

中国境内斑头大翠鸟和白腿小隼的适宜生境预测及重叠分析

刘伟^{1a,b}, 翟冰冰^{1a}, 朱斯佳^{1a}, 薛白云^{1a}, 陈建全², 陈凤娇³,
郭宁⁴, 施明乐⁴, 肖书平⁵, 谢艳萍⁶, 于飞^{1a,b}

(1.河南师范大学 a.生命科学学院;b.河南省黄河流域生态工程技术研究中心,河南 新乡 453007;
2.福建省林业调查规划院,福州 350003;3.福建省罗源国有林场,福州 350600;
4.福建省野生动植物保护中心,福州 350000;5.福建省明溪县林业局,
福建 三明 365000;6.淮北师范大学 生命科学学院,安徽 淮北 235000)

摘要:研究同域物种的分布格局和重叠情况,对于生物多样性保护、区域整合管理及开发利用具有重要意义.斑头大翠鸟(*Alcedo hercules*)和白腿小隼(*Microhierax melanoleucos*)均是东洋界物种、国家二级重点保护野生动物,又是观鸟界的明星鸟种,然而关于它们分布格局的研究尚显匮乏,制约了保护工作及观鸟产业的发展.通过实地调查结合查阅历史数据收集两个物种的分布位点,利用 Biomod2 模型预测两者在中国的潜在适生区分布,进一步探讨了影响分布的环境因子并分析重叠情况.结果显示:1)共收集斑头大翠鸟分布位点 35 个,白腿小隼 34 个;斑头大翠鸟的高适生区面积为 286 180 km²,主要分布于广东、广西、福建及江西 4 省;白腿小隼的高适生区面积为 38 955 km²,主要分布于江西、福建、浙江及广东 4 省.2)影响斑头大翠鸟分布的主要环境因子是年降水量(Bio12, 贡献率为 57.2%),而影响白腿小隼分布的主要环境因子是最冷季降水量(Bio19, 贡献率为 54.8%).3)两者生态位重叠度较高($I=0.8$),适生区的重叠区域主要分布在江西和福建两省.研究表明江西和福建两省应加强这两个物种的保护和监测工作,更具有围绕这两个物种打造观鸟产业链的区域优势.研究结果能够实现珍稀濒危鸟类斑头大翠鸟和白腿小隼的有效保护,以及围绕它们打造的观鸟旅游产业的可持续发展提供理论指导.

关键词:斑头大翠鸟;白腿小隼;同域分布;观鸟产业

中图分类号:Q958

文献标志码:A

文章编号:1000-2367(2026)03-0123-07

斑头大翠鸟(*Alcedo hercules*)是国家二级重点保护野生动物,被世界自然保护联盟(IUCN)列为近危(NT)物种^[1].斑头大翠鸟在我国分布的早期记录仅见于西藏东南部、海南岛东南部以及云南南部.自 19 世纪末期开始,我国广西、广东等南方地区开始出现关于斑头大翠鸟分布的记录.2005 年,首次在福建的西北部观察到斑头大翠鸟.福建的首次发现改变岭南东段作为该物种分布区的极限地带,同时意味着斑头大翠鸟在我国可能有更广泛的分布区.白腿小隼(*Microhierax melanoleucos*)同样是国家二级重点保护野生动物,作为体型最小的猛禽之一,因其外形酷似大熊猫,被赋予了“熊猫鸟”的称呼^[2].在中国,白腿小隼曾见于华东、

收稿日期:2024-04-14;**修回日期:**2024-11-06.

基金项目:国家自然科学基金(32371609);河南高校科技创新人才项目(22HASTIT033);国家林业和草原局野生动物保护专项基金(HB22100269).

作者简介:刘伟(1987—),男,河南辉县人,河南师范大学副教授,博士,研究方向为濒危野生动物资源监测与保护, E-mail:2019117@htu.edu.cn.

通信作者:刘伟, E-mail:2019117@htu.edu.cn;于飞, E-mail:yufei@htu.cn.

引用本文:刘伟,翟冰冰,朱斯佳,等.中国境内斑头大翠鸟和白腿小隼的适宜生境预测及重叠分析[J].河南师范大学学报(自然科学版),2026,54(3):123-129.(Liu Wei,Zhai Bingbing,Zhu Sijia,et al.Predictive analysis of suitable habitats and their overlap for the Blyth's kingfisher and the Pied falconet in China[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2026,54(3):123-129.DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.04.14.0001.)

