Quarterly Journal of Urban and Regional Development Planning
Vol. 10, No. 33, Summer 2025, P 217-241
www. urdp.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/urdp.2025.83888.1685

ATU PRESS

Original Reserch Accepted:27/10/2025 Review: 21/7/2025 Received: 21/2/2025 ISSN: 2476-5864 eISSN: 2476-6402

Analysis of the Ecological Network Structure and Continuity of Biological Function in the Tehran-Alborz Urban Complex

Parvaneh Sobhani *
Assistant Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, Lorestan University, Khorramabad, Iran.

Afshin Danehkar
Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources University of Tehran, Karaj, Iran.

Introduction

The decline in ecological functions in urban areas poses a significant threat to the preservation of valuable ecological resources. To effectively manage land fragmentation and destruction in these areas, it is essential to identify both ecological resources and their biological functions. In the Tehran-Alborz urban complex, due to the high demand for land conversion and construction of industrial and residential activities, the increasing threat to agricultural lands and natural resources, the production of various types of urban waste and residues, and other pressures on the region, it is crucial to analyze the structure of the ecological network and assess the continuity of biological function.

Literature Review

Several researchers have studied the functioning of urban ecological networks, including Khayat Moghaddam's (2024) research on urban ecological network concepts. The results indicate that the city, as a disturbance in the natural ecological system, requires planning and management based on the principles of landscape ecology. Zahedi-Kalaki et al. (2023) evaluated changes in the ecological structure of Behshahr City to improve landscape continuity. According to the results, the elements of the ecological structure, especially agricultural patches, gardens, and green spaces of the city, do not have a desirable spatial distribution. Studies indicate that, in urban areas, the fragmentation of natural habitats and alterations in energy and nutrient cycles disrupt biophysical functions and reduce the resilience of the ecosystem.

* Corresponding Author: sobhani.pa@lu.ac.ir
How to Cite: Sobhani, P; Danehkar, A. (2025). Analysis of Ecological Network Structure and Continuity of Biological Function in the Tehran- Alborz Urban Set, *Journal Urban and Regional Development Planning*, 10 (33). 217-241.

Materials and Methods

In this study, to map areas with ecological function, two quantitative criteria were used, including a minimum area according to the map scale and review of study sources, as well as considering at least 30% of the designated classes. Next, the man-made factors resulting from the development of human activities and urbanization growth were examined as the main ecological obstacles in the region. Then, based on ecological sensitivity and the degree of impressionability of these resources to urbanization development and human activities (distance from ecological barriers), the significance of sensitive ecological resources was categorized into three levels: high, medium, and low.

Results

According to the results, the northern and northeastern areas of the region, which have a greater distribution of protected areas and biological reserves, possess higher ecological importance and greater biological sensitivity to urbanization and human activity development. In contrast, the central and southern areas of the region, with fewer valuable ecological resources, fall into the middle and low importance category. The analysis of ecological performance and continuity in the Tehran-Alborz urban complex indicates that ecological continuity in this region decreased from 1999 to 2023.

Conclusion

Given the significance of the network of biologically sensitive areas in the Tehran-Alborz urban complex, it is essential to develop plans and tools to mitigate the effects of urban development and the associated threats. Additionally, the results of this study can serve as a management strategy to guide effective protection and planning in alignment with human activities and the environmental risks that arise from them.

Acknowledgments

The present research is based on the "Tehran-Alborz Urban Complex Plan" (No. 300/68048 QP with notification letter No. 300/88198 dated 2022/08/27 to the esteemed Deputy of Urban Planning and Architecture of the Ministry of Roads and Urban Development and the Iranian Center for Urban Planning and Architecture Studies and Research as consultants).

فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای
دوره دهم، شماره ۳۳، تابستان ۱۴۰۴، ص ۲۱۷-۲۴۱
www. urdp.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/urdp.2025.83888.1685

مقاله پژوهشی
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۴/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۷/۵
ISSN: 2476-5864
eISSN: 2476-6402

تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک و پیوستگی عملکرد زیستی در مجموعه شهری تهران-البرز

پروانه سبحانی * استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه لرستان، دانشکده منابع طبیعی، خرم‌آباد، ایران.

افشین دانه‌کار استاد گروه محیط‌زیست، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، کرج، ایران.

چکیده

ازهم‌گسیختگی و کاهش عملکرد بوم‌شناختی در مناطق شهری یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از منابع ارزشمند اکولوژیک است و راهبردهای مؤثر برای کنترل تکه‌تکه شدن و نابودی سرزمین در این مناطق مستلزم شناسایی منابع اکولوژیک و عملکردهای زیستی می‌باشد. در مجموعه شهری تهران-البرز با توجه به تقاضای بالا به تبدیل اراضی و ساخت فعالیت‌های صنعتی و سکونتگاهی، افزایش تهدید زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی، تولید انواع زباله‌ها و پسماندهای شهری و سایر فشارهای وارده به منطقه تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک و ارزیابی پیوستگی عملکرد زیستی را الزامی می‌دارد. بر این اساس در مطالعه حاضر به شناسایی منابع حساس و اکولوژیک و تهیه نقشه شبکه اکولوژیک پرداخته شد و در ادامه پیوستگی عملکرد زیستی در این مجموعه موردبررسی قرار گرفت. مطابق نتایج، عمده‌ترین منابع حساس و اکولوژیک در این مجموعه شهری، شامل مناطق تحت حفاظت ازجمله پارک ملی، اثر طبیعی ملی، منطقه حفاظت‌شده، پناهگاه حیات‌وحش، منطقه شکارممنوع و همچنین ذخایر حفاظتی جنگلی می‌باشد. همچنین نواحی شمال و شمال شرق منطقه که از پراکندگی مناطق تحت حفاظت و ذخایر زیستی بیشتری برخوردارند، دارای اهمیت اکولوژیک بالاتر و همچنین حساسیت زیستی بیشتری نسبت به روند شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های انسانی هستند. در مقابل نواحی مرکزی و جنوبی منطقه که دارای پراکندگی منابع ارزشمند اکولوژیک کمتری می‌باشند، در درجه اهمیت طبقهٔ متوسط و کم قرار گرفته‌اند. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، مناطق حساس زیستی دارای بالاترین ضریب اهمیت می‌باشند و به ترتیب پوشش‌های گیاهی، منابع آبی و منابع باارزش تاریخی و فرهنگی نیز در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند. همچنین تحلیل عملکرد و پیوستگی اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز حاکی از آن است که در بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۲ پیوستگی اکولوژیک در این منطقه کاهش‌یافته است. با توجه به این‌که شبکه مناطق حساس زیستی در مجموعه شهری تهران-البرز از اهمیت بالایی برخوردارند، بنابراین انجام برنامه‌ریزی و فراهم کردن ابزارهای مناسب برای کاهش اثرات توسعه شهری و تهدیدات ناشی از آن امری ضروری است. همچنین نتایج این تحلیل می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریتی به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه فعالیت‌های انسانی و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک کند.

کلیدواژه‌ها: شبکه اکولوژیک، عملکردهای زیستی، مناطق شهری، مجموعه شهری تهران-البرز

نویسنده مسئول: sobhani.pa@lu.ac.ir

مقدمه

افزایش رشد سریع جمعیت و توسعه شهرنشینی، باعث تغییرات عمده‌ای در عملکرد شبکه‌های اکولوژیک شده است، که به دنبال آن تهدید محیط‌زیست در مقیاس‌های فضایی و زمانی از طریق تغییرات آب و هوایی، از دست دادن زیستگاه حیات‌وحش و تنوع زیستی را به همراه داشته است (Ruas et al., 2022:12; Cheng et al., 2023: 8). این امر موجب ایجاد اثرات برگشت‌ناپذیری بر محیط‌زیست و اکوسیستم‌های طبیعی سرزمین شده است که نتیجه آن پیامدهایی چون کاهش فرآیندهای بوم‌شناختی، نابودی گونه‌ها و تضعیف خدمات اکوسیستمی می‌باشد (Assennato et al., 2022: 5). در دهه‌های اخیر شبکه‌های اکولوژیک شهری، به‌عنوان ابزاری برای حفاظت از عناصر اکولوژیک ساختار شهری در پاسخ به انقطاع و نابودی آن می‌باشد (Li et al., 2024:23; Yang et al., 2024: 10).

