

DOI: 10.5846/stxb202109022475

王金凤, 徐基良, 李建强, 周春发, 邓文洪. 基于动物适宜栖息地的北京市自然保护地保护成效评估. 生态学报, 2022, 42(19): 7807-7817.

Wang J F, Xu J L, Li J Q, Zhou C F, Deng W H. Assess the conservation effectiveness of the natural protected areas in Beijing based on the suitable habitat of wild animals. Acta Ecologica Sinica, 2022, 42(19): 7807-7817.

基于动物适宜栖息地的北京市自然保护地保护成效评估

王金凤¹, 徐基良¹, 李建强^{1,*}, 周春发¹, 邓文洪²

1 北京林业大学生态与自然保护学院, 北京 100083

2 北京师范大学生命科学学院, 北京 100875

摘要: 栖息地是野生动物赖以生存的基础, 明晰物种的适宜栖息地分布是切实加强野生动物保护、提高生物多样性保护成效的重要基础。北京市野生动植物资源丰富, 也建立了一系列自然保护地以加强对野生动物的保护。当前亟需系统评估北京市现有自然保护地体系对野生动物适宜栖息地的保护成效, 为未来北京市野生动物保护管理和自然保护地体系整合工作优化提供科学指导。研究选取了北京地区 6 个较为典型的野生动物为主要研究对象, 包括黑鹳 (*Ciconia nigra*)、褐马鸡 (*Crossoptilon manchuricum*)、大鸨 (*Otis tarda*)、鸳鸯 (*Aix galericulata*)、金雕 (*Aquila chrysaetos*) 和斑羚 (*Naemorhedus griseus*), 利用 MaxEnt 模型和 ArcGIS 的空间分析功能分析其适宜栖息地的分布; 将自然保护地与适宜栖息地相叠加, 识别其适宜栖息地的分布热点和保护空缺, 进而评估了北京市现有自然保护地体系的保护成效。研究表明, 6 个研究物种在现有的自然保护地体系中均得到了不同程度的保护, 其中褐马鸡的受保护率最高 (92.82%), 鸳鸯的受保护率最低 (13.66%)。各类自然保护地的物种热点区覆盖率不同, 风景名胜区类型覆盖率最高 (14.74%)。6 个物种适宜栖息地的热点区域总面积为 280.01 km², 保护空缺占热点区域总面积的 49.45%, 其中密云区、门头沟区和房山区的保护空缺面积最大。基于现有自然保护地体系对野生动物适宜栖息地的保护效率以及存在的空缺, 建议因地制宜, 采取扩大或合并现有自然保护地、增设新的自然保护地或营造微生境等方式来提升自然保护地的整体保护效率。研究结果可为北京市自然保护地的整合优化提供重要依据, 为野生动物重要栖息地的识别与划定提供可行方案, 并为加强野生动物的保护管理提供科学指导。

关键词: 适宜栖息地; 自然保护地; 保护成效; 空缺分析; 北京

Assess the conservation effectiveness of the natural protected areas in Beijing based on the suitable habitat of wild animals

WANG Jinfeng¹, XU Jiliang¹, LI Jianqiang^{1,*}, ZHOU Chunfa¹, DENG Wenhong²

1 School of Ecology and Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

2 College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

Abstract: Habitats are essential for the survival of wild animals, and clarifying the distribution of a species' suitable habitat can be helpful to strengthen wildlife conservation and to increase the conservation effectiveness for biodiversity. As the capital of China, Beijing holds abundant wild animals and the government has established different types of natural protected areas to provide the refuge for the wildlife. Nowadays, it is urgent to assess the effectiveness of these natural protected areas on the protection of habitats of the wild animals, which will provide scientific guidance to wildlife conservation management and integration of natural protected areas in Beijing. Based on the relative importance and the availability of the distribution

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31872240); 国家林业和草原局项目 (2021080323-1); 北京绿色生态空间保护空缺分析项目 (2021XJL02)