华南和西南等诸多省份,其最北边的分布可以达到河南南部与湖北交界的桐柏山至鸡公山一线.但是近十几年来,对该物种的野外记录除婺源外仅为广西南部延至云南南部(西双版纳)这一狭长地带^[3].

截至目前,关于斑头大翠鸟及白腿小隼的适宜分布区、重叠区域及潜在影响因子缺乏全面而系统的科学认知,在一定程度上制约了这两个珍稀濒危鸟种的保护工作及观鸟产业的整合发展.对同域物种的分布格局和重叠情况进行深入研究,对于生物多样性保护和区域整合管理具有重要意义^[4].因此,通过深入探究斑头大翠鸟和白腿小隼的潜在适生区、重叠区域及潜在影响因子,可以为物种保护以及观鸟旅游产业的规划和发展的提供科学的理论指导,最终促进生态保护与旅游发展的和谐共生.

1 研究方法

1.1 数据来源

1.1.1 斑头大翠鸟和白腿小隼的分布数据

斑头大翠鸟分布位点共 35 个,白腿小隼分布位点共 34 个,位点数据来源于中国观鸟中心(<http://www.birdreport.cn/>)、相关文献记录^[5]以及野外实地考察观测记录.为避免结果的偏差和不确定性,使用 ArcGIS 10.2 邻域分析的缓冲区程序对距离小于 0.5 km 的冗余点进行剔除,最终斑头大翠鸟保留有效位点 25 个,白腿小隼保留有效位点 24 个(附录表 S1).

1.1.2 环境数据

鸟类是生态系统中最活跃的组成部分之一,对气候变化的影响非常敏感^[6].环境数据选择与物种分布相关的 19 个气候因子(Bio1-Bio19)(见附录表 S2),3 个地形因子(海拔 Elevation,坡度 Slope,坡向 Aspect),3 个人类影响指数(水源距离 Waterway,道路距离 Roadway,人口密度 Population)以及归一化植被指数(NDVI0711)进行模型构建,以期更全面地预测物种分布.其中气候因子数据来源于世界气候数据库(<https://worldclim.org>),地形因子数据为数字高程模型(DEM),来源于 GSCloud(<https://www.gscloud.cn>),人类影响指数数据来源于 OpenStreetMap(<https://www.openstreetmap.org>),归一化植被指数数据来源于资源环境数据科学与数据中心(<https://www.resdc.cn>).

为避免过度拟合,首先利用 MaxEnt 软件进行初筛,将贡献率小于 1 的环境变量删除,保留大于等于 1 的环境变量.接着使用 SPSS 软件对环境变量进行 Pearson 相关性分析,保留相关性小于 0.8 的环境变量用于后续建模.

1.2 物种分布模型构建

本研究运用 Biomod2 软件包预测斑头大翠鸟和白腿小隼的适生区.利用 Biomod4.4-1 构建 11 个模型,包括人工神经网络(artificial neural network,ANN)、分类树分析(classification tree analysis,CTA)、柔性判别分析(flexible discriminant analysis,FDA)、广义加性模型(generalized additive model,GAM)、推进式回归树模型(generalized boosting model,GBM)、广义线性模型(generalized linear model,GLM)、多元适应回归样条函数(multiple adaptive regression splines,MARS)、随机森林模型(random forest,RF)、表面分布区分室模型(surface range envelope,SRE)、极致梯度提升树(extreme gradient boosting,XGBOOST)和最大熵模型(maximum entropy,MAXENT)^[7-10].利用 Biomod2 中的算法,使用已知物种分布数据的 75% 进行建模,剩余的 25% 用于模型验证,且每个模型执行 3 次重复以确保结果的稳定性.在建模过程中,为弥补物种实际缺失数据,采用假缺失数据的方法.本研究利用了真实技巧统计法(true skill statistics,TSS)和接收者操作特征曲线(receiver operator characteristic curve,ROC curve)下面积 AUC 值(area under the ROC curve)作为模型评估指标,以评价拟合的精度.TSS 结合了敏感度和特异度 2 个指标,其值范围为 $[-1,1]$, $[0.8,1]$ 之间代表极佳拟合效果^[11].ROC 曲线是以假阳性率为横轴,真阳性率为纵轴,根据接受者在不同条件下,用不同判别标准得出的结果所绘制的曲线.AUC 值为 ROC 曲线与坐标轴所围成的面积,其值范围为 $[0.5,1]$, >0.7 表示预测结果合理, >0.8 意味着结果满意, >0.9 代表预测极为准确^[12].在模型评估过程中,选择 $AUC > 0.95$ 的模型来构建组合模型,使用 EMwmean 方法集成模型进行建模,并以 AUC 值作为最终预测结果的评价标准.