شهر متشکل از سیستم‌های باز و زنده و تلفیقی از سیستم‌های اجتماعی-اکولوژیک است که روند شتاب‌زده توسعه شهری موجب تغییر کاربری اراضی و در نتیجه آسیب رسیدن به ساختار، عملکرد و فرآیندهای اکولوژیک می‌شود (Wang et al., 2023: 17). از طرفی افزایش فعالیت‌های انسانی باعث بروز اختلال‌های ساختاری، ازجمله تکه‌تکه شدن سرزمین و اراضی طبیعی شده است (Chen et al., 2022: 6). ازآنجاکه رشد و توسعه شهری امری اجتناب‌ناپذیر است، بنابراین پیشگیری از عوارض و تغییرات غیرقابل‌جبران در ساختار و عملکرد فرآیند اکولوژیک بستر شهر و هماهنگ کردن محیط انسان‌ساخت با محیط طبیعی، امری ضروری است (Omidpour et al., 2020: 21; Singh et al., 2024: 11).

امروزه بحث پایداری معطوف به میزان توسعه در مناطق شهری است، زیرا عامل اصلی ناپایداری در جهان شهرها هستند (Hariram et al., 2023: 4). چنانچه این روند متناسب با توان اکولوژیک محیط نباشد به ناپایداری منجر خواهد شد و گسترش نابودی محیط‌زیست و منابع طبیعی را به همراه خواهد داشت (Danehkar & Sobhani, 2024: 41). بر این اساس، تحقق الگوی بومی شهر اکولوژیک که شهری سالم و پایدار می‌باشد، نیازمند بازنگری و اصلاح روابط موجود بین اجزای سیستم‌های شهری و رابطه شهر با محیط‌زیست، شهرها و مناطق جهان است (Pallathadka et al., 2023: 15).

محیط‌زیست مجموعه‌ای به‌هم‌پیوسته، زنده و پویا است که در کنش و واکنشی دائمی با اجزای درونی و بیرونی خود قرار دارد (Niu et al., 2022: 8). آینده محیط‌زیست در کنش و واکنش بین اجزای سازنده و اجزای اثرگذار آن ساخته می‌شود (Singh, 2024: 13). ازاین‌رو، رشد شهری و اثرات مخرب شهرنشینی بر اهمیت برنامه‌ریزی شهری پایدار و متعادل‌کننده عوامل محیط‌زیستی، اجتماعی، فرهنگی و اقتصادی تأکید دارد (Kalfas et al., 20231: 4).

پیشینه پژوهش

با توجه به اهمیت عملکرد شبکه اکولوژیک شهری، برخی از محققان به انجام مطالعاتی در این زمینه پرداخته‌اند که می‌توان به پژوهش Khayat Moghaddam (۲۰۲۴) در بررسی مفاهیم شبکه اکولوژیک شهری و خدمات اکوسیستم در ارتقاء تاب‌آوری شهری اشاره نمود. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که شهر به‌عنوان یک اختلال در سیستم اکولوژیک طبیعی نیازمند برنامه‌ریزی و مدیریت بر اساس اصول اکولوژی منظر است تا به‌واسطه برقراری تعادل بین خدمات اکوسیستم (درونی و بیرونی شهر) و خدمات انسانی (درون شهر) منجر به افزایش تاب‌آوری شهر شود. در مطالعه‌ای دیگر Zahedi-Kalaki و همکاران (۲۰۲۳) به ارزیابی تغییرات ساختار اکولوژیک شهر بهشهر جهت بهبود پیوستگی منظر و ارتقای تاب‌آوری محیط‌زیستی پرداختند. نتایج نشان داد که عناصر ساختار اکولوژیک به‌ویژه لکه‌های زراعی، باغات و فضای سبز شهر بهشهر از توزیع فضایی مطلوبی برخوردار نمی‌باشد و طی دوره زمانی موردمطالعه پیوستگی اکولوژیک آن کاهش‌یافته است. Hong و همکاران (۲۰۲۲) نیز تاب‌آوری ساختار شبکه اکولوژیک شهری را موردبررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که فعالیت‌های انسانی در اکوسیستم‌های شهری منجر به تکه‌تکه شدن اکولوژیک عرصه‌های زیستی شده است، ازاین‌رو باید ارتباط پایداری بین محیط‌های طبیعی و توسعه شهری ایجاد شود تا تاب‌آوری شبکه‌های اکولوژیک شهری افزایش یابد. همچنین Huang و همکاران (۲۰۲۱)، به ارزیابی

و بهینه‌سازی شبکه اکولوژیک شهری در راستای پایداری سیمای سرزمین پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که توسعه شهری هماهنگ با طرح بهینه‌سازی شبکه اکولوژیک می‌تواند حفاظت از محیط‌زیست و افزایش پایداری عملکرد اکولوژیک شهری را به همراه داشته باشد.

مطابق مطالعات صورت گرفته، در نواحی شهری، ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌های طبیعی و ایجاد تغییر در چرخهٔ انرژی و مواد غذایی موجب اختلال در عملکردهای بیوفیزیکی شده و کاهش تاب‌آوری سیستم را به دنبال دارد. تقویت شبکه‌های اکولوژیک شهری که بر پایهٔ اصول اکولوژی منظر مطرح شده‌اند، عاملی برای حفظ فرآیندهای طبیعی و عملکردهای بیوفیزیکی در شهر محسوب شده و با ایجاد تعادل میان خدمات انسانی و اکوسیستمی، به ارتقاء توانایی سیستم برای مقابله با فشارهای محیط‌زیستی انجامیده و افزایش تاب‌آوری آن را به همراه دارد. کم‌توجهی به مسائل محیط‌زیستی هزینه‌های جبران‌ناپذیری را به جامعه وارد می‌کند، ازاین‌رو تبیین جایگاه و اهمیت توجه به شبکهٔ اکولوژیک شهری در برنامه‌ها و طرح‌های توسعهٔ فعالیت‌های انسانی می‌تواند تصمیم‌گیران را در اتخاذ تصمیمات راهبردی و برنامه‌ریزی برای دستیابی به شهری پایدار کمک نماید. در این راستا، هدف از پژوهش حاضر، تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک و پیوستگی عملکرد زیستی در مجموعه شهری تهران-البرز به‌منظور شناسایی مهم‌ترین منابع حساس و اکولوژیک در منطقه، بر اساس حساسیت اکولوژیک و میزان تأثیرپذیری این منابع از توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های انسانی است.

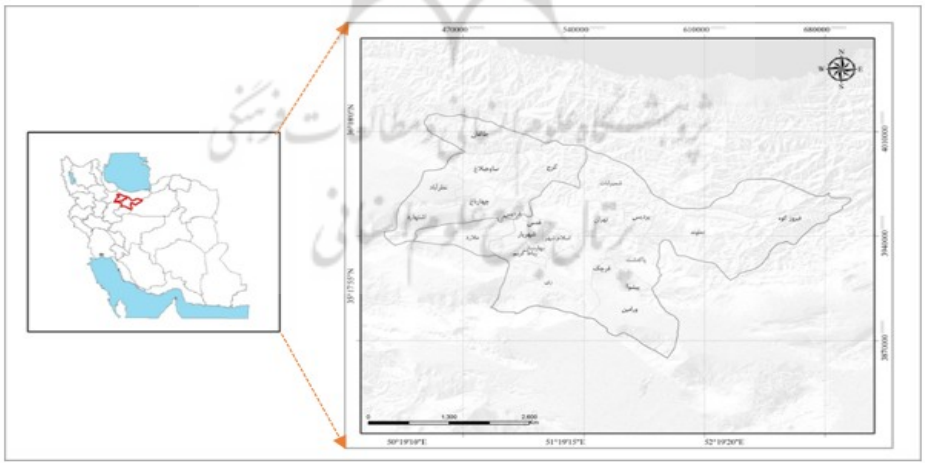
در مجموعه شهری تهران-البرز با توجه به تقاضای بالا به تبدیل اراضی و ساخت فعالیت‌های صنعتی و سکونتگاهی، افزایش تهدید زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی، تولید انواع زباله‌ها و پسماندهای شهری، تشدید روند آلودگی‌های آب، خاک و هوا، تخریب زیستگاه‌های حساس و کاهش تنوع زیستی و افزایش فشار بهره‌وری از منابع آب زیرزمینی و توسعه شهرنشینی، تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک و ارزیابی پیوستگی عملکرد زیستی در این منطقه را الزامی می‌دارد. بر این اساس در مطالعه حاضر به شناسایی

منابع حساس و اکولوژیک و تهیه نقشه شبکه اکولوژیک در مجموعه شهری تهران–البرز پرداخته شد. در ادامه پس از تعیین درجه اهمیت این منابع به ارزیابی عملکرد و پیوستگی اکولوژیک در این منطقه بر اساس موانع اکولوژیک موجود اقدام گردید.

مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی

مجموعه شهری تهران–البرز با ۲۳ شهرستان و ۱۵۹۸۰۰۳۷ نفر جمعیت در دامنه‌های جنوبی البرز واقع شده است که از شمال با استان مازندران، از غرب با استان‌های قزوین و مرکزی، از جنوب با استان قم و از سمت شرق با استان سمنان همسایه است (Statistical Center of Iran, 2016: 27). این مجموعه به دلیل مرکزیت اداری و مدیریتی کشور و تمرکز جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، از موقعیت منحصربه‌فردی در میان سایر استان‌های کشور برخوردار است. این محدوده همچنین دارای شرایط جغرافیایی و توپوگرافیک ویژه‌ای می‌باشد که بستر مناسبی را برای توسعه انواع کاربری‌ها و تمرکز جمعیت فراهم کرده است. در شکل ۱، موقعیت جغرافیایی مجموعه شهری تهران–البرز نمایش داده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه

روش‌شناسی

در این مطالعه ابتدا به شناسایی نواحی برخوردار از منابع حساس (آثار برجسته تاریخی و فرهنگی) و اکولوژیک (پوشش گیاهی، منابع آبی و مناطق تحت حفاظت و مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست) پرداخته شد و نواحی طبیعی و غیرطبیعی که می‌توانند نقش کریدور اکولوژیک را داشته باشند، مورد شناسایی قرار گرفت. به‌عبارت‌دیگر نواحی دارای عملکرد اکولوژیک به نواحی از سرزمین گفته می‌شود که امکان حفظ تنوع زیستی از طریق این کریدورهای زیستی وجود داشته باشد. انتخاب معیارهای شناسایی مناطق حساس و اکولوژیک بر اساس مطالعات نظری و سوابق موجود (Liu et al., 2024:12; Sobhani & Danehkar, 2023:8) و همچنین به‌منظور نقشه‌سازی نواحی دارای عملکرد اکولوژیک، از دو معیار کمی شامل حداقل مساحت (۲۵ تا ۲۰۰ هکتار) با توجه به مقیاس نقشه و مرور منابع مطالعاتی (Virgós et al., 2002:18; Marulli & Mallarach, 2006:129; Huang et al., 2022: 10) و همچنین در نظر گرفتن حداقل ۳۰ درصد از طبقات تعیین‌شده، استفاده شد. در ادامه به بررسی عوامل انسان‌ساخت ناشی از توسعه فعالیت‌های انسانی و رشد شهرنشینی به‌عنوان عمده‌ترین موانع اکولوژیک در منطقه پرداخته شد. پس از شناسایی مهم‌ترین منابع حساس و اکولوژیک در منطقه، بر اساس حساسیت اکولوژیک و میزان تأثیرپذیری این منابع از توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های انسانی (فاصله از موانع اکولوژیک)، به تعیین درجه اهمیت منابع حساس و اکولوژیک در سه‌طبقهٔ زیاد، متوسط و کم اقدام گردید. در مطالعه حاضر، به‌طورکلی منابع پایه شناسایی‌شده شامل منابع باارزش تاریخی و فرهنگی (آثار تاریخی و باستانی)، پوشش گیاهی (پوشش‌های جنگلی و مرتعی)، منابع آبی (رودخانه، دریاچه و تالاب) و مناطق حساس زیستی (مناطق تحت حفاظت (پارک ملی، اثر طبیعی ملی، منطقه حفاظت‌شده، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه شکارممنوع) و ذخایر حفاظتی جنگلی) به‌عنوان منابع حساس و اکولوژیک شناسایی‌شده و موانع اکولوژیک نیز شامل اراضی زراعی، مناطق ساخته‌شده، مناطق مسکونی، مناطق شهری، واحدهای کارگاهی و صنعتی و راه‌های دسترسی می‌باشد.

در ادامه بر اساس حساسیت اکولوژیک و میزان تأثیرپذیری منابع اکولوژیک از توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های انسانی، به تعیین درجه اهمیت منابع حساس و اکولوژیک در سه‌طبقه زیاد، متوسط و کم پرداخته شد. همچنین ضریب وزنی به هر یک از این منابع حساس و اکولوژیک توسط کارشناسان و متخصصان اختصاص داده شد.

ارزیابی عملکرد، اثر موانع و پیوستگی اکولوژیک

به‌منظور محاسبه شاخص پیوستگی سیمای سرزمین، ابتدا شاخص پایه (ECI_b)[1] با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید. این شاخص برای محاسبه پیوستگی اکولوژیک نواحی جغرافیایی مختلف کاربرد دارد و یک شاخص موضوعی برای نواحی عملکرد اکولوژیک محسوب می‌شود.

$$ECI_b = 10 - 9\frac{\ln(1+X_i)}{\ln(1+X_t)^3}$$ رابطه ۱)

در این رابطه xi بیشترین ارزش فاصله-هزینه تعدیل‌شده و ECI_b شاخص پیوستگی پایه می‌باشد، که بعد از محاسبه آن می‌توان ECI_a شاخص مطلق را با استفاده از رابطه ۲ محاسبه نمود و نتایج کمی آن را در مقیاس ۱ تا ۱۰ و به‌صورت اعداد صحیح نمایش داد. ازاین‌رو می‌توان از آن برای مقایسه مناطق مختلف و یا حتی یک منطقه در طول یک دوره زمانی استفاده نمود و به‌عبارت‌دیگر این شاخص، مجموع شاخص‌های محاسبه‌شده پایه برای نواحی عملکردی می‌باشد. در رابطه زیر m تعداد نواحی عملکرد اکولوژیک است که ارزش‌های این شاخص هدفمند بوده و در برنامه‌ریزی سیمای سرزمین، به‌ویژه برای حفاظت و مدیریت تنوع زیستی در مقیاس سیمای سرزمین قابل‌استفاده است.

$$ECI_a = \sum_{m=1}^{m=n} ECI_b \Big/ m$$ رابطه ۲)