收稿日期: 2021-09-02; **网络出版日期:** 2022-05-24

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lijianqiang@bjfu.edu.cn

data, we selected 6 typical wild animals in Beijing, i.e., Black stork (*Ciconia nigra*), Brown eared-pheasant (*Crossoption mantchuricum*), Great bustard (*Otis tarda*), Mandarin duck (*Aix galericulata*), Golden eagle (*Aquila chrysaetos*) and Chinese goral (*Naemorhedus griseus*), and collected the distribution data of these species through field investigations, open databases and literature. We then analyzed the suitable habitats using the MaxEnt model and spatial analysis function of ArcGIS. We also identified the hotspots and GAPs (GAP analysis) of these species' suitable habitats in Beijing. The results indicated that the natural protected areas covered various proportions of these animals' suitable habitats with a range from 13.66% (Mandarin duck) to 92.82% (Brown-eared pheasant). The total area of the suitable habitat hotspots was 280.01 km², and mainly distributed in Miyun District, Yanqing District, Mentougou District and Fangshan District. However, the coverage of species hotspots differed among different natural protected areas, with it being highest in scenic spots (14.74%). The GAPs were responsible for 49.45% of the hotspots and mainly distributed in Miyun District, Mentougou District, Fangshan District, and the border of Miyun, Huairou and Yanqing. In particular, Miyun District, Mentougou District and Fangshan District held the largest areas of GAPs. Based on the distribution of the suitable habitats and the protection gaps, it is suggested to take suitable measures to improve the conservation effectiveness of the natural protected areas according to the local circumstances, and adopt different protection strategies for different protection objects, including expanding or merging some natural protected areas, establishing new natural protected areas, and creating micro-habitats. Our study provides feasible solutions for the identification and delineation of important wildlife habitats in Beijing, provides some scientific guidelines for the wildlife management and integration and optimization of the natural protected area system.

Key Words: suitable habitat; natural protected areas; conservation effectiveness; GAP analysis; Beijing

2018年修订的《中华人民共和国野生动物保护法》明确规定要加强野生动物栖息地保护,并提出建立野生动物重要栖息地名录制度^[1]。已有实践表明,建立自然保护区是就地保护野生动物及其栖息地的有效手段^[2]。截至2020年底,我国已建成各级各类自然保护区约1.18万余处,覆盖了我国陆域面积的18.0%和管辖海域的4.1%^[3]。这些自然保护区在保护我国重要生态系统、珍稀濒危动植物及其栖息环境上发挥了重要作用,但也存在着空间布局不合理、与物种重要分布区域在空间上吻合不足等问题,进而影响其保护效果的发挥^[4],逐渐引起了社会关注^[5-7]。

衡量自然保护区保护成效的重要指标之一是评估对野生动物重要栖息地的保护效果^[8-9],目前已经有许多学者开展了这方面的研究^[10-13]。然而,相关研究多数集中于对单一物种的分析^[14-15]。这虽然可以反映自然保护区对特定物种或特定类群及其栖息地的保护效果^[16],但是可能并不足以反映其对不同类群的整体保护效果^[17-18]。因此,有研究建议以某一区域的多个物种为对象进行评估,可以更加客观地反映区域内自然保护区的保护成效^[9]。