在本研究中,使用 ArcGIS 10.2 软件对 TIFF 格式的文件进行可视化处理,以展示斑头大翠鸟和白腿小隼的适宜生境空间区域分布.根据集成模型的模拟结果,可将适宜生境区域划分为 4 个等级:[0,0.50)代表非适生区,[0.50,0.70)为低适生区,[0.70,0.90)为中适生区,[0.90,1.00]为高适生区.

1.3 两物种适宜生境重叠分析

首先,预测变量的二分类转换是通过 ArcGIS 的重分类工具完成的,设定重分类的阈值为 0.9, <0.9 为非适生区, ≥ 0.9 为适生区.采用 ENMTools 1.4.4 软件对两物种的生态位重叠度进行分析.该软件能够依据 MaxEnt 模型的输出结果,直接测算物种间的生态位重叠度.生态位重叠度采用 Hellinger's-based $I(I)$ 值来量化, I 值介于 0~1 之间, I 值越大,表示两物种生态位重叠度越高.通过 ArcGIS 10.2 软件对两个栅格数据进行“乘”运算,确定斑头大翠鸟和白腿小隼的同域分布区.利用 ArcGIS 10.2 软件对两物种的共同适生区在中国不同省份的面积进行计算.

2 研究结果

2.1 模型准确性检验

在 Biomod2 中的 11 个模型中,基于 $AUC > 0.95$ 的标准进行筛选,对于斑头大翠鸟选择了 9 种(GAM、GLM、RF、XGBOOST、GBM、MARS、FDA、MAXENT、CTA)对模型有较高性能的算法组合来进行模型预测分析,得到组合模型的 TSS 值和 AUC 值分别为 0.967、0.999,预测结果均显示为极好,与单一模型相比较高.

对于白腿小隼选择了 8 种(GAM、GLM、RF、XGBOOST、GBM、MARS、FDA、MAXENT)对模型有较高性能的算法组合来进行模型预测分析,得到组合模型的 TSS 值和 AUC 值分别为 0.958、0.997,预测结果均显示为极好,与单一模型相比明显提高.结果表明这 2 个物种在集成模型预测结果较为精准,能够较准确地预测其适宜生境性.

2.2 潜在适生区面积

斑头大翠鸟的非适生区面积为 8 691 289 km²,低适生区面积为 254 813 km²,中适生区面积为 367 719 km²,高适生区面积为 286 180 km²,分别占国土面积的 90.53%、2.66%、3.83%、2.98%.白腿小隼的非适生区面积为 8 389 180 km²,低适生区 694 203 km²,中适生区 477 662 km²,高适生区 38 955 km²,分别占国土面积的 87.39%、7.23%、4.97%、0.41%.斑头大翠鸟高适生区主要分布于广东、广西、福建及江西 4 省;白腿小隼高适生区主要分布于江西、福建、浙江、及广东 4 省(图 1).

2.3 影响适宜生境的环境因子

筛选环境变量后的结果为:影响斑头大翠鸟分布的环境变量分别为 Bio12、Bio3、Bio19、Elevation、Population、Waterway、Aspect、Bio11,并且它们的贡献值依次为:Bio12 占据了主导地位,贡献值高达 57.2%;紧随其后的是 Bio3 的贡献值为 16.8%;Bio19 的贡献值为 12.3%;Elevation 的贡献值为 5.1%;Population 的贡献值为 5%;而 Waterway、Aspect 和 Bio11 的贡献值均小于 5%;对于白腿小隼来说,影响其分布的环境变量主要为 Bio19、Bio13、Bio9、Bio2、Waterway、Slope、Elevation,它们的贡献值依次为:Bio19 的贡献值最高,达到了 54.8%;Bio13 的贡献值为 30.8%;而 Bio9、Bio2、Waterway、Slope 和 Elevation 的贡献值均小于 5%.

