Human Geography Research Quarterly, 58 (2), 2026

Human Geography Research Quarterly

Online ISSN: 2423-7736

Journal Homepage: jphgr.ut.ac.ir

Feasibility Study of Ecological Corridor Design in Tabriz Metropolitan: A case study of Dokamal Street Route

Hassan Mahmoudzadeh [1], Elnaz Asadian [2], Firouz Jafari [3]

1. (Corresponding Author) *Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
Emeil: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir
2. *Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
Emeil: eliasadiyan@tabrizu.ac.ir
3. *Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
Emeil: f-jafari@tabrizu.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received:
12 December 2025
Received in revised form:
6 March 2026
Accepted:
12 April 2026
Available online:
18 May 2026

Keywords:
Ecological Corridor,
Urban Design,
Green Space,
Land Scape,
Tabriz Metropolian.

ABSTRACT

Today, the development of cities without considering ecological processes has led to the destruction of communities and ecological processes and the reduction of environmental quality, which ecological design provides the possibility of restoring and improving the ecological functions of the urban landscape. Focusing on identifying and strengthening ecological paths can lead to the growth and promotion of diverse ecosystem services. Therefore, the aim of this research is to design an ecological corridor along Dokamal Street in Tabriz metropolitan. In this study, GIS and Envi, Fragstats and TerrSet software were used to analyze the data. In this study, the landscape of Tabriz city was first evaluated over the past three decades and land use maps were prepared for the years (2003 and 2023) to compare them and examine the trend of changes. This trend was also examined in more detail by quantifying landscape metrics using the Fragstats software. The results showed that based on the Attrition index, 30.55 hectares of land, 89.75 hectares in the Creation index, and 15.74 hectares in the Dissection index, have experienced changes that indicate landscape fragmentation. The results also showed that, based on the Cohesion Index, built-up areas have the highest cohesion among the land cover within the Dokamal Street area. Considering the availability of wasteland around Dokamal Street, a feasibility study was conducted using TerrSet's Corridor Planning software to design a 3.6 km long, circular ecological path with an area of 8 hectares, which, if implemented, could partially compensate for this disruption.

Cite this article: Mahmoudzadeh, H., Asadian, E., & Jafari, F. (2026). Feasibility Study of Ecological Corridor Design in Tabriz Metropolitan: A case study of Dokamal Street Route. *Human Geography Research Quarterly,* 58 (2), 77-96.
http://doi.org/10.22059/jhgr.2026.387137.1008772

© The Author (s)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Today, the development of cities without considering ecological processes has led to the destruction of ecological processes and a decrease in the quality of life in the urban environment. Ecological design provides the possibility of restoring and improving the ecological functions of the urban landscape. Urban green corridors are essential both as a chain that connects urban green areas and as arteries to strengthen and maintain urban ecosystem services. Focusing on identifying and strengthening these routes can lead to the growth and promotion of diverse ecosystem services. Reducing urban heat islands, cleaning the air and absorbing and sequestering carbon, reducing the risk of urban flooding, and reducing noise pollution are the major benefits of strengthening these green corridors. Ecological corridors are designed to increase human exchanges between habitats, promote genetic exchanges, and reduce population circulation. Therefore, the purpose of this research is to design an ecological corridor along Dokamal Street in Tabriz metropolitan

Methodology

The present research is descriptive-analytical in terms of method and has a developmental-applied nature. The required information was collected using library, documentary, electronic resources, surveys and field observations. During the different stages of the research, various software such as Fragstats, TerrSeet, ArcGIS, Envi, Google Earth were used. In this research, Fragstats 4.2 software was used to measure landscape metrics and analyze urban landscape continuity, Google Earth Professional software was used to correct existing land use boundaries, collection obstacles, and update existing changes and maps, and to display obstacles in real time on the landscape, ENVI 5.3 software was used to combine bands, process and classify satellite images, and ArcGIS 10.5 was used to prepare maps and analyze data from other software.

Also, in this research, supervised classification and maximum likelihood algorithm were used to classify the lands, and connectivity indices were also used to evaluate the continuity of the landscape, and finally, the Corridor Planning model was used to determine the optimal corridors. In general, the following steps were taken in this research:

1–Collecting resources, library and field studies

2–Obtaining satellite images for the target area during two time periods (2003-2023)

3–Performing pre-processing operations, classifying the images, and finally preparing land use maps

4–Performing post-processing operations and assessing the accuracy of the classification and analyzing the changes that occurred

5 –Selecting landscape metrics to quantify and calculate the desired metrics

6–Detecting and analyzing changes using the calculated metrics

7–Analyzing and evaluating the continuity of the landscape of Dokamal Street in the current state

8-Drawing optimal minimum cost round-trip routes to improve the continuity of Dokamal Street based on the concepts of graph and minimum cost

Results and discussion

The findings showed that in the CA and PLAND (land use area and percentage) indices, built-up patches have increased during these two decades, from 45 hectares in 2003 to 88 hectares in 2023, while the rest of the land uses have also decreased. In the NP (number of patches) index, the built-up land classes, green space, and river have experienced an increase in the number of patches between 2003 and 2023, indicating that the existing patches have become fragmented over time and have lost their coherence and integrity. In the ED (patches edge density) index, built-up land uses, green space, and rivers have significantly lost their continuity and become more granular in the case of Do Kamal Street in Tabriz. The increase in urbanization and the growth of more than 94% of the area of built-up areas over the past 20 years have caused the destruction of ecological spaces

and, as a result, the fragmentation of green lands and are considered the main factor in the fragmentation of the urban landscape of Dokamal Street in Tabriz. In this measure, built-up land, agriculture, gardens, and green spaces have changed the most and have become more discrete and fine-grained than in previous periods. In the LSI (edge density) measure, the shape of the landscape has had an increasing trend, and overall, this increase indicates that the shape of the landscape of Dokamal Street, Tabriz, has moved towards becoming more complex and geometrically irregular in terms of green lands. In the LPI index, the use of barren lands and green spaces has decreased, but the use of built-up lands and rivers has increased due to the construction of continuous and integrated lands. Qualitative analysis of changes during the period 2003-2023 showed that changes of Attrition, Creation and Dissection occurred. Mainly barren land uses and green spaces have undergone Attrition (i.e. the number and area of patches have decreased). Built-up land uses have mainly undergone Creation (i.e. the number and area of patches have increased). Green space land uses have mainly undergone Dissection (i.e. the number of patches has increased while their area has decreased).

Conclusion

The results showed that the use of built-up land had the largest area changes during this period and has expanded by 43 hectares, equivalent to 94%, which indicates the intensity of construction. Green spaces have decreased by about 14 hectares, equivalent to 43%, and barren lands, equivalent to 31 hectares, equivalent to 50% of the area's barren lands, have been destroyed and converted to other uses over the past 20 years. The waterways of the Mehran River have also been completely concreted along the route and have been removed from their natural shape by human manipulation. The changes made are mainly of the construction type, and the destroyed lands, especially in the area of Dokamal Street, have been converted into buildings and urban roads. Qualitative analysis of changes also showed that in the Attrition index, 30.55 hectares of land, in the Creation index, 89.75 hectares, and in the Dissection index, 15.74 hectares have experienced these changes, which indicates the fragmentation of the landscape. The results showed that in the Cohesion index, built-up lands have the highest cohesion among the land cover within the area of Dokamal Street. Considering the availability of wasteland around Dokamal Street, a feasibility study was conducted using TerrSet Corridor Planning software to design a 3.6 km long, circular, and connected ecological path with an area of 8 hectares, which, if implemented, could partially compensate for this disruption. These lands are the only potential opportunities for creating a green network on Dokamal Street in Tabriz; therefore, their protection should be prioritized. Because this ecological corridor can be connected to its main core, Baghmisheh Park.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی
شاپا الکترونیکی: 2423-7736
Journal Homepage: jphgr.ut.ac.ir

امکان‌سنجی طراحی کریدور اکولوژیک در کلان‌شهر تبریز
مطالعه موردی: مسیر خیابان دوکمال

حسن محمودزاده [۱]، الناز اسدیان [۲]، فیروز جعفری [۳]

۱–نویسنده مسئول، گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir
۲– گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: eliasadiyan@tabrizu.ac.ir
۳– گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: f-jafari@tabrizu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۹/۲۱
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۰۱/۲۳
تاریخ چاپ:
۱۴۰۵/۰۲/۲۸

واژگان کلیدی:
سیمای سرزمین،
طراحی شهری،
فضای سبز،
کریدور اکولوژیک،
کلان‌شهر تبریز.

چکیده

امروزه توسعه شهرها بدون در نظر گرفتن فرآیندهای اکولوژیکی منجر به نابودی جوامع و فرآیندهای اکولوژیکی و کاهش کیفیت محیطزیست شده است که طراحی اکولوژیکی، امکان بازسازی و بهبود عملکردهای اکولوژیکی منظر شهری را فراهم می‌کند. تمرکز بر شناسایی و تقویت مسیرهای اکولوژیکی می‌تواند به رشد و ارتقای خدمات اکوسیستمی متنوع منجر شود. ازاین‌رو هدف این پژوهش طراحی کریدور اکولوژیکی مسیر خیابان دوکمال کلان‌شهر تبریز می‌باشد. در این پژوهش برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از GIS و نرم‌افزارهای Envi، Fragstats و TerrSet استفاده‌شده است. در این پژوهش ابتدا سیمای سرزمین شهر تبریز در طول سه دهه گذشته مورد ارزیابی قرار گرفت و نقشه‌های کاربری اراضی برای سال‌های (۲۰۰۳ و ۲۰۲۳) تهیه گردید تا با مقایسه آن‌ها روند تغییر و تحولات بررسی گردد. همچنین با کمی سازی متریک‌های سیمای سرزمین توسط نرم‌افزار Fragstats این روند به‌صورت جزئی‌تر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بر اساس شاخص Attrition، ۳۰/۵۵ هکتار از اراضی، در شاخص Creation، ۸۹/۷۵ هکتار و در شاخص Dissection، ۱۵/۷۴ هکتار تغییراتی را تجربه کرده‌اند که نشان ازهم‌گسیختگی سیمای سرزمین دارد. همچنین نتایج نشان داد بر اساس شاخص Cohesion، اراضی ساخته‌شده بیشترین پیوستگی را در بین پوشش اراضی در محدوده خیابان دوکمال دارند. با توجه به در دسترس بودن اراضی بایر اطراف خیابان دوکمال با استفاده از Corridor Planning نرم‌افزار TerrSet، امکان‌سنجی طراحی مسیر اکولوژیک به طول ۳/۶ کیلومتر به‌صورت حلقوی و به مساحت ۸ هکتار انجام شد که در صورت اجرا می‌تواند این گسیختگی را تا حدودی جبران کند.

