

寒地城市河岸带冬季留鸟群落 与多尺度景观格局的关系

董玉宽^{1,2,3}, 吴承润¹, 王秋实^{1,2,3}, 梁志鹏¹

(1. 沈阳建筑大学建筑与规划学院, 辽宁 沈阳 110168; 2. 辽宁省城市信息与空间感知重点实验室, 辽宁 沈阳 110168; 3. 辽宁省乡村建设发展模式与绿色宜居技术重点智库, 辽宁 沈阳 110168)

摘要 目的 解决城市化进程带来的城市景观格局变化与城市生物多样性之间的矛盾, 为寒地城市冬季鸟类栖息地优化设计和营建提供参考。方法 通过实地调查获取沈阳市浑河河岸带冬季留鸟群落数据, 利用地理信息分析方法获取河岸带 50 m、100 m、200 m 三个尺度缓冲区的景观格局数据, 采用斯皮尔曼相关性分析法和冗余分析法研究留鸟多样性与景观格局之间的影响关系。结果 浑河河岸带南岸冬季留鸟的丰富度与多样性高于北岸, 但多度低于北岸; 多度从上游至下游显著增加; 在三个不同尺度的缓冲区中, 100 m 缓冲区内的景观格局指数对留鸟多样性的影响最为显著; 在 50 m 和 100 m 缓冲区内, 灌丛斑块密度和草地斑块密度与丰富度和多度呈显著正相关; 在 200 m 缓冲区内, 水域景观面积比例与香农多样性呈显著负相关。结论 景观格局对留鸟多样性的影响具有尺度效应, 100 m 缓冲区影响最显著; 景观空间异质性的提高能够有效提升留鸟多样性; 季节变化也间接影响了留鸟多样性水平。建议在优化设计鸟类栖息地时应重点识别关键尺度下的环境要素, 提高景观的空间异质性, 并考虑季节变化对鸟类获取生存资源的影响, 从而制定有效的鸟类多样性保护策略。

关键词 城市河岸带; 鸟类多样性; 多尺度景观格局; 寒地城市

中图分类号 TU985.12; Q-9

文献标志码 A

引用格式: 董玉宽, 吴承润, 王秋实, 等. 寒地城市河岸带冬季留鸟群落与多尺度景观格局的关系[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2024, 40(6): 1079-1088. (DONG Yukuan, WU Chengrun, WANG Qiushi, et al. Relationship between winter resident bird community and multi-scale landscape patterns in cold urban riparian zone[J]. Journal of Shenyang jianzhu university(natural science), 2024, 40(6): 1079-1088.)

Relationship between Winter Resident Bird Community and Multi-scale Landscape Patterns in Cold Urban Riparian Zone

DONG Yukuan^{1,2,3}, WU Chengrun¹, WANG Qiushi^{1,2,3}, LIANG Zhipeng¹

收稿日期: 2024-09-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(52178405); 辽宁省科技厅重点研发计划项目(1724037492850)

作者简介: 董玉宽(1965—), 男, 教授, 博士研究生导师, 主要从事生态伦理与景观生态等方面研究。

(1. School of Architecture and Urban Planning, Shenyang Jianzhu University, Shenyang, China, 110168; 2. Key Lab of City Information and Spatial Perception, Shenyang, China, 110168; 3. Key Think Tank on Rural Construction Development Model and Green Livability Technology, Shenyang, China, 110168)

Abstract: This study aimed to address the conflict between urban landscape pattern changes and urban biodiversity during urbanization and provide reference suggestions for the construction and enhancement of winter bird habitats in cold cities. Field surveys were conducted to obtain data on winter resident bird communities along the Hun River riparian zone in Shenyang. Geographic information analysis techniques were employed to acquire landscape pattern data for three scaled buffer zones of 50 m, 100 m, and 200 m along the riparian zone. Spearman's correlation analysis and redundancy analysis were utilized to examine the relationship between resident bird diversity and landscape patterns. Results showed that among the three buffer zones, the landscape pattern indices within the 100 m buffer zone had the most significant impact on resident bird diversity. Within the 50 m and 100 m buffer zones, shrub and grassland patch densities were significantly positively correlated with bird richness and abundance. In the 200m buffer zone, the proportion of water landscape area was significantly negatively correlated with Shannon diversity. The impact of landscape patterns on resident bird diversity exhibited a scale effect, with the 100 m buffer zone showing the most significant impact. Increased landscape heterogeneity effectively enhanced resident bird diversity, and seasonal changes also indirectly affected bird diversity levels. It is recommended to identify key scale environmental factors, enhance landscape heterogeneity, and consider the impact of seasons on bird resource acquisition when designing and enhancing winter riverbank habitats for resident birds, in order to formulate effective measures.