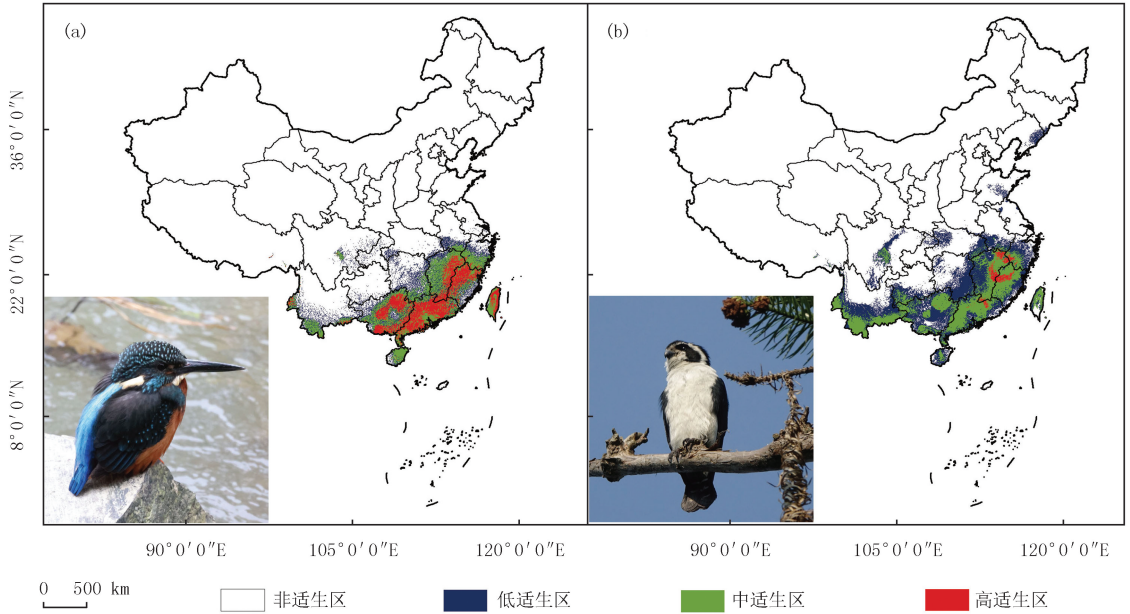
2.4 两物种适宜生境重叠情况

斑头大翠鸟的适生区(阈值 ≥ 0.9)面积为 325 159 km²,白腿小隼为 43 238 km².斑头大翠鸟和白腿小隼的生态位重叠度 I 值为 0.8.两物种适宜生境的重叠面积为 29 534 km²,分别占斑头大翠鸟和白腿小隼的 9%和 68%.江西和福建是两物种共同栖息地面积较多的省份,其中在江西省的共同栖息地面积为 13 334 km²,福建省的共同栖息地面积为 11 489 km²,具体见表 1 及图 2.

3 讨论

影响斑头大翠鸟分布的主要环境变量因子为 Bio12 和 Bio3,其次是 Bio19 和 Elevation 等,这充分显示了斑头大翠鸟在选择栖息地时对水分及温度的特定需求.斑头大翠鸟一般在树林中的河流或者干涸的河床

岸边筑巢,并以鱼类为主要捕食对象,兼吃甲壳类以及多种水生昆虫的幼虫.虽然没有文献提出斑头大翠鸟对温度的特定需求,但目前斑头大翠鸟的栖息地主要分布在广东、广西、福建及江西等地,这些地区的气候类型为亚热带季风气候,意味着斑头大翠鸟可能需要温暖的气候环境以保持其生活习性和繁殖周期.



注:基于自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2024)0650的标准地图制作,底图边界无修改,下图同。(a)斑头大翠鸟的适宜生境分布情况;(b)白腿小隼的适宜生境分布情况.两物种图片为文章第一作者拍摄.

图1 中国境内斑头大翠鸟和白腿小隼的适宜生境分布情况

Fig.1 Distribution of suitable habitats for Blyth's kingfisher and Pied falconet in China

表 1 中国境内斑头大翠鸟和白腿小隼适宜生境重叠区域面积统计

Tab. 1 Statistical analysis of overlapping areas of suitable habitats for Blyth's kingfisher and Pied falconet within China

地区	斑头大翠鸟适宜 生境面积/km ²	白腿小隼适宜 生境面积/km ²	共同栖息地		
			面积/km ²	占斑头大翠鸟适生区比例/%	占白腿小隼适生区比例/%
福建	55 919	12 699	11 489	4	26
广东	109 941	3 763	3 293	1	7
江西	47 559	22 261	13 334	4	31
广西	80 216	295	222	0	1
西藏	216	0	0	0	0
浙江	3 633	4 040	1 190	0	3
云南	5 597	0	0	0	0
湖南	1 181	13	6	0	0
台湾	20 339	0	0	0	0
湖北	0	167	0	0	0
海南	389	0	0	0	0
四川	169	0	0	0	0
总计	325 159	43 238	29 534	9	68

