

中国省级行政区鸟类种数的影响因素初探

张雨*, 杨雪庆, 严帅, 刘禹昕, 刘应保#

长江大学生命科学学院, 湖北 荆州

收稿日期: 2024年6月11日; 录用日期: 2024年7月18日; 发布日期: 2024年7月26日

摘要

鸟类作为生态系统中的重要组成部分, 其种类和数量在生态系统中发挥着重要作用。大量研究表明, 鸟类多样性与其所在区域的面积、人口总数和植被覆盖面积等变量存在相关关系。然而, 关于这些变量对鸟类种数的影响规律, 国内的相关研究极少。因此, 本研究搜集了全国34个省级行政区的鸟类种数、行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积的相关数据, 并运用线性回归分析方法, 探讨了中国各省域的鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积之间的线性关系。研究结果显示, 中国各省域的鸟类种数与行政面积和植被覆盖面积之间的线性关系不显著, 而与人口总数和观测点报告数呈显著的正相关关系。本研究的数据结果为保护鸟类资源及生态环境提供了潜在的参考数据。

关键词

省级行政区, 鸟类种数, 影响因素, 相关性分析

A Preliminary Study on the Factors Influencing the Number of Bird Species in the Provincial Administrative Regions of China

Yu Zhang*, Xueqing Yang, Shuai Yan, Yuxin Liu, Yingbao Liu#

College of Life Sciences, Yangtze University, Jingzhou Hubei

Received: Jun. 11th, 2024; accepted: Jul. 18th, 2024; published: Jul. 26th, 2024

Abstract

As an important part of the ecosystem, the species and number of birds play an important role in

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 张雨, 杨雪庆, 严帅, 刘禹昕, 刘应保. 中国省级行政区鸟类种数的影响因素初探[J]. 自然科学, 2024, 12(4): 751-760. DOI: 10.12677/ojns.2024.124086

the ecosystem. A large number of studies have shown that bird diversity is associated with variables such as area, total population number and area of vegetation cover. However, there are very few domestic studies on the influence of these variables on the number of bird species. Therefore, this study collected the national 34 provincial administrative region of birds, administrative area, total population, observation point and vegetation coverage of related data, and using the linear regression analysis method, discusses the provincial birds and the administrative area, total population, the observation point and the linear relationship between vegetation coverage area. The results showed that the linear relationship between the number of bird species and the administrative area and vegetation cover in China was not significant, but showed a significant positive relationship with the total number of population and the number of observation points. The data results of this study provide potential reference data for the conservation of bird resources and ecological environment.

Keywords

Provincial Administrative Region, Number of Bird Species, Influencing Factors, Correlation Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

鸟类作为动物多样性的重要组成部分，被广泛应用于生物多样性研究与评价[1]。生物多样性在地球生态系统中起着平衡的作用[2]。鸟类是动物群落中的一个重要类群，作为生物多样性的重要组成部分，鸟类群落为陆地生态系统提供了多种功能。作为生态系统中的重要组成部分，鸟类的种类和数量影响着生态系统。鸟类多样性能够直接或间接地反映整个鸟类群落的发展和功能，并且鸟类多样性的调查对于生态环境的生物资源管理具有重要意义[3]。作为生态环境中常见的动物，鸟类在植被传播种子方面发挥着重要的作用。同时，生态环境为鸟类提供了栖息场所，而大多数鸟类则以植物资源为食物。因此，鸟类和生态环境之间存在着密切的相互关系。

中国位于亚洲东部、太平洋西岸，领土广大，陆地总面积约 960 万平方千米。中国有 34 个省级行政区，包括 23 个省、5 个自治区、4 个直辖市、2 个特别行政区。中国各省域的行政面积大小不同，植被丰富度不同。各区域植被由森林、草地、灌木和湿地等组成。鸟类的分布与植被结构密切相关[4]，植物群落作为鸟类栖息环境的关键因素。在我国的植被类型中，森林是主体。森林是多种生物的重要栖息地[5]，栖息地减少会导致生物多样性降低。森林生态系统是我们景观中必不可少的元素，森林生态系统为世界面临灭绝的生物类群提供了栖息地[6]。由于生态环境的破坏，野生动物如鸟类显著减少，该事件被大批学者引起广泛关注。所以，研究报道了全国植被生态指数，我国正大力实施植树造林、退耕还林还草等工程，该工程加快了植被面积的扩大，促进全国植被覆盖度整体提高[7] [8]。生态环境的修复，为野生动物提供良好的栖息场所，也为不同鸟类提供了丰富的栖息地，这加大了对鸟类及其他野生动物的保护。复杂结构的栖息地可以为鸟类及其他野生动物提供食物资源。当前的研究结果强调了在植物多样性较高的地区对我国生物多样性保护具有重要意义[9]。有研究结果显示，相比往年，北京的鸟类种数总体上增加了 81 种，鸟类种数的上涨可能是森林覆盖率逐渐增加的结果[10]。通过人工林的数据测试了鸟类多样性，结果表明在覆盖度较高、较开阔的人工林中，鸟类物种丰富度较高[11]。而森林面积的大量减