استناد: محمودزاده، حسن؛ اسدیان، الناز و جعفری، فیروز. (۱۴۰۵). امکان‌سنجی طراحی کریدور اکولوژیک در کلان‌شهر تبریز مطالعه موردی: مسیر خیابان دوکمال. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۸ (۲)، ۹۶–۷۷.

http://doi.org/10.22059/jhgr.2026.387137.1008772

© نویسندگان

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

مقدمه

در دهه‌های اخیر، انسان شهرنشین به‌واسطه رشد جمعیت و افزایش شهرنشینی با بسیاری از مشکلات و مسائل محیط زیستی دست‌وپنجه نرم می‌کند. ضرورت تأمین نیازهای انسانی، موجب گسترش استفاده از منابع طبیعی و تبدیل بسیاری از اکوسیستم‌های اکولوژیکی به مناطق شهری و فشار به سرزمین و اکوسیستم‌ها برای دسترسی به زمین موردنیاز را افزایش می‌دهد (محمودزاده و مسعودی، ۱۳۹۸: ۲۱). شهرها با تخریب محیط‌زیست باعث ناپایداری اکولوژیکی می‌شوند؛ رویکرد شهر سبز با مدیریت اکولوژیکی در پی تحقق توسعه پایدار شهری است (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۱). تقویت رابطهٔ انسان شهرنشین با طبیعت و فضاهای سبز، اصلی‌ترین راه مقابله با معضلات زیست‌محیطی در شهرها است. فضاهای سبز نقشی حیاتی در حمایت از سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیکی شهر دارند و بازماندگان طبیعت در محیط شهری محسوب می‌شوند. امروزه، توجه به ساختار اکولوژیک شهر، رویکردی کلیدی برای افزایش ارزش‌های اکولوژیکی سیستم‌های فضاهای باز شهری است (تیموری و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۹). به دلیل از دست رفتن سرمایه طبیعی و تخریب اکوسیستم‌های شهری توسط فعالیت‌های انسانی، اکولوژیست‌ها برای حل مسائل کنونی، تمرکز بر منظر شهری و حفظ اکوسیستم با رویکرد اکولوژیکی و اتصال فضاهای طبیعی را ضروری می‌دانند (میکائیلی و صادقی بنیس، ۱۳۸۹: ۵۲-۴۳).

کریدورهای اکولوژیکی برای اتصال و بهبود جریان مواد بین زیستگاه‌ها ضروری هستند. کریدورهای اکولوژیکی، یک راهروی برنامه‌ریزی‌شده انسان‌ساخت ذهنی است که البته در زمان توسعه شهری با تراکم بالا، ساخت آن‌ها به دلیل محدود بودن محدوده شهری با چالش‌های زیادی مواجه است (Zhang et al, 2022: 142). طراحی اکولوژیکی اصول محیط زیستی منطقه، به‌ویژه پایداری، را در نظر می‌گیرد (نساجی و عابدیان،۱۳۹۷).

در کلان‌شهر تبریز. با انواع و اقسام ساخت‌وسازها، فضاهای سبز روزبه‌روز در حال از بین رفتن هستند. گسترش شهرنشینی از یک‌سو و رشد جمعیت و تغییر سبک زندگی از سوی دیگر باعث گسترش شهر به حاشیه و بافت تاریخی مرکزی و تخریب و دگرگونی اراضی موجود شده است. تخصیص و توزیع ناموزون فضای سبز در مناطق شهری تبریز و اطراف موجب بهره‌مندی غیرعادلانه از این کاربری مهم شهری شده است. همچنین در حال حاضر، تراکم بالای ساخت‌وساز در آن، باعث تغییرات شدید منظر شهری از جمله تکه‌تکه شدن منظر، نابودی لکه‌های سبز باقی‌مانده و تخریب قسمت بزرگی از الگوهای طبیعی و در نهایت کاهش تعادل عناصر طبیعی و مصنوعی شده است که تهدیدی برای توسعهٔ پایدار و در نتیجه به هم خوردن تعادل اکولوژیکی کلان‌شهر تبریز می‌باشد. فلذا هدف کلی پژوهش حاضر، امکان‌سنجی طراحی کریدور اکولوژیک در محدوده مسیر خیابان دوکمال کلان‌شهر تبریز می‌باشد.

در زمینه موضوع پژوهش، پژوهش‌های متعددی در عرصه‌های داخلی و خارجی انجام‌شده که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. در عرصه داخلی، قربانی و تیموری (۱۳۹۶)، پژوهش تحلیل اکولوژیک عوامل کلیدی برنامه‌ریزی فضای سبز کلان‌شهر تبریز با استفاده از روش تحلیل ساختاری و پویش محیطی را انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که عوامل کلیدی مؤثر بر برنامه‌ریزی فضاهای سبز شهری تبریز شامل مکان‌یابی اکولوژیک، دسترسی مناسب، پیوستگی، تأمین منابع آبی پایدار، نگهداری، تنوع زیستی و کارکردها است؛ به‌کارگیری سیستمی این عوامل برای بهبود وضعیت فعلی و آینده ضروری است. محمودزاده و مسعودی (۱۳۹۸)، پژوهش تحلیلی بر تغییرات ساختاری سیمای سرزمین کلان‌شهر تبریز با استفاده از مبانی اکولوژی سیمای سرزمین و با تأکید بر مفهوم پیوستگی را انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که سیمای سرزمین شهر تبریز به‌مرور ریزدانه، پیچیده و از نظر هندسی نامنظم‌تر و با کاهش پیوستگی، از هم گسیخته‌تر گردیده است. سادات و همکاران (۱۳۹۹)، پژوهش "بهینه‌سازی ساختار سیمای سرزمین با

رویکرد تجزیه تحلیل شبکه اکولوژیک و تئوری گراف را انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که در شبکه اکولوژیکی موجود، میزان محدود کریدورهای طبیعی در کنار تعداد زیاد هسته‌ها، نشان‌دهنده نیاز این شبکه به تدبیر کریدورهایی از سوی متخصصین است. حاتمی نژاد و همکاران (۱۴۰۲)، پژوهش ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز با رویکرد سیمای سرزمین، مطالعه موردی: شهر صومعه‌سرا – گیلان را انجام داده و به این نتیجه رسیده‌اند که با توجه به لکه‌های فضاهای سبز صومعه‌سرا از سال ۲۰۱۴ تا ۲۰۲۱، تعداد لکه‌ها بیشتر شده که نشانگر خُردشدگی و وجود اختلال در سیمای سرزمین است و مساحت لکه‌ها کمتر و تراکم حاشیه بیشتر شده است. در عرصه خارجی نیز ژو[1] و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای تحت عنوان ساخت و ارزیابی شبکه‌های اکولوژیکی در مناطق شهری، مطالعه موردی: خلیج بزرگ گوانگدونگ – هنگ‌کنگ – ماکائو منطقه، چین، بر ضرورت محیط اکولوژی شهری برای بهبود کیفیت زندگی تأکید دارند و معتقدند ایجاد کریدورهای اکولوژیکی مکمل در طرح کمربند سبز (مانند هنگ‌کنگ–ماکائو) مشکلات ساختاری عمده را حل می‌کند. فان[2] و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای تحت عنوان طراحی شبکه اکولوژیکی بر اساس بهینه‌سازی خدمات اکوسیستم به ساخت شبکه‌های اکولوژیکی به‌عنوان یک روش کارآمد برای حفظ تنوع زیستی و حفظ خدمات اکوسیستم در مناظر کشاورزی مدرن اشاره کرده‌اند. لین[3] و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای تحت عنوان شبکه اکولوژیک شهری در مناطق فلات لسی چین – مطالعه موردی شهر Huanxian، به بررسی شهرهایی در مناطق آسیب‌پذیر اکولوژیکی می‌پردازد که عدم تعادل بین توسعه شهری و محیط‌زیست در آن‌ها منجر به مشکلات زیست‌محیطی جدی و اختلال در پایداری سلامت اکوسیستم‌های شهری شده است. لیو[4] و همکاران (۲۰۲۳) در مقاله‌ای تحت عنوان پیش‌بینی مناطق دارای رشد مناسب آتی و احداث کریدورهای اکولوژیکی برای گونه‌های آسیب‌پذیر در چین"، به این‌که افدرا سینیکا یک‌گونه نادر و آسیب‌پذیر در چین است پرداخته‌اند. در این پژوهش از مدل حداقل مقاومت تجمعی MCR برای استخراج کریدورهای اکولوژیکی مهم افدرا سینیکا استفاده‌شده است.

مبانی نظری

مفهوم کریدور و شبکه اکولوژِیک[5]

مفهوم شبکه اکولوژیک شهری، نخست در اروپا با غلبه انسان در محیط‌های طبیعی و تکه‌تکه شدن تدریجی آن به دنبال توسعه محیط‌زیست انسانی نمایان شده و به‌عنوان پیشنهادی برای حفاظت از عناصر اکولوژیکی ساختار شهری در پاسخ به انقطاع و نابودی اجزاء آن مطرح‌شده است (موحد و طبیبیان، ۱۳۹۷: ۳۷۳-۳۹۴).

شبکه‌های اکولوژیکی شامل عناصر طبیعی یا نیمه طبیعی‌اند که در جهت نگهداری و ترمیم عملکردهای اکولوژیکی و حفظ تنوع زیستی در راستای استفاده پایدار از منابع طبیعی ایجاد می‌شود. مدل شبکه‌های اکولوژیکی، مساحتی از زیستگاه‌های طبیعی با جمعیت گونه‌های گیاهی و جانوری و اکوسیستم‌هایی با روابط فیزیکی و عملکردی با یکدیگرند. از کریدورهای اکولوژیکی جهت تقویت جمعیت‌های کوچک که هیچ‌گونه ارتباطی با سایر جمعیت‌های زیستگاه ندارند و به‌اصطلاح ایزوله شده‌اند، استفاده می‌شود. نقش کریدورها در جابه‌جایی ژن‌ها، جمعیت‌ها، موجودات به زیستگاه‌های دیگر است. کریدورهای اکولوژیکی که انسان‌ساخت هستند، یک زون عملکردی جهت اتصال زون‌های طبیعی از طریق احداث راه است که در طی آن می‌تواند گروهی از گونه‌ها را به یک محیط‌زیست وابسته واحد متصل کند. (ایمانی هرسینی و

1. Zhou
2. Fan
3. lin
4. Liu
5. Ecological corridor and network

اشجعی، ۱۴۰۱: ۱۱۹-۱۰۹).

تحولات اخیر در اکولوژی شبکه، مانند گنجاندن تغییرات درون‌گونه‌ای در تعاملات، اطلاعات در مورد ویژگی‌ها و فیلوژن‌های گونه، پیش‌بینی تعاملات از پروکسی‌ها و ترکیب شبکه‌ها در شبکه‌های چندلایه، تجزیه‌وتحلیل‌های جدید را تسهیل می‌کند تا درک ما از مکانیسم‌های اساسی فرآیندهای زیست‌محیطی و پویایی فضایی و زمانی آن‌ها را افزایش دهد (Dehling, 2023). عمدتاً راهروهای اکولوژیکی در امتداد آبراه‌ها، مناطق حفاظت‌شده روستایی و شهری به‌صورت مسیرهای پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری و زیستگاه حیات‌وحش شهری ایجاد می‌شود که نه‌تنها اغلب از پوشش گیاهی قابل‌توجه و مرتبط با آن پشتیبانی می‌کند، بلکه حیات‌وحش آن‌ها و همچنین بسیاری از خدمات مهم دیگر را ارائه می‌دهد. البته این راهروها، حتی زمانی که نسبتاً باریک هستند، معمولاً می‌توانند حمل‌ونقل را در خود جای بدهند. یک شبکه اکولوژیکی یک چارچوب از اجزای محیط‌زیست است (Hellmund & Smith, 2013).