北京市(115.7°—117.4°E, 39.4°—41.6°N)地处燕山山脉和太行山脉的交叉地带,野生动植物资源丰富^[19],拥有陆生脊椎野生动物约581种,包括褐马鸡(*Crossoption mantchuricum*)、黑鹳(*Ciconia nigra*)、麋鹿(*Elaphurus davidianus*)和狼(*Canis lupus*)等国家重点保护野生动物81种^[20]。北京市虽然是一个高度城市化的地区,但随着生态环境的不断改善,北京市野生动物种群数量和栖息地分布范围近年来呈现明显的扩张趋势^[21-22]。如今,北京市已经建立了大量的自然保护区以加强对野生动物及其栖息地的保护。一些研究评估了这些自然保护区对部分野生动物及其栖息地的保护成效^[22-23],然而相关研究多关注于单一物种或单一类群的保护成效。本文选取了北京地区六种较为典型的野生动物作为研究对象,利用MaxEnt模型分析了其适宜栖息地的分布,并结合北京市自然保护区的类型及其空间布局,深入分析其适宜栖息地在北京市的分布状况和保护空缺,评估北京市自然保护区保护有效性,旨在为加强北京市野生动物资源保护、划定野生动物重要栖息地^[24]、推动自然保护区整合优化提供重要参考。

1 材料与方 法

1.1 研究区域

截至 2019 年底,北京市共有 5 类 79 处自然保护地,其中自然保护区 21 处(国家级 2 处、市级 12 处、区级 7 处)、风景名胜区 11 处、森林公园 31 处、地质公园 6 处、湿地公园 10 处^[19](图 1)。自然保护地主要分布在西北山区、浅山地带以及平原的河流水系地区,总面积 4648.05km²(含交叉重叠面积),空间上实际面积共 3470.61km²,占市域行政面积的 21.15%。

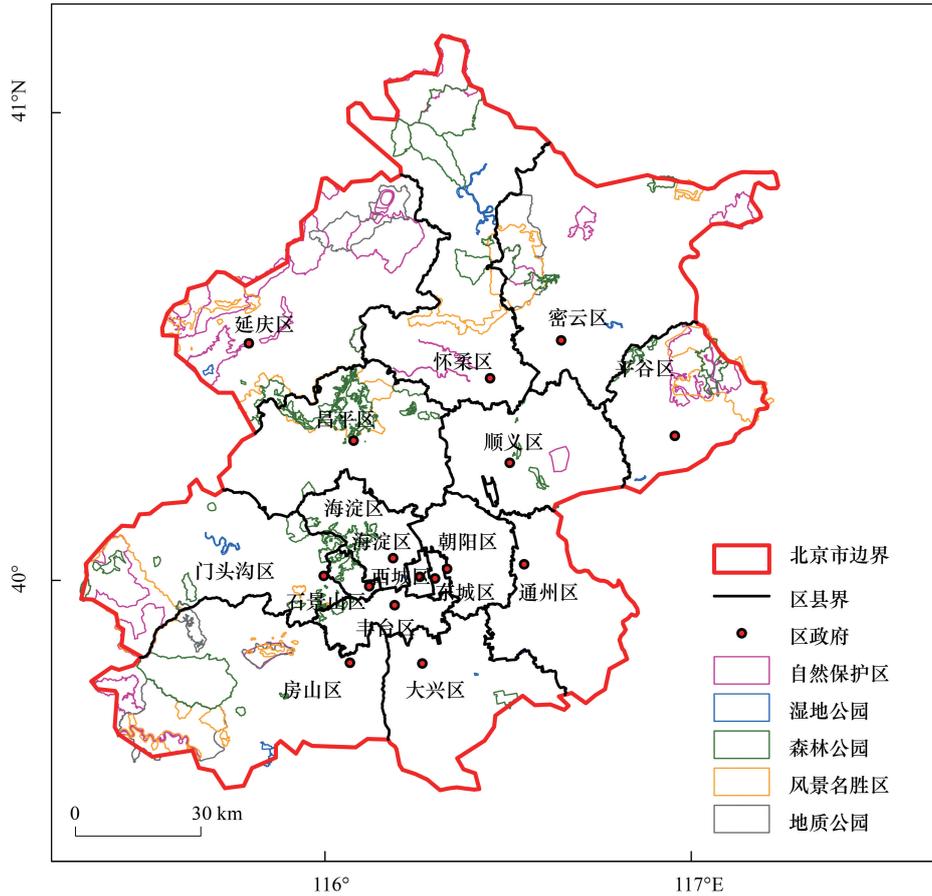


图 1 北京地区各类自然保护地及其分布

Fig.1 The distribution of various types of the natural protected areas in Beijing