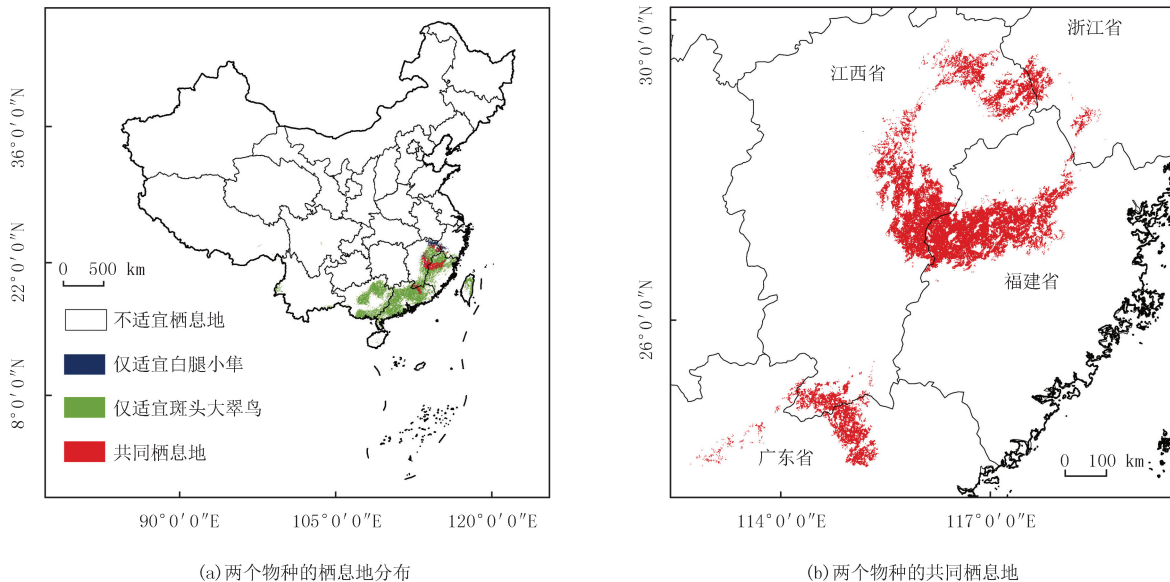


图2 斑头大翠鸟和白腿小隼适宜生境重叠情况

Fig.2 Overlapping of suitable habitats for Blyth's kingfisher and Pied falconet

影响白腿小隼的主要环境变量为 Bio19(最冷季降水量)和 Bio13(最湿月降水量),其次是 Bio9(最干季平均气温)、Bio2(平均气温日较差)等,这反映了白腿小隼对水分和温度的特殊需求。白腿小隼更倾向于在古树上生活,古树往往生长历史悠久,这些古树通常与周围的环境形成稳定的生态系统,食物链相对完整,为白腿小隼提供了丰富的食物资源,如昆虫、小型鸟类和哺乳动物等。综合这两个环境因子,可以推断白腿小隼更倾向于分布在最冷季降水量适中且最湿月降水量相对丰富的地区,这样的地区能够为白腿小隼提供稳定的食物来源和适宜的生存环境。

两物种对生境的选择具有相似性,都具有降水量充足、温暖、干扰程度低等因素。除生境外,两物种繁殖期相似,斑头大翠鸟为 4 至 7 月,白腿小隼为 4 至 6 月,4 至 7 月是亚热带季风气候区的湿润季节,降水量开始增加,气温开始逐渐升高,说明两物种在繁殖时都依赖充足的水热资源。两物种在生境以及繁殖上的相似,有利于设计综合性的管理和保护计划。

两个物种的重叠适生区主要分布江西省和福建省(图 2(b)),两省的气候条件符合两物种选择栖息地的要求。结果表明这两个省份具有围绕这两个物种打造观鸟产业链的区域优势。从分布情况而言,福建省政府依托斑头大翠鸟和白腿小隼打造观鸟旅游产业链具有可行性。