少,会降低鸟类多样性,如果要保护鸟类多样性,则需要尽可能保持较多的森林覆盖。较多的森林覆盖对保护鸟类多样性是至关重要的[12]。

目前对鸟类多样性影响因素的研究主要侧重于部分省份的分析,对全国范围的全面分析较为缺乏。尼玛卓玛等[13]通过人为干扰这个因素,研究人类活动对武汉市城市绿地的鸟类多样性的影响。王欣宇等[14]的结果表明,植物丰富度、海拔范围和古气候通过演化速率对鸟类多样性具有直接且重要的影响。李翔宇等[15]通过城市化这个因素,从城市绿地的多个方面对城市鸟类群落的影响进行归纳评述。国外相关研究表明气候、人为干扰和植被等因素对鸟类功能多样性也有直接和间接的影响[16] [17]。这些影响因素对鸟类群落的影响仅在部分地区开展,在全国范围内对鸟类种数的影响因素进行全面分析有助于更好保护鸟类资源。

本文以中国各省域的鸟类种数作为研究对象,探讨鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积之间的线性关系。分析结果有利于对鸟类资源和生态环境进行有效保护,为保护鸟类资源及生态环境提供潜在的参考数据。针对本文相关数据的分析,在未来我们可以增加详细的植被覆盖面积,对全国鸟类种数提供更准确的预测。

2. 研究方法

2.1. 数据收集

本文收集了全国 34 个省级行政区的鸟类种数、行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积的数据。鸟类种数和观测点报告数的数据来源于中国观鸟记录中心(<http://www.birdreport.cn/index.html>)中国鸟类分类与分布名录(第四版),搜集年份为全部年份。行政面积的数据来源于全国行政区域划分信息查询平台(<https://zwfw.mca.gov.cn/apps/areaWeb/index.html>),行政面积的单位为平方千米。人口总数的数据来源于第七次全国人口普查,由于数据量太大,则以万人为单位。本文参考的植被覆盖主要由林地、草地和湿地组成。植被覆盖面积的单位为平方千米。为了减小误差,除台湾省和澳门特别行政区外皆使用 2019 年的数据,植被覆盖的数据来源于国家统计局中国统计年鉴[18]分地区土地利用情况 2019 年 8-21,香港的数据同 2019 年 26-2,其湿地主要为红树林/沼泽。台湾省的数据由文献获取,台湾省的林地面积和草地面积[19],台湾湿地面积 44,378 hm² [20]。澳门特别行政区的林地、草地和湿地面积根据澳门统计暨普查局[21]公布的数据进行整理(<https://www.dsec.gov.mo>)并结合文献[22]。将查询的数据进行统一整理后得出表 1。

Table 1. Factors affecting the number of bird species in various provinces of China

表 1. 中国各省域鸟类种数的影响因素

省份	鸟类种数	行政面积 (km ²)	人口总数 (万人)	观测点报 告数	植被覆盖面积(km ²)			
					林地	草地	湿地	总计
云南省	932	383,300	4720.93	14,542	249,690	13,229	398	263,317
四川省	698	481,400	8367.49	8271	254,196	96,878	12,308	363,382
广西壮族自治区	617	236,000	5012.68	3930	160,952	2762	1272	164,986
西藏自治区	628	1,228,000	364.81	2106	178,961	800,650	43,025	1,022,636
广东省	576	180,000	12657	20,779	107,925	2385	1789	112,099

