15(2) 121-128, Summer 2023

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

land use change effects from rural to urban on bird diversity: A case study of Isfahan

Amir Farahnasab [1], Parvin Farshchi [1], Roshana Behbash [2], Jalil Imani Harsini [1]*

[1]*Department of Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2]*Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran*

Key Words
Multiple Linear Regression
Shannon Diversity Index
Green Coverage
Road Network
Land use

Abstract

Introduction: Urbanization is considered the most important extinction driver of various fauna and flora species in the present century due to the degradation of habitat quality and its fragmentation. Therefore, investigation of changes in the land use land cover mosaic can provide useful information about the alteration of ecological processes, especially changes in bird diversity in urban landscapes.

Materials & Methods: Bird survey was carried out from April to May 1400 between 8 and 11 am with three repetitions at 55 points located on 11 transects (5 points per transect). Transects and points were selected by examining land use and land cover changes on the rural-urban gradient. Then, 10 variables related to the area, mean distance and density of green cover, road network and habitat were computed in 4 circular buffers with radii of 750, 1500, 2250 and 3000 at each point of bird observation to assess their relationship with the Shannon diversity index using the multiple linear regression model.

Results: 2085 birds belonging to 46 bird species were observed. The domestic sparrow was found as the most abundant bird species with 1381 individuals. Among the independent parameters, percentage of green cover in buffer 1500 m, percentage of road cover in buffer 750 m, area of the nearest green cover, distance to the nearest green cover and mean distance to the nearest green cover in buffer 2250 m as variables were entered in the regression model (r2 = 0.64) as predictors of diversity Shannon.

Conclusion: The findings of this study showed that the area of small green spaces, their long distance from each other and the high density of the road network are the most important factors in reducing the presence and diversity of bird species in the urban environment. Although areas close to the urban physical border showed higher bird diversity, their sharp decline toward the city center could be offset by accurate locating of urban green parks and reduction of traffic effects in nearby areas.

* Corresponding Author's email: parvinfarshchi@gmail.com
Received: 30 April 2022; Reviewed: 6 June 2022; Revised: 11 August 2022; Accepted: 14 September 2022
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.353362.2853

مقاله پژوهشی

شناسایی تاثیر تغییرات کاربری اراضی از روستا به شهر بر تنوع پرندگان: مطالعه موردی شهر اصفهان

امیر فرح‌نسب[۱]، پروین فرشچی[۱]، روشنا بهباش[۲]، جلیل ایمانی‌هرسینی[۱]*

[۱] گروه محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

کلمات کلیدی

رگرسیون خطی چندگانه
شاخص تنوع شانون
پوشش سبز
شبکه جاده
کاربری اراضی

چکیده

مقدمه: شهرنشینی به‌دلیل تخریب کیفیت زیستگاه و تکه تکه شدن آن به‌عنوان مهم‌ترین محرک انقراض گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری در قرن حاضر به‌شمار می‌آید. از این‌رو، بررسی تغییرات موزائیک کاربری و پوشش اراضی می‌تواند اطلاعات مفیدی در مورد تغییر فرآیندهای اکولوژیکی به‌خصوص تغییر در تنوع پرندگان در سیماهای شهری فراهم کند.

مواد و روش‌ها: عملیات مشاهده و ثبت پرندگان از فروردین تا اردیبهشت سال ۱۴۰۰ بین ساعات ۸ تا ۱۱ صبح با سه تکرار در ۵۵ نقطه مستقر بر ۱۱ ترانسکت (۵ نقطه در هر ترانسکت) صورت گرفت. ترانسکت‌ها و نقاط با بررسی شیب تغییرات کاربری و پوشش اراضی در شیب روستا–شهر انتخاب شدند. سپس تعداد ۱۰ متغیر مربوط به وسعت، متوسط فاصله و تراکم پوشش سبز، شبکه جاده و سکونتگاه در ٤ بافر دایره‌ای با شعاع‌های ۷۵۰، ۱۵۰۰، ۲۲۵۰ و ۳۰۰۰ در هر نقطه مشاهده پرنده کمی گردید و ارتباط آن با شاخص تنوع شانون پرندگان مشاهده شده با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندگانه بررسی شد.

نتایج: در مشاهدات، تعداد ۲۰۸۵ فرد پرنده متعلق به ٤٦ گونه مشاهده گردید. گنجشک خانگی نیز با تعداد ۱۳۸۱ فرد به‌عنوان فراوان‌ترین گونه مشاهده و ثبت گردید. از بین پارامترهای مورد استفاده، درصد پوشش سبز در بافر ۱۵۰۰ متر، درصد پوشش جاده در بافر ۷۵۰ متر، وسعت نزدیک‌ترین پوشش سبز، فاصله تا نزدیک‌ترین پوشش سبز و متوسط فاصله تا نزدیک‌ترین پوشش سبز در بافر ۲۲۵۰ متر به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده تنوع شانون در مدل رگرسیون تعیین شدند (r^2 = ۰/٦٤)

بحث و نتیجه‌گیری: یافته‌های این تحقیق نشان داد که وسعت کم لکه‌های سبز، فاصله‌ی زیاد آن‌ها نسبت به یکدیگر و تراکم بالای شبکه جاده‌ای، از مهم‌ترین عوامل کاهش حضور و تنوع پرندگان در محیط‌های شهری است. اگرچه مناطق نزدیک به مرز فیزیکی شهری، تنوع پرندگان بالاتری را نشان داد، اما کاهش شدید آن‌ها به سمت هسته مرکزی شهر را می‌توان با جانمایی دقیق پارک‌های سبز شهری و کاهش اثر ترافیک در مناطق نزدیک به آن تعدیل کرد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: parvinfarshchi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۰ اردیبهشت ۱۴۰۱؛ تاریخ داوری: ١٦ خرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ اصلاح: ۲۰ مرداد ۱۴۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۲۳ شهریور ۱۴۰۱
(DOI): 10.22034/AEJ.2022.353362.2853