مفهوم سیمای سرزمین (چشم‌انداز یا منظر)

واژه سیمای سرزمین[1]، در علوم مختلف دارای معانی متفاوتی است؛ در برخی متون به معانی چشم‌انداز، منظره و منظر ترجمه می‌شود، درحالی‌که در علوم محیط‌زیست، اکولوژی و دانش‌های کاربردی آن، این واژه ماهیت ویژه‌ای داشته و به معنای سیمای سرزمین می‌باشد. سیمای سرزمین در علوم محیط‌زیست، منطقه‌ای است با کیلومترها پهنا که مجموعه‌ای از اکوسیستم‌ها از قبیل جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، رود، دریاچه، اراضی انسان‌ساز و ... را در برمی‌گیرد. یک سیمای سرزمین ممکن است شامل تمامی و یا برخی از این اکوسیستم‌ها باشد (www.girs.ir). سیمای سرزمین با تمرکز بر روی نقشی که انسان‌ها در ایجاد و تأثیرگذاری بر الگوها و فرایندهای اکولوژیک ایفا می‌کنند، نیز می‌تواند تعریف شود (ناروئی و حیدری، ۱۳۹۴). سیمای سرزمین، چیدمانی است که در آن ترکیبی از اکوسیستم‌های محلی یا کاربری‌های سرزمین در یک منطقه و در فرم مشابهی تکرار شده‌اند (Apan et al, 2002). سیمای سرزمین عبارت است از موزاییکی با کیلومترها وسعت که در آن اکوسیستم‌های محلی و کاربری‌های زمین تکرار شده باشند (Forman and Gordon, 1986: 733).

وضعیت سیمای سرزمین، یکی از عوامل کلیدی انتخاب محل سکونت و فعالیت و رضایت‌مندی مردم است. داده‌های سیمای سرزمین برای مدیریت، برنامه‌ریزی و برقراری نظم طبیعی پایدار اکوسیستم‌ها ضروری است (نوحه‌گر و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۱۴-۱۹۷). فضاهای سبز از دیدگاه شهرسازی، دربرگیرنده بخشی از سیمای شهر است که از انواع پوشش‌های گیاهی تشکیل‌شده است و به‌عنوان عاملی زنده و حیاطی در کنار کالبد بی‌جان شهر، ساخت مورلوفولوژیک شهر را تعیین می‌کند (خادم‌الحسینی و همکاران، ۱۳۹۵: ۴۸). سیما و منظر، مجموعه کیفیت‌های بصری از محیط واقعی است که با اتکاء به تجارب بصری خود از محیط، آن‌ها را زیبا و دلپذیر و یا نامطلوب ارزیابی می‌نماید. سیمای شهر کیفیت‌های بصری متغیری از فضای شهری است که ناظر، در حرکت و گذر زمان از محیط دریافت می‌نماید (ذکاوت، ۱۳۹۵).

روش پژوهش

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش داده‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری گردیده است. در طی مراحل مختلف پژوهش، از ArcGIS و نرم‌افزارهای مختلفی همچون Fragstats، TerrSeet، Envi، Google earth استفاده‌شده است. در این تحقیق از نرم‌افزار

1. Landscape

Fragstats 4.2 جهت اندازه‌گیری متریک‌های سیمای سرزمین و همچنین تحلیل پیوستگی منظر شهری، از نرم‌افزار Google Earth Professional جهت تصحیح مرز کاربری‌های موجود، برداشت عوارض و همین‌طور به‌روزرسانی تغییرات و نقشه‌های کاربری موجود و برای نمایش عوارض به‌صورت واقعی در سیمای سرزمین، از نرم‌افزار ENVI 5.3 جهت ترکیب باندها، پردازش و طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و از ArcGIS 10.5 جهت تهیه نقشه‌ها و تحلیل داده‌های سایر نرم‌افزارها استفاده‌شده است. همچنین در این پژوهش، جهت طبقه‌بندی اراضی، از طبقه‌بندی نظارت‌شده و الگوریتم حداکثر احتمال، به‌منظور ارزیابی پیوستگی سیمای سرزمین استفاده شد و در نهایت جهت تعیین کریدورهای بهینه از مدل Corridor Planning استفاده شد. در کل، در این پژوهش مراحل زیر طی شده است:

۱) جمع‌آوری منابع، مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی

۲) اخذ تصاویر ماهواره‌ای برای منطقه موردنظر در طی دو دوره زمانی (۲۰۲۳-۲۰۰۳)

۳) انجام عملیات پیش‌پردازش، طبقه‌بندی تصاویر و در نهایت، تهیه نقشه‌های کاربری اراضی

۴) انجام عملیات پس پردازش و ارزیابی صحت طبقه‌بندی و تحلیل تغییرات حادث‌شده

۵) انتخاب متریک‌های سیمای سرزمین جهت کمی سازی و محاسبه سنجه‌های مدنظر

۶) آشکارسازی و تحلیل تغییرات با استفاده از متریک‌های محاسبه‌شده

۷) تحلیل و ارزیابی پیوستگی سیمای سرزمین خیابان دوکمال در وضع موجود

۸) ترسیم مسیرهای بهینه حداقل هزینه رفت‌وبرگشت جهت ارتقاء پیوستگی خیابان دوکمال بر مبنای مفاهیم گراف و حداقل هزینه

مفهوم تئوری گراف

برای پیوستگی شبکه اکولوژیکی شهری از اصول تئوری گراف، کوتاه‌ترین مسیر بهینه در سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده می‌شود. تئوری گراف، سیستم‌های پیچیده را به‌عنوان مجموعه‌ای از گره‌ها و لینک‌ها تعریف می‌کند، و قواعدی را برای تعیین ویژگی‌های شبکه به کار می‌گیرد. وقتی که از تئوری گراف در اکولوژی سیمای سرزمین استفاده می‌کنیم (رمضانی مهریان و فرزادی، ۱۳۹۳). با به‌کارگیری اصول اکولوژی سیمای سرزمین، مفاهیم موجود در تئوری گراف و شبکه اکولوژیک می‌توان به شبیه‌سازی و تجزیه‌وتحلیل شبکه‌های اکولوژیکی و زیستگاهی پرداخت و طرح مناسبی را برای بهبود ساختار، عملکرد و حفظ تنوع زیستی ارائه کرد (سادات و همکاران، ۴۶:۱۳۹۹).

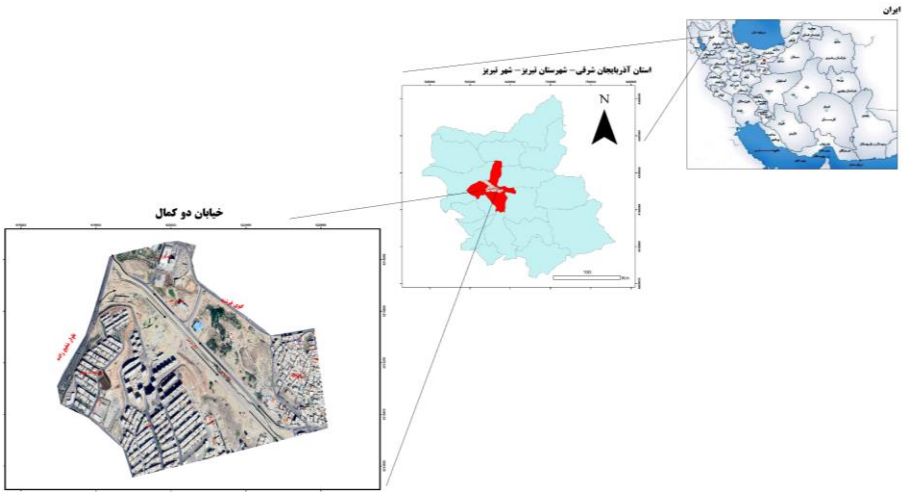
مفهوم تئوری حداقل هزینه[1]

روش حداقل هزینه، یک روش مبتنی بر رایانه برای یافتن و تجسم مسیرهای بهینه است. با استفاده از آنالیز مسیر حداقل هزینه می‌توان کریدورهای اکولوژیکی را استخراج و با توجه به مدل جاذبه، کریدورهای مهم منطقه موردمطالعه را طراحی نمود. این روش هزینه کل انتقال از مبدأ به مقصد را در سطح هزینه تجمعی به حداقل می‌رساند. یک روش پرکاربرد برای طراحی کریدورهای اکولوژیک در مناظر شهری به جهت سنجش یکپارچگی، مدل‌سازی حداقل هزینه است. مدل‌سازی حداقل هزینه اغلب توسط دو جعبه‌ابزار در نرم‌افزار Arc GIS، یعنی ابزار فاصله هزینه و ابزار مسیر هزینه در ماژول تحلیل فضایی انجام می‌شود (موسوی فاطمی و همکاران، ۱۴۰۲).

1. Least Cost Path

محدوده موردمطالعه

کلان‌شهر تبریز، به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران، مرکز استان آذربایجان شرقی و شهرستان تبریز، در شمال غرب ایران و در ۶۳۵ کیلومتری پایتخت واقع‌شده است. خیابان دوکمال تبریز در ۴۶ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار مبدأ و در ارتفاع ۱۳۴۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. خیابان دوکمال به طول ۲/۷ کیلومتر با مسیر رفت‌وبرگشت بین محلات بارنج، کوی فرشته و باغمیشه از طرف شرق و شمال و محلات بعثت، ولیعصر و بلوار شهید شفیع‌زاده از طرف جنوب و غرب احاطه‌شده و توسط شاخه‌ای از مسیر رودخانه مهران‌رود به دو قسمت شرقی و غربی تقسیم‌شده است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده موردمطالعه

یافته‌ها

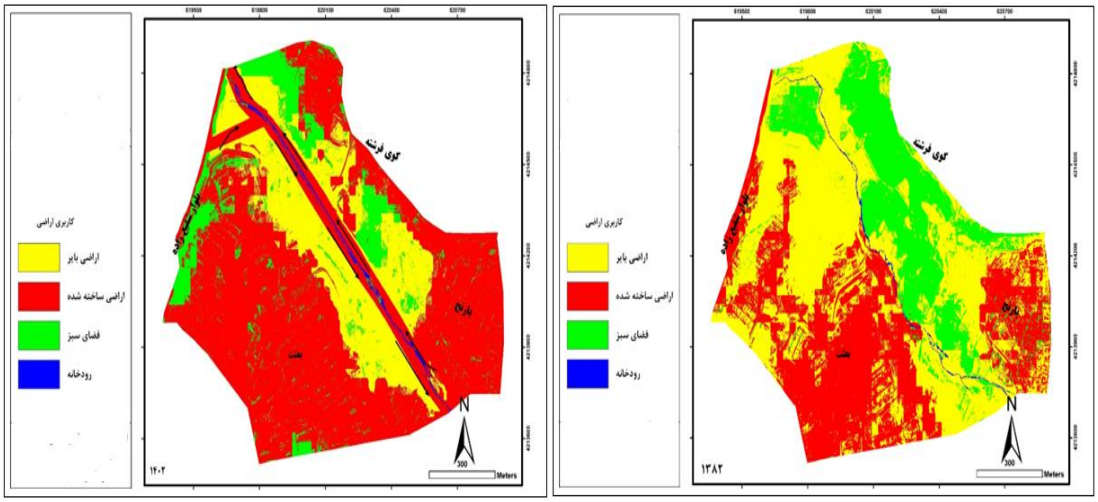
تحلیل تغییرات کاربری اراضی/پوشش اراضی خیابان دوکمال تبریز

برای تحلیل الگوی رشد شهری در خیابان دوکمال تبریز و تهیه نقشه‌های پوشش اراضی، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای سنجده TM (۲۰۰۳) و ETM^{+} (2023) اخذ گردید. پس از انجام تصحیحات و عملیات پیش‌پردازش لازم، طبقه‌بندی تصاویر با الگوریتم حداکثر احتمال در محیط نرم‌افزار ENVI 5.1 و با استفاده از نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس، نقشه‌های رستری طبقه‌بندی‌شده به‌دقت برداری‌سازی و برای تولید نقشه‌های کاربری اراضی و تغییرات آن‌ها (۲۰۰۳–۲۰۲۳) به ArcMap10.5 انتقال یافتند. قبل از خروجی‌گیری، ارزیابی دقت طبقه‌بندی با شاخص‌های آماری انجام شد. گرفتن از نقشه‌ها جهت برآورد صحت طبقه‌بندی و نقشه‌های حاصل از آن، اقدام به ارزیابی و برآورد دقت طبقه‌بندی شد. با توجه به اهداف مطالعه و پوشش منطقه چهار کلاس کاربری اراضی تعریف گردید (جدول ۱).