续表

福建省	548	121,300	4154	8933	88,114	749	1886	90,749
湖北省	534	185,900	5775.26	8746	92,801	894	612	94,307
浙江省	546	102,000	6456.76	14,202	60,936	635	1652	63,223
湖南省	479	211,800	6644.94	6730	127,171	1405	2361	130,937
陕西省	467	205,600	3952.9	2162	124,760	22,103	487	147,350
北京市	480	16,800	2189.31	26,491	9676	145	31	9852
河南省	461	167,000	9936.5	3464	43,963	2570	391	46,924
江苏省	483	102,600	8474.8	10,469	7870	936	4164	12,970
新疆维吾尔自治区	422	1,660,000	2582.23	3720	122,125	519,860	15,245	657,230
江西省	432	167,000	4518.86	4504	104,137	887	287	105,311
上海市	475	6300	2487.09	15,695	818	132	727	1677
重庆市	429	82,300	3205.42	1936	46,890	236	150	47,276
山东省	406	153,800	10163	3059	26,053	2352	2462	30,867
青海省	384	722,300	592.4	1841	46,036	394,708	51,012	491,756
河北省	408	187,700	7461.02	1675	64,253	19,473	1427	85,153
贵州省	447	176,000	3856.2	1192	112,101	1883	71	114,055
安徽省	385	139,700	6102.72	2008	40,915	479	477	41,871
甘肃省	486	454,400	2501.98	1999	79,628	143,071	11,856	234,555
海南省	433	34,000	1008.12	4115	11,741	171	1212	13,124
山西省	327	156,300	3491.56	1075	60,957	31,051	544	92,552
内蒙古自治区	372	1,183,000	2404.92	1327	243,600	541,719	38,094	823,413
辽宁省	365	145,900	4259.14	1875	60,157	4872	2864	67,893
天津市	357	11,300	1306.6	3013	1483	150	327	1960
宁夏回族自治区	301	66,400	720.27	453	9526	20,310	249	30,085
吉林省	323	187,400	2407.34	1293	87,590	6747	2303	96,640
黑龙江省	230	473,000	3135	523	216,232	11,857	35010	263,099
台湾省	323	36,000	2348.75	266	22,670	1151	444	24,265
香港特别行政区	335	1101	739.47	552	276	187	6	469
澳门特别行政区	110	33	68.31	59	11	3	0.3	14.3

2.2. 统计分析

整理了全国 34 个省级行政区的数据后,以中国各省域的鸟类种数为研究对象,对鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积进行相关性分析。借助微生信 (<https://www.bioinformatics.com.cn>)、Origin 2022 等绘图,通过不同颜色代表鸟类种数、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积。为了将所有数据展现在柱状图中,我们将 34 个省级行政区得人口总数和观测点报告数缩小 100 倍,而较大得植被覆盖面积则缩小 1000 倍。数据值缩小并不会影响分析。本文以鸟类种数作为因变量,行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积作为自变量,线性回归模式分析中国各省域的鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积的相关关系。 r 值表示相关性的大小,介于-1 到 1 之间,绝对值越大表明相关性越强。正值表示两变量正相关;负值表示两变量负相关。通过 VIF 来判断变量直接的共线性情况,当 VIF 值大于 5,则存在高共线性问题,VIF 值越大,共线性越严重,需要在模型中剔除。所有分析均在软件 Spss 20.0 中运行,均值用 Means \pm Se 表示,显著性水平设置为 $P < 0.05$ 。

3. 结果与分析

3.1. 中国各省域的鸟类种数分布

鸟类种数分布最多的区域在云南省,分布最少的区域在澳门特别行政区,其次是黑龙江省(图 1)。在图中,南北方鸟类种数差异明显,总体上看,南方的鸟类种数较北方多。随着行政面积增大,有部分区域的鸟类种数并不会随着行政面积增大而增多。如新疆维吾尔自治区拥有全国最大的行政面积,为 16.6 万平方千米,而在该区域的鸟类种数却只有 422 种。全国行政面积最少的是澳门特别行政区,为 33 平方千米,而在该区域内的鸟类种数仅为 110 种,且鸟类种数在全国各省域中也最少(表 1)。对全国各省域的鸟类种数求平均值,每个区域约为 447 种,而云南省的鸟类种数超出两倍。在全国 34 个省级行政区中,有 18 个区域未达到平均鸟类种数。

3.2. 中国各省域的人口总数、观测点报告数及植被覆盖分布

全国人口总数最多的区域在广东省,其次是山东省。在全国 34 个省级行政区中,广东省、山东省、河南省、江苏省和四川省属人口较多的区域,均大于 7500 万人(图 1,表 1)。整体上看,人口分布主要以东部沿海较多,干旱荒漠地区人口较少。观测点报告数最多的区域在北京市,其次是在广东省(图 1)。仅 11 个区域形成的观测点报告数超过 4500 份(表 1)。西藏自治区的植被覆盖面积最大,澳门特别行政区的植被覆盖面积最小(图 1)。在西藏自治区,植被覆盖的类型主要以草地为主,其原因是它拥有 $8.0065 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的草地面积,相较其他区域为全国最大的草地。植被覆盖面积较大的还有内蒙古自治区和新疆维吾尔自治区。在云南省、四川省和内蒙古自治区这三个地区中,林地面积与全国其他区域相比是较大的,四川省有全国最大的林地面积。而最大的湿地面积分布在中国的青海省,其次是在西藏自治区(表 1)。