虽然模型预测斑头大翠鸟和白腿小隼在福建西北部存在概率较高,但缺少实地的观鸟记录。因此,需要在福建开展专项调查和研究,从而更准确地了解两物种的分布情况,有助于对其栖息地进行保护。各级林业主管部门应加强对珍稀濒危鸟类的保护工作,需认真组织协调展开联合防控工作,制定更加全面有效的保护方案,加强保护的科学性和实效性。同时,通过宣传教育等方式提高公众对这两种鸟类的保护意识,形成全社会共同参与保护的良好氛围。为了实现珍稀濒危鸟类的有效保护和观鸟旅游产业的可持续发展,需要科学的规划和有效的管理,从而进一步推动生态保护与经济良性循环,实现可持续发展战略目标。

附录见电子版(DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2024.04.14.0001)。

致谢:感谢何芬奇老师和上尉老师提供的关于斑头大翠鸟和白腿小隼长期研究数据支持,感谢岩鹭老师等广大观鸟爱好者收集并无私分享相关数据。

参 考 文 献

- [1] 国家林业和草原局, 农业农村部.《国家重点保护野生动物名录》(2021年2月1日修订)[J]. 野生动物学报, 2021, 42(2): 605-640.
- [2] 范怀良. 去婺源, 拍白腿小隼[J]. 旅游纵览, 2010(8): 67.
FAN H L. Taking photos for *Microhierax melanoleucus* in Wuyuan[J]. Tourism Overview, 2010(8): 67.
- [3] 何芬奇, 林剑声, 王英永, 等. 婺源鸟类纪录解析[J]. 动物学杂志, 2014, 49(2): 170-184.
HE F Q, LIN J S, WANG Y Y, et al. Bird records from Wuyuan, NE Jiangxi of SE China[J]. Chinese Journal of Zoology, 2014, 49(2): 170-184.
- [4] WANG P, BAI W K, HUANG J Y, et al. Habitat use of differentiation between sympatric giant Panda and sambar[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(15): 5577-5583.
- [5] 李延娟, 金明霞. 河南桐柏山鸟类调查报告[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 1986, 14(2): 73-83.
LI Y J, JIN M X. On the avifauna in Tongbai province nane hfoniatnuom[J]. Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition), 1986, 14(2): 73-83.
- [6] 袁玉洁, 邹曦, 史方, 等. 气候变化情景下洞庭湖流域鸟类栖息地适宜性分布研究[J]. 水生态学杂志, 2022, 43(4): 56-62.
YUAN Y J, ZOU X, SHI F, et al. Bird habitat suitability distribution in Dongting Lake Basin under different climate change scenarios[J]. Journal of Hydroecology, 2022, 43(4): 56-62.
- [7] 杜嘉星, 孙义, 向波, 等. 基于 BIOMOD 的黄河源区高原鼠兔潜在分布及其影响因子[J]. 草业科学, 2019, 36(4): 1074-1083.
DU J X, SUN Y, XIANG B, et al. Potential distribution of plateau pika and its influence factors in the source region of the Yellow River Basin using BIOMOD[J]. Pratacultural Science, 2019, 36(4): 1074-1083.
- [8] 范月圆, 高焯杰, 陶少敏, 等. 基于 Biomod2 组合模型的福寿螺在中国的潜在分布预测[J]. 应用生态学报, 2024, 35(8): 2237-2246.
FAN Y Y, GAO H J, TAO S M, et al. Potential distribution prediction of *Pomacea canaliculata* in China based on the Biomod2[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2024, 35(8): 2237-2246.
- [9] 张欣雨, 朱泽群, 袁雅欣, 等. 基于组合物种分布模型的黄河源区鹅绒委陵菜适宜生境及其对气候变化的响应[J]. 草业科学, 2022, 39(2): 254-267.
ZHANG X Y, ZHU Z Q, YUAN Y X, et al. Assessment of suitable *Potentilla anserina* habitat and its response to climate change in the source region of the Yellow River based on ensemble species distribution modeling[J]. Pratacultural Science, 2022, 39(2): 254-267.
- [10] LIU W, NIE X X, CHEN F J, et al. Field survey data for conservation: Evaluating suitable habitat of Chinese pangolin at the county-level in Eastern China(2000-2040)[J]. Ecology and Evolution, 2024, 14(6): e11512.
- [11] ALLOUCHE O, TSOAR A, KADMON R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic(TSS)[J]. Journal of Applied Ecology, 2006, 43(6): 1223-1232.
- [12] ANDERSON M J. Analysis of ecological communities[J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2003, 289(2): 303-305.