مقدمه

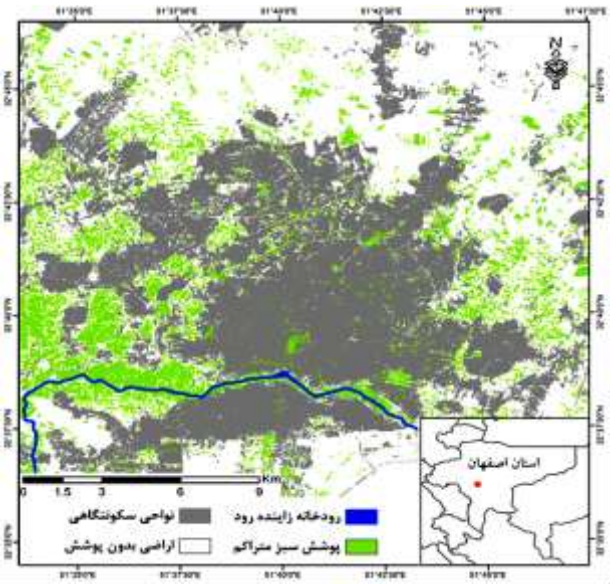
جمعیت انسان و شمار افراد مهاجر به سمت شهرهای بزرگ در حال افزایش است که این امر موجب توسعه نامتوازن بین شهرها و حاشیه آن‌ها شده است (۱). تراکم انواع فعالیت‌ها و بهره‌برداری‌ها که به‌صورت کاربری‌های متعدد در سیمای شهری بروز پیدا می‌کنند، موجب کاهش کیفیت محیط برای انسان و سایر گونه‌ها شده است. هرچه شهرها بزرگ‌تر و گستره‌های مکانی بیش‌تری را اشغال می‌کنند، اثرات منفی و پتانسیل تخریبی آن‌ها بیش‌تر می‌شود به‌طوری‌که امروزه پیچیده‌ترین موزائیک پوشش و کاربری اراضی را می‌توان در حاشیه‌شهرها که ترکیبی از زیستگاه‌ها، فضاهای باز، اراضی کشاورزی و سطوح نفوذناپذیر رشد کرده‌اند مشاهده کرد (۲). در حال حاضر، شهرنشینی به‌دلیل تخریب کیفیت زیستگاه و تکه‌تکه شدن آن به‌عنوان مهم‌ترین محرک انقراض گونه‌های مختلف گیاهی و جانوری در قرن حاضر به‌شمار می‌آید. درخصوص گونه‌های پرنده این تغییرات، اثرات بارز و مهمی بر زمان تولیدمثل، آوازخوانی، ریخت‌شناسی و اندازه‌بدن، سطوح استرس و سطح کورتیکواسترون پایه آن‌ها در پی داشته است (۳). بر این اساس، بررسی حضور، فراوانی و تنوع پرندگان در محیط‌های شهری، این امکان را به‌وجود می‌آورد تا آگاهی ما از برخی عملکردهای شهر افزایش یابد و بتوان اتخاذ رویکردهای متفاوت در طراحی شهری را به‌وسیله یک شاخص زیستی مورد بررسی قرار داد. یکی از مهم‌ترین رویکردها در این زمینه، بررسی تغییرات حضور پرندگان در ارتباط با انواع کاربری‌ها و پوشش‌های زمین است که با حرکت به سمت هسته‌های مرکزی شهری و همراه با افزایش فشارها و اثرات انسانی از تنوع و غنای آن‌ها کاسته می‌شود. به‌طور مثال، Leveau و همکاران نشان دادند که تغییرات سطوح نفوذناپذیر به‌طور قابل توجهی موجب تغییرات مکانی و زمانی جوامع پرندگان شهری می‌شود (۴). Mao و همکاران نیز دریافتند که تنوع پرندگان، کاهش شدیدی از مناطق روستایی تا مراکز شهری را تجربه می‌کند، اما این تغییر در امتداد شیب‌هایی که حاوی فضاهای بیش‌تری برای لانه‌سازی، پناهگاه و غذا هستند کم‌تر است (۵). نتایج Aouissi و همکاران نیز نشان داد که برای حفظ تنوع و فراوانی جوامع پرندگان در مناطق شهری، یک شبکه به‌هم پیوسته زیرساخت سبز مورد نیاز است. آن‌ها هم‌چنین دریافتند که اگرچه تنوع پرندگان در امتداد شیبِ روستا به شهر کاهش می‌یابد، اما پیکربندی بهتر (سبزتر) و آمایش صحیح محیط‌های شهری می‌تواند شیب تغییر را کاهش و در نتیجه تنوع و فراوانی جوامع پرندگان را در کل شهر ارتقا دهد (۶). در مناطق مرکزی ایران، نواحی شهری در داخل سیماهای یکپارچه کشاورزی توسعه یافته و هسته‌های فشرده شهری را تشکیل داده‌اند. به‌عنوان مثال، شهر اصفهان در دهه‌های گذشته از یک الگوی رشد متمرکز پیروی کرده است که در آن، فضاهای سبز کوچک و در تعداد کم در مرکز شهر دیده می‌شود، اما در مناطق حاشیه‌ای (روستایی) الگوی به‌شدت پراکنده و پیچیده از کاربری‌های مختلف حضور دارد که براساس آن، شیب‌های محیطی مختلفی در مقیاس‌های مکانی و زمانی مختلف ایجاد می‌شود (۷). بر این اساس در تحقیق حاضر، شیب تغییرات انواع کاربری‌های و پوشش‌های زمین در طیف روستا-شهر در شهر اصفهان محاسبه و کمی شد. سپس با اختصاص ترانکست‌ها و نقاط مشاهده پرنده در طیف روستا-شهر، تنوع پرندگان در شیب تغییرات کمی گردید. درنهایت، از مدل رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد تا تغییرات تنوع پرندگان در شیب روستا-شهر در ارتباط با ساختار و ترکیب سطوح نفوذناپذیر و پوشش سبز تعیین گردد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه و گونه مورد مطالعه: این تحقیق در شهر اصفهان، مرکز استان اصفهان انجام گرفت. شهر اصفهان، دارای وسعتی برابر با ۳۴۰ کیلومترمربع است که بین طول‌های جغرافیایی ″۴۲٫۴۰ ′۱۶ °۵۱ تا ″۱٫۶۰ ′۵۴ °۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۴۴٫۵۷ ′۴۸ °۳۲ تا ″۵۰٫۳۹ ′۲۳ °۳۲ شمالی قرار گرفته است. متوسط ارتفاع شهر اصفهان از سطح عمومی آب‌های آزاد دریاها در حدود ۱۷۵۰ متر است. بستر رودخانه زاینده‌رود که از قسمت‌های جنوبی شهر اصفهان (محور غربی- شرقی) می‌گذرد کم ارتفاع‌ترین نقطه شهر به‌حساب می‌آید (۱۵۵۰ متر) (۸). از منظر تاریخی، شهر اصفهان بر روی دشت‌های حاصلخیز حوزه زاینده‌رود با شیب شرقی متوسط ۲ درصد بنا شده است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، اقلیم شهر اصفهان خشک و نیمه‌خشک است که مقدار تبخیر و تعرق آن از میزان بارش سالانه بیش‌تر بوده و منجر به وقوع تابستان‌های بسیار گرم و خشک در این ناحیه می‌شود. مانند سایر شهرهای مناطق مرکزی ایران، الگوی توسعه نواحی سکونتگاهی در مرکز شهر اصفهان به‌صورت الگوی متراکم و با استفاده حداکثری از فضا بوده است، حال آن‌که در نواحی بیرونی توسعه پراکنده غالب است (۹). شکل ۱ محدوده شهر اصفهان را نشان می‌دهد.