3.3. 中国各省域鸟类种数的影响因素分析

由于行政面积和植被覆盖面积数据较大,这里采用万平方千米为单位进行分析。多元线性回归分析中国各省域的鸟类种数变化的影响因素,以鸟类种数作为因变量,纳入单因素线性回归分析的变量(行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积)进行多因素线性回归分析(表 2)。行政面积和植被覆盖面积的 VIF 值大于 5 (行政面积 VIF = 8.315, 植被覆盖面积 VIF = 8.432),则存在高共线性问题。将行政面积这个变量剔除,经简单相关分析。回归方程为: $Y = 290.340 + 0.011A + 2.303B + 0.013C$,多元线性回归分析结果显示(表 3),观测点报告数是影响鸟类种数变化最显著的影响因子。

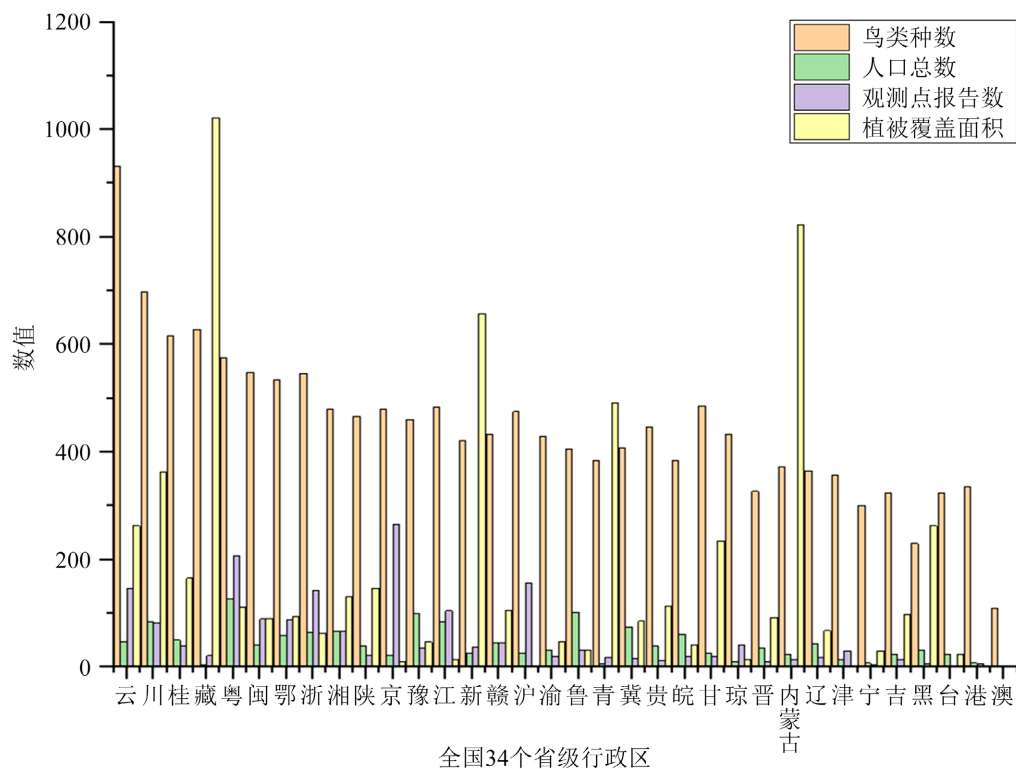


Figure 1. Statistical map of number of bird species, total population, number of observation points and vegetation coverage area in 34 provincial administrative regions in China

图 1. 全国 34 个省级行政区鸟类种数、人口总数、观测点报告数、植被覆盖面积统计图

Table 2. Factors affecting changes in multiple linear regression (full model)

表 2. 多元线性回归分析鸟类种数变化的影响因素(全模型)

相关变量	$\beta \pm Se$	t	p
截距	294.295 \pm 38.319	7.680	0.000
行政面积	-2.002 \pm 1.428	-1.402	0.171
观测点报告数	0.011 \pm 0.003	3.394	0.002
植被覆盖面积	5.273 \pm 2.265	2.328	0.027
人口总数	0.015 \pm 0.007	2.199	0.036