1. Ecological Continuity Index (ECI)

نتایج

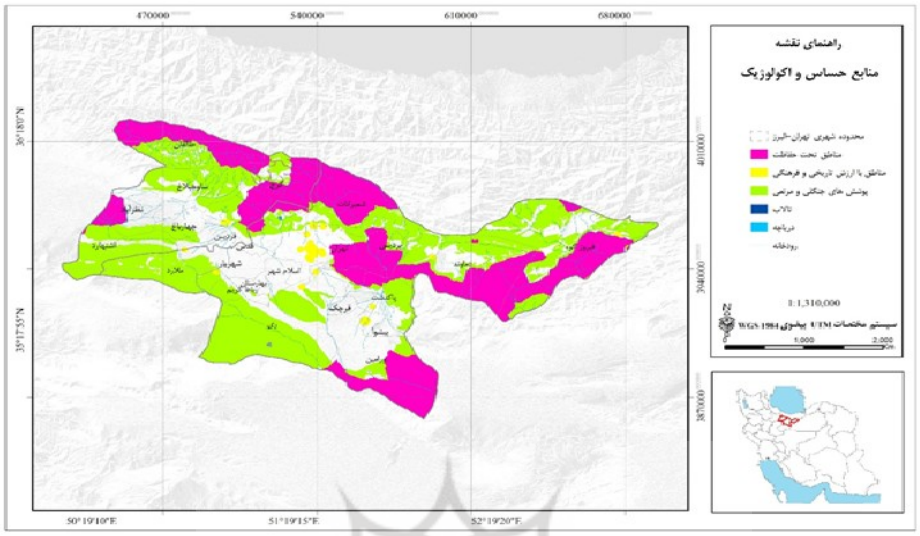
شناسایی منابع حساس و اکولوژیک

در مجموعه شهری تهران-البرز، منابع حساس و اکولوژیک شناسایی شده شامل منابع باارزش تاریخی و فرهنگی (آثار تاریخی و باستانی)، پوشش گیاهی (پوشش‌های جنگلی و مرتعی)، منابع آبی (رودخانه، دریاچه و تالاب) و مناطق حساس زیستی (مناطق تحت حفاظت (پارک ملی، اثر طبیعی ملی، منطقه حفاظت‌شده، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه شکارممنوع) و ذخایر حفاظتی جنگلی) می‌باشد (جدول ۱). در شکل ۲ نیز نقشه این منابع نمایش داده شده است. علاوه بر این، از موانع اکولوژیک در این مجموعه می‌توان به اراضی زراعی، مناطق ساخته شده، مناطق مسکونی، مناطق شهری، واحدهای کارگاهی و صنعتی و راه‌های دسترسی اشاره نمود (شکل ۳).

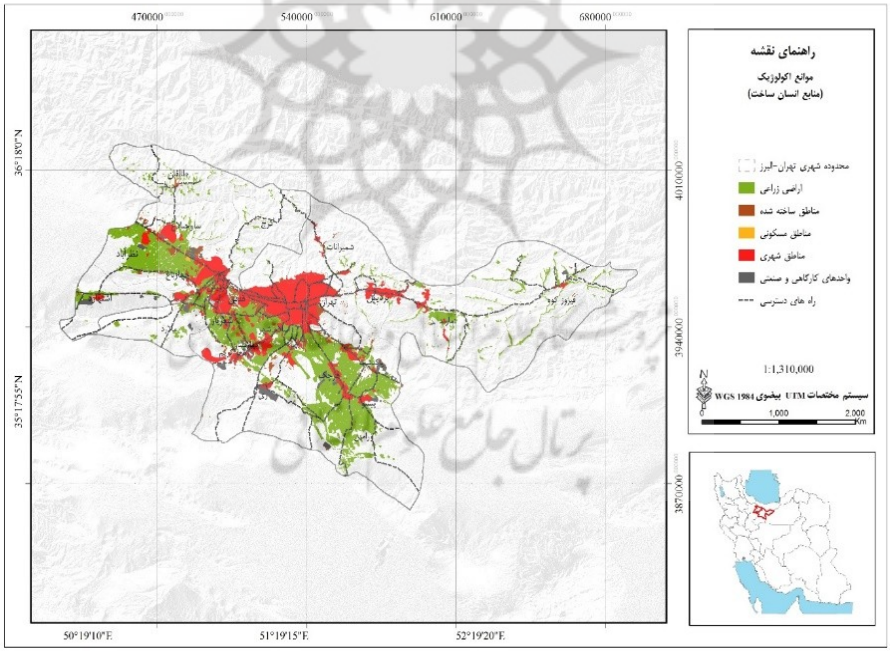
جدول ۱- منابع حساس و اکولوژیک شناسایی‌شده در مجموعه شهری تهران-البزر

منابع حساس و اکولوژیک	طبقات
منابع باارزش تاریخی و فرهنگی	آثار تاریخی و باستانی
پوشش گیاهی	پوشش‌های جنگلی و مرتعی
منابع آبی	رودخانه، دریاچه و تالاب
مناطق حساس زیستی	مناطق تحت حفاظت (پارک ملی، اثر طبیعی ملی، منطقه حفاظت‌شده، پناهگاه حیات‌وحش و منطقه شکارممنوع) و ذخایر حفاظتی جنگلی

پرتال جامع علوم انسانی



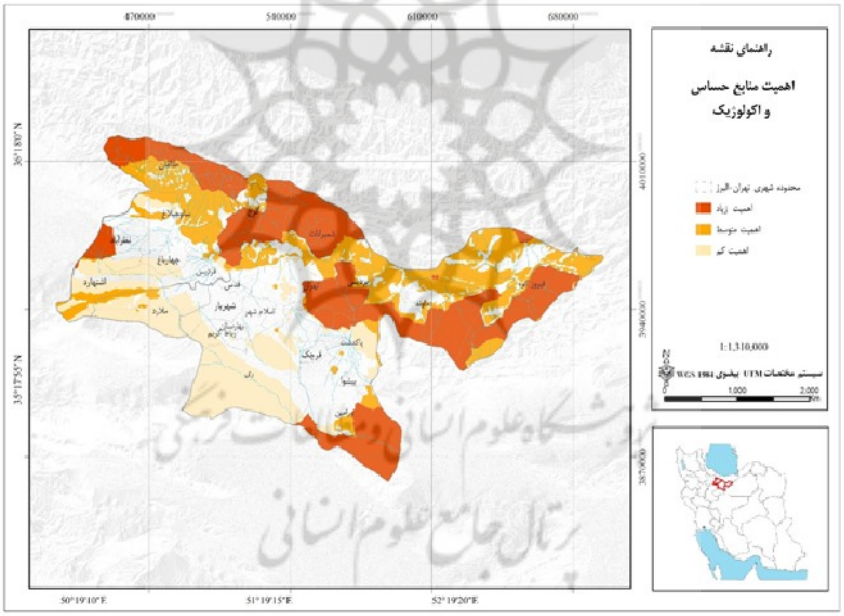
شکل ۲- نقشه منابع حساس و اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز



شکل ۳- نقشه موانع اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز

تعیین درجه اهمیت منابع حساس و اکولوژیک

بر اساس حساسیت اکولوژیک و میزان تأثیرپذیری منابع اکولوژیک از توسعه شهرنشینی و فعالیت‌های انسانی، مطابق شکل ۴ به تعیین درجه اهمیت منابع حساس و اکولوژیک پرداخته شد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، نواحی شمال و شمال شرق منطقه که از پراکندگی مناطق تحت حفاظت و ذخایر زیستی بیشتری برخوردارند، دارای اهمیت اکولوژیک بالاتر و همچنین حساسیت زیستی بیشتری نسبت به روند شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های انسانی می‌باشند. در مقابل نواحی مرکزی و جنوبی منطقه که دارای پراکندگی منابع ارزشمند اکولوژیک کمتری هستند، در درجه اهمیت طبقهٔ متوسط و کم قرار گرفته است.



شکل ۴- نقشه اهمیت منابع حساس و اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز

تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک

در این مرحله به تعیین شبکه اکولوژیک مجموعه شهری تهران-البرز با توجه به ضریب اهمیت منابع حساس و اکولوژیک و درصد نقاط داغ زیستی[1] در این منطقه پرداخته شد. شبکه اکولوژیک این منطقه بر اساس الگوی سیمای سرزمین از لکه‌ها (هسته‌های اکولوژیک) و کریدورها (گذرگاه‌های اکولوژیک) تهیه‌شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، بر اساس نظرات کارشناسان و متخصصان و همچنین ممنوعیت‌های زیستی و درجه حساسیت اکولوژیک، مناطق حساس زیستی دارای بالاترین ضریب اهمیت می‌باشند و به ترتیب پوشش‌های گیاهی، منابع آبی و منابع باارزش تاریخی و فرهنگی نیز در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند (جدول ۱). همچنین نتایج تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک نشان داد که در مناطق حساس زیستی بیشترین تعداد هسته و کریدور اکولوژیک با بیشترین وسعت توزیع‌شده است. درحالی‌که کمترین تعداد هسته و کریدور اکولوژیک مربوط به منابع باارزش تاریخی و فرهنگی می‌باشد (جدول ۲). در شکل ۳ نیز شبکه اکولوژیک مجموعه شهری تهران-البرز نمایش داده‌شده است. همان‌طور که در این شکل نشان می‌دهد، مهم‌ترین لکه‌های اکولوژیک با بیشترین پراکندگی و کریدور، دارای هسته‌های اکولوژیک با سایز بزرگ‌تر و در مقابل لکه‌های اکولوژیک بااهمیت کمتر، سایز کوچک‌تری را نمایش می‌دهند. تحلیل ارتباط این منابع با توجه به ضریب اهمیت وزنی آن‌ها نیز دارای رابطهٔ مستقیم و معناداری است.