تولید نقشه کاربری و پوشش اراضی: برای تهیه نقشه کاربری و پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه، یک تصویر ترکیبی ماهواره‌ای سنتینل-۲ (در سطح Surface Reflectance (SR)) متعلق بهار سال ۱۴۰۰ با استفاده از فیلتر زمانی mean. در سامانه متن باز با حافظه ابری گوگل ارث انجین تولید شد (۱۰). نقاط تعلیمی برای سه طبقه سطوح نفوذناپذیر (شامل سکونتگاه و شبکه جاده)، پوشش سبز (شامل

اراضی کشاورزی فعال و پارک‌های شهری) و نواحی بایر با پوشش گیاهی کم با استفاده از تفسیر چشمیِ تصاویر رنگی کاذب و عملیات میدانی تهیه گردید. برای طبقه‌بندی تصویر به این سه کلاس کاربری و پوشش اراضی، از الگوریتم بیشینه احتمال استفاده شد. سرانجام صحت نقشه تولید شده با تولید ماتریس خطا و محاسبه دو آماره ضریب کاپا و صحت کلی مورد بررسی قرار گرفت (۱۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی هسته مرکزی شهر اصفهان و مناطق همجوار

تعیین شیب تغییرات و جانمایی ترانسکت: برای بررسی تغییرات تنوع پرندگان در شیب روستا به شهر، یک شبکه شش ضلعی با وسعت تقریبی هر شش ضلعی برابر با ۱۰۰ هکتار بر روی شهر اصفهان و مناطق حومه قرار داده شد. چنانچه وسعت نواحی سکونتگاهی در هر شش ضلعی بیش از ۵۰ هکتار (۵۰ درصد وسعت هر شش ضلعی) بود. آن شش ضلعی به‌عنوان منطقه‌ای با غالبیت نواحی سکونتگاهی شناسایی و آن‌هایی که با مرز مشترک بر روی هسته مرکزی شهر اصفهان قرار داشتند، تجمیع و مرز کلی آن‌ها به عنوان مرز فیزیکی شهر اصفهان معرفی شد. سپس بافرهایی با اختلاف فاصله شعاعی ۵۰۰ متر در دو سمت درونی و بیرونی مرز فیزیکی شهر قرار داشته شد، تا شدت تغییرات کاربری و پوشش اراضی به عنوان معیاری از شیب تغییرات برای تعیین طول ترانسکت‌ها محاسبه گردد. علاوه بر طول ترانسکت‌ها، تعداد آن‌ها براساس شرایط و چیدمان انواع کاربری‌ها تعیین گردید. بر روی هر ترانسکنت، ۵ نقطه مشاهده پرندگان جانمایی شد به‌صورتی‌که نقطه مرکزی بر روی مرز فیزیکی شهر و ۴ نقطه دیگر به‌صورت مساوی بر قسمت‌های بیرونی و درونی مرز فیزیکی شهر قرار داده شدند.

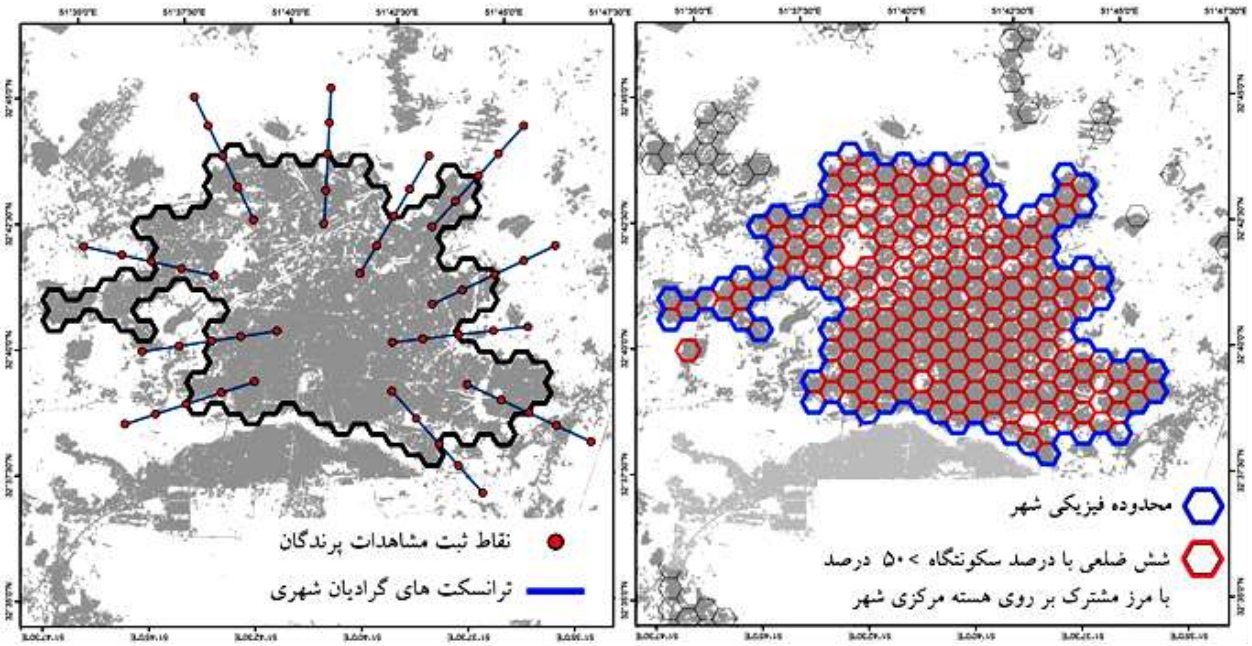
ثبت نوع، فراوانی و تنوع پرندگان: عملیات مشاهده و ثبت پرندگان بین ۲۰ فروردین تا ۲۰ اردیبهشت سال ۱۴۰۰ بین ساعات ۸ تا ۱۱ صبح به‌صورت مشاهده با چشم غیرمسلح و هم‌چنین تشخیص صدای پرنده انجام شد. در صورت انسداد زاویه دید در دو جهت یا بیش‌تر، یک نقطه جایگزین در نزدیک‌ترین فاصله به نقطه مورد نظر انتخاب و عمل ثبت و مشاهده پرندگان صورت می‌گرفت. برای جلوگیری از اریب در مشاهدات، هر مشاهده با سه تکرار (هر تکرار ۳۰ دقیقه) انجام و تمامی پرندگان در سطح گونه شناسایی شدند (۱۲، ۱۳). پس از ثبت پرندگان، شاخص تنوع شانون محاسبه گردید. این شاخص مرسوم‌ترین و پرکاربردترین شاخص تنوع در مطالعات اکولوژیکی است (معادله ۱) که در آن P_i احتمال حضور گونه i و n تعداد مشاهده شده است. شاخص تنوع شانون فرض می‌کند که تمام افراد به‌صورت تصادفی از یک جامعه بسیار بزرگ انتخاب شدند و از تمامی گونه‌های آن جامعه در نمونه وجود دارد.