Table 3. Factors of change in bird species number (model after excluding collinear variables)

表 3. 多元线性回归分析鸟类种数变化的影响因素(剔除共线性变量后模型)

相关变量	$\beta \pm Se$	t	p
截距	290.340 \pm 38.826	7.478	0.000
观测点报告数	0.011 \pm 0.003	3.500	0.002
植被覆盖面积	2.303 \pm 0.816	2.822	0.008
人口总数	0.013 \pm 0.007	1.999	0.055

3.4. 中国各省域的鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积的相关性

鸟类种数与各影响因子的单因素相关分析结果显示, 鸟类种数与行政面积虽然呈现一定程度的正相关, 但结果不显著($r = 0.0262$, $p = 0.360$)。该趋势线较平稳, 但随着行政面积增大, 鸟类种数也随之呈增长趋势。行政面积在 0~40 万平方千米的范围下, 全国鸟类种数较集中在 300~600 种(图 2(a))。在行政面积较大的区域, 鸟类种数并不会较多; 反之, 行政面积较小的区域, 鸟类种数也并不是最少的, 如北京, 其行政面积为 1.68 万平方千米, 而鸟类种数为 480 种(表 1)。鸟类种数与人口总数之间存在着显著的正相关关系($r = 0.380$, $p = 0.026$)。即随着人口总数的增加, 鸟类种数也随之增加(图 2(b))。鸟类种数与观测点报告数之间存在着显著的正相关关系($r = 0.539$, $p = 0.001$)。即观测点不断增加, 鸟类种数也会随之增加(图 2(c))。鸟类种数与植被覆盖面积虽然呈现一定程度的正相关, 但结果不显著($r = 0.058$, $P = 0.170$)。随着植被覆盖面积的增加, 鸟类种数也随之增加(图 2(d))。