Key words: urban riparian zone; birds diversity; multiscale landscape pattern; cold urban

城市化进程加速了城市景观格局的变化,加剧本土物种栖息地的变化与丧失,降低了城市生物多样性,破坏了生态环境^[1-2]。鸟类对景观格局的变化响应敏感,因此常作为研究城市生物多样性与景观格局间关系的指示性生物^[3-4]。留鸟是冬季鸟类群落的主要组成部分,因其对栖息地的依赖程度较高,所以留鸟对景观格局变化的响应也更为敏感^[5]。城市河岸带作为城市生态系统的重要部分,不仅具有丰富变化的景观格局,还是鸟类的关键栖息地和迁徙廊道^[6],景观格局的变化对鸟类多样性会产生重要的影响^[7-9]。近年来,国内外许多学者通过分析景观格局指数与鸟类多样性之间的关系,探讨了景观格局对鸟类多样性的影响机制。谢世林等^[10]采用相关性分析法和逐步回归法分析了北京公园绿地景观格局与鸟类多样性的关系,发现林地斑块面积比例与鸟多样性呈显著正相关,为鸟类保护工作提供有价值

的参考。张伯伦等^[11]研究发现人工斑块面积比例的提高导致了南汇滩涂鸟类多样性水平降低。在景观异质性层面, A. Haslem 等^[12]采用信息论方法分析了澳大利亚乡村鸟类多样性与栖息地景观格局的关系,发现农田地区的景观多样性水平与鸟类多样性水平成正比。在城市化程度的变化梯度上, O. Tzortzakaki 等^[13]发现了城郊地区和高尔夫球场等受中度干扰的栖息地内部鸟类多样性水平高于周边地区。在景观连通性层面, 张琼悦等^[14]在研究中发现维持粤港澳大湾区鸟类栖息地的高连通性对迁徙能力较弱的鸟类具有重要保护作用。在景观破碎度层面, C. A. Howell 等^[15]采用逐步回归法分析了密苏里中部森林鸟类多样性与景观格局的关系,发现破碎化程度较高的森林内部鸟类丰富度和多样性更高,而刘大钊等^[16]的研究则显示景观破碎度与鸟类多样性成反比。关于鸟类多样性与景观格局之间的相互影响,

大多数研究集中在温暖地区的鸟类群落上,而较少关注到寒冷地区的留鸟群落。

沈阳市东部为低山丘陵,属长白山系哈达岭余脉,西部为辽河平原,具有丰富的鸟类多样性资源^[17]。浑河河岸带是本地留鸟的主要栖息地,其环境质量对城市鸟类多样性的影响至关重要,同时也为研究鸟类多样性提供了有利条件。基于此,笔者以12月至次年1月为研究时段,以沈阳市三环内的浑河河岸带为研究范围,在对冬季留鸟群落进行实地观测以及对河岸带多尺度景观格局进行分析的基础上,利用相关性分析法和冗余分析法探讨多尺度景观格局与鸟类多样性之间的影响关系,以期为寒地城市冬季留鸟的栖息地营建和保护提供借鉴和参考。

1 研究基础

1.1 研究范围

沈阳市地处我国东北,东经123°25′41″、北纬41°48′09″;市域面积1.29万km²,属温

带大陆性季风气候,寒冷期较长,从11月持续至次年3月,期间平均温度在-4℃左右。浑河位于沈阳市城区南部,在沈阳市三环内的长度约32 km。城市河岸带范围的界定目前尚无定论^[18],从研究需要的角度出发,参考文献[19],将浑河河岸带的边界定义为:以三环路为东西边界、以防洪堤坝为南北边界,距河岸150~450 m范围内的陆地区域。在长青桥至胜利桥之间的中游段,河岸带主要由林地、草地和不透水表面组成;而长青桥以东和胜利桥以西的上下游段,河岸带主要由林地和耕地组成(见图1)。从“基质—斑块”的角度看,浑河河岸带是以乔木林地为主要基质的林地景观,在景观内部存在水域、草地、灌丛,以及由建筑物与道路等组成的不透水表面斑块。在浑河河岸带景观中,不同区域中各类型斑块的占比存在差异。如在接近城市核心区的部分中草地和不透水表面的占比相对更高,而在靠近近郊地区的部分,林地则为景观中的优势类型。

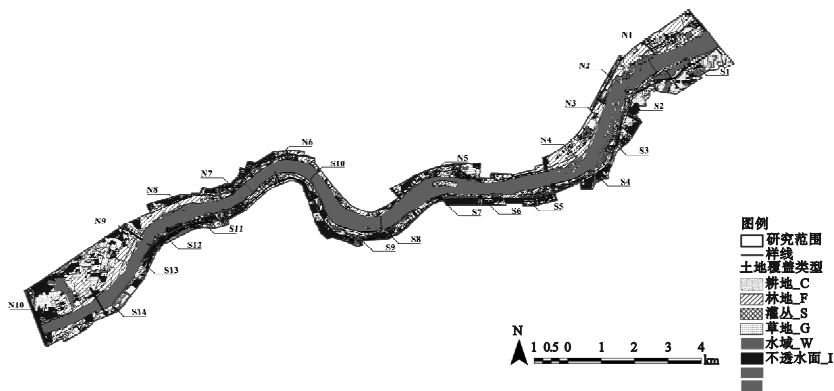


图1 研究区域概况
Fig. 1 Research scope situation

1.2 数据采集

1.2.1 留鸟数据采集

利用定距样线法采集河岸带留鸟数据^[20]。在浑河南北两岸共布置平行于河岸的24条鸟类调查样线,每条样线长度为1 km,且样线间隔至少200 m,以保证抽样调查的均匀性;从上游到下游,按位置顺序依次命名为N1~N10和S1~S14(见图1)。

鸟类实地调查在2023年12月—2024年1月进行,每月一次。具体方法:选择晴朗无风的工作日,在日出后的4 h内进行,每组2人,分别负责观测和记录。调查时使用双筒望远镜,沿样线朝同一方向以1~1.5 km/h的速度匀速行走,观察并记录样线两侧50 m范围内出现鸟类的名称、数量及居留型。为了避免误差,观察过程中不计入飞