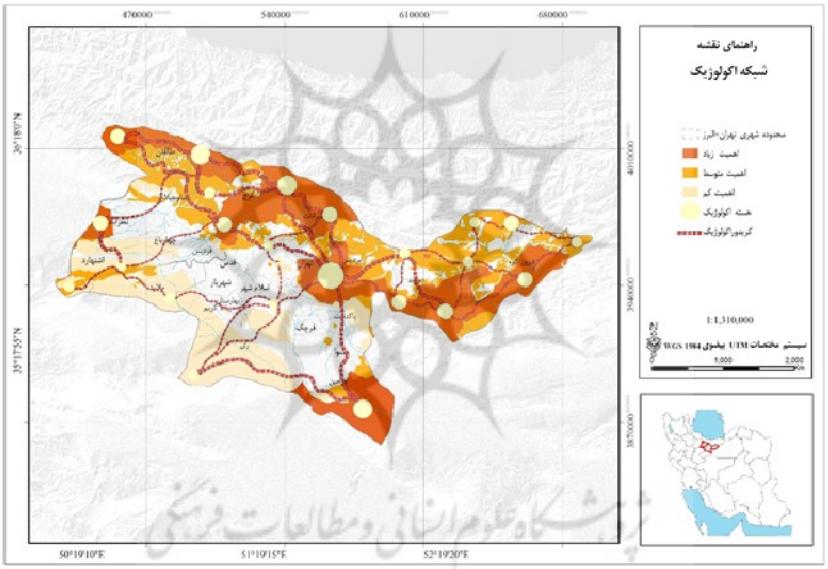
جدول ۱- ضریب وزنی اهمیت منابع حساس و اکولوژیک

منابع حساس و اکولوژیک	ضریب وزنی
منابع باارزش تاریخی و فرهنگی	۰/۱۱
پوشش گیاهی	۰/۳۲
منابع آبی	۰/۲۱
مناطق حساس زیستی	۰/۴۵

1. Hot Spot

جدول ۲- تحلیل ساختار هسته و کریدور شبکه اکولوژیک مجموعه شهری تهران-البزر

منابع حساس و اکولوژیک	تعداد هسته اکولوژیک (Node)	تعداد کریدور اکولوژیک (Corridor)	طول کریدورها (Km)
منابع باارزش تاریخی و فرهنگی	۱	۴	۷۰
پوشش گیاهی	۴	۸	۳۵۰
منابع آبی	۲	۵	۱۸۰
مناطق حساس زیستی	۱۴	۱۸	۸۰۰



شکل ۳- شبکه اکولوژیک مجموعه شهری تهران-البزر

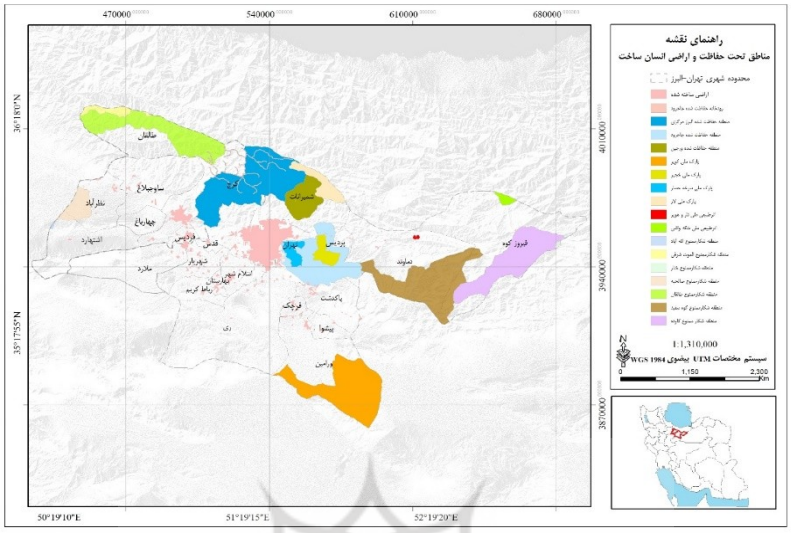
تحلیل عملکرد و پیوستگی اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز

در این مطالعه به بررسی عملکردهای اکولوژیک، اثر موانع و پیوستگی سیمای سرزمین در مجموعه شهری تهران-البرز پرداخته شد. مطابق بررسی‌های صورت گرفته در سال ۱۳۷۹، ۶۲۷ کیلومترمربع (۳/۳۲ درصد) از سطح منطقه شامل منابع انسان‌ساخت (اراضی ساخته‌شده) می‌باشد که از این وسعت، ۰/۰۵ درصد (۱۰ کیلومترمربع) از مناطق

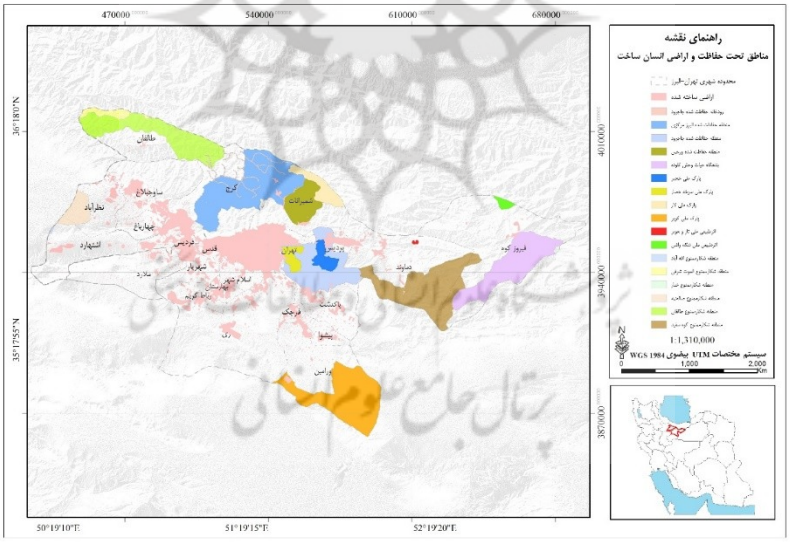
تحت حفاظت در معرض تهدید قرار گرفته است (شکل ۴ و جدول ۳). همچنین در سال ۱۴۰۲، منابع انسان‌ساخت ۲۰۴۶ کیلومترمربع (۱۰/۸۵ درصد) از سطح منطقه را دربر می‌گیرد و ۰/۴ درصد (۷۸ کیلومترمربع) از مناطق تحت حفاظت را تحت تأثیر قرار داده است که بیشترین وسعت آن در مجاورت منطقه حفاظت‌شده جاجرود (در اطراف پارک‌های ملی خجیر و سرخه‌حصار) قابل‌مشاهده است (شکل ۵ و جدول ۴). همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۲ عملکرد و پیوستگی اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز کاهش، و در مقابل اثر موانع از روند افزایشی برخوردار بوده است. بدین ترتیب بیشترین مقدار به عملکرد اکولوژیک با ۵۸/۴۲ درصد، پیوستگی اکولوژیک با ۵۳/۴۱ درصد و اثر موانع با ۲۳/۱۱ درصد اختصاص‌یافته است که در این میان بیشترین کاهش مربوط به پیوستگی اکولوژیک با اختلاف ۱۳/۱۱ درصد در بین سال‌های موردمطالعه است (شکل ۶ و ۷). بر این اساس با توجه به عملکردهای اکولوژیک و موانع موجود، بیشترین وسعت از منطقه تحت تأثیر موانع اکولوژیک می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به رشد شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های انسانی در منطقه اشاره نمود.