1.2 研究对象

依据北京市野生动物种类和分布现状,通过咨询专家,结合野外分布资料的可获得性,选取在北京地区具有代表性的 6 个国家重点保护野生动物,包括国家 I 级重点保护野生动物黑鹳、褐马鸡、大鸨(*Otis tarda*)、金雕(*Aquila chrysaetos*),国家 II 级重点保护野生动物鸳鸯(*Aix galericulata*)和斑羚(*Naemorhedus griseus*)^[25]。其中黑鹳作为近些年来在北京繁殖、越冬的涉禽,可体现山谷湿地生态状况^[26];褐马鸡作为中国特有种^[27]、典型的地栖性山地森林鸟类^[28],近些年来在北京的种群及其分布范围稳步上升^[22];大鸨是典型的草地生态指示物种^[29];金雕作为北京地区的大型猛禽,可以指示区域生态系统健康^[30];鸳鸯则是重要的评价湿地生态系统的代表物种之一^[31];斑羚为典型的林栖兽类^[15]。这 6 个物种的栖息地包括森林、湿地、草地、湿地水域、高山峭壁等类型,涉及到北京市湿地公园、森林公园、自然保护区、风景名胜区、地质公园等 5 类自然保护地,具有较强的典型性和代表性。

1.3 研究方法

1.3.1 物种数据来源及处理

物种分布位点数据是以北京市野生动物资源调查中获取的坐标信息为基础,并将在中国观鸟记录中心(<http://www.birdreport.cn/>)、全球生物多样性信息网络数据库(<https://www.gbif.org/>)和有明确坐标信息的相关文献中所获取的准确的物种分布点坐标信息作为补充。由于研究物种活动范围较大,因此采用缓冲区分析对收集的物种分布点进行筛选和校对,排除人为因素导致的分布点重合以及不符合实际情况的分布点^[32]。根据6个目标物种的平均活动距离^[31,33-37],在ArcGIS 10.4中以物种分布点为圆心,建立以500m为半径的缓冲区;当两个分布点之间的距离小于1km时,只保留其中一点。最终确定进入分析的各目标物种分布点,其中黑鹳105个、褐马鸡24个、大鸨21个、鸳鸯97个、金雕33个、斑羚11个。

1.3.2 环境变量的收集、处理

根据现有文献资料中对各目标物种的栖息地需求^[15,37],选择海拔、坡度、坡向、土地利用类型、归一化植被指数、到居民点(乡镇及乡镇级别以上的)的距离、到水源(河流湖泊、水库)的距离、到不同等级的道路(包括铁路;高速公路、国道、省道;市县级道路;人行道四个等级)的距离等共11个环境因子作为初步变量进行分析。

地形数据来源于中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台(<http://www.gscloud.cn/>)下载的数字高程数据(DEM),空间分辨率为30m。基于ArcGIS 10.4软件提供的空间分析功能,运用表面分析工具从DEM数据中提取出坡度和坡向两种地形因子的栅格数据。土地利用分类数据来源于国家基础地理信息中心(<http://www.globeland30.org/>),空间分辨率为30m。在ArcGIS 10.4中,使用重分类工具从土地利用类型中得出研究区范围内的关键地类,然后通过焦点统计工具,以平均活动距离作为半径得出各关键地类占比的栅格数据,以各关键地类在活动区域内的占比来限制物种的出现,得到影响物种分布的环境变量。归一化植被指数(NDVI)数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<https://www.resdc.cn/>),空间分辨率为30m。在ArcGIS 10.4中,使用掩膜提取工具得到研究区域的植被覆盖数据。通过查阅文献,针对研究对象选择到居民点的距离、到不同等级道路(包括铁路;高速公路、国道、省道;市县级道路;人行道4个等级)的距离来反应人为干程度。其中,乡镇及乡镇级别以上的居民点、河流湖泊和水库、不同等级的道路数据来源于全国地理信息资源目录服务系统(<http://www.webmap.cn>)提供的1:2500000的全国基础地理数据。运用ArcGIS 10.4中的欧氏距离工具来获取到居民点的距离、到水源的距离和到不同等级道路的距离的栅格数据。北京市行政边界数据来自于国家基础地理信息系统(<http://nfgis.nsd.gov.cn/>)1:4000000的中国行政区划矢量地图,自然保护地边界来源于北京市园林绿化局。