Predictive analysis of suitable habitats and their overlap for the Blyth's kingfisher and the Pied falconet in China

Liu Wei^{1a,b}, Zhai Bingbing^{1a}, Zhu Sijia^{1a}, Xue Baiyun^{1a}, Chen Jianquan², Chen Fengjiao³,
Guo Ning⁴, Shi Mingle⁴, Xiao Shuping⁵, Xie Yanping⁶, Yu Fei^{1a,b}

(1. a. College of Life Sciences; b. Yellow River Ecological Engineering Technology Research Center of Henan Province, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China; 2. Fujian Forestry Survey and Planning Institute, Fuzhou 350003, China; 3. Luoyuan National Forest Farm of Fujian Province, Fuzhou 350600, China; 4. Wildlife Protection Center of Fujian Province, Fuzhou 350000, China; 5. Mingxi Forestry Bureau, Sanming 365000, China; 6. College of Life Sciences, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China)

Abstract: Investigating the distribution patterns and overlaps of sympatric species is of crucial significance for biodiversity conservation, integrated regional management, and sustainable development and utilization. The Blyth's kingfisher (*Alcedo*

hercules) and the Pied falconet(*Microhierax melanoleucos*) are both species native to the Oriental realm, which are protected as second-class wildlife by the state and are star bird species in the bird-watching community. However, the lack of research on their distribution patterns remains scarce hampers the advancement of conservation efforts and the development of the bird-watching industry. This study collected distribution sites for both species through field surveys and historical data review, utilized the Biomod2 model to predict their potential suitable habitats in China, and further explored the environmental factors influencing their distributions and analyzed their overlap. The results indicated that: 1) A total of 35 distribution sites for the Blyth's kingfisher and 34 distribution sites for the Pied falconet were collected in the study. The high-suitability habitats for the Blyth's kingfisher cover an area of 286 180 km², mainly distributed in Guangdong, Guangxi, Fujian, and Jiangxi provinces; and the high-suitability habitats for the Pied falconet cover an area of 38 955 km², mainly distributed in Jiangxi, Fujian, Zhejiang, and Guangdong provinces. 2) The main environmental factor influencing the distribution of the Blyth's kingfisher is annual precipitation(Bio12, with a contribution rate of 57.2%), while the main environmental factor influencing the distribution of the Pied falconet is precipitation of the coldest quarter(Bio19, with a contribution rate of 54.8%). 3) The niche overlap between the two species is high($I=0.8$), with the overlapping suitable habitats mainly distributed in Jiangxi and Fujian provinces. The results indicate that Jiangxi and Fujian provinces should strengthen the conservation and monitoring of these two species and have a regional advantage in developing a bird-watching industry chain centered around them. The research findings provide theoretical guidance for the effective conservation of the endangered Blyth's kingfisher and Pied falconet and the sustainable development of the bird-watching tourism industry built around them.

Keywords: *Alcedo hercules*; *Microhierax melanoleucos*; sympatric distribution; bird-watching

[责任编辑 刘洋 赵晓华]