过样线而不停留的鸟类及从调查行进方向的后方出现的鸟类,并保证由同一人观测所有鸟类。鸟类的物种名称、生物学分类参考《中国鸟类野外手册》^[21],居留型参考《辽宁的鸟类资源》^[22]。

1.2.2 景观格局指数获取

参考文献[9-11,14],选取景观格局指数。栖息地层面下的8种指数:景观面积占比(PLAND)、最大斑块指数(LPI)、斑块密度(PD)、景观形状指数(LSI)、平均形状指数(SHAPE_MN)、平均邻近指数(PROX_MN)、连接指数(CONNECT)、分离指数(DIVISION);景观层面下的4种指数:蔓延度指数(CONTAG)、破碎度指数(SPLIT)、香农多样性指数(SHDI)和香农均匀度指数(SHEI),共12种。其中,PLAND、LPI、PD指数反映了栖息地斑块的规模特征,LSI、SHAPE_MN指数反映栖息地斑块的形态特征,PROX_MN、CONNECT、DIVISION反映景观中不同栖息地斑块的空间分布特征;CONTAG、SPLIT反映景观的整体空间分布特征,SHDI和SHEI反映景观多样性特征。

采用 Google Earth Pro 下载 2024 年 3 月的高分辨率影像数据作为河岸带景观格局数据库,在 ArcGIS 软件中进行裁剪等预处理后获得分析用遥感影像。根据《土地利用现状分类》(GBT 21010—2017)要求,将研究范围内的土地覆盖共划分为耕地、林地、灌丛、草地、水域和不透水表面 6 类。在 ArcGIS 软件中对土地覆盖进行目视解译,结合街景地图和实地踏勘校正解译结果,最终获得研究范围内浑河河岸带土地覆盖的栅格图像。由于不同尺度下的景观格局对生物多样性的影响可能存在差异,因此使用 ArcGIS 软件的缓冲区工具提取不同尺度下的景观格局指数。以每条样线中轴为基准,生成距离分别为 50 m、100 m 和 200 m 的缓冲区。50 m 缓冲区是观测范围内反映样线周围景观的最小单元;100 m 缓冲区能够基本覆盖样线所在的

河岸带绿地;200m 缓冲区覆盖了河面以及河面上的部分滩涂、河岛以及河岸带边缘的耕地和不透水表面。将每条样线记作一个样本,以各缓冲区的矢量图层对土地覆盖图层进行裁剪,获得 3 个尺度下 24 个样线的栅格图像。将各样线的栅格图像导入 Fragstats 软件后提取 12 种景观格局指数(见图 2)。

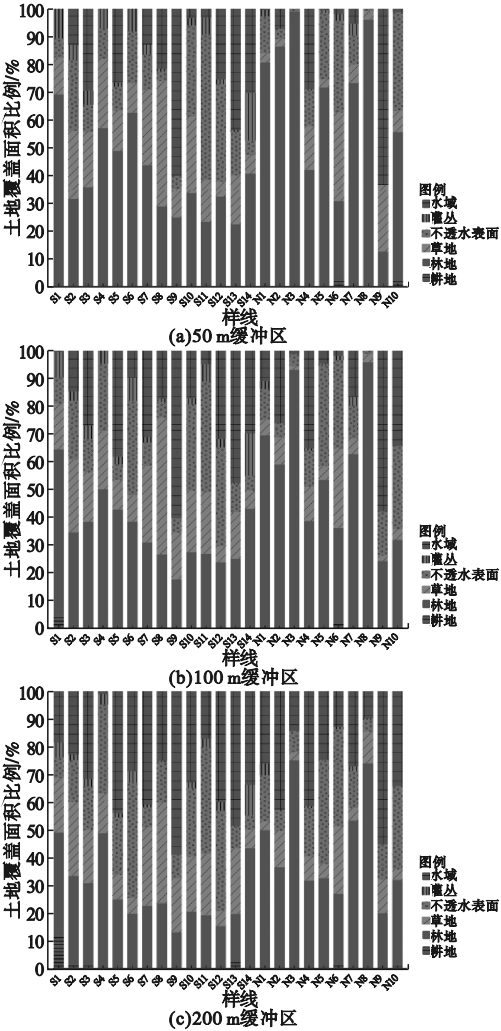


图 2 不同缓冲区尺度下不同土地覆盖面积占比
Fig. 2 The proportion of land cover area at different buffer zone scales

1.3 数据处理

1.3.1 鸟类多样性指标计算

采用物种丰富度(Bird Richness) R_b 、多度(Bird Abundance) A_b 和香农-威纳多样性指数(Shannon-Wiener Diversity Index) H 三个指标对 24 个样线的留鸟多样性水平进行描述。使

用 Excel 和 Past 软件对以上指标进行统计和计算^[23]。各多样性指标的计算公式如下:

$$R_b = S_b.$$
 (1)

式中: S_b 为样线中记录到的鸟类物种数。

$$A_b = \sum_{i=1}^N n_i.$$
 (2)

式中: N 为样线中记录到的鸟类种类总数; n_i 为样线中记录到的第 i 鸟类物种的个体数量。

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i \ln P_i).$$
 (3)