رابطه ۱: $H' = \sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i$

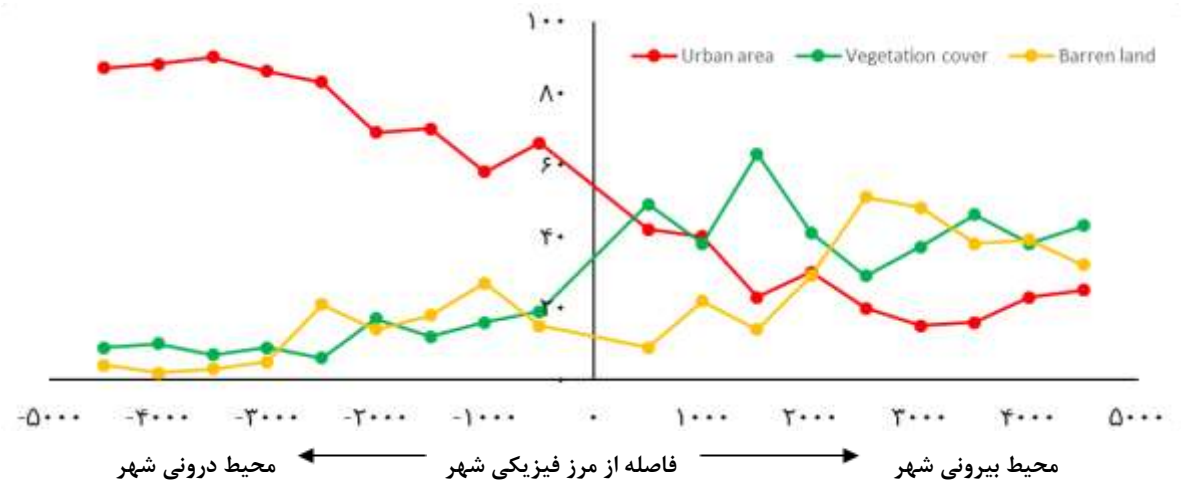
مدل‌سازی ارتباط تنوع پرندگان با شاخص‌های مکانی: در هر نقطه مشاهده پرندگان، ۴ بافر دایره‌ای با شعاع‌های ۷۵۰، ۱۵۰۰، ۲۲۵۰ و ۳۰۰۰ متر تولید و پارامترهای زیر به‌عنوان پارامترهای (همسایگی) مستقل و پیش‌بینی کننده تنوع در هر یک از بافرها محاسبه گردید: وسعت نزدیک‌ترین پوشش سبز (ANG= Area of the Nearest Green patch)؛ درصد وسعت سبز (GAP= Green Area Percentage)، شاخص تنوع پوشش گیاهی (VDI= Vegetation Diversity Index) و متوسط شاخص تفاضل نرمال شده گیاهی پوشش سبز در هر بافر (VDE= Vegetation Diversity)، فاصله تا نزدیک‌ترین لکه سبز (DNG= Distance to the Nearest Green patch) و متوسط فاصله تا کلیه لکه‌های سبز در هر بافر (MDG= Mean Euclidean Distance between Green patches)، درصد وسعت (BAP= Built-up Area Percentage) و متوسط فاصله تا نواحی سکونتگاهی در هر بافر (MDB= Mean Euclidean Distance between Built-up patches)، شاخص ترافیک (برآیند مقدار نسبی عبور و مرور وسایل نقلیه از جاده (TI= Traffic Index) و درصد پوشش جاده (RC= Road Coverage). شاخص TI و RC از معاونت توسعه پایدار شهرداری اصفهان دریافت گردید (۸) و سایر پارامترها در محیط GIS و با استفاده از نقشه کاربری و پوشش اراضی ساخته شده در این تحقیق تولید گردید. علاوه بر این، از مدل رگرسیون خطی چندگانه استفاده شد تا ارتباط تنوع پرندگان با پارامترهای مکانی در شیب تغییرات روستا به شهر بررسی گردد.