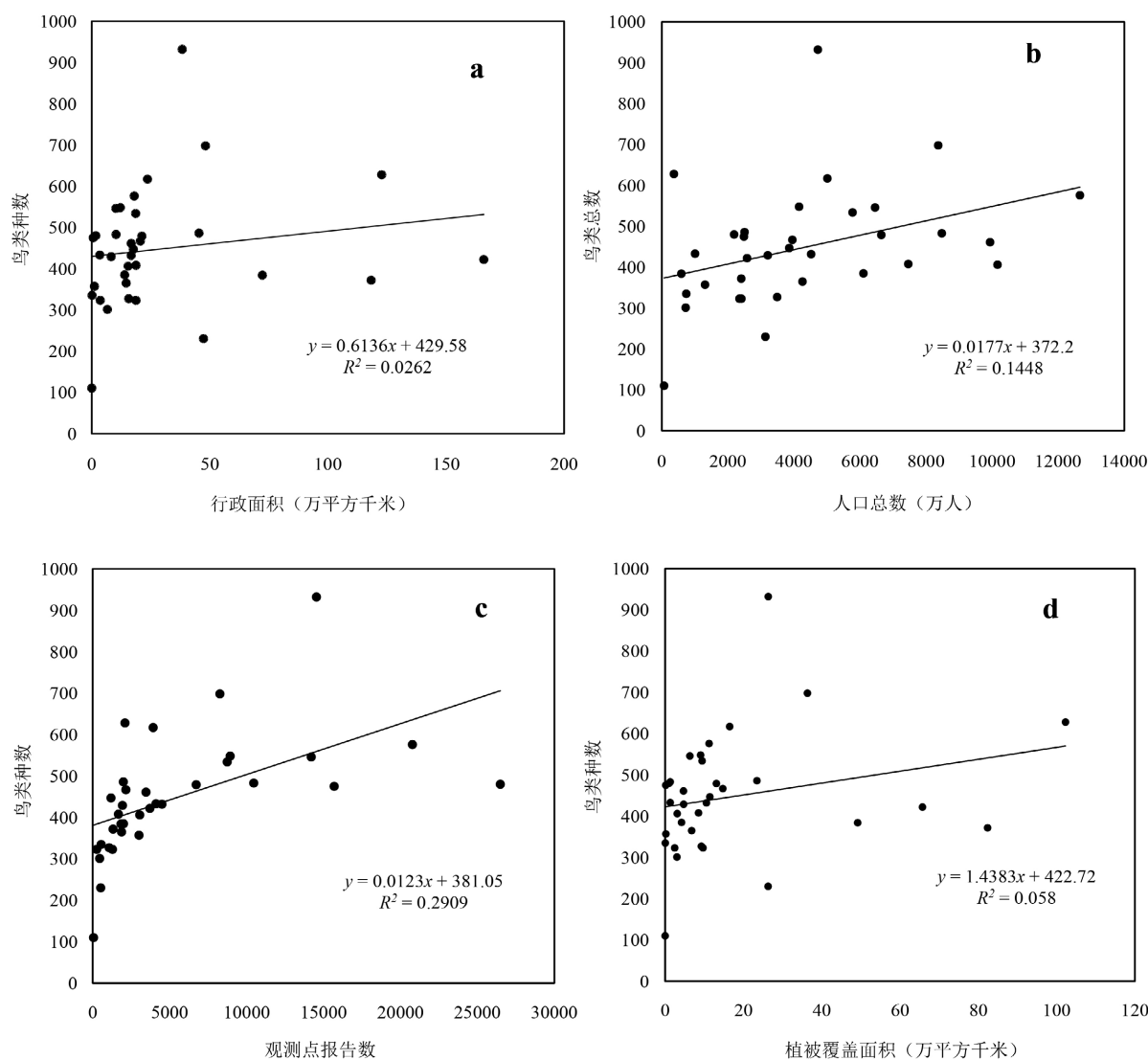


Figure 2. Correlation analysis of the number of bird species with administrative area, total population, reported number of observation points and vegetation cover area in China

图 2. 中国各省域的鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积的相关性分析

通过以上分析可知, 鸟类种数与 4 个自变量(行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积)之间存在正相关关系, 但除了行政面积和植被覆盖面积对鸟类种数的影响不显著以外, 全国各省域的人口总数和该区域的观测点报告数对鸟类种数的影响都显著。因此, 在人口总数较多的区域或者在中国各省域出现的观测点较多会显著增大鸟类种数。

4. 讨论与结论

结果表明, 随着行政面积的增加, 中国各省域的鸟类种数也随之增多。但鸟类种数与行政面积的相关性并不显著。即鸟类种数较多的部分地区可能其行政面积会较小。而已有的研究表明, 区域和生境多样性都影响物种丰富性, 且物种数量与生境多样性指标的相关性很强[23]。此外, 随着植被覆盖面积的增加, 鸟类种数也随之增多。中国各省域的鸟类种数与植被覆盖之间存在不显著的正相关关系。植被结构的复杂性和多样性在生态环境研究中受到重要的影响。同已有的研究结果一致, 植被覆盖面积增加, 植被种类多样性的增加是与鸟类多样性增加存在正相关关系的[24]。丰富的植物种类间接影响鸟类的多样性。在未来, 我们可以增加详细的植被覆盖面积, 间接增加鸟类种数, 从而对全国各省域的鸟类种数提供更准确的预测。中国各省域的鸟类种数在植被结构复杂的地区会更多, 植被覆盖面积较大的区域作为鸟类的栖息场所和食物来源, 进而增加了鸟类多样性, 这是鸟类种数较多的原因之一。植被覆盖面积的增加可能是对鸟类形成保护的一种措施之一。中国动物地理区划有 7 区, 即东北区、华北区、蒙新区、青藏区、西南区、华中区和华南区[25]。如在东北地区, 大、小兴安岭及长白山拥有最丰富的森林植被资源。而西南地区地形复杂, 植物资源十分丰富, 海拔梯度较大。结合表 1 植被覆盖数据, 因西南地区丰富的植物种类和面积, 可能会通过植物覆盖影响该区域物种大量迁移, 从而促进西南地区鸟类多样性。中国的西南地区具有最高的鸟类物种丰富度[26], 因此, 西南地区作为鸟类种数多样性的一个重要区域。南北方鸟类种数差异明显, 总体上看, 南方的鸟类种数较北方多, 这可能与南北方气候、生态环境、鸟类栖息地等因素之间有一定关系。在人口总数较多的区域, 在其周边会有良好的生态环境, 这可能会增加鸟类种数。而观测点出现较多的区域, 说明观鸟人数较多, 观鸟者发现鸟类较多, 会显著增加鸟类种数, 使数据偏大; 反之, 在观测点出现较少的区域, 观鸟者发现鸟类较少, 鸟类种数可能会与实际值不符, 使数据偏小。在未来, 可以从这个角度出发对观测点较少的区域开展研究, 希望更全面科学地预测鸟类种数。