式中: P_i 为群落中第 i 个鸟类物种的个体数量落占群总个体数量的比例。

1.3.2 相关性分析与冗余分析

在进行相关性分析前,采用 K-S 检验对鸟类多样性指标和景观格局指数数据的正态性进行了检验,结果显示,部分数据不符合正态分布,因此采用 Spearman 法分析鸟类多样性指标和不同缓冲区尺度下的景观格局指数之间的相关性,并提取相关系数 $p < 0.05$ 的景观格局指数,准备进一步分析。由于景观格局指数与留鸟多样性间可能存在非线性关系,将 24 个样线的物种多样性数据导入 CANOCO5 软件进行决

策曲线分析 (Decision Curve Analysis, DCA)。结果显示曲线坐标第一轴的显著性值小于 0.4,因此采用冗余分析法 (Redundancy Analysis, RDA) 进行后续分析。将 Spearman 分析中相关系数 $p < 0.05$ 的景观格局指数作为解释变量导入 CANOCO5 软件中进行冗余分析,以确定留鸟多样性指标整体上对景观格局响应的显著性和解释度。

2 结果与分析

2.1 浑河河岸带留鸟多样性特征

实地调查共记录到 5 目 11 科 20 种 1 883 只留鸟(见表 1)。留鸟群落中,雀形目物种最为丰富,涵盖鸦科、山雀科、长尾山雀科、旋木雀科、鹎科、雀科和燕雀科共 7 科 11 种鸟类,也是多度最高的类群,共 1 472 只;啄木鸟目共 1 科 5 种;鸛鸛目 1 科 2 种;鸡形目和雁形目各 1 科 1 种。从生态类群的角度看,林鸟共 17 种,占据群落物种总数的 85%,水鸟共 3 种,占群落物种总数的 15%,说明浑河河岸带留鸟群落以雀形目林鸟为优势类群。

表 1 浑河河岸带冬季留鸟调查明细

Table 1 Survey directory of winter resident bird species in the Hun River riparian zone.

中文名	拉丁名	目	科	生态类群	数量/只
环颈雉	<i>Phasianus colchicus</i>	鸡形目	雉科	林鸟	1
斑嘴鸭	<i>Anas zonorhyncha</i>	雁形目	鸭科	水鸟	163
小鸛鸛	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	鸛鸛目	鸛鸛科	水鸟	89
凤头鸛鸛	<i>Podiceps cristatus</i>	鸛鸛目	鸛鸛科	水鸟	9
灰头绿啄木鸟	<i>Picus canus</i>	鴣形目	啄木鸟科	林鸟	3
小星头啄木鸟	<i>Picoides kizuki</i>	鴣形目	啄木鸟科	林鸟	3
小斑啄木鸟	<i>Dryobates minor</i>	鴣形目	啄木鸟科	林鸟	1
大斑啄木鸟	<i>Dendrocopos major</i>	鴣形目	啄木鸟科	林鸟	18
白背啄木鸟	<i>Dendrocopos leucotos</i>	鴣形目	啄木鸟科	林鸟	1
灰喜鹊	<i>Cyanopica cyanus</i>	雀形目	鸦科	林鸟	89
喜鹊	<i>Pica serica</i>	雀形目	鸦科	林鸟	251
小嘴乌鸦	<i>Corvus corone</i>	雀形目	鸦科	林鸟	11
大嘴乌鸦	<i>Corvus macrorhynchos</i>	雀形目	鸦科	林鸟	81
煤山雀	<i>Parus ater</i>	雀形目	山雀科	林鸟	10
大山雀	<i>Parus minor</i>	雀形目	山雀科	林鸟	164
北长尾山雀	<i>Aegithalos caudatus</i>	雀形目	长尾山雀科	林鸟	91
欧亚旋木雀	<i>Certhia familiaris</i>	雀形目	旋木雀科	林鸟	94
普通鸛	<i>Sitta europaea</i>	雀形目	鸛科	林鸟	4
麻雀	<i>Passer montanus</i>	雀形目	雀科	林鸟	663
金翅雀	<i>Chloris sinica</i>	雀形目	燕雀科	林鸟	14

24 个样线的留鸟群落的丰富度、多度和香农多样性指数计算结果如图 3 所示。

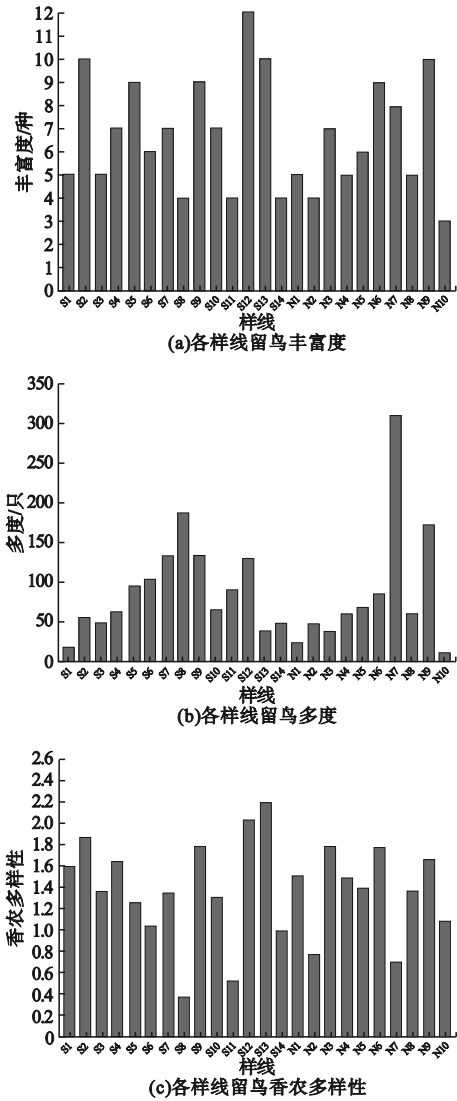


图 3 各样线留鸟多样性指数

Fig. 3 Resident bird's diversity index of each transect.