1.3.3 模型构建、精度检验及相关性检验

使用MaxEnt v3.4.1软件^[38]评估各物种的适宜栖息地。首先检验环境变量两两之间的Pearson's相关系数,对于 $|r| \geq 0.8$ 的一对变量,保留对初步模型结果贡献大的一个^[39];然后针对不同物种,根据刀切法(Jackknife test)检验系数的结果,剔除贡献率低于0.4的环境变量,最终确定用于预测研究对象栖息地的环境因子^[40]。

将6个物种的分布点数据和环境因子数据分别导入MaxEnt模型中,针对不同研究对象随机选取该物种75%的样本数据作为训练数据构建最大熵模型,剩余25%的样本用于模型验证^[32]。使用AUC评价指标对模型的效果和各个环境特征变量的重要性进行检测,来验证最大熵模型的准确度^[41]。AUC的取值在0—1之间,数值越接近于1表示预测精确度越高^[32]。对于每个物种,使用模型中的自举重复功能运算10次,取AUC值较大者作为模型模拟的最终结果^[39]。

1.4 适宜栖息地分析

MaxEnt模型输出的预测结果是物种在研究区域的存在概率,适宜栖息地的值越高,代表物种存在的条件越有利^[42]。模型输出的预测结果通过阈值来划分适宜生境和不适宜生境,阈值的选择对于确定最终的物种适宜栖息地分布范围十分重要^[32]。在模型运行过程中,得出的10%存在点训练集逻辑斯蒂阈值(10% TPLT)

可以确保在全部已知样点中至少包含 90% 的样点是适宜的^[43]。所以选择 10% 存在点训练集逻辑斯蒂阈值将预测的概率图转化为 Presence/Absence 二值图^[32]。利用 ArcGIS 10.4 对其进行赋值, Presence 赋值为 1, 即适宜栖息地; Absence 赋值为 0, 即不适宜。最终得到 6 个代表性物种的二值图^[39]。通过叠加 6 个物种的二值图得到单个像元值最高为 6, 取像元值 ≥ 3 者为分布热点区, 得到物种适宜栖息地的分布热点^[40]。

1.5 保护成效与空缺分析

将各目标物种的适宜栖息地分布范围与自然保护地进行叠加, 将每个物种在自然保护地内的分布面积占其分布总面积的比例视为该物种的受保护率^[9]。在 ArcGIS 10.4 中, 分别计算物种受保护率以及北京市自然保护地对各目标物种适宜栖息地的覆盖比例, 用于从物种和自然保护地类型两个方面反映北京市自然保护地的保护成效。将 6 个物种适宜栖息地的分布热点图与北京市自然保护地分布图进行空间叠加, 识别需要保护但目前尚不属于自然保护地保护范围的区域, 即为保护空缺^[40]。

2 研究结果

2.1 预测模型精度检验

6 个野生动物模型模拟结果的相应 ROC 值均大于 0.90 (图 2), 表明 MaxEnt 模型预测能力优秀, 影响 6 个物种分布的环境因子和模型预测的对应物种重要栖息地分布之间存在比较好的相关性。