جدول ۳- مناطق تحت حفاظت محیط‌زیست و منابع انسان‌ساخت در محدوده موردمطالعه (سال‌های ۱۳۷۹-۱۴۰۲)

طبقه	سال	مساحت (کیلومترمربع)	درصد
مناطق تحت حفاظت در معرض تهدید	۱۳۷۹	۱۰	۰/۰۵
منابع انسان‌ساخت (اراضی ساخته‌شده)		۶۲۷	۳/۳۲
مناطق تحت حفاظت در معرض تهدید	۱۴۰۲	۷۸	۰/۴
منابع انسان‌ساخت (اراضی ساخته‌شده)		۲۰۴۶	۱۰/۸۵



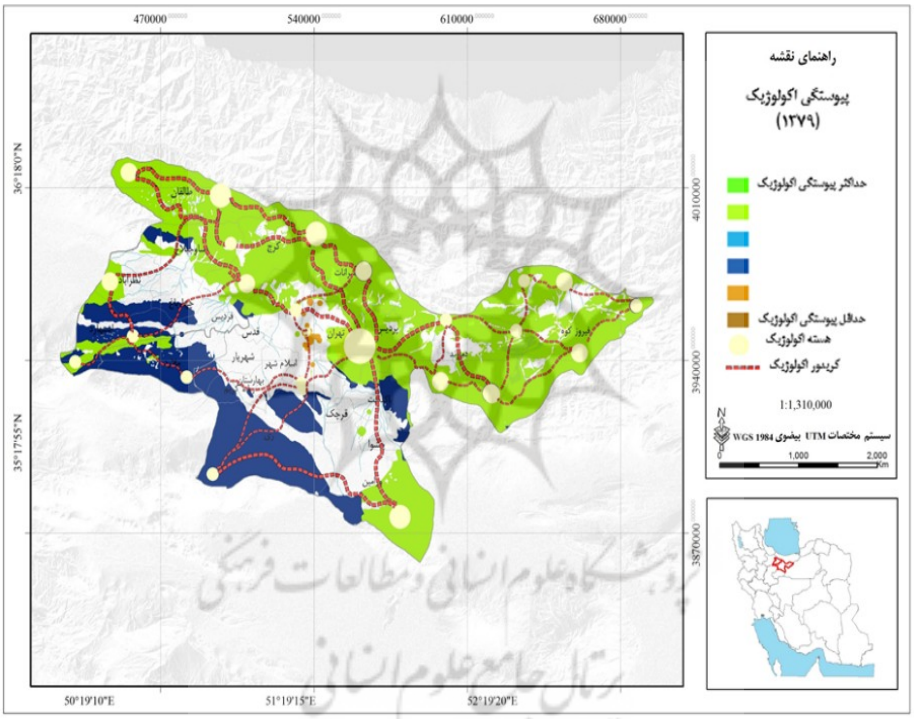
شکل ۴- مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست و منابع انسان‌ساخت در محدوده موردمطالعه (سال ۱۳۷۹)



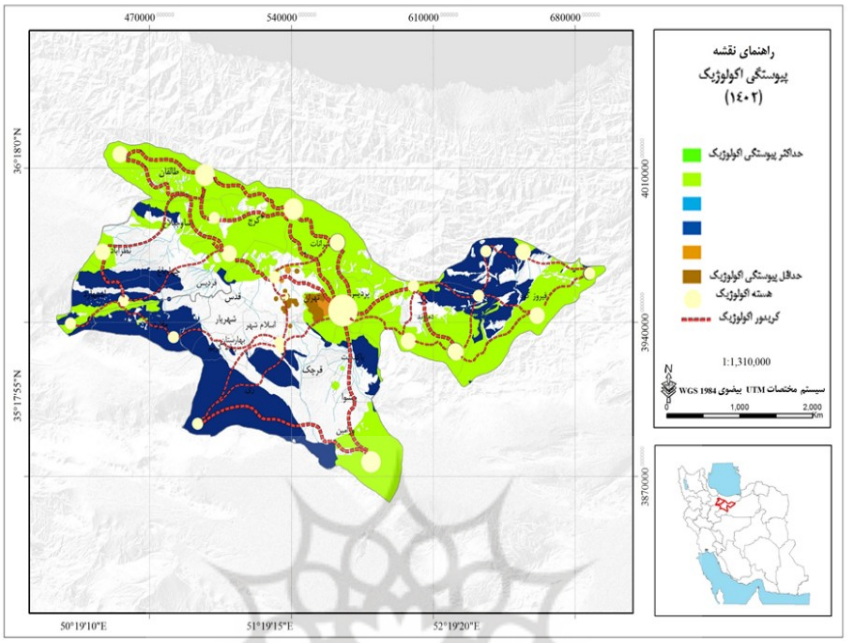
شکل ۵- مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست و منابع انسان‌ساخت در محدوده موردمطالعه (سال ۱۴۰۲)

جدول ۴-درصد عملکردهای اکولوژیک، اثر موانع و پیوستگی اکولوژیک در محدوده موردمطالعه (سال‌های ۱۳۷۹-۱۴۰۲)

عملکردهای اکولوژیک		اثر موانع		پیوستگی اکولوژیک	
۱۳۷۹	۱۴۰۲	۱۳۷۹	۱۴۰۲	۱۳۷۹	۱۴۰۲
۷۰/۲۳	۵۸/۴۲	۱۰/۳۷	۲۳/۱۱	۶۶/۵۲	۵۳/۴۱



شکل ۶- وضعیت پیوستگی اکولوژیک در محدوده موردمطالعه (سال ۱۳۷۹)



نقشه ۷- وضعیت پیوستگی اکولوژیک در محدوده موردمطالعه (سال ۱۴۰۲)

بحث و نتیجه‌گیری

ازهم‌گسیختگی و کاهش عملکرد بوم‌شناختی در مناطق شهری یکی از تهدیدهای مهم برای حفاظت از منابع ارزشمند اکولوژیک در این مناطق است (Theodorou, 2022:15). بنابراین احیای اتصالات و حفظ کریدورها در بین لکه‌های زیستگاهی، راهبردهای مؤثری برای کنترل تکه‌تکه شدن و نابودی سرزمین می‌باشد که این امر مستلزم شناسایی منابع اکولوژیک و عملکردهای زیستی در منطقه است. بر این اساس در مطالعه حاضر به شناسایی منابع حساس و اکولوژیک و تهیه نقشه شبکه اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز پرداخته شد و در ادامه پیوستگی عملکرد زیستی در این مجموعه موردبررسی قرار گرفت.

همان‌طور که نتایج نشان داد عمده‌ترین منابع حساس و اکولوژیک در این منطقه، شامل مناطق تحت حفاظت ازجمله پارک ملی، اثر طبیعی ملی، منطقه حفاظت‌شده، پناهگاه حیات‌وحش، منطقه شکارممنوع و همچنین ذخایر حفاظتی جنگلی می‌باشند که این مناطق به دلیل محدودیت‌های زیستی و اهمیت اکولوژیک بالا باید در اولویت حفاظت قرار گیرد. در راستای نتایج به‌دست‌آمده Sobhani و همکاران (۲۰۲۲) بیان کردند که در طی دهه‌های اخیر، تقاضای جوامع انسانی به دلیل افزایش رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی به اکوسیستم‌های بکر طبیعی و مناطق تحت حفاظت به‌شدت افزایش‌یافته است که به دنبال آن منجر به افزایش تخریب زیستگاه‌های باارزش زیستی و اکوسیستم‌های طبیعی، انقراض آخرین ذخایر ژنتیکی بازمانده و درمجموع ناپایداری در این مناطق شده است.