S12 的留鸟丰富度最高 ($R_b = 12$), N10 的留鸟丰富度最低 ($R_b = 3$);南岸留鸟丰富度的平均值为 7.07,北岸留鸟丰富度的平均值为 6.20,总体留鸟丰富度的平均值为 6.71。N17 的留鸟多度最高 ($A_b = 310$),N10 的留鸟多度最低 ($A_b = 11$);南岸留鸟多度的平均值为 86.714,北岸留鸟多度的平均值为 87.70,总体留鸟多度的平均值为 87.13。S12 的香农多样性指数最高 ($H = 2.21$),S8 的香农多样性指数最低 ($H = 0.37$);南岸留

鸟香农多样性指数的平均值为 1.39,北岸留鸟香农多样性指数的平均值为 1.36,总体留鸟香农多样性指数的平均值为 1.38。可以得出,浑河南岸河岸带的留鸟丰富度和香农多样性指数要高于北岸河岸带,而留鸟多度要低于北岸河岸带。从上游到下游,南北两岸河岸带留鸟多度逐渐上升,变化趋势较为明显,而留鸟丰富度和香农多样性指数的变化不明显。

2.2 留鸟对多尺度景观格局指数的响应

留鸟多样性指数与景观格局指数的 Spearman 相关性分析结果如表 2 所示。

表 2 留鸟多样性指数与各缓冲区景观格局相关性分析结果

景观格局指数	R_b	A_b	H
SHAPE_F50	-0.417 *	-0.251	-0.270
LPI_W50	-0.305	-0.521 **	0.017
LSI_W50	-0.510 *	-0.276	-0.165
SHAPE_W50	-0.563 **	-0.372	-0.372
PD_S50	0.441 *	0.448 *	0.047
LSI_S50	0.460 *	0.383	0.150
PD_G50	0.275	0.493 *	-0.226
PD_G100	0.289	0.454 *	-0.194
PLAND_S100	0.494 *	0.322	0.271
PD_S100	0.513 *	0.365	0.251
LSI_S100	0.528 **	0.388	0.257
PLAND_W100	-0.482 *	-0.547 **	-0.153
PD_W100	0.316	0.087	0.524 **
LPI_W100	-0.526 **	-0.549 **	-0.181
SHAPE_W100	-0.625 **	-0.227	-0.498 *
PD_I100	-0.052	0.416 *	-0.287
LSI_G200	0.419 *	0.386	0.042
PD_S200	0.527 **	0.352	0.217
LSI_S200	0.474 *	0.339	0.170
SHAPE_S200	0.281	0.482 *	0.063
DIVISON_S200	0.366	0.526 **	0.111
DIVISION_W200	0.523 **	0.505 *	0.246
PLAND_W200	-0.521 **	-0.565 **	-0.188

注: * 为显著性水平 $p < 0.05$ (双尾); ** 为显著性水平 $P < 0.01$ (双尾)。“F50”为林地 在 50 m 缓冲区内的景观格局指数,其余指数编号类同。

表 2 中仅提取有显著相关的变量。可以看到,在 50 m 缓冲区范围内,林地平均形状

指数、水域最大斑块指数、水域景观形状指数、水域平均形状指数、灌丛斑块密度、灌丛景观形状指数和草地斑块密度分别与至少一项留鸟多样性指数显著相关。在 100 m 缓冲区范围内,草地斑块密度、不透水表面斑块密度、水域景观面积占比、水域景观形状指数、水域平均形状指数、灌丛景观面积占比、灌丛斑块密度、斑块景观形状指数分别与至少一项留鸟多样性指数显著相关。在 200 m 缓冲区范围内,水域景观面积占比、水域分离指数、灌丛斑块密度、灌丛景观形状指数、灌丛平均形状指数、灌丛分离指数和草地景观形状指数至少一项留鸟多样性指数显著相关。3 个尺度下缓冲区范围内景观层面的景观格局指数与留鸟多样性指数均无显著相关。可以得出,景观规模特征和形状特征方面的景观格局指数对留鸟多样性的影响较为显著,而景观空间分布和景观多样性特征方面的景观格局指数对留鸟多样性的影响较不显著。

将上述 23 个景观格局指数作为解释变量导入冗余分析中以进一步分析其对留鸟多样性指标影响的解释度和显著性。RDA 分析结果见表 3。在 50 m 缓冲区范围内,景观格局指数对留鸟多样性指数的总解释度为 51.5%,灌丛斑块密度(PD_S50)对留鸟多样性指数的整体影响达到了显著水平($p = 0.028$),解释度为 15.7%;草地斑块密度(PD_G50)也对留鸟多样性指数整体产生了显著影响($p = 0.04$),解释度为 12.5%。在 100 m 缓冲区范围内,景观格局指数对留鸟多样性指数的总解释度为 64.3%,灌丛斑块密度(PD_S100)对留鸟多样性指数的整体影响最显著($p = 0.016$),解释度为 18.1%;其次是草地斑块密度(PD_G50), $p = 0.014$,解释度为 16.1%;水域景观面积占比(PLAND_W100)的影响 $p = 0.04$,解释度为 9.8%。在 200 m 缓冲区范围内,景观格局指数对留鸟多样性指数的总解释度为 33.7%,仅水域景观面积占比(PLAND_W200)对留