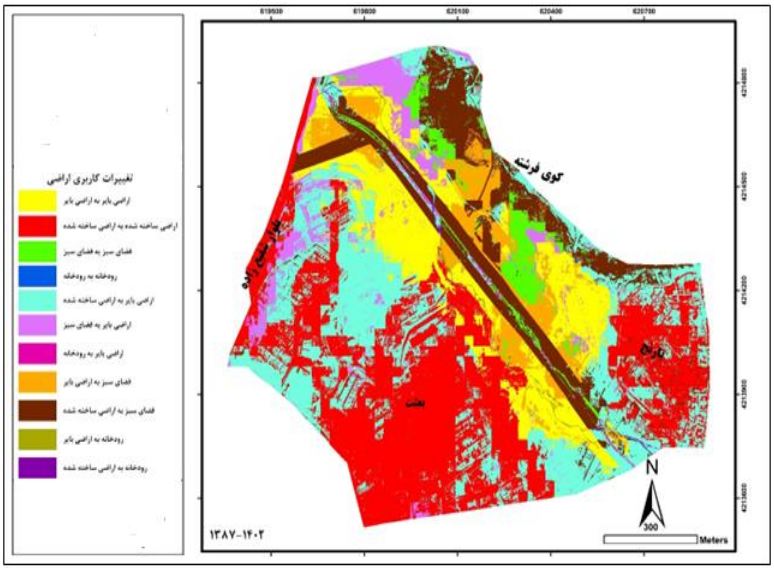
جدول ۱. نام طبقات و توصیف آن‌ها

طبقه (پوشش/کاربری)	توصیف
اراضی ساخته‌شده	مناطق مسکونی– تأسیسات و صنایع– جاده‌ها و معابر
فضاهای سبز	باغ‌ها– اراضی زراعی – پارک‌ها و فضاهای سبز
رودخانه	اراضی آبی
اراضی بایر	اراضی بایر و موات — اراضی شور – مراتع

همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد در سال ۲۰۰۳، اراضی بایر بیشترین مساحت را داشتند، اما تا سال ۲۰۲۳، اراضی ساخته‌شده با ۴۳.۰۳ هکتار افزایش (افزایش ۲۸.۹۴ درصدی) بیشترین سهم را به دست آوردند که نشان‌دهنده شدت بالای ساخت‌وساز است. در همین مدت، اراضی بایر (کاهش ۵۰.۷۰ درصدی) و فضای سبز (کاهش ۴۷.۴۸ درصدی) کاهش یافته‌اند که بیانگر جایگزینی فضای سبز با ساخت‌وساز است. اراضی آبی نیز با افزایش ۰.۴۷ هکتار (افزایش ۷۸.۳۳ درصدی) به دلیل لایروبی رودخانه مهران‌رود، رشد داشته‌اند.



شکل ۲. نقشه پوشش/کاربری اراضی/پوشش اراضی خیابان دوکمال تبریز در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۳ به ترتیب از راست به چپ



شکل ۳. تغییرات کاربری اراضی خیابان دوکمال و محلات مجاور طی دوره ۲۰۲۳ – ۲۰۰۳

برآورد دقت طبقه‌بندی

هیچ طبقه‌بندی تا زمانی که صحت آن ارزیابی نشود معتبر نیست؛ بنابراین برای اطمینان از درستی طبقه‌بندی باید دقت آن بررسی شود (Anderson et al, 1976). دقت بالای طبقه‌بندی در این پژوهش با استفاده از نقاط کنترلی جمع‌آوری‌شده از تصاویر گوگل ارث، نقشه‌های کاربری اراضی و تفسیر بصری، با محاسبه پارامترهای آماری (صحت کلی و ضریب کاپا) از طریق ماتریس خطا، تأیید شد (جدول ۲).

جدول ۲. مقادیر ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر طبقه‌بندی‌شده به روش حداکثر احتمال

سال	ضریب کاپا (٪)	صحت کلی (٪)
۲۰۰۳	۹۴	۹۵/۲
۲۰۲۳	۹۶/۶	۹۷/۴

محاسبه متریک‌های سیمای سرزمین

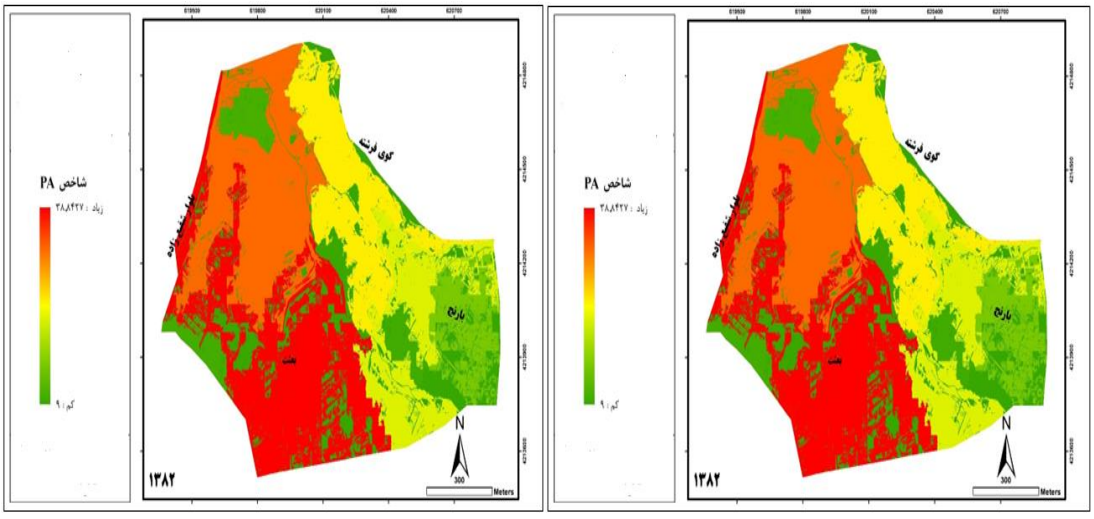
در این قسمت، برای بررسی ترکیب، توزیع و تغییرات فضای سبز در خیابان دوکمال و محلات اطراف، شاخص‌های سیمای سرزمین با استفاده از نقشه‌های پوشش اراضی و نرم‌افزار FRAGSTATS 4.2 محاسبه شدند. برای جلوگیری از اطلاعات زائد ناشی از همبستگی متریک‌ها، مجموعه‌ای متناسب با هدف پژوهش از این شاخص‌ها انتخاب شد. (جدول ۳).

جدول ۳. متریک‌ها/ سنجه‌های مورداستفاده در تحقیق

نام متریک یا سنجه	حروف اختصاری	نام متریک یا سنجه	حروف اختصاری
مساحت کلاس	CA	شاخص بزرگ‌ترین لکه	LPI
درصد کلاس در سیمای سرزمین	PLAND	تراکم حاشیه	ED
تعداد لکه	NP	شاخص آنتروپی نرمال شده	NE
شاخص شکل چشم‌انداز	LSI	شاخص غنای نسبی	RR
شاخص فشردگی لکه	PC		

تحلیل سنجه‌های CA و PLAND

بر اساس سنجه‌های CA و PLAND، مساحت کاربری‌های ساخته‌شده طی دو دهه (از ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳) با افزایش از ۴۵ هکتار به ۸۸ هکتار، روند صعودی داشته، درحالی‌که سایر کاربری‌ها کاهش یافته‌اند. (شکل ۴).



شکل ٤. شاخص تراکم لبه PA برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۳ بر اساس درصد به ترتیب از راست به چپ

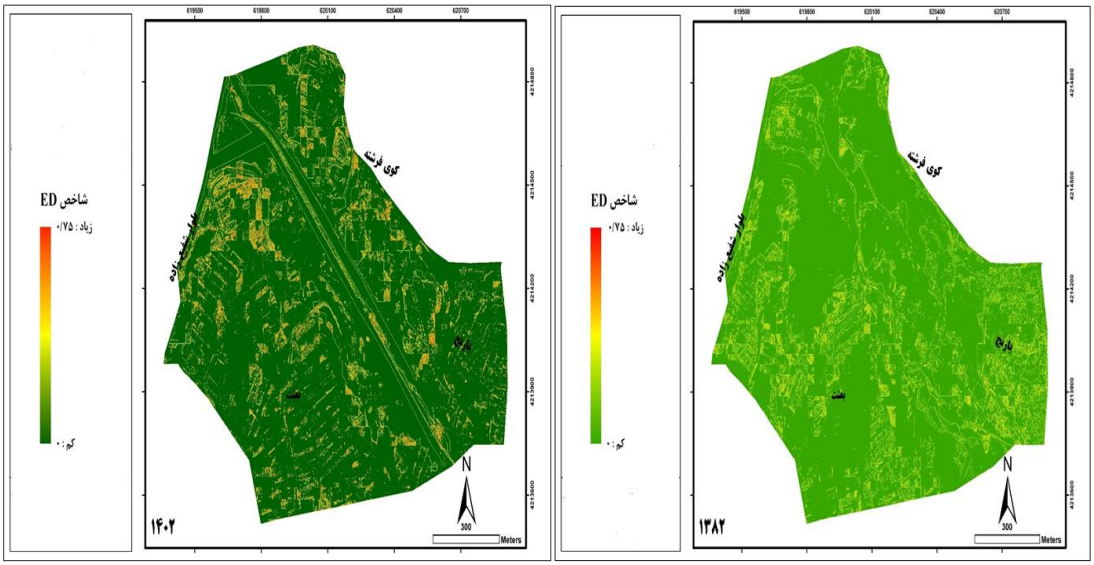
تحلیل سنجه Np

سنجه NP نشان‌دهنده تعداد لکه‌ها است. بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳، کاربری‌های ساخته‌شده، فضای سبز و رودخانه افزایش تکه‌تکه شدن را تجربه کرده‌اند. به‌عنوان‌مثال، فضای سبز از ۵۰۹۳ لکه با مساحت ۲۷ هکتار در سال ۲۰۰۳، به

۲۵۷۰۵ لکه با مساحت ۱۵ هکتار در سال ۲۰۲۳ رسیده است. این امر نشان می‌دهد که باغ‌ها و فضاهای سبز خیابان دوکمال تبریز در ابتدا از مساحت و انسجام بیشتری برخوردار بوده‌اند.