نتایج درجه حساسیت اکولوژیک منابع نشان داد که نواحی شمال و شمال شرق منطقه که از پراکندگی مناطق تحت حفاظت و ذخایر زیستی بیشتری برخوردارند، دارای اهمیت اکولوژیک بالاتر و همچنین حساسیت زیستی بیشتری نسبت به روند شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های انسانی می‌باشند. در مقابل نواحی مرکزی و جنوبی منطقه که دارای پراکندگی منابع ارزشمند اکولوژیک کمتری هستند، در درجه اهمیت طبقهٔ متوسط و کم قرار گرفته‌اند. نتایج به‌دست‌آمده با مطالعات Sadegh Oghli و همکاران (۲۰۱۹) نیز مطابقت دارد. آن‌ها بیان کردند که در نواحی شمالی منطقه به دلیل احداث بزرگراه، موقعیت فضایی، رشد جمعیت و مسئله تمرکزگرایی به‌شدت تحت تأثیر انواع فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است که جهت کنترل این فعالیت‌ها باید به برنامه‌ریزی و مدیریتی یکپارچه توسط مدیران و مسئولین حفاظت از این منطقه اقدام گردد.

شبکه اکولوژیک این منطقه بر اساس الگوی سیمای سرزمین از لکه‌ها (هسته‌های اکولوژیک) و کریدورها (گذرگاه‌های اکولوژیک) تهیه‌شده است. مطابق نتایج به‌دست‌آمده، مناطق حساس زیستی دارای بالاترین ضریب اهمیت می‌باشند و به ترتیب پوشش‌های گیاهی، منابع آبی و منابع باارزش تاریخی و فرهنگی نیز در اولویت‌های بعدی قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک نشان داد که در مناطق

حساس زیستی بیشترین تعداد هسته و کریدور اکولوژیک با بیشترین وسعت توزیع شده است. درحالی‌که کمترین تعداد هسته و کریدور اکولوژیک مربوط به منابع باارزش تاریخی و فرهنگی می‌باشد. در این راستا نتایج مطالعه Resende و همکاران (۲۰۲۱) نشان داد که حفظ شرایط طبیعی به‌ویژه حفظ اجتماعات زیستی و منابع ژنتیکی (گونه‌های گیاهی و حیات‌وحش) لازمه پایداری و حفظ تنوع زیستی در مناطق تحت حفاظت است ازاین‌رو این مناطق دارای بالاترین ضریب اهمیت اکولوژیک می‌باشند. همچنین در مطالعه‌ای دیگر Pulido-Chadid و همکاران (۲۰۲۳)، بیان کردند که مناطق تحت حفاظت باارزش‌ترین منابع تنوع زیستی و آخرین ذخایر ژنتیکی هر کشور می‌باشند که حفاظت و نظارت بر این مناطق امری ضروری است.

تحلیل عملکرد و پیوستگی اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز نشان داد که در سال ۱۳۷۹، ۳/۳۲ درصد از سطح منطقه شامل منابع انسان‌ساخت (اراضی ساخته‌شده) می‌باشد که از این وسعت، ۰/۰۵ درصد از مناطق تحت حفاظت در معرض تهدید قرار گرفته است. همچنین در سال ۱۴۰۲، منابع انسان‌ساخت ۱۰/۸۵ درصد از سطح منطقه را دربر می‌گیرد که ۰/۴ درصد از مناطق تحت حفاظت را تحت تأثیر قرار داده است و بیشترین وسعت آن در مجاورت منطقه حفاظت‌شده جاجرود (در اطراف پارک‌های ملی خجیر و سرخه‌حصار) قابل مشاهده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده منابع انسان‌ساخت به‌ویژه مناطق شهری و ساخت‌وسازها روند قابل‌ملاحظه‌ای را در منطقه نشان می‌دهد.

همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۴۰۲ عملکرد و پیوستگی اکولوژیک در مجموعه شهری تهران-البرز کاهش، و در مقابل اثر موانع از روند افزایشی برخوردار بوده است. بدین ترتیب بیشترین مقدار به عملکرد اکولوژیک با ۵۸/۴۲ درصد، پیوستگی اکولوژیک با ۵۳/۴۱ درصد و اثر موانع با ۲۳/۱۱ درصد اختصاص‌یافته است که در این میان بیشترین کاهش مربوط به پیوستگی اکولوژیک با اختلاف ۱۳/۱۱ درصد در بین سال‌های موردمطالعه است. بر این اساس با توجه به عملکردهای اکولوژیک و موانع موجود، بیشترین وسعت از منطقه تحت تأثیر موانع اکولوژیک می‌باشد که از دلایل آن

می‌توان به رشد شهرنشینی و توسعه فعالیت‌های انسانی در منطقه اشاره نمود. در این راستا نتایج مطالعه Sobhani و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که مجموعه شهری تهران-البرز به‌ویژه مناطق تحت حفاظت موجود در این منطقه، تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی تخریب و در معرض ازهم‌گسیختگی زیستگاه و کاهش عملکرد اکولوژیک می‌باشند که ادامه این روند منجر به نابودی تنوع زیستی و انقراض گونه‌های باارزش زیستی می‌گردد. در مطالعه‌ای دیگر Almenar و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند که رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی در مناطق شهری عمده‌ترین عامل کاهش عملکردهای اکولوژیک و تخریب زیستگاه در این مناطق است. امروزه بحث از پایداری و توسعه پایدار بدون توجه به توانمندی‌های محیط‌زیستی شهری بی‌معنی خواهد بود چرا که عامل اصلی ناپایداری در جهان توسعه بدون برنامه‌ریزی و بیش از ظرفیت محیط است. بدین ترتیب توسعه شهرنشینی و گسترش زیرساخت‌ها منجر به ازهم‌گسیختگی زیستگاه‌ها و نابودی موجودات زنده شده است (Finaned et al., 2023: 12; Sobhani & Danehkar, 2025: 5). ازهم‌گسیختگی بیش‌تر نتیجه فعالیت‌های انسانی همچون افزایش مناطق شهری و توسعه شهرنشینی در سیمای سرزمین می‌باشد که از طریق تغییر در توزیع فضایی عناصر ساختاری منجر به کاهش پیوستگی در سیمای سرزمین و همچنین کاهش میزان سهولت گردش مواد، انرژی و جانداران می‌شود (Sobhani, 2024: 52).

مطابق نتایج به‌دست‌آمده بررسی شبکه اکولوژیک در مقیاس سیمای سرزمین می‌تواند در اجرای مدیریت مؤثر مناطق شهری نقش بسیار مهمی داشته باشد. همچنین شناسایی و اولویت‌بندی منابع حساس و بااهمیت اکولوژیک نقش مهمی در حفظ و تقویت فرآیندهای اکولوژیک، کاهش تکه‌تکه شدن زیستگاه، و بهینه‌سازی تخصیص منابع برای حفاظت و مدیریت مؤثر اکولوژیک ایفا می‌نماید. با توجه به این‌که شبکه مناطق حساس زیستی در مجموعه شهری تهران-البرز از اهمیت بالایی برخوردارند، بنابراین انجام برنامه‌ریزی و فراهم کردن ابزارهای مناسب برای کاهش اثرات توسعه شهری و تهدیدات ناشی از آن امری ضروری است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده شناسایی و تحلیل شبکه

اکولوژیک در این مجموعه شهری می‌تواند امکان تحلیل اصولی از فعالیت‌های توسعه‌ای برای افزایش رفاه انسانی را از طریق حفظ پیوستگی زیستگاه و افزایش پایداری در سرزمین فراهم نماید. همچنین نتایج این تحلیل به‌عنوان یک راهکار مدیریتی به حفاظت و برنامه‌ریزی صحیح در راستای توسعه فعالیت‌های انسانی و به دنبال آن مخاطرات و پیامدهای محیطی کمک می‌کند.

تعارض منافع

نویسندگان این مقاله اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تعارض منافعی در ارتباط با این مطالعه وجود ندارد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر بر پایه "طرح مجموعه شهری تهران-البرز" (به شماره ۶۸۰۴۸/۳۰۰ ق‌پ با نامه ابلاغ شماره ۸۸۱۹۸/۳۰۰ مورخ ۱۴۰۱/۰۶/۰۵ به کارفرمایی معاونت محترم شهرسازی و معماری وزارت راه و شهرسازی و مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران به‌عنوان مشاور) تدوین شده است.