鸟多样性指数的整体影响达到显著水平($p = 0.016$),解释度为 16.1%。

表3 留鸟多样性指数与各缓冲区景观格局冗余分析结果

Table 3 The results of redundancy analysis on the diversity index of resident birds and the landscape patterns of various buffer zones

景观格局指数	解释度/%	贡献度/%	pseudo- <i>F</i>	显著性 <i>p</i>
PD_S50	15.7	30.4	4.1	0.028 *
PD_G50	12.5	24.3	3.7	0.040 *
SHAPE_W50	5.5	10.7	1.7	0.186
LPI_W50	6.0	11.5	1.9	0.178
LSI_W50	4.6	9.0	1.5	0.236
SHAPE_F50	6.7	13.1	2.3	0.100
LSI_S50	0.5	1.0	0.2	0.854
PD_S100	18.1	28.2	4.9	0.016 *
PD_G100	16.1	25.1	5.2	0.014 *
PLAND_W100	9.8	15.2	3.5	0.040 *
SHAPE_W100	6.1	9.5	2.3	0.128
PD_W100	5.7	8.8	2.3	0.080
PD_I100	3.8	5.9	1.6	0.198
LPI_W100	2.1	3.3	0.9	0.440
LSI_S100	2.2	3.4	0.9	0.398
PLAND_S100	0.4	0.6	0.1	0.906
PLAND_W200	16.1	47.7	4.2	0.016 *
PD_S200	9.2	27.4	2.6	0.082
SHAPE_S200	2.9	8.7	0.8	0.466
DIVISON_W200	3.2	9.6	0.9	0.418
LSI_S200	1.2	3.7	0.3	0.760
LSI_G200	0.7	2.2	0.2	0.872
DIVISION_S200	0.2	0.7	<0.1	0.962

注: * 为显著性水平 $p < 0.05$ (双尾)。

RDA 双序图表示了响应变量(留鸟多样性指标)与解释变量(景观格局指数)之间的相关关系,分析结果如图 4 所示。在 50 m 缓冲区内,灌丛斑块密度与留鸟丰富度呈显著正相关,草地斑块密度与留鸟多度呈显著正相关。在 100 m 缓冲区内,灌丛斑块密度与留鸟丰富度呈显著正相关,草地斑块密度与

留鸟多度呈显著正相关,水域景观面积占比与留鸟丰富度呈显著负相关。在200 m缓冲区内,水域景观面积占比与留鸟丰富度呈显著负相关。

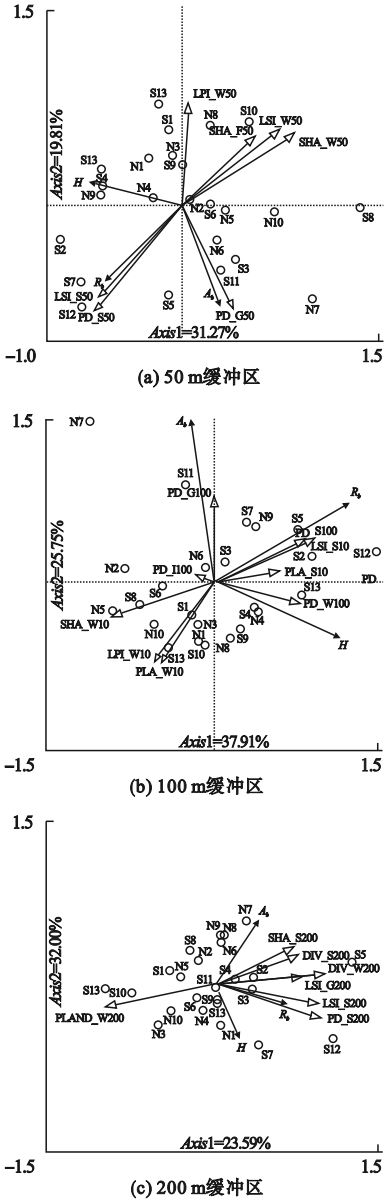


图4 不同缓冲区景观格局指数与留鸟多样性指数 RDA 结果

Fig. 4 Results of landscape pattern index and resident bird diversity index RDA of different buffer zones

从多尺度角度看,100 m 缓冲区范围内的景观格局指数对留鸟多样性整体的解释度和显著性最高。从各指数反映的景观格局特征来看,景观规模特征比形状特征、空间分布

特征和多样性特征对留鸟多样性的影响更加显著。斑块密度反映了斑块的破碎度,斑块密度越大,斑块在景观中分布越破碎。在50 m和100 m缓冲区范围内,灌丛和草地斑块密度对留鸟丰富度均表现出较高的解释度。因为在以林地为主导类型的河岸带景观中,灌丛和草地斑块密度的增大提高了所在区段景观的空间异质性。有研究表明,高异质景观会对鸟类多样性产生积极的影响^[24]。从鸟类需求的视角分析,冬季正处于食物匮乏的季节,灌丛和草地能够提供更多样的食物资源,吸引了更多种类的鸟类前来,从而提升了多样性水平^[25],但是在200 m缓冲区范围内,灌丛和草地斑块密度的影响并不显著,这一结果印证了尺度效应的存在^[26]。在100 m和200 m缓冲区范围内,水域景观面积占比对留鸟整体多样性产生了显著的消极影响,这一结果与其他季节的研究结果相反^[27],其原因在于冬季水面封冻导致水源以及水生动植物食物资源会变得难以获取,这一变化促使留鸟群体倾向于远离水域活动,产生了留鸟多样性水平降低的结果。