تحلیل سنجه ED

متریک تراکم حاشیه، میزان اتصال و پیوستگی کاربری‌ها را اندازه‌گیری می‌کند. بر اساس این سنجه، کاربری‌های ساخته‌شده، فضای سبز و رودخانه در خیابان دوکمال تبریز به‌شدت پیوستگی خود را از دست داده و ریزدانه‌تر شده‌اند. این امر ناشی از افزایش شهرنشینی و رشد ۹۴ درصدی مساحت لکه‌های ساخته‌شده است که منجر به تخریب و ازهم‌گسیختگی فضاهای سبز شده است. کاربری‌های ساخته‌شده، کشاورزی و فضای سبز بیشترین تغییرات و گسستگی را نشان داده‌اند. (شکل ۵).



شکل ۵. شاخص تراکم لبه ED برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۳ بر اساس درصد به ترتیب از راست به چپ

تحلیل سنجه LSI

شاخص شکل سیمای سرزمین (LSI) تراکم لبه را اندازه‌گیری می‌کند؛ هر چه پراکنش یک کاربری بیشتر باشد، مقدار این شاخص بالاتر می‌رود. روند افزایشی LSI برای اراضی سبز در خیابان دوکمال تبریز نشان می‌دهد که شکل فضایی این اراضی به‌طور هندسی پیچیده‌تر و نامنظم‌تر شده است.

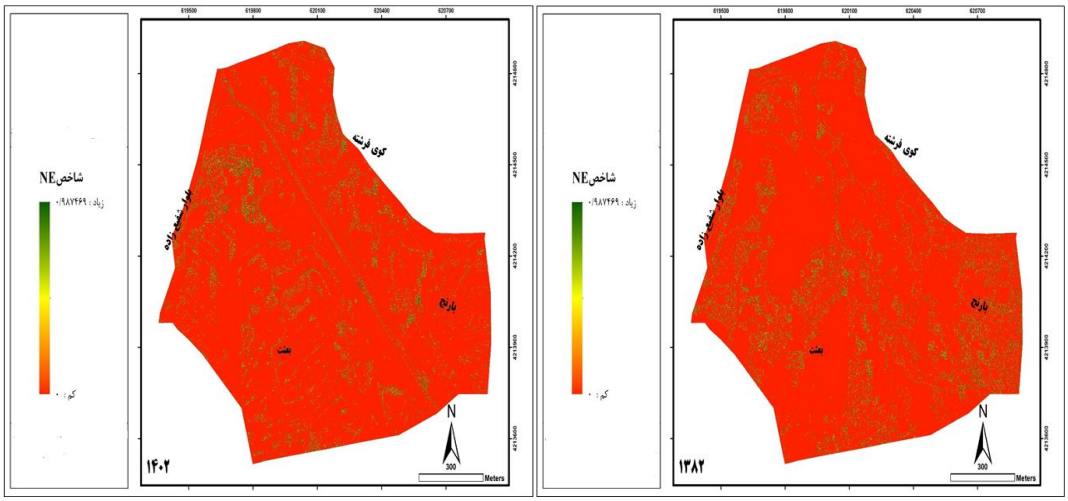
تحلیل سنجه LPI

این متریک (نسبت مساحت بزرگ‌ترین لکه به‌کل مساحت یک کلاس) نشان می‌دهد که اراضی بایر و فضای سبز کوچک و تکه‌تکه شده‌اند، درحالی‌که کاربری اراضی ساخته‌شده و رودخانه به دلیل ادغام شدن زیر ساخت‌وساز، بزرگ‌تر و یکپارچه‌تر شده‌اند.

تحلیل سنجه Normalized Entropy

اندازه آنتروپی Shannon که به‌وسیله حداکثر آنتروپی برای تعداد کلاس‌های پوشش اراضی مربوط، نرمال‌سازی شده است عددی بین ۰ تا ۱ می‌باشد که منظور از اعداد نزدیک به صفر، یکنواخت بودن کاربری اراضی داخل همسایگی هست و اعداد نزدیک به یک، تنوع کاربری اراضی داخل همسایگی را نشان می‌دهد. مقایسه شاخص آنتروپی نرمال شده

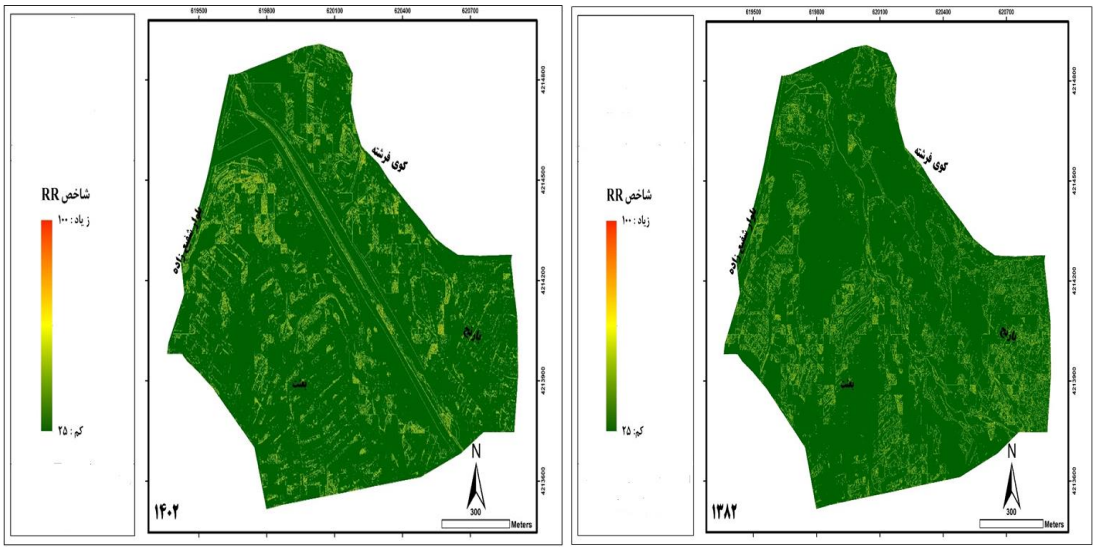
نشان می‌دهد تجمع پیکسل‌های متمایل به عدد ۱ از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ افزایش‌یافته و سبب ورود مرز قبلی کاربری به کاربری‌های جدید و تغییر آن‌ها شده است (شکل ۶).



شکل ٦. شاخص آنتروپی نرمال شده NE برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۳ به ترتیب از راست به چپ

تحلیل سنجه Relative Richness

شاخص غنای نسبی RRدرصد حداکثر تنوع کاربری در یک منطقه را نشان می‌دهد. نزدیک شدن این شاخص به ۱۰۰ در دو دهه اخیر بیانگر تغییر کامل کاربری‌ها به نفع ساخت‌وساز و از بین رفتن یکپارچه سطوح سبز و اراضی بایر است. (شکل ۷).

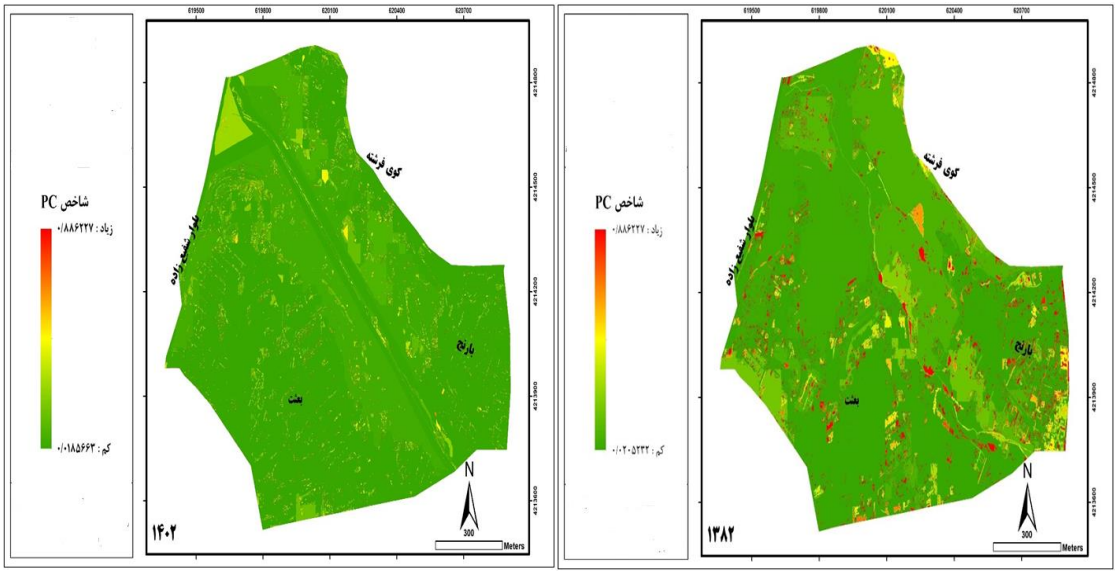


شکل ۷. شاخص غنای نسبی RR برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۳ به ترتیب از راست به چپ

تحلیل سنجه Patch Compactness

هر پیکسل، نشان‌دهنده تراکم لکه‌ای است که به آن تعلق دارد و به‌صورت تعداد لکه‌ها در هر ۱۰۰ هکتار محاسبه می‌شود. شکل ۸ نشان می‌دهد که در محدوده موردمطالعه طی دو دهه اخیر به‌شدت از تراکم لکه‌ها کاسته شده و تنوع

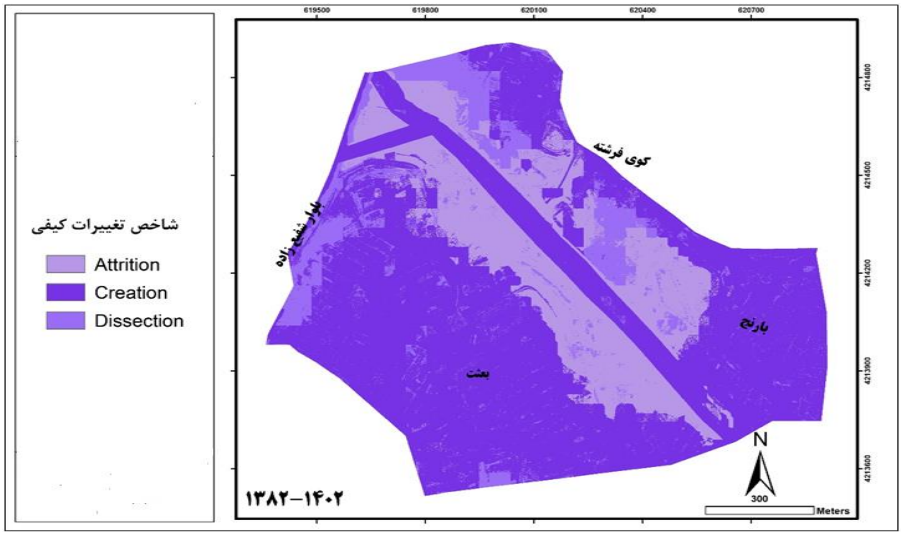
سیمای سرزمین به‌شدت به‌طرف سادگی و یکنواختی حرکت کرده است.