نتایج

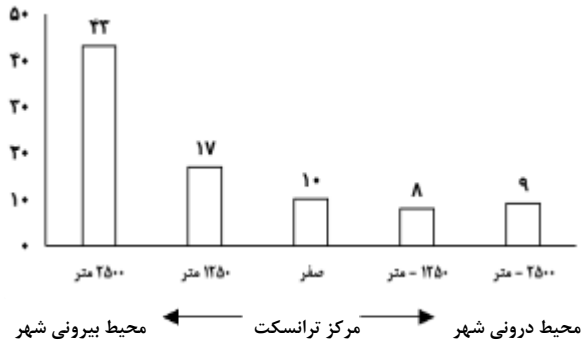
نقشه کاربری و پوشش شهر اصفهان با استناد بر تعداد ۵۰۰ نقطه مرجع با ضریب کاپا ۸۹ درصد و صحت کلی ۹۴ درصد تولید شد. هسته مرکزی شهر اصفهان با اتصال شش ضلعی‌هایی با بیش از ۵۰ درصد سکونتگاه در هسته مرکزی شهر با وسعت ۱۲۶ کیلومتر مربع تولید گردید (شکل ۲-الف). شیب تغییرات درصد وسعت کاربری‌های تولید شده از مرز فیزیکی اصفهان به سمت هسته مرکزی شهر و هم‌چنین قسمت‌های بیرونی در شکل ۳ آمده است. براساس این نتایج، بیش‌ترین شیب تغییرات به‌خصوص تغییرات سکونتگاه در فاصله ۲۵۰۰ متری درونی و بیرونی مرز شهر مشاهده می‌شود. به‌طور مثال، در نواحی با فاصله بیش‌تر از ۲۵۰۰ متر از مرز فیزیکی شهر، تغییرات وسعت نواحی سکونتگاهی عموماً ثابت بود، حال آن‌که در بین این فاصله، درصد نواحی سکونتگاهی تغییرات بیش از ۴۰ درصد را نشان داد. براساس شیب تغییرات، تعداد ۱۱ ترانسکت پنج کیلومتری (۲۵۰۰ متر از هر سمت مرز) به‌صورت عمود بر روی مرز فیزیکی شهر قرار داده شد. در انتخاب مکان آن‌ها نیز عدم وجود پارامترهایی که موجب برهم زدن شرایط طبیعی منطقه و گرادیان شهر- روستا می‌شوند مانند بزرگراه‌های پر سر و صدا یا نواحی کارگاهی و صنعتی هستند لحاظ گردید. در هر ترانسکت، تعداد ۵ نقطه قرار داده شد (مجموعاً ۵۵ نقطه)، شامل یک نقطه در مرکز، دو نقطه در منتهی‌الیه ترانسکت و دو نقطه بینابینی با فاصله ۱۲۵۰ متر از دونقطه مجاور (شکل ۲-ب). در مشاهدات، تعداد ۲۰۸۵ پرنده متعلق به ۴۶ گونه مشاهده گردید. گنجشک خانگی (*Passer domesticus*) با تعداد ۱۳۸۱ فرد، به‌عنوان فراوان‌ترین گونه مشاهده و ثبت گردید. پس از آن، پرستو (*Hirundo rustica*) با ۳۴۳ مشاهده، قمری خانگی (*Streptopelia senegalensis*) با ۲۹۹ مشاهده، و زاغی (*Pica pica*) با تعداد ۲۳۰ مشاهده، ازجمله فراوان‌ترین گونه‌های مشاهده‌شده درصبح بودند. ازجمله گونه‌هایی که فقط یک‌بار مشاهده شد نیز می‌توان به پری شاهرخ (*Oriolus oriolus*)، توکای سیاه (*Turdus merula*)، چکاوک گندمزار (*Melanocorypha calandra*)، چک چک دشتی (*Oenanthe isabellina*)، دارکوب قهوه‌ای (*Jynx torquilla*)، سسک سرسیاه (*Sylvia atricapilla*) و قرقی (*Accipiter nisus*) اشاره کرد. تعداد گونه‌های مشاهده شده به تفکیک نقاط مشاهده بر روی ترانسکت در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۲: الف) مرز فیزیکی شهر اصفهان حال از اتصال ۶ ضلعی‌های با وسعت سکونتگاه بیش از ۵۰ درصد و ب) موقعیت مکانی ترانسکت‌ها و نقاط مشاهده پرندگان



شکل ۳: شیب تغییرات درصد وسعت کاربری‌ها در بافرهای ۵۰۰ متری درون و بیرون مرز فیزیکی شهر