3 结 论

(1)浑河河岸带留鸟群落以雀形目林鸟为优势类群,南岸留鸟丰富度和香农多样性指数高于北岸,但多度低于北岸;从上游至下游,两岸留鸟多度逐渐上升,而丰富度和香农多样性指数变化不明显。

(2)景观格局对留鸟多样性的影响具有尺度效应,100 m 缓冲区范围内的景观格局指数对留鸟多样性具有最高的解释度。栖息地层面的景观格局指数对留鸟多样性的影响显著性高于景观层面的景观格局指数。在不同类型的景观格局指数中,描述景观规模特征的景观格局指数对留鸟多样性具有显著影响。根据灌丛和草地的斑块密度与留鸟多样性呈显著正相关的结果,可知景观空间异质性对鸟类多样性有积极影响。而根据水域景

观面积比与留鸟多样性呈显著负相关的结果,可知季节变化导致的环境因素改变会间接影响鸟类多样性。

(3)建议在营建河岸带鸟类栖息环境时应从不同空间尺度视角考虑设计策略,关注对鸟类多样性具有显著影响的尺度下的环境因素。通过如在以林地为优势类型的景观中适当增加林窗的数量和密度、增大绿化中灌木和草本植物比例等方式提高河岸带景观的空间异质性,营建多样化的栖息地,以吸引具有不同生态习性的鸟类。此外,在设计和更新城市绿地时,应关注季节变化对鸟类所需资源可获取性的影响,确保鸟类能够在资源匮乏时期获得足够的食物、水源和栖息地空间,以达到保护浑河河岸带鸟类多样性的目的。

参考文献

[1] 王向荣. 维护城市生物多样性,从关注土壤开始[J]. 中国园林,2023,39(7):2-3.
(WANG Xiangrong. Maintaining urban biodiversity starts with attention to soil [J]. Chinese landscape architecture,2023,39(7):2-3.)

[2] 吴人韦. 培育生物多样性:城市绿地系统规划专题研究之一[J]. 中国园林,1998,14(4):2-4.
(WU Renwei. Cultivating biodiversity: one of the special topics in urban green space system planning [J]. Chinese landscape architecture, 1998,14(4):2-4.)

[3] HEPBURN L, SMITH A C, ZELENSKI J, et al. Bird diversity unconsciously increases people's satisfaction with where they live [J]. Land,2021,10(2):153-162.

[4] 福井亘. 城市的生物多样性与环境:以日本城市与近郊的鸟类指标为例[J]. 西部人居环境学刊,2019,34(3):8-18.
(FUKUI W. Biodiversity and environment in cities: a case study of birds in urban and suburban areas of Japan [J]. Journal of human settlements in west China, 2019, 34(3):8-18.)

[5] 郑光美. 中国鸟类分类与分布名录[M]. 北京:科学出版社,2017.
(ZHENG Guangmei. A checklist on the classification and distribution of the birds of China [M]. Beijing: China Science Press, 2017.)

[6] 孙玉婷,闫淑君,凌玲,等. 河岸带植物生态适应策略研究进展[J]. 世界林业研究,2023,

36(6):8-13.
(SUN Yuting, YAN Shujun, LING Ling, et al. Research progress on ecological adaptation strategies of riparian plants [J]. World forestry research, 2023, 36(6):8-13.)

[7] 赵警卫. 河岸带景观结构、功能及其关系研究[D]. 上海:华东师范大学,2013.
(ZHAO Jingwei. A study on relationships between landscape structures and functions of riparian zone [D]. Shanghai: East China Normal University, 2013.)

[8] 李世广,郝映红,隋金玲,等. 山西庞泉沟自然保护区河岸带鸟类群落组成与多样性研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2013,33(5):420-424.
(LI Shiguang, HAO Yinghong, SUI Jinling, et al. Study on avian community structure and diversity in the riparian zone of Pangquangou national reserve in Shanxi province [J]. Journal of Shanxi agricultural university (natural science edition), 2013, 33(5):420-424.)

[9] 张征恺,黄甘霖. 中国城市鸟类学研究进展[J]. 生态学报,2018,38(10):3357-3367.
(ZHANG Zhengkai, HUANG Ganlin. Urban ornithological research in China: a review [J]. Acta ecologica sinica, 2018, 38(10):3357-3367.)

[10] 谢世林,逯非,曹垒,等. 北京城区公园景观格局对夏季鸟类群落的影响[J]. 景观设计学, 2016,4(3):10-21.
(XIE Shilin, LU Fei, CAO Lei, et al. The effect of landscape patterns on avian communities during summer months in Beijing's urban parks [J]. Landscape architecture frontiers, 2016, 4(3):10-21.)

[11] 张伯伦,张生乐,王沁怡,等. 快速城市化背景下南汇东滩景观格局变化及鸟类种群数量响应[J]. 湿地科学,2022,20(6):793-800.
(ZHANG Bolun, ZHANG Shengle, WANG Qinyi, et al. Change of landscape pattern of Dongtan of Nanhui new town under background of rapid urbanization and response of bird populations [J]. Wetland science, 2022, 20(6):793-800.)