شکل ۸. شاخص فشردگی لکه PC برای سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۲۳

تحلیل کیفی تغییرات ۲۰۲۳-۲۰۰۳ محله خیابان دوکمال و محلات مجاور تبریز

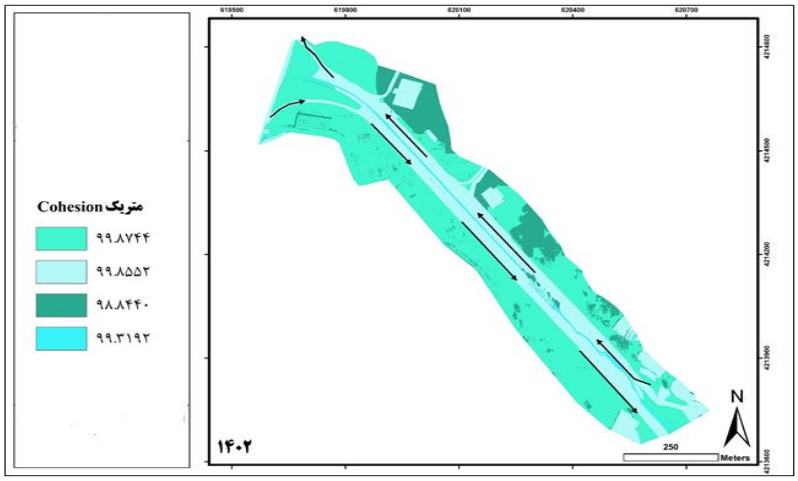
تحلیل کیفی تغییرات حادث‌شده طی دوره ۲۰۲۳-۲۰۰۳ نشان می‌دهد که از میان تغییرات، تغییرات Attrition، Creation و Dissection رخ‌داده است. عمدتاً کاربری‌های بایر و فضاهای سبز دچار Attrition (یعنی تعداد و مساحت لکه‌ها دچار کاهش) شده است. کاربری ساخت‌وساز دچار Creation (یعنی تعداد و مساحت لکه‌ها دچار افزایش) شده است. کاربری فضای سبز دچار Dissection (یعنی تعداد لکه‌ها افزایش‌یافته درحالی‌که مساحت آن‌ها دچار کاهش) شده است (شکل ۹).



شکل ۹. تحلیل کیفی تغییرات حادث‌شده طی دوره ۲۰۲۳-۲۰۰۳

تحلیل پیوستگی با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATS

نقشه کاربری اراضی خیابان دوکمال تبریز به فرمت رستر تبدیل و برای محاسبه شاخص‌های پیوستگی در نرم‌افزار Fragstats فراخوانی گردید. از بین متریک‌های متعدد جهت ارزیابی پیوستگی با استفاده از نرم‌افزار Fragstats در این تحقیق از سنجه Cohesion (شاخص پیوستگی لکه) استفاده گردید. این شاخص، میزان انسجام و پیوستگی لکه‌های یک طبقه را در سیمای سرزمین اندازه می‌گیرد (شعبانی و همکاران، ۱۳۹۷: ۶۳). بر اساس تحلیل پیوستگی، اراضی ساخته‌شده در خیابان دوکمال تبریز بیشترین پیوستگی را بر اساس شاخص Cohesion دارند و فضاهای اکولوژیک موجود (اراضی آبی، باغی و فضاهای سبز) از کم‌ترین پیوستگی در بین پوشش اراضی برخوردارند (شکل ۱۰).

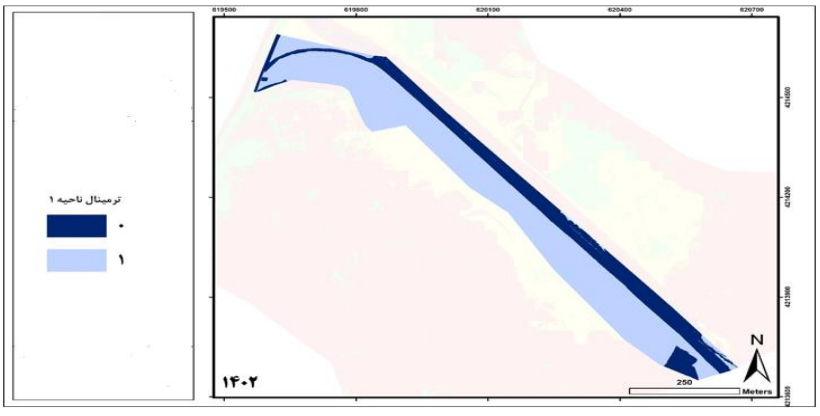


شکل ۱۰. مقادیر متریک Cohesion برای خیابان دوکمال تبریز در سطح لکه‌ها

تحلیل پیوستگی با استفاده از نرم‌افزار TerrSet

ساخت ترمینال ۱

برای ساخت ترمینال یک به حالت بولین بایستی مسیر اتصال شمال و جنوب خیابان دو کمال با توجه به ضریب مقاومت و کاربری فضای سبز و اراضی بایر طراحی شود که در این پژوهش هم بدین‌صورت تهیه شد (شکل ۱۱).

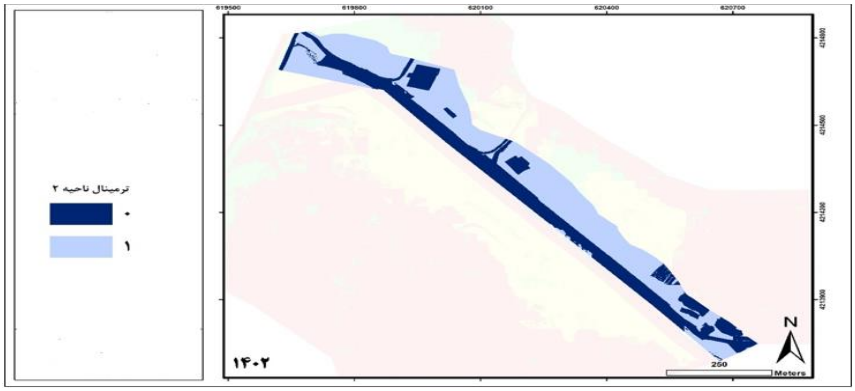


شکل ۱۱. نقشه بولین ترمینال یک برای خیابان دوکمال تبریز در سطح لکه‌ها

ساخت ترمینال ۲

برای ساخت ترمینال دو در حالت نقشه بولین بایستی مسیر اتصال جنوب به شمال بر اساس ضریب مقاومت تغییر

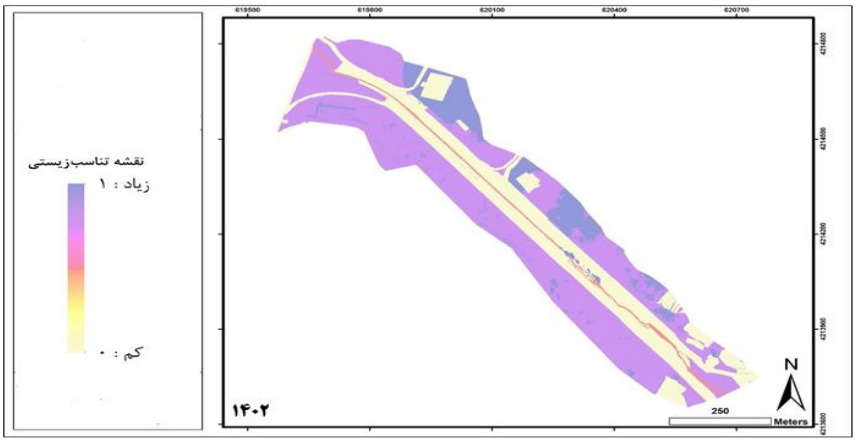
کاربری در قسمت شمالی ترمینال یک با استفاده از کاربری فضای سبز و اراضی بایر طراحی شود که در این پژوهش هم بدین‌صورت تهیه شد (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. نقشه فازی ترمینال دو برای خیابان دوکمال تبریز در سطح لکه‌ها

نقشه Habitat Suitability Map

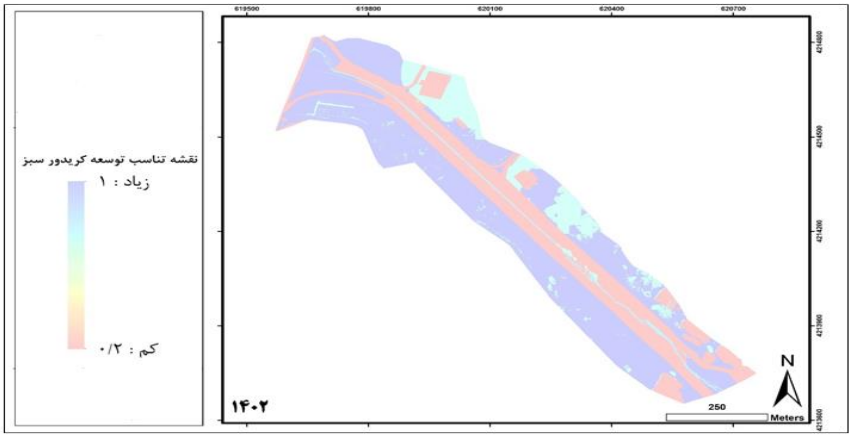
نقشه فازی تناسب زیستی برای کریدور سبز در بازه ۰ تا ۱ بر اساس ضریب مقاومت کاربری اراضی در برابر تغییر به‌صورت شکل ۱۳ تهیه شد.



شکل ۱۳. نقشه فازی تناسب زیستی کریدور سبز HSM ۰ تا ۱ برای خیابان دوکمال تبریز

نقشه Development Suitability Map

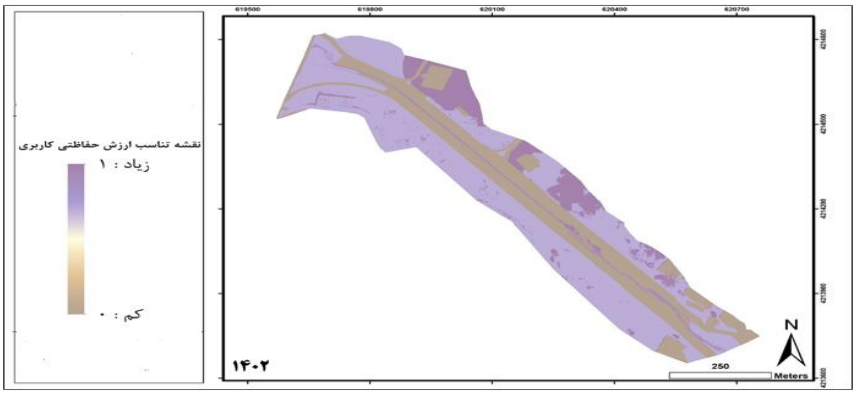
نقشه فازی تناسب توسعه و مسیر سازی برای کریدور سبز در بازه ۰ تا ۱ بر اساس مسیر سازی و ضریب مقاومت کاربری اراضی در برابر تغییر، به‌صورت شکل ۱۴ آماده‌سازی شد.