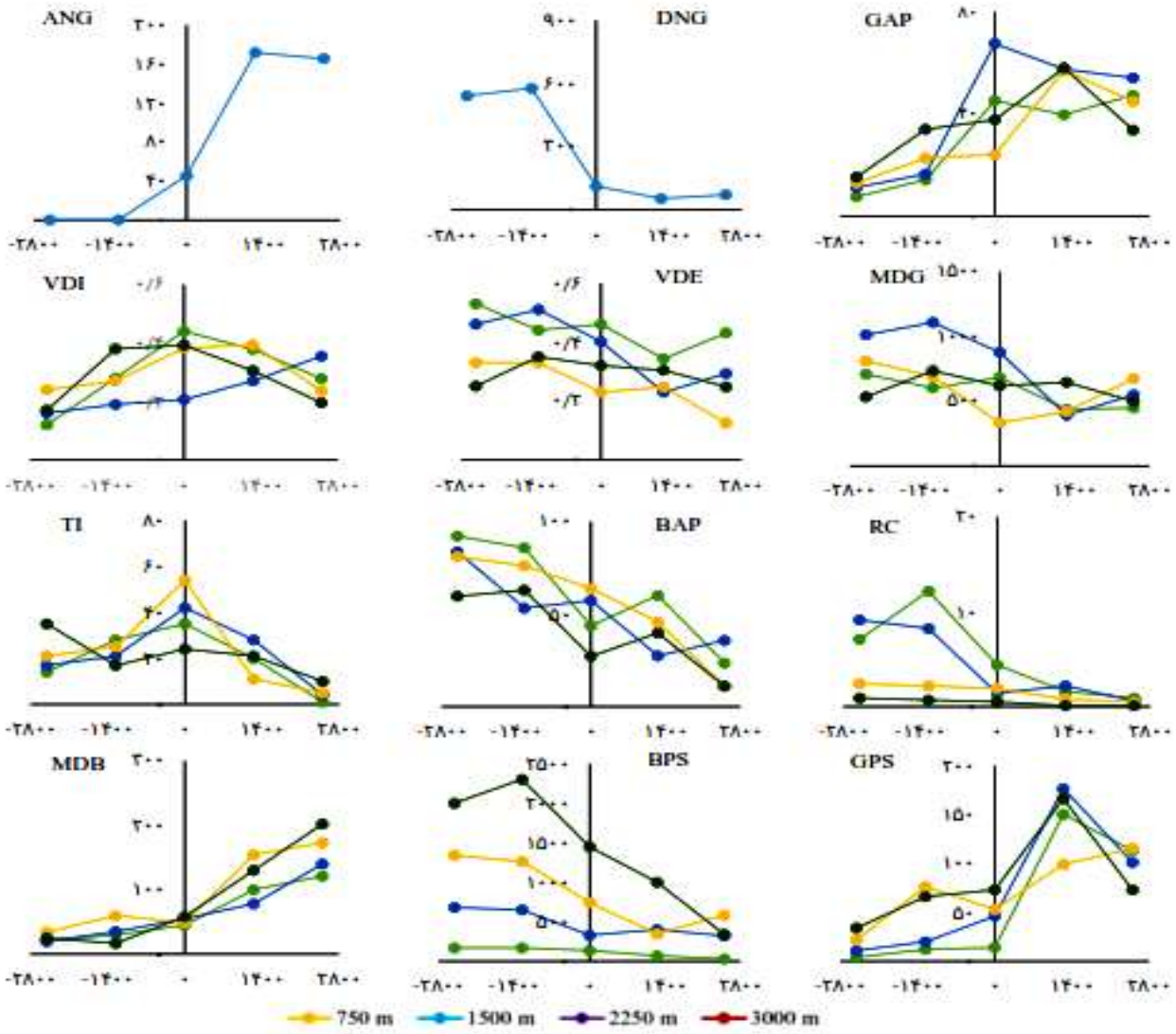


شکل ۴: تعداد گونه‌های شناسایی شده در طول ترانسکت

نمودار تغییرات پارامترهای مستقل در طول ترانسکت و در بافرهای مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. برخی از پارامترها مانند DVI، TI و GAP الگوهای تغییرات سهموی را از خود نشان دادند، حال آن‌که برخی پارامترها مانند BAP و BPS روند کاهشی و برخی دیگر مانند MDB و GPS روند افزایشی را نشان دادند. اگرچه اکثر پارامترهای مستقل مورد استفاده، عدم هم‌خطی را نشان دادند، اما هیچ‌یک از آن‌ها دارای توزیع نرمال نبودند. از این رو نتایج حاصل از تحلیل Box–Cox موجب تبدیل آن‌ها به توزیع نرمالِ کلموگروف اسمیرنوف با p-value بین ۰/۱۴۵ تا ۰/۲۳۳ گردید. از بین پارامترهای مورداستفاده، تعداد ۵ متغیر شامل درصد پوشش سبز در بافر ۱۵۰۰ متر (p=۰/۰۰، t=۴/۹۵)، درصد پوشش جاده در بافر ۷۵۰ متر (p=۰/۰۰، t=-۳/۰۲)، وسعت نزدیک‌ترین پوشش سبز (p=۰/۰۱، t=۲/۸۴)، فاصله تا نزدیک‌ترین پوشش سبز (p=۰/۰۲، t=-۲/۳۴) و متوسط فاصله تا نزدیک‌ترین پوشش‌سبز در بافر ۲۲۵۰ متر (p=۰/۰۴، t=-۲/۱۰) به‌عنوان متغیرهای پیش‌بینی کننده تنوع شانون در مدل رگرسیون تعیین شدند (r^2=۰/۶۴) (جدول ۱). در این بین، دو پارامتر درصد پوشش‌سبز در بافر ۱۵۰۰ متر و وسعت نزدیک‌ترین لکه پوشش سبز دارای رابطه مثبت و سایر پارامترها دارای رابطه منفی با شاخص تنوع شانون بودند. نتایج حاصل از VIF نیز برای تمامی این پارامترها کم‌تر از ۱/۵ قرار داشت که نشان از عدم وجود هم خطی بین آن‌ها است.

جدول ۱: مدل رگرسون خطی چندگانه برای پیش‌بینی شاخص تنوع شانون

مدل	ضرایب معادله			t	Sig.	هم خطی		Sig.	R square
	B	Std. Error	بتا			تولرانس	VIF		
(ضریب)	-۲/۹۷	۲۴/۶۶		-۰/۰۲	۰/۰۴				
GAP-1500m	۱/۰۷	۰/۲۱	۰/۴۹	۴/۹۵	۰/۰۰	۰/۷۱	۱/۴۱		
RC-750m	-۵/۶۲	-۱/۸۵	-۰/۲۷	-۳/۰۲	۰/۰۰	۰/۸۸	۱/۱۲	۰/۰۴	۰/۶۴
ANG	۰/۲۶	۰/۰۹	۰/۲۷	۲/۸۴	۰/۰۱	۰/۷۷	۱/۲۹		
DNG	-/۰۵	۰/۰۲	-۰/۲۰	-۲/۳۴	۰/۰۲	۰/۹۷	۱/۰۲		
MDG-2250m	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۱۹	-۲/۱۰	۰/۰۴	۰/۸۰	۱/۲۳		



شکل ۵: مقادیر پارامترهای همسایه در حلقه‌های بافر و گروه‌های فاصله‌ای نقاط مشاهده پرندگان

بحث

ساختار، پیکربندی و ترکیب طبقات مختلف کاربری و پوشش اراضی، همواره به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حضور، غنا و تنوع پرندگان شهری مورد بررسی قرار گرفته است (۱۴). در میان کلاس‌های مختلف کاربری و پوشش اراضی، تمرکز اصلی این حوزه اغلب بر چیدمان مکانی فضاهای سبز بوده است زیرا این نواحی زیستگاه‌های امنی برای گونه‌های مختلف پرندگان شهری به‌شمار می‌آیند. اگرچه حضور گونه‌های مختلف پرندگان در پارک‌های شهری تابعی از الگوهای مکانی و چیدمان محیط داخلی پارک است، اما نمی‌توان نقش کل سیمای شهر و اثر موزائیک کاربری‌ها در این امر را نادیده گرفت. از این‌رو در مطالعه حاضر، نقاط نمونه‌برداری در سطوح و درجات مختلف موزائیک کاربری‌ها انتخاب شد. علاوه بر آن، چنان‌چه Pal و همکاران (۱۵) و Pithon و همکاران (۱۶) نیز نشان دادند، تغییرات ناچیز اکثر متغیرهای مستقل در داخل مرز شهر تاکیدی بر لزوم استفاده از شیب تغییرات برای بررسی اثر موزائیک کاربری‌ها بر تنوع و فراوانی پرندگان است. همان‌طورکه یافته‌های این تحقیق نشان داد، تنوع گونه‌های پرندگان، به‌دلیل تأثیرات منفی حضورانسان و فعالیت‌های زندگی شهری به‌طور قابل توجهی به سمت هسته شهری کاهش می‌یابد. همان‌طورکه مطالعات Parrish و Hepinstall-Cymerman (۱۷) و Merrall و Evans (۱۸) نیز نشان داد، چنین کاهشی اغلب مربوط به رفتار پرندگان تخصصی است که