ORCID
Parvaneh Sobhani https://orcid.org/0000-0001-9878-3768
Afshin Danehkar https://orcid.org/0000-0003-0641-9286

منابع

- Almenar, J. B., Bolowich, A., Elliot, T., Geneletti, D., Sonnemann, G., & Rugani, B. (2019). Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning. Landscape and Urban Planning, 189, 335-351.
- Assennato, F., Smiraglia, D., Cavalli, A., Congedo, L., Giuliani, C., Riitano, N., & Munafò, M. (2022). The impact of urbanization on land: a biophysical-based assessment of ecosystem services loss supported by remote sensed indicators. Land, 11(2), 236.
- Chen, B., Jing, X., Liu, S., Jiang, J., & Wang, Y. (2022). Intermediate human activities maximize dryland ecosystem services in the long-term land-use change: Evidence from the Sangong River watershed, northwest China. Journal of Environmental Management, 319, 115708.
- Cheng, Y., Kang, Q., Liu, K., Cui, P., Zhao, K., Li, J., & Ni, Q. (2023). Impact of Urbanization on Ecosystem Service Value from the Perspective of Spatio-Temporal Heterogeneity: A Case Study from the Yellow River Basin. Land, 12(7), 1301.
- Danekar, A., Sobhani, P. (2024). Assessing the ecological potential and balancing the development of macro-uses in the Tehran-Alborz urban complex. Geographical Spatial Planning, 14 (4), 37-57. [In Persian]
- Finand, B., Loeuille, N., Bocquet, C., Fédérici, P., Ledamoisel, J., & Monnin, T. (2024). Habitat fragmentation through urbanization selects for low dispersal in an ant species. Oikos, 2024(3), e10325.
- Hariram, N. P., Mekha, K. B., Suganthan, V., & Sudhakar, K. (2023). Sustainalism: An integrated socio-economic-environmental model to address sustainable development and sustainability. Sustainability, 15(13), 10682.
- Hong, W., Guo, R., Li, X., & Liao, C. (2022). Measuring urban ecological network resilience: A disturbance scenario simulation method. Cities, 131, 104057.
- Huang, X., Wang, H., Shan, L., & Xiao, F. (2021). Constructing and optimizing urban ecological network in the context of rapid urbanization for improving landscape connectivity. Ecological Indicators, 132, 108319.
- Huang, X., Ye, Y., Zhao, X., Guo, X., & Ding, H. (2022). Identification and stability analysis of critical ecological land: Case study of a hilly county in southern China. Ecological Indicators, 141, 109091.
- Kalfas, D., Kalogiannidis, S., Chatzitheodoridis, F., & Toska, E. (2023). Urbanization and land use planning for achieving the sustainable development goals (SDGs): A case study of Greece. Urban Science, 7(2), 43.
- Khayat Moghaddam, M. S. (2024). Investigating the concepts of urban ecological network and ecosystem services in promoting urban resilience. The First National Conference on the Future and Environmental Sustainability. [In Persian]

- Li, C., Huang, L., Xu, Q., & Cao, Z. (2024). Synergistic ecological network approach for sustainable development of highly urbanized area in the Bay Bottom region: A study in Chengyang District, Qingdao. Ecological Indicators, 158, 111443.
- Liu, Y., Xiang, W., Hu, P., Gao, P., & Zhang, A. (2024). Evaluation of Ecological Environment Quality Using an Improved Remote Sensing Ecological Index Model. Remote Sensing, 16(18), 3485.
- Mallarach, J. M., & Marull, J. (2006). Impact assessment of ecological connectivity at the regional level: recent developments in the Barcelona Metropolitan Area. Impact Assessment and Project Appraisal, 24 (2), 127-137.
- Niu, M., Zhang, S., Zhang, N., Wen, Z., Xu, M., & Yang, Y. (2022). Progress in the research of environmental macroeconomics. Sustainability, 14(3), 1190.
- Omidpour, M., Sayahnia, R., Rezaei, Y. (2020). The impact of urban growth and development on the structure of the ecological network with a resilience and landscape approach (case study of Hamadan city). Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, 12 (2), 19-32. [In Persian]
- Pallathadka, A., Chang, H., & Ajibade, I. (2023). Urban sustainability implementation and indicators in the United States: A systematic review. City and Environment Interactions, 19, 100108.
- Pulido-Chadid, K., Virtanen, E., & Geldmann, J. (2023). How effective are protected areas for reducing threats to biodiversity? A systematic review protocol. Environmental Evidence, 12(1), 18.
- Resende, F. M., Cimon-Morin, J., Poulin, M., Meyer, L., Joner, D. C., & Loyola, R. (2021). The importance of protected areas and Indigenous lands in securing ecosystem services and biodiversity in the Cerrado. Ecosystem Services, 49, 101282.
- Ruas, R. D. B., Costa, L. M. S., & Bered, F. (2022). Urbanization driving changes in plant species and communities—A global view. Glob Ecol Conserv 38: e02243.
- Sadegh Oghli, R., Jahani, A., Alizadeh, Shabani, A. and Goshtasb Meguni, H. (2019). Quantification of landscape fragmentation as an indicator for assessing wildlife habitat (Case study: Jajrood Protected Area). Quarterly Journal of Animal Ecology, 11 (1), 13-20. [In Persian]
- Singh, S., Shukla, A., & Jain, K. (2024). Assessing the urbanization-induced impact on environmental parameters of a city from a remote-sensing perspective. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 34, 101169.
- Singh, V. (2024). The Environment and Its Components. Textbook of Environment and Ecology. 10.1007/978-981-99-8846-4_1.
- Sobhani, P. (2024). Urban development impacts on natural ecosystems in urban protected areas of Tehran province, Iran. Heliyon, 10(23).

- Sobhani, P., Esmaeilzadeh, H., Barghjelveh, S., Sadeghi, S. M. M., & Marcu, M. V. (2022). Habitat integrity in protected areas threatened by LULC changes and fragmentation: A case study in Tehran province, Iran. Land, 11(1), 6.
- Sobhani, P., Esmaeilzadeh, H., Wolf, I. D., Deljouei, A., Marcu, M. V., & Sadeghi, S. M. M. (2023). Evaluating the ecological security of ecotourism in protected area based on the DPSIR model. Ecological Indicators, 155, 110957.
- Sobhani, P., & Danehkar, A. (2024). Evaluation of function and landscape ecological connectivity in Khamir-Qeshm mangrove forests. Journal of Geography and Environmental Hazards, 13(2), 45-64. [In Persian]
- Sobhani, P., & Danehkar, A. (2025). Key Drivers of the Environment in the Development of Tehran-Alborz Urban Complex. Results in Engineering, 105803.
- Statistical Center of Iran. (2016). Results of the General Population and Housing Census. [In Persian]
- Theodorou, P. (2022). The effects of urbanisation on ecological interactions. Current Opinion in Insect Science, 52, 100922.
- Virgós, E., Tellería, J. L., & Santos, T. (2002). A comparison on the response to forest fragmentation by medium-sized Iberian carnivores in central Spain. Biodiversity & Conservation, 11 (6), 1063-1079.
- Wang, Z., Lin, L., Zhang, B., Xu, H., Xue, J., Fu, Y., & Li, F. (2023). Sustainable urban development based on an adaptive cycle model: A coupled social and ecological land use development model. Ecological Indicators, 154, 110666.
- Yang, H., Xu, W., Chen, Z., Xie, X., Yu, J., Lei, X., & Ding, Z. (2024). Ecological network construction for bird communities in high-density urban areas: A perspective of integrated approaches. Ecological Indicators, 158, 111592.
- Zahedi-Kalaki, A., Motavali, M., Mahmoudzadeh, H., Janbaz-Ghobadi, G. R. (2023). Assessment of changes in the ecological structure of Behshahr city in order to provide solutions to improve landscape continuity and enhance environmental resilience. Human Settlement Planning Studies, 18 (1), 239-256. [In Persian]

استناد به این مقاله: سبحانی، پروانه و دانه کار، افشین. (۱۴۰۴). تحلیل ساختار شبکه اکولوژیک و پیوستگی عملکرد زیستی در مجموعه شهری تهران-البرز ، فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه شهری و منطقه‌ای، ۱۰(۳۳)، ۲۱۷-۲۴۱ .

Urban and Regional Development Planning is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.