شکل ۱۴. نقشه فازی تناسب توسعه مسیر کریدور سبز DSM ۰ تا ۱ برای خیابان دوکمال تبریز

ساخت نقشه Conservation Value Map

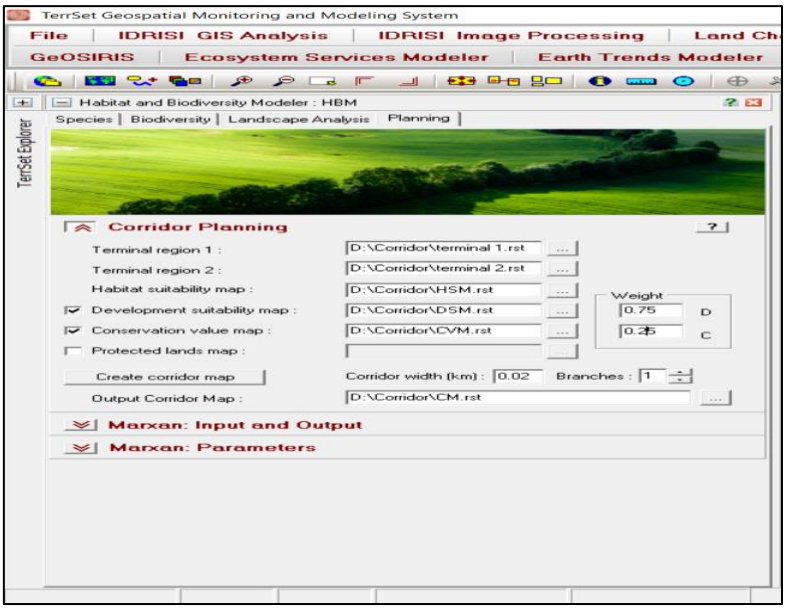
نقشه فازی ارزش حفاظتی از نظر حفظ کاربری‌ها در بازه ۰ تا ۱ بر اساس ارزش نگهداشت کاربری اراضی به‌صورت شکل ۱۵ تهیه شد.



شکل ۱۵. نقشه فازی تناسب توسعه مسیر کریدور سبز CVM ۰ تا ۱ برای خیابان دوکمال تبریز

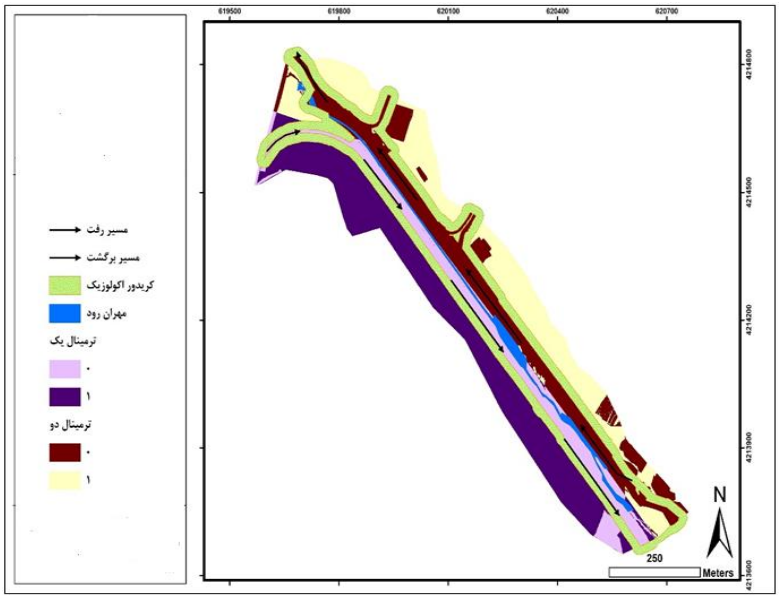
نقشه تولید کریدور سبز

در نهایت، برای تهیه نقشه مطابق شکل ۱۶ ورودی‌های مدل برای تولید کریدور سبز وارد شد. نقشه بولین ترمینال ۰ و ۱، نقشه‌های تناسب اراضی ۰ تا ۱ برای Habitat Suitability Map، Development Suitability Map و Conservation Value Map وارد مدل گردید. البته در اجرای مدل بایستی برای نقشه‌های DSM و CVM وزن تخصیص داده شود که طبق مطالعات تجربی گذشته به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۵ تخصیص داده شد.



شکل ۱۶. برنامه‌ریزی ساخت کریدور سبز نقشه برای خیابان دوکمال تبریز

خروجی نرم‌افزار TerrSet قسمت Corridor Planning در شکل ۱۷ آورده شده است. همان‌طور که در شکل مذکور مشخص است با اجرای این کریدور که آبیاری آن‌هم به‌راحتی با منبع رودخانه مهران‌رود قابل تأمین است، می‌توان یک کریدور اکولوژیک که جنبه‌های زیباشناختی، سرمایش شهری و کاهش جزایر حرارتی، خدمات ورزشی و پیاده‌روی را در این منطقه شهری داشته باشد، عملیاتی نمود. طول این کریدور معادل ۳۶۶۰ متر و مساحت آن معادل ۸/۲ هکتار خواهد بود.



شکل ۱۷. نقشه کریدور سبز برای خیابان دوکمال تبریز

بحث

در پژوهش حاضر به طراحی کریدور اکولوژیکی در خیابان دوکمال تبریز پرداخته‌شده و در آن تأکید شده که با اجرای

آن می‌توان یک کریدور اکولوژیک که دارای خدمات متعدد اکوسیستمی از جمله جنبه‌های زیباشناختی، سرمایش شهری و کاهش جزایر حرارتی باشد، را در این منطقه شهری عملیاتی نمود. طول این کریدور معادل ۳۶۶۰ متر و مساحت آن معادل ۸/۲ هکتار خواهد بود که با پژوهش‌های Zhou et al (2023) و Fan et al (2023) که به طراحی کریدورهای اکولوژیکی پرداخته‌اند و Zhou et al (2023) نیز تأکید کرده‌اند که کریدورهای اکولوژیکی مکمل، مشکلات ساختاری را بهبود خواهد بخشید، دارای مشابهت است.

در این پژوهش از روش گراف برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها استفاده‌شده که مشابه پژوهش سادات و همکاران (۱۳۹۹) است و آن‌ها نیز بر نیاز به افزایش کریدورهای طبیعی تأکید کرده‌اند.

در این پژوهش در محدوده موردمطالعه در سنجه‌های CA و PLAND لکه‌های ساخته‌شده در طول دو دهه گذشته، سیر صعودی داشته و از مساحت ۴۵ هکتار در سال ۲۰۰۳ به مساحت ۸۸ هکتار در سال ۲۰۲۳ رسیده‌اند، مابقی کاربری‌ها از جمله فضاهای سبز و اراضی بایر نیز کاهش یافته‌اند. همچنین در سنجه NP، کلاس‌های کاربری اراضی ساخته‌شده، فضای سبز و رودخانه در فاصله بین سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۲۳ با افزایش تعداد لکه‌ها مواجه گشته‌اند که این مورد حاکی از آن است که لکه‌های موجود در طول زمان تکه‌تکه شده‌اند. در سنجه ED، کاربری‌های ساخته‌شده، فضای سبز و رودخانه به میزان قابل‌توجهی در محدوده موردمطالعه پیوستگی خود را ازدست‌داده‌اند. در سنجه LSI، تراکم لبه روند افزایشی داشته که حاکی از آن است شکل سیمای سرزمین خیابان دوکمال تبریز در خصوص اراضی سبز به‌شدت به‌طرف پیچیده‌تر شدن حرکت کرده است. در سنجه LPI، کلاس کاربری اراضی ساخته‌شده، کاربری اراضی بایر و فضای سبز، دچار کاهش و کوچک‌شدگی شده که در این موارد، پژوهش حاضر با پژوهش محمودزاده و مسعودی (۱۳۹۸) که اذعان کرده‌اند که سیمای سرزمین شهر تبریز به‌مرورزمان، با کاهش پیوستگی ازهم‌گسیخته‌تر گردیده است و با پژوهش حاتمی نژاد و همکاران (۱۴۰۲) که بیان کرده‌اند در محدوده موردمطالعه آن‌ها افزایش تعداد لکه‌ها در سیمای سرزمین رخ‌داده و مساحت لکه‌ها کاهش‌یافته دارای مشابهت می‌باشد. در عرصه خارجی نیز همچون این پژوهش، Lin et al(2023) لکه‌های اکولوژیکی را با روش شاخص ارزیابی حساسیت اکولوژیکی مورد شناسایی قرار داده‌اند.

با وجود شباهت‌هایی میان این پژوهش و پژوهش‌های انجام‌شده که به نمونه‌هایی از آن در بالا اشاره شد، نوآوری پژوهش حاضر در ایجاد سبز راه مبتنی بر تحلیل اکولوژیکی کمی و کیفی تغییرات سیمای سرزمین با ایجاد پیوستگی عملکردی فضای سبز می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که کاربری اراضی ساخته‌شده در طول این بازه زمانی بیشترین تغییرات مساحتی را داشته و به میزان ۴۳ هکتار معادل ۹۴ درصد توسعه پیداکرده که حاکی از شدت ساخت‌وسازها می‌باشد. فضاهای سبز در حدود ۱۴ هکتار معادل ۴۳ درصد کاهش داشته است و اراضی بایر ۳۱ هکتار که معادل ۵۰ درصد اراضی بایر محدوده می‌باشد، در طول ۲۰ سال گذشته تخریب و به کاربری‌های دیگر تبدیل‌شده‌اند. پهنه‌های آبی مسیر رودخانه مهران‌رود هم کاملاً با دست‌کاری انسانی از شکل طبیعی خود خارج‌شده و اراضی تخریب‌شده به‌ویژه در محدوده خیابان دوکمال به ساختمان‌ها و معابر شهری تبدیل‌شده‌اند. تحلیل کیفی تغییرات نیز نشان داد در شاخص Attrition، ۳۰/۵۵ هکتار از اراضی، در شاخص Creation، ۸۹/۷۵ هکتار و در شاخص Dissection، ۱۵/۷۴ هکتار این تغییرات را تجربه کرده‌اند که نشان ازهم‌گسیختگی سیمای سرزمین در محدوده موردمطالعه دارد. همچنین نتایج نشان داد که در شاخص Cohesion، اراضی ساخته‌شده بیشترین پیوستگی را در بین پوشش اراضی در محدوده خیابان دوکمال دارند. با توجه به در دسترس

بودن اراضی بایر اطراف خیابان دوکمال با استفاده از Corridor Planning نرم‌افزار TerrSet امکان‌سنجی طراحی مسیر اکولوژیک به طول ۳/۶ کیلومتر به‌صورت حلقوی، مرتبط و به مساحت ۸ هکتار انجام شد که در صورت اجرا می‌توان این گسیختگی را تا حدودی جبران کرد و همچنین این کریدور می‌تواند به هسته اصلی خودش یعنی پارک باغمیشه متصل شود. جهت بهبود و ارتقاء عملکردهای اکولوژیکی فضای سبز خیابان دوکمال تبریز، اقدامات و راهکارهای ذیل پیشنهاد می‌گردد:

❖ این تحقیق سیمای سرزمین خیابان دوکمال تبریز را بررسی کرده و پیشنهاد می‌گردد برای نتایج مطلوب‌تر، در سطح کل شهر به کار گرفته شود.

❖ مدل‌ها و روش‌های مورداستفاده می‌توانند با پیشرفت‌های علمی تکمیل و با رویکردهای دیگر مقایسه شوند.

❖ روش‌های این تحقیق عمدتاً ماهیت محلی دارند و پیشنهاد می‌گردد در مقیاس شهری و مناطق حفاظتی نیز مورداستفاده قرار گیرد.

❖ پیشنهاد می‌شود برای ارتقای کیفیت پژوهش و کاربرد در طرح‌های توسعه شهری، از تصاویر ماهواره‌ای با وضوح بالا و نقشه‌های به‌روز کاربری اراضی استفاده شود.