2.2 适宜栖息地分布

黑鹳在北京地区的适宜栖息地面积为 3559.67km², 占研究区总面积的 21.22%。主要分布在密云区密云水库及周边地区、房山区的中部地区以及西南部、门头沟区的东部和中部、海淀区的中北部、昌平区北部、怀柔区的中部和南部等地。大鸨在北京地区的适宜栖息地面积为 95.70km², 占北京市行政总面积的 0.57%。主要分布在密云区的密云水库周边水系附近、平谷区-顺义区-通州区北部的河流水系沿线、昌平区东北部、延庆区的官厅水库及周边地区等地。鸳鸯在北京地区的适宜栖息地面积为 2993.90km², 占北京市行政总面积的 17.85%。主要分布在中心城区的城市公园、密云区密云水库周边区域、房山区西南部、门头沟区东部和中部地区、延庆区官厅水库周边等地, 多靠近河流水系分布 (图 3)。

褐马鸡在北京地区的适宜栖息地面积为 19.70km², 共占北京市行政总面积的 0.12%。主要集中在门头沟区西南部的山林地区。金雕在北京地区的适宜栖息地面积为 642.75km², 占北京市行政总面积的 3.83%。主要集中在门头沟区和房山区西北部的山区, 另外在延庆区和密云区也均有分布。斑羚在北京地区的适宜栖息地面积为 711.02km², 占北京市行政总面积的 4.24%。主要集中在北京西部的山地区域, 包括怀柔区、延庆区、昌平区、门头沟区以及房山区等地, 另外在密云区也有少量分布 (图 3)。

2.3 适宜栖息地的热点区域

6 个物种适宜栖息地分布的热点区域面积为 280.01km² (图 4), 占北京市行政面积的 1.71%。热点区域主要包括密云区密云水库周边地区、延庆区官厅水库及周边区域, 门头沟区灵山自然风景区-小龙门森林公园、永定河-清水河沿线和房山区西北部百花山国家级自然保护区、拒马河沿线、大石河沿线等地。

2.4 自然保护地对物种适宜栖息地的保护成效

6 个研究物种在现有的自然保护地体系中均得到了不同程度的保护, 平均受保护率为 41.00%。其中褐马鸡的受保护率最高 (92.82%), 其次为斑羚 (52.43%)、金雕 (43.79%)、大鸨 (23.04%)、黑鹳 (19.94%), 鸳鸯的受保护率最低 (13.66%)。

北京市自然保护地覆盖了 141.54km² 的热点区域, 有 49.45% 的热点区域未被覆盖, 未被覆盖的热点区域即为保护空缺。各类自然保护地对典型物种热点地区的覆盖率存在差异, 其中风景名胜区相对覆盖比例较高 (14.74%); 其余类型的覆盖率由高到低依次为自然保护区 (14.17%)、地质公园 (10.49%)、森林公园 (4.10%) 和湿地公园 (0.83%) (表 1)。