از سیماهای تحت سلطه (و تخریب شده) فعالیت‌های انسانی اجتناب می‌کنند. با این‌حال مطالعاتی که به بررسی رابطه بین شاخص تنوع شانون و الگوهای مکانی موزائیک کاربری و پوشش شهری پرداختند، نتایج متناقضی ارائه کردند. مشابه با یافته‌های این تحقیق، Pearson (۱۹) ارتباط معنی‌داری بین شاخص تنوع شانون پرندگان شهری و الگوهای مکانی کاربری و پوشش اراضی در سیمای شهری پیدا کردند در حالی که نتایج Parrish و Hepinstall-Cymerman (۱۷) نشان از رابطه آماری ضعیف بین این پارامترها بود. این تناقض در نتایج را می‌توان به وسعت شهر، نحوه طراحی فضای داخلی شهر و هم‌چنین برخی دیگر از شرایط محیطی مانند آب و هوا مربوط دانست. یافته‌های این تحقیق در شهر اصفهان با هسته سطوح انسان‌ساختِ مرکزی متراکم نشان داد که در درجه اول، بخش بزرگی از تنوع پرندگان در شهر را می‌توان با دو متغیر محلی ANG و DNG که بیانگر خصوصیات نزدیک‌ترین پوشش سبز به نقطه ثبت پرندگان است توضیح داد، در حالی که اکثر متغیرهای مربوط به ساختار سیما به‌صورت متوسط عددی در بافرهای مختلف کمی یا از مدل رگرسیون، حذف شدند (مانند BPS، GPS، MDB و VDI) یا فقط در حلقه‌های بافر، با شعاع کم، معنی‌دار بودند. Hemami و همکاران در شهر اصفهان، هم‌چنین دریافتند که غنای پرندگان را می‌توان به‌طور معنی‌داری با ویژگی‌های فضایی پارک‌هایی که در آن‌ها مشاهده شده‌اند توضیح داد (۲۰). در پارک‌های کوچک با عرض کم در این شهر نیز Tashakkor و همکاران (۲۱) هم‌چنین Rashidi و همکاران (۲۲) نشان دادند که قرارگیری در معرض زیرساخت‌های جاده‌ای متراکم و سر و صدای ترافیک، موجب کاهش مطلوبیت و عملکرد پارک‌های شهری برای گونه‌های مختلف می‌شود. در این راستا، یافته‌های این تحقیق نشان داد که تنوع گونه‌های پرندگان در مناطقی با تراکم جاده‌ای بالا در فاصله شعاعی ۷۵۰ متری کاهش چشمگیری خواهد داشت و با افزایش فاصله از شبکه جاده‌ای، این اثر کم‌تر خواهد بود. تأثیر فضاهای سبز بر تنوع و غنای گونه‌های پرندگان در بسیاری از مطالعات مورد بحث قرار گرفته‌است (۲۳). این مطالعات به‌اتفاق نشان دادند که هر چه مساحت پارک شهری بزرگ‌تر باشد، تنوع و تناسب زیستگاه بیش‌تر می‌شود. مطابق با یافته‌های این تحقیق، Muñoz-Pedreros و همکاران نیز دریافتند که وسعت و فاصله تا نزدیک‌ترین لکه سبز (مانند ANG و DNG مورد استفاده در این تحقیق) اصلی‌ترین عامل پیش‌بینی کننده تنوع پرندگان شهری است (۲۴). ارتباط معکوس افزایش فاصله بین فضاهای سبز با تنوع پرندگان به‌عنوان تنها اثر مرتبط با پیکربندی سیمای شهری بر تنوع گونه‌های پرنده شناخته شد، که نشان می‌دهد هر دو متغیرهای محلی و متغیرهای سطح سیما، از عوامل تعیین کننده تنوع پرندگان هستند. هم‌سو با این یافته، Wood و Quinn نیز دریافتند که ترکیبی از متغیرهای محلی و سیما، تنوع گونه‌های پرندگان در محیط‌های شهری را تعیین می‌کند (۲۵). براساس نتایج این تحقیق، کاهش مساحت لکه‌های سبز، فاصله زیاد آن‌ها نسبت به یکدیگر و تراکم بالای شبکه جاده‌ای، از مهم‌ترین عوامل کاهش حضور و تنوع گونه‌های پرندگان در محیط شهری است. اگرچه مناطق نزدیک به مرز فیزیکی شهری، تنوع پرندگان بالاتری را نشان می‌دهند، اما شیب تغییرات و کاهش آن‌ها به سمت هسته مرکزی شهر را می‌توان با جانمایی دقیق پارک‌های سبز شهری و کاهش اثر ترافیک در مناطق نزدیک به آن تعدیل کرد. به‌عبارت دیگر، نتایج این تحقیق نشان داد که کاهش تنوع پرندگان در طول شیب روستا به شهر اجتناب‌ناپذیر است. با این‌حال، تخصیص مناسب و افزودن پارک‌های بزرگ شهری می‌تواند نرخ سریع تغییر موزائیک شهری و ویژگی‌های اکولوژیکی مرتبط به آن (مانند تنوع پرندگان) به سمت هسته شهری را کاهش دهد. از این‌رو پیشنهاد می‌شود تا در تلاش‌های آینده از مدل‌های پیش‌بینی توسعه شهری برای مشاهده بصری تأثیر سناریوهای مختلف رشد شهری بر تنوع پرندگان شهری استفاده شود. هم‌چنین توصیه می‌شود در این گونه مطالعات از مقیاس‌های زمانی (فصلی و سالانه) برای درک تأثیر تغییرات زیست توده سبز پوشش گیاهی بر پرندگان شهری، در فصول سرد سال نیز بهره گرفته شود.