研究结果表明大面积砍伐树木是森林鸟类种群数量下降的最重要原因之一[27]。砍伐树木可能会影响森林植被结构, 从而影响鸟类物种多样性。鸟类作为一种飞行动物, 在飞行的过程中可以帮助植被传播种子, 这种方式对植被的更新和森林群落自然演替起着至关重要的作用[28]。植被生物量对鸟类物种丰富度有显著的正向影响[29]。而鸟类物种丰富度的影响又取决于植被的密度和高度[30]。因此, 鸟类物种多样性与植被的结构和生物量存在正相关关系。

我国是全球鸟类种数最为丰富的国家之一, 这与我国各省域的行政面积、人口总数、观测点报告数及植被覆盖面积密切相关, 目前已记录到我国的鸟类达到了 1445 种[31]。为了更好地保护鸟类, 我们可以通过增加详细的植被覆盖面积, 为野生动物提供良好的栖息地和丰富的食物资源, 改善以往较差的生态环境, 从而更准确地预测全国鸟类种数。优化未经耕种的土地, 提高植被覆盖, 有助于保护草原鸟类的多样性[32]。恢复生态环境, 增加人工植被覆盖可以改善水鸟的栖息地质量, 从而增强其群落的多样性[33]。由于森林面积减少会对鸟类多样性产生负面影响[34], 因此我们需要改进森林管理策略, 采用更有利于生物多样性的方法, 例如增加林地、草地和湿地面积等措施, 增加栖息地类型的多样性。研究表明, 栖息地类型越多的地区鸟类种数越多。通过这些措施有助于吸引更多的鸟类, 从而增加区域的鸟类多样性。

综上所述, 本研究对中国省级行政区鸟类种数的影响因素开展探究, 并运用线性回归分析方法, 探讨了鸟类种数与行政面积、人口总数、观测点报告数和植被覆盖面积之间的线性关系, 研究结果为保护鸟类资源及生态环境提供了潜在的参考数据。

参考文献

- [1] 姜志诚, 陈典, 曹光洪, 等. 西双版纳鸟类多样性研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(6): 102-107, 113.
- [2] 肖如林, 王新羿, 高吉喜. 生物多样性的价值及其与人类社会关系分析[J]. 环境影响评价, 2022, 44(3): 1-4.
- [3] 王艳, 吴东岳, 孔伶俐, 等. 内蒙古大青山国家级自然保护区鸟类多样性研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2024, 55(2): 201-212.
- [4] Oliveira, H.S. and dos Anjos, L. (2023) Reduced Vegetation Integrity in Selectively Logged Atlantic Rainforest Affects Bird Diversity: Higher Taxonomic and Functional Diversity, but Increased Niche Overlap. *Journal for Nature Conservation*, **73**, Article ID: 126399. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126399>
- [5] Puig-Gironès, R., Brotons, L., Pons, P. and Franch, M. (2023) Examining the Temporal Effects of Wildfires on Forest Birds: Should I Stay or Should I Go? *Forest Ecology and Management*, **549**, Article ID: 121439. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121439>
- [6] Rigo, F., Panizza, C., Anderle, M., Chianucci, F., Obojes, N., Tappeiner, U., et al. (2024) Relating Forest Structural Characteristics to Bat and Bird Diversity in the Italian Alps. *Forest Ecology and Management*, **554**, Article ID: 121673. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121673>
- [7] 2022 年全国植被生态质量较常年提高 6.2% [N]. 中国信息报, 2023-07-06(001).
- [8] 王菡娟. 去年全国植被生态质量提高 6.2% [N]. 人民政协报, 2023-07-06(006).
- [9] 王娜. 中国鸟类物种丰富度与群落结构的分布及其影响因素[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2021.
- [10] Pei, N., Wang, C., Jin, J., Jia, B., Chen, B., Qie, G., et al. (2018) Long-Term Afforestation Efforts Increase Bird Species Diversity in Beijing, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, **29**, 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.007>
- [11] Coote, L., Dietzsch, A.C., Wilson, M.W., Graham, C.T., Fuller, L., Walsh, A.T., et al. (2013) Testing Indicators of Biodiversity for Plantation Forests. *Ecological Indicators*, **32**, 107-115. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.020>
- [12] Vargas-Cárdenas, F., Arroyo-Rodríguez, V., Morante-Filho, J.C., Schondube, J.E., Auliz-Ortiz, D.M. and Ceccon, E. (2022) Landscape Forest Loss Decreases Bird Diversity with Strong Negative Impacts on Forest Species in a Mountain Region. *Perspectives in Ecology and Conservation*, **20**, 386-393. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2022.10.001>
- [13] 尼玛卓玛, 李映灿, 赵华斌. 人为干扰对武汉市城市绿地鸟类群落结构的影响[J]. 动物学杂志, 2024, 59(3): 337-348.
- [14] 王欣宇, 苗露, 黄雄伟, 等. 植物丰富度、海拔范围和古气候通过影响演化速率促进鸟类多样性[C]//中国动物学会兽类学分会, 中国生态学会动物生态专业委员会, 中国野生动物保护协会科技委员会, 国际动物学会. 第十六届全国野生动物生态与资源保护学术研讨会论文摘要集. 2023: 1.
- [15] 李翔宇, 张喆, 马红艳, 等. 城市鸟类群落与绿地关系研究进展[J]. 世界林业研究, 2022, 35(5): 49-53.
- [16] Vollstädt, M.G.R., Ferger, S.W., Hemp, A., Howell, K.M., Töpfer, T., Böhning-Gaese, K., et al. (2017) Direct and Indirect Effects of Climate, Human Disturbance and Plant Traits on Avian Functional Diversity. *Global Ecology and Biogeography*, **26**, 963-972. <https://doi.org/10.1111/geb.12606>
- [17] 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**, Article No. 38. <https://doi.org/10.1186/s40657-018-0130-9>
- [18] 国家统计局. 中国统计年鉴[Z]. 2019.
- [19] 王兵, 胡伟平. 基于遥感和 GIS 的台湾省土地资源研究[J]. 资源环境与发展, 2008(2): 9-12.
- [20] 周圣佑. 我国台湾地区《湿地保育法》及其对大陆立法的启示[J]. 湿地科学与管理, 2019, 15(2): 22-25.
- [21] 澳门统计暨普查局. 澳门 2017 年统计年鉴[Z]. 2018.
- [22] 许超. 面向生态系统服务优化的澳门城市绿色空间调控研究[D]: [博士学位论文]. 北京: 北京林业大学, 2022.
- [23] Rafe, R.W., Usher, M.B. and Jefferson, R.G. (1985) Birds on Reserves: The Influence of Area and Habitat on Species Richness. *The Journal of Applied Ecology*, **22**, 327-335. <https://doi.org/10.2307/2403167>
- [24] 赵伊琳, 王成, 白梓彤, 等. 城市化鸟类群落变化及其与城市植被的关系[J]. 生态学报, 2021, 41(2): 479-489.