❖ این پژوهش جزء مطالعات کمی و کاربردی در حوزه شهرسازی و برنامه‌ریزی محیطزیست می‌باشد، که پیشنهاد می‌شود علاوه بر تلفیق با مطالعات کیفی فضاهای سبز شهری، عوامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و.. نیز برای بهبود کیفیت و کمیت شبکه‌های اکولوژیک شهری بررسی شود.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

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

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه‌کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

ایمانی هرسینی، جلیل و اشجعی، آیدا. (۱۴۰۱). شبکه اکولوژیکی، رویکرد نوین حفاظت از تنوع زیستی و زیستگاه‌ها در مقیاس سیمای سرزمین. *نشریه انسان و محیطزیست*، ۲۰ (۶۲)، ۱۱۹-۱۰۹.

تیموری، راضیه؛ قربانی، رسول؛ پورمحمدی، محمدرضا و احدنژاد، محسن. (۱۳۹۵). ارزیابی سرانه و دسترسی پارک‌ها و فضاهای سبز شهری با رویکرد اکولوژیکی (مورد نمونه: پارک‌های محله‌ای کلان‌شهر تبریز). *نشریه جغرافیا و توسعه فضای شهری*، ۳(۵)، ۱۹-۳۳. https://doi.org/10.22067/gusd.v3i2.47680

قربانی، رسول و تیموری، راضیه. (۱۳۹۶). تحلیل اکولوژیک عوامل کلیدی برنامه‌ریزی فضای سبز کلان‌شهر تبریز با استفاده از روش تحلیل ساختاری و پویش محیطی. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۱(۶۱)، ۳۴۰-۳۱۹.

سادات، مهدیس؛ صالحی، اسماعیل؛ امیری، محمدجواد و احسانی، امیر هوشنگ. (۱۳۹۹). بهینه‌سازی ساختار سیمای سرزمین با رویکرد تجزیه تحلیل شبکه اکولوژیک و تئوری گراف. *محیط‌شناسی*، ۴۶(۴)، ۵۰۹-۵۲۴. https://doi.org/doi: 10.22059/jes.2021.323284.1008169

حاتمی نژاد، حسین؛ یزدی، رعنا و ایرجی، حسین. (۱۴۰۲). ارزیابی ساختار اکولوژیکی فضای سبز با رویکرد سیمای سرزمین مطالعه موردی: شهر صومعه‌سرا- گیلان. *نشریه جغرافیا و توسعه*، ۲۱(۷۱)، ۱۱۵-۹۳. https://doi.org/10.22111/GDIJ.2023.7591

خادم الحسینی، احمد؛ قائدرحمتی، صفر و جمشیدی، زهرا. (۱۳۹۵). ارزیابی پایداری فضاهای سبز شهری در مناطق پانزده‌گانه شهر اصفهان. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. ۴۸ (۴). ۷۵۱-۷۶۳. doi: 10.22059/jhgr.2016.53398

ذکاوت، کامران. (۱۳۹۵). *ابعاد سازنده کیفیت محیط در طراحی شهری: مقدمه‌ای بر روش‌ها و فنون طراحی شهری*. (چاپ اول)، تهران: انتشارات آذرخش.

رمضانی مهریان، مجید و فریادی، شهرزاد. (۱۳۹۳). طراحی شبکه پیوسته فضای سبز شهری با استفاده از تئوری گراف (مطالعه موردی: منطقه یک تهران). *فصلنامه علوم محیط*، ۱۲(۲)، ۹۹-۱۱۰.

شعبانی، مرتضی؛ علوی، سید علی؛ مشکینی، ابوالفضل و سلمان ماهینی، عبدالرسول. (۱۳۹۸). ارزیابی و سنجش فضایی محیط‌زیست شهری با رویکرد شهر سبز مطالعهٔ موردی: کلان‌شهر تهران. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۵۱ (۱). ۱۱۱-۱۲۷. doi: 10.22059/jhgr.2017.61799

محمودزاده، حسن و مسعودی، حسن. (۱۳۹۸). تحلیلی بر تغییرات ساختاری سیمای سرزمین کلان‌شهر تبریز با استفاده از مبانی اکولوژی سیمای سرزمین و با تأکید بر مفهوم پیوستگی. *نشریه آمایش سرزمین*، ۱۱(۲)، ۲۰۴-۱۷۹. https://doi.org/doi: 10.22059/jtcp.2019.288093.670019

موحد، سپیده و طبیبیان، منوچهر. (۱۳۹۷). بررسی تغییرات شبکه اکولوژیک و نقش آن در تاب‌آوری اکولوژیکی کلان‌شهر مشهد. *محیط‌شناسی*، ۴۴(۲)، ۳۹۴-۳۷۳. https://doi.org/10.22059/JES.2018.236242.1007458

موسوی فاطمی، حسین؛ حبیب، فرح و شهابیان، پویان. (۱۴۰۲). سناریو بندی یکپارچگی شبکه اکولوژیک منظر شهری بر اساس مدل بهبودیافته جاذبه (در پهنه شمال شرق تهران). *فصلنامه پایداری، توسعه و محیط‌زیست*، ۴(۱)، ۳۵-۵۱.

میکائیلی، علیرضا و صادقی بنیس، مژگان. (۱۳۸۹). شبکه اکولوژیکی شهر تبریز و راهکارهای پیشنهادی برای حفظ و توسعه آن. *مجله پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱(۲)، ۴۳.

ناروئی، بهروز و حیدری، امید. (۱۳۹۴)، بررسی مفهوم اکولوژی سیمای سرزمین و جایگاه آن در برنامه‌ریزی و طراحی مناظر شهری. *کنفرانس بین‌المللی انسان، معماری، عمران کنفرانس و شهر*، تبریز.

نساجی، مینا و عابدیان، نازنین. (۱۳۹۷). اکولوژی شهری و تأثیر آن بر توسعه محیط‌های شهری و فعالیت‌های انسانی، *کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام*، تبریز.

نوحه‌گر، احمد؛ جباریان امیری، بهمن و افراخته، روشنک. (۱۳۹۴). تحلیل کاربری سرزمین در بخش مرکزی گیلان با رویکرد اکولوژی سیمای سرزمین. *جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای*، ۵ (۱۵)، ۲۱۴-۱۹۷. https://doi.org/10.22111/GAIJ.2015.2079

References

Anderson, J. R. (1976). *A land use and land cover classification system for use with remote sensor data* (Vol. 964). US Government Printing Office.

Apan, A. A., Raine, S. R., & Paterson, M. S. (2002). Mapping and analysis of changes in the riparian landscape structure of the Lockyer Valley catchment, Queensland, Australia. *Landscape and Urban Planning*, 59(1), 43-57. https://doi.org/10.1016/S0169-2046(01)00246-8

Dehling, D. M. (2023). Ecological Networks. *In Encyclopedia of Biodiversity* (pp. 151-165). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822562-2.00111-0

Fan, S., Axmacher, J. C., Shu, H., & Liu, Y. (2023). Ecological network design based on optimizing ecosystem services: case study in the Huang-Huai-Hai region, China. *Ecological Indicators*, 150, 110264.

Forman, R., & Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Willy and Sons, New York.

Gorbani, R., & Teymouri, R. (2017). Ecological Analysis of Key Factors Influencing in Tabriz Green Space Planning Using Environmental Scanning and Structural Analysis. *Journal of Geography and Planning, 21*(61), 319-340. [In Persian]

Hellmund, P. C., & Smith, D. (2013). *Designing greenways: sustainable landscapes for nature and people*. Island Press.

Imani Harsini, J., & Ashjai, A. (2022). Ecological Network, a New Approach to Protecting Biodiversity and Habitats at the Landscape Scale. *Journal of Humans and Environment, 20* (62), 109-119. [In Persian]

Lin, G., Yang, Z., Xu, L., Zhang, F., & Yang, R. (2023). Urban ecological network construction in Loess Plateau regions in China-case study of Huanxian city. *Alexandria Engineering Journal*, *74*, 153-169. https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.05.035

Liu, M., Li, L., Wang, S., Xiao, S., & Mi, J. (2023). Forecasting the future suitable growth areas and constructing ecological corridors for the vulnerable species Ephedra sinica in China. *Journal for Nature Conservation*, *73*, 126401. https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126401

Mahmoudzadeh, H., & Masoudi, H. (2019). The Analysis of Structural Landscape Changes in Tabriz City Using Landscape Ecology Principles with an Emphasis on the Connectivity Concept. *Town and Country Planning*, *11*(2), 179-204. https://doi.org/doi: 10.22059/jtcp.2019.288093.670019 [In Persian]

Mikaeeili, A., & sadeghe, M. (2011). Urban Ecological Network of Tabriz City And Proposed Solutions for Preservation and Development. *Environmental Researches, 1*(2), 43-52. [In Persian]

Mousavi Fatemi, H., Habib, F., & Shahabian, P. (2023). Scenario Planning of Urban Landscape Ecological Network Integration Based on Improved Gravity Model (in the Northeast Zone of Tehran). *Journal of Sustainability, Development and Environment, 4* (1), 35-51. [In Persian]

Movahed, S., & Tabibian, M. (2018). Investigating the changes of ecological network and its role in the ecological resilience of Mashhad city. *Journal of Environmental Studies*, *44*(2), 373-394. https://doi.org/doi: 10.22059/jes.2018.236242.1007458 [In Persian]

Naroi, B., & Heydari, O. (2015). Investigating the concept of landscape ecology and its place in urban landscape planning and design. *International Conference on Human, Architecture, Civil and the City, Tabriz.* [In Persian]

Nassaji, M., & Abedian, N. (2018). Urban Ecology and Its Impact on the Development of Urban Environments and Human Activities. *Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Planning of Islamic World Countries, Tabriz.* [In Persian]

Nohegar, D. A., jabariyan amiri, D. B., & afrakhte, R. (2015). Land Use Analysis on Guilan Central District Using Landscape Ecology Approach. *Journal of Geography and Territorial Spatial Arrangement, 5*(15), 197-214. https://doi.org/10.22111/gaij.2015.2079[In Persian]

Ramezani Mehrian, M., & Faryadi, S. (2014). Urban Green Space Network Development Using Landscape Ecology Principles and Graph Theory (Case Study: Region 1 Tehran, Iran). *Journal of Environmental Sciences, 12*(2), 99-110 [In Persian]

Sadat, M., Salehi, E., Amiri, M. J., & Ehsani, A. H. (2021). Optimization of Landscape Structure Based on Ecological Network Analysis and Graph theory. *Journal of Environmental Studies, 46*(4), 625-644. https://doi.org/doi: 10.22059/jes.2021.323284.1008169 [In Persian]

Teimouri, R., Ghorbani, R., Pourmohammadi, M. R., & Ahadnejad, M. (2017). The Evaluation of Urban Parks and Green Spaces Per Capita and their Accessibility with Ecological Approach. *Journal of Geography and Urban Space Development, 3*(2), 19-33. https://doi.org/10.22067/gusd.v3i2.47680[In Persian]

Zhang, X., Wang, X., Zhang, C., & Zhai, J. (2022). Development of a cross-scale landscape infrastructure network guided by the new Jiangnan watertown urbanism: A case study of the ecological green integration demonstration zone in the Yangtze River Delta,

China. *Ecological Indicators*, *143*, 109317. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109317

Zhou, Y., Zheng, Z., Wu, Z., Guo, C., & Chen, Y. (2023). Construction and evaluation of ecological networks in highly urbanised regions: A case study of the Guangdong-Hong Kong-Macao greater Bay Area, China. *Ecological Indicators*, *152*, 110336. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110336