[12] HASLEM A, BENNETT A F. Birds in agricultural mosaics: the influence of landscape pattern and countryside heterogeneity [J]. Ecological applications, 2008, 18(1):85-96.

[13] TZORTZAKAKI O, KATI V, KASSARA C, et al. Seasonal patterns of urban bird diversity in a Mediterranean coastal city: the positive role of open green spaces [J]. Urban ecosystems, 2018, 21(1):27-39.

[14] 张琼悦,邓卓迪,胡学斌,等. 粤港澳大湾区城市化进程对区域内鸟类分布及栖息地连通性的影响[J]. 生物多样性,2023,31(3):72-84.

(ZHANG Qiongyue, DENG Zhuodi, HU Xuebin, et al. The impact of urbanization on regional bird distribution and habitat connectivity in the Guangdong – Hong Kong – Macao Greater Bay Area [J]. Biodiversity science, 2023, 31(3): 72 – 84.)

[15] HOWELL C A, STEVEN C L THERESE M D, et al. Landscape effects mediate Breeding bird abundance in Midwestern forests [J]. Landscape ecology, 2000, 15(1): 547 – 562.

[16] 刘大钊, 周立志. 安徽安庆菜子湖国家湿地公园景观格局变化对鸟类多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2021, 40(7): 2201 – 2212.
(LIU Dazhao, ZHOU Lizhi. Effects of landscape pattern change on bird diversity in Anhui Anqing Caizi Lake national wetland park [J]. Chinese journal of ecology, 2021, 40(7): 2201 – 2212.)

[17] 王云才, 郭娜, 彭震伟. 基于湖泊整体保护的区域生态网络格局构建研究: 以沈阳卧龙湖生态区保护规划为例[J]. 中国园林, 2013, 29(7): 107 – 112.
(WANG Yuncai, GUO Na, PENG Zhenwei. The study on the construction of the regional pattern for ecological security based on the integrated protection of the lake: a case study of Wolong Lake in Shenyang [J]. Chinese landscape architecture, 2013, 29(7): 107 – 112.)

[18] 王建国, 吕志鹏. 世界城市滨水区开发建设的历史进程及其经验[J]. 城市规划, 2001, 25(7): 41 – 46.
(WANG Jianguo, LYU Zhipeng. A historic review of world urban waterfront development [J]. City planning review, 2001, 25(7): 41 – 46.)

[19] 安天一, 袁敬诚, 陈石. “五维一体”视角下城市滨水区界定方法探索: 以沈阳浑河滨水区为例[J]. 华中建筑, 2022, 40(7): 138 – 144.
(AN Tianyi, YUAN Jingcheng, CHEN Shi. Exploration on delimitation method of the urban waterfront from the perspective of "five dimensions in one": a case study of Hunhe Waterfront in Shenyang [J]. Huazhong architecture, 2022, 40(7): 138 – 144.)

[20] 许龙, 张正旺, 丁长青. 样线法在鸟类数量调查中的运用[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 127 – 130.
(XU Long, ZHANG Zhengwang, DING Changqing. Line transect methods in avian census [J]. Chinese journal of ecology, 2003, 22(5): 127 – 130.)

[21] 约翰·马敬能, 卡伦·菲利普斯, 何芬. 中国鸟类野外手册[M]. 北京: 商务印书馆, 2022.
(MACKINNON J, PHILLIPPS K, HE Fen. Guide to the birds of China [M]. Beijing: The Commercial Press, 2022.)

[22] 邱英杰, 张凤江, 田华森. 辽宁的鸟类资源[J]. 辽宁林业科技, 2006, 33(6): 14 – 21.
(QIU Yingjie, ZHANG Fengjiang, TIAN Huasen. Ornithological resources in Liaoning province [J]. Journal of Liaoning forestry science & technology, 2006, 33(6): 14 – 21.)

[23] HAMMER ϕ , HARPER D A T, RYAN P D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis [J]. Palaeontologia electronica, 2001, 4(1): 1 – 9.

[24] SOUZA F L, VALENTE – NETO F, SEVERO – NETO F, et al. Impervious surface and heterogeneity are opposite drivers to maintain bird richness in a Cerrado city [J]. Landscape and urban planning, 2019, 192(1): 1 – 10.

[25] 陈军林, 周立志, 许仁鑫, 等. 巢湖湖岸带鸟类多样性的初步研究[J]. 动物学杂志, 2010, 45(3): 139 – 147.
(CHEN Junlin, ZHOU Lizhi, XU Renxin, et al. A preliminary study on bird diversity in shore habitats of Chaohu Lake [J]. Chinese journal of zoology, 2010, 45(3): 139 – 147.)

[26] ALEXANDRINO E R, BUECHLEY E R, PIRATELL I A, et al. Bird sensitivity to disturbance as an indicator of forest patch conditions: an issue in environmental assessments [J]. Ecological indicators, 2016, 66(5): 369 – 381.

[27] 张梦园, 冉呈程, 滕雨欣, 等. 北京温榆河生态廊道春季鸟类物种构成与多尺度环境因子的关系[J]. 北京林业大学学报, 2022, 44(6): 115 – 127.
(ZHANG Mengyuan, RAN Chengcheng, TENG Yuxin, et al. Correlation between bird species composition and multi – scale environmental factors in spring in Wenyu River ecological corridor of Beijing [J]. Journal of Beijing forestry university, 2022, 44(6): 115 – 127.)

(责任编辑: 王国业 英文审校: 刘永军)