.
- Unies, N. (2004). *World urbanization prospects: the 2003 revision*. UN.
- Watson, S. C., Preston, J., Beaumont, N. J., & Watson, G. J. (2020). Assessing the natural capital value of water quality and climate regulation in temperate marine systems using a EUNIS biotope classification approach. *Science of the total Environment*, 744, 140688. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140688>.
- Werner, P. (1999). Why biotope mapping in populated areas. *Deinsea*, 5(1), 9 - 26. <https://www.researchgate.net/publication/283321507>.
- Wittig, R., & Schreiber, K. F. (1983). A quick method for assessing the importance of open spaces in towns for urban nature conservation. *Biological Conservation*, 26(1), 57 - 64. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(83\)90048-4](https://doi.org/10.1016/0006-3207(83)90048-4).
- Yılmaz, B., Gülez, S., & Kaya, L. G. (2010). Mapping of biotopes in urban aerea: a case study of the city of Burtin and its environs, Turkey. *Scientific Reaserch and assays*, 5(4), 352 - 365. <http://www.academicjournal.org/SRE>.
- Yuan, W. G., Zheng, J. W., Gu, J. C., & Lu, G. Q. (2019). Responses of forest eco-service values to biotopes in the China's Conversion of Cropland to Forest Program. *Environmental earth sciences*, 78(5), 147. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8166-7>.
- Zhao, C. C., Yang, Y. Q., & Hu, Y. D. (2022). Methodology, assessment and application of biotope mapping for urban parks in China: A case study on Riverside Park, Yichang. *Frontiers in Environmental science*, 10, 1008362. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1008362>.