附 录

表 S1 斑头大翠鸟和白腿小隼的分布位点信息

Tab. S1 Distribution site information for Blyth's Kingfisher and Pied Falconet

编号	物种	经度	纬度	地点	数据来源
1	斑头大翠鸟	118°1'05"	26°36'43"	福建省南平市邵武市富屯溪	3
2		117°36'31"	26°26'29"	福建省三明市沙县罗卜岩	3
3		117°33'53"	25°55'21"	福建省三明市永安市天宝岩保护区	3
4		117°28'09"	26°25'49"	福建省三明市明溪县夏阳乡	3
5		117°20'09"	25°59'17"	福建省三明市永安市	3
6		117°18'16"	26°29'48"	福建省三明市将乐县福建龙栖山国家级自然保护区	3
7		117°18'06"	26°30'46"	福建省三明市将乐县龙栖山	1
8		117°12'07"	26°21'27"	福建省三明市明溪县	3
9		117°8'55"	28°59'11"	江西省景德镇市乐平市	1
10		117°8'53"	26°17'06"	福建省三明市明溪县小石横	3
11		117°0'48"	26°30'17"	福建省三明市明溪县当洲	3
12		116°59'24"	26°29'41"	福建省三明市明溪县中溪村	3
13		116°56'22"	26°28'53"	福建省三明市明溪县各水口	3
14		114°34'39"	24°40'38"	江西省赣州市龙南县九连山	1
15		114°32'03"	24°35'51"	江西省赣州市龙南市江九连山保护区润洞	1
16		114°26'50"	24°34'58"	江西省赣州市龙南县大丘田	1
17		114°25'25"	24°32'35"	江西省赣州市墩头街	2
18		114°5'25"	24°24'10"	江西省赣州市全南县始兴车八岭	2
19		113°22'14"	23°11'16"	广东省广州市天河区	2
20		110°35'17"	19°58'17"	海南省海口市美兰区下塔村	2
21		110°19'13"	20°2'23"	海南省海口市龙华区海口万绿园	2
22		101°21'19"	24°25'14"	云南省楚雄彝族自治州双柏县	2
23		98°36'27"	24°25'42"	云南省孔雀湖生态旅游区	2
24		97°59'38"	24°6'49"	云南省德宏傣族景颇族自治州瑞丽市莫里热带雨林	2
25		97°51'49"	24°1'24"	云南省德宏傣族景颇族自治州瑞丽市综合鸟点	2
26	白腿小隼	100°51'51"	22°10'21"	云南野象谷热带雨林景区	2
27		105°32'41"	24°3'30"	云南富宁县(与广西西林县交界的地方)	2
28		113°21'30"	32°21'33"	河南省南阳市桐柏县	2
29		116°56'23"	26°29'01"	福建省三明市明溪县各水口	3
30		117°0'50"	26°30'04"	福建省三明市明溪县当洲	3
31		117°22'53"	29°55'01"	安徽省黄山市祁门县文堂村	1
32		117°30'16"	26°21'26"	福建省三明市明溪县	3
33		117°35'18"	26°26'19"	福建省三明市沙县富口镇萝卜岩	3
34		117°43'25"	29°51'37"	安徽省黄山市祁门县	1

续 表

编号	物种	经度	纬度	地点	数据来源
35	白腿小隼	117°46'10"	29°5'29"	江西省上饶市婺源县曹门村	3
36		117°47'14"	29°19'38"	江西省上饶市婺源县全县	1
37		117°49'59"	29°13'59"	江西省上饶市婺源县	3
38		117°50'47"	29°9'45"	江西省上饶市婺源县	1
39		117°51'24"	29°16'22"	江西省上饶市婺源县	1
40		117°52'12"	29°15'42"	江西省上饶市婺源县激溪路	3
41		117°53'21"	29°18'39"	江西省上饶市婺源县曹石晓	3
42		117°54'03"	29°31'03"	江西省上饶市婺源县 S303	1
43		117°55'55"	29°20'26"	江西省上饶市婺源县江西婺源坑口	1
44		117°34'18"	29°50'42"	安徽省祁门县	1
45		118°1'27"	29°24'22"	上饶市婺源县 721 县道	1
46		118°2'15"	29°24'14"	江西省上饶市婺源县晓起村	3
47		118°2'22"	29°24'59"	江西省上饶市婺源县婺源祈福大桥	3
48		118°3'29"	29°22'32"	江西省上饶市婺源县婺源江湾景区	1
49		118°17'39"	26°38'59"	福建省南平市延平区	3

注：“1”代表由中国观鸟中心的观鸟爱好者提供的数据，“2”代表文献记录中的数据，“3”代表野外实地考察观测记录的数据。

表 S2 Bio1-Bio19 环境因子描述

Tab. S2 Description of Bio1-Bio19 environmental variables

代码	描述	单位
Bio1	年平均气温 Annual mean temperature	℃
Bio2	平均气温日较差 Mean diurnal air temperature area	℃
Bio3	等温性 Isothermality	—
Bio4	气温季节性变化 Temperature seasonality	—
Bio5	最暖月最高温 Maximum temperature of warmest month	℃
Bio6	最冷月最低温 Minimum temperature of coldest month	℃
Bio7	气温年较差 Temperature annual range	℃
Bio8	最湿季平均气温 Mean temperature of wettest quarter	℃
Bio9	最干季平均气温 Mean temperature of driest quarter	℃
Bio10	最暖季平均气温 Mean temperature of warmest quarter	℃
Bio11	最冷季平均气温 Mean temperature of coldest quarter	℃
Bio12	年降水量 Annual precipitation	mm
Bio13	最湿月降水量 Precipitation of wettest month	mm
Bio14	最干月降水量 Precipitation of driest month	mm
Bio15	降水季节性变动 Precipitation seasonality	—
Bio16	最湿季降水量 Precipitation of wettest quarter	mm
Bio17	最干季降水量 Precipitation of driest quarter	mm
Bio18	最暖季降水量 Precipitation of warmest quarter	mm
Bio19	最冷季降水量 Precipitation of coldest quarter	mm