- [25] 张荣祖. 中国动物地理[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [26] 苗露. 中国鸟类演化速率的分布格局及其影响因素的分析[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2023.
- [27] Virkkala, R., Määttänen, A. and Heikkinen, R.K. (2023) Clear-Cuts and Warming Summers Caused Forest Bird Populations to Decline in a Southern Boreal Area. *Forest Ecology and Management*, **548**, Article ID: 121397. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121397>
- [28] 李新华. 鸟类栖木在森林植被恢复中的生态意义[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4448-4454.
- [29] Mdluli, M.V., Bhembe, Z.D., Brown, L., MacFadyen, D.N., Mahlaba, T.A.M. and Monadjem, A. (2022) The Loss of Vegetation Cover Has Distinct but Short-Term Impact on Multiple Vertebrate Taxa in a Grassland Ecosystem. *Global Ecology and Conservation*, **38**, e02198. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02198>
- [30] Hellicar, M.A. and Kirschel, A.N.G. (2022) Influence of Grazing and Fire on Breeding Birds and Perennial Plants in Cyprus Scrub and Forest Systems. *Journal for Nature Conservation*, **68**, Article ID: 126207. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126207>
- [31] 沙鸥, 方舟, 熊耀平. 国土空间规划体系下生物多样性保护策略——以鸟类保护为例[J]. 规划师, 2022, 38(z1): 31-36.
- [32] Revilla-Martín, N., Giral, D., Sanz-Pérez, A., Bota, G. and Sardà-Palomera, F. (2023) Disentangling the Effects of Management, Field Characteristics of Fallows, and Surrounding Landscape to Promote Steppe Bird Conservation. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, **357**, Article ID: 108657. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108657>
- [33] Zhou, J., Zhou, L. and Xu, W. (2020) Diversity of Wintering Waterbirds Enhanced by Restoring Aquatic Vegetation at Shengjin Lake, China. *Science of the Total Environment*, **737**, Article ID: 140190. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140190>
- [34] Neate-Clegg, M.H.C. (2024) Bird Vulnerability to Forest Loss. *Nature Ecology & Evolution*, **8**, 188-189. <https://doi.org/10.1038/s41559-023-02259-7>