منابع

1. **Wang, Y.C., Shen, J.K. and Xiang, W.N., 2018.** Ecosystem service of green infrastructure for adaptation to urban growth: function and configuration. Ecosystem Health and Sustainability. 4(5): 132-143.
2. **Duvernoy, I., Zambon, I., Sateriano, A. and Salvati, L., 2018.** Pictures from the other side of the fringe: Urban growth and peri-urban agriculture in a post-industrial city (Toulouse, France). Journal of Rural Studies. 57: 25-35.
3. **Kleist, N.J., Guralnick, R.P., Cruz, A., Lowry, C.A. and Francis, C.D., 2018.** Chronic anthropogenic noise disrupts glucocorticoid signaling and has multiple effects on fitness in an avian community. Proceedings of the National Academy of Sciences. 115(4): E648-E57.
4. **Leveau, L.M., Isla, F.I. and Bellocq, M.I., 2018.** Predicting the seasonal dynamics of bird communities along an urban-rural gradient using NDVI. Landscape and Urban Planning. 177 :103-113.
5. **Mao, Q., Liao, C., Wu, Z., Guan, W., Yang, W. and Tang, Y., 2019.** Effects of land cover pattern along urban rural gradient on bird diversity in wetlands. Diversity. 11(6): 86.
6. **Aouissi, H.A., Petrişor, A.I., Ababsa, M., Boştenaru Dan, M. Tourki, M. and Bouslama, Z., 2021.** Influence of Land Use on Avian Diversity in North African Urban Environments. Land. 10(4): 434.
7. **Moein, M., Asgarian, A., Sakieh, Y. and Soffianian, A., 2018.** Scenario-based analysis of land-use competition in central Iran: Finding the trade-off between urban growth

patterns and agricultural productivity. Sustainable cities and society. 39: 557-567.

8. **Statistics IBo. 2015.** Statistical yearbook of Isfahan Province.

9. **Asgarian, A., Amiri, B.J. and Sakieh, Y., 2015.** Assessing the effect of green cover spatial patterns on urban land surface temperature using landscape metrics approach. Urban Ecosystems. 18(1): 209-222.

10. **Mutanga, O. and Kumar, L., 2019.** Google earth engine applications. MDPI. 591 p.

11. **Cai, W., Wei, Z., Liu, R., Zhuang, Y., Wang, Y. and Ning, X., 2021.** Remote sensing image recognition based on multi-attention residual fusion networks. ASP Transactions on Pattern Recognition and Intelligent Systems. 1(1): 1-8.

12. **Bibby, C.J., Jones, M. and Marsden, S., 1998.** Bird surveys: Expedition Advisory Centre London.

13. **Tashakkor, S. and Chamani, A., 2021.** Investigating and comparing the species diversity indices of birds in Isfahan Urban Parks (Case study: Isaargaran to Najwan Park). Journal of Animal Environment. 13(2): 113-120. doi: 10.22034/aej.2021.135849 (In Persian)

14. **Bushra, A., Padalia, H. and Khan, A., 2021.** Predicting spatial patterns of bird richness in an urban landscape in Himalayan foothills, India. Urban Ecosystems. 24(3): 451-467.

15. **Pal, M., Pop, P., Mahapatra, A., Bhagat, R. and Hore, U., 2019.** Diversity and structure of bird assemblages along urban-rural gradient in Kolkata, India. Urban Forestry & Urban Greening. 38: 84-96.

16. **Pithon, J.A., Duflot, R., Beaujouan, V., Jagaille, M., Pain, G. and Daniel, H., 2021.** Grasslands provide diverse opportunities for bird species along an urban-rural gradient. Urban Ecosystems. 1-14.

17. **Parrish, M.C. and Hepinstall-Cymerman, J., 2012.** Associations between multiscale landscape characteristics and breeding bird abundance and diversity across urban-rural gradients in Northeastern Georgia, USA. Urban Ecosystems. 15(3): 559-580.

18. **Merrall, E.S. and Evans, K.L., 2020.** Anthropogenic noise reduces avian feeding efficiency and increases vigilance along an urban–rural gradient regardless of species' tolerances to urbanisation. Journal of Avian Biology. 51(9).

19. **Pearson, S.M., 1993.** The spatial extent and relative influence of landscape-level factors on wintering bird populations. Landscape ecology. 8(1): 3-18.

20. **Hemami, M., Zayeri, A., Sharifianpour, N., 2009.** The effect of urban park and area on birds species of Isfahan. Third national conference on green ambient and urban landscape; Kish Island, Iran: Organization of Municipalities and Rural Management, Ministry of Interior.

21. **Tashakkor, S., Chamani, A., Nadoushan, M.A. and Moshtaghie, M., 2020.** Acoustics in urban parks: Does the structure of narrow urban parks matter in designing a calmer urban landscape? Frontiers of Earth Science. 14(3): 512-521.

22. **Rashidi, M., chamani, A. and Moshtaghie, M., 2018.** Investigating the effect of roads on diversity and abundance of different species of birds (Case study: Zayandeh rood Park, Isfahan). Journal of Animal Environment. 10(4): 179-186. (In Persian)

23. **Gonçalves, S.F., de Paula Lourenço, A.C., de Sousa Bueno Filho, J.S. and de Toledo, M.C.B., 2021.** Characteristics of residential backyards that contribute to conservation and diversity of urban birds: A case study in a Southeastern Brazilian city. Urban Forestry & Urban Greening. 61: 127095.

24. **Muñoz-Pedreros, A., González-Urrutia, M., Encina-Montoya, F. and Norambuena, H.V., 2018.** Effects of vegetation strata and human disturbance on bird diversity in green areas in a city in southern Chile. Avian Research. 9(1): 1-15.

25. **Wood, J.M. and Quinn, J.E., 2016.** Local and landscape metrics identify opportunities for conserving cavity-nesting birds in a rapidly urbanizing ecoregion. Journal of Urban Ecology. 2(1): juw003.