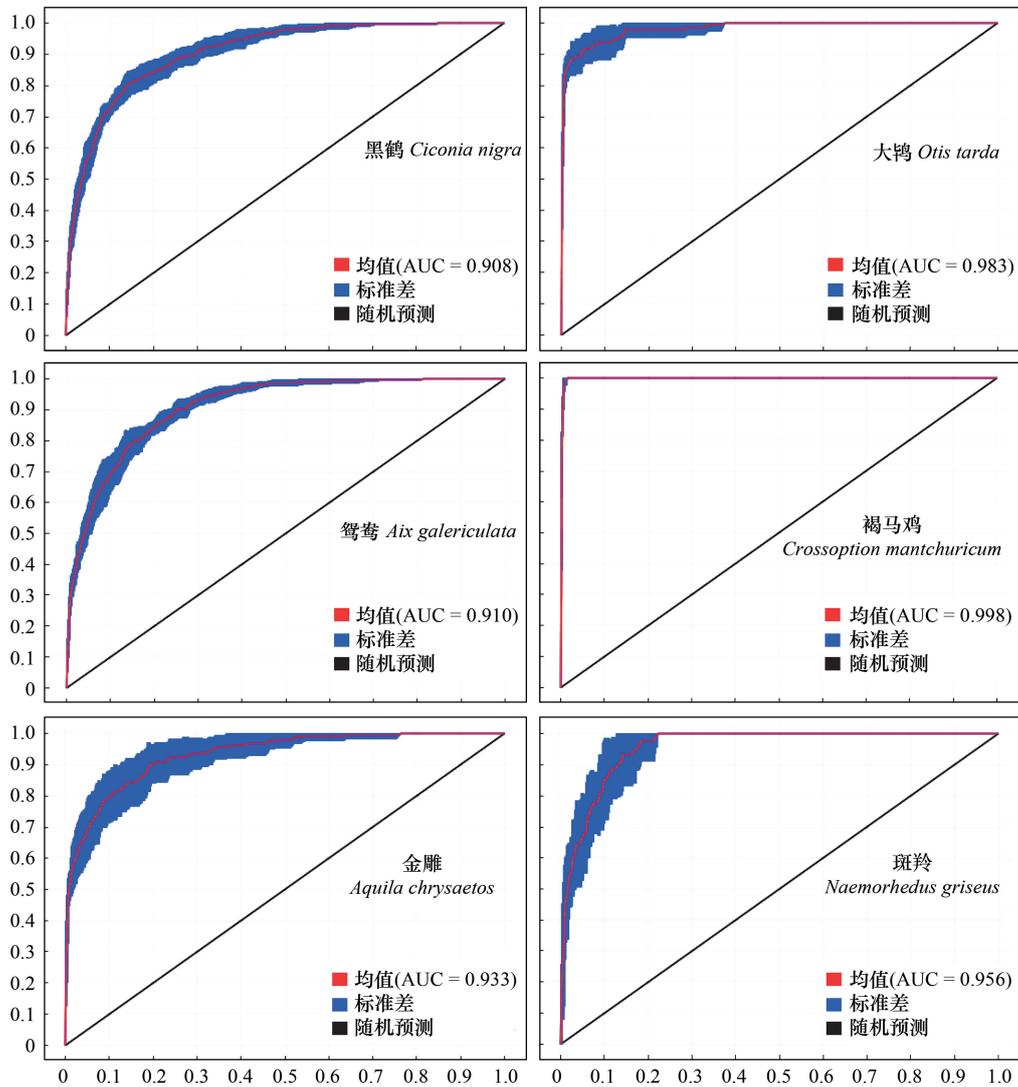


图2 6个物种的MaxEnt模型预测结果的受试者工作特征曲线(ROC曲线)

Fig.2 Receiver Operating Characteristic Curve (ROC) of MaxEnt model prediction results of the 6 species

表1 北京市不同类型自然保护区对6个典型物种适宜栖息地热点分布的覆盖情况

Table 1 The coverage of the suitable habitat hotspots of 6 typical species by different types of natural protected areas in Beijing

类型 Type	自然保护区 Natural protected area		热点区域 Hotspots	
	数目 Number/个	面积 Area/km ²	数目 Number/个	面积 Area/km ²
自然保护区 Nature reserve	21	1436.87	70.07	14.17
森林公园 Forest park	31	955.48	20.29	4.10
湿地公园 Wetland park	10	23.96	4.11	0.83
地质公园 Geopark	6	785.25	51.88	10.49
风景名胜区 Scenic spot	11	1446.47	72.87	14.74
总计 Total	79	4648.05	219.20	44.33

2.5 保护空缺

物种适宜栖息地热点地区的保护空缺主要分布在密云水库各支流的沿线及周边区域;延庆区南部、怀柔区南部与昌平区北部接壤的地区;门头沟区中部永定河-清水河沿线及周边地区;房山区的北部、西部及中部地区;顺义区的潮白河沿线等地。其中,门头沟区和房山区的保护空缺面积最大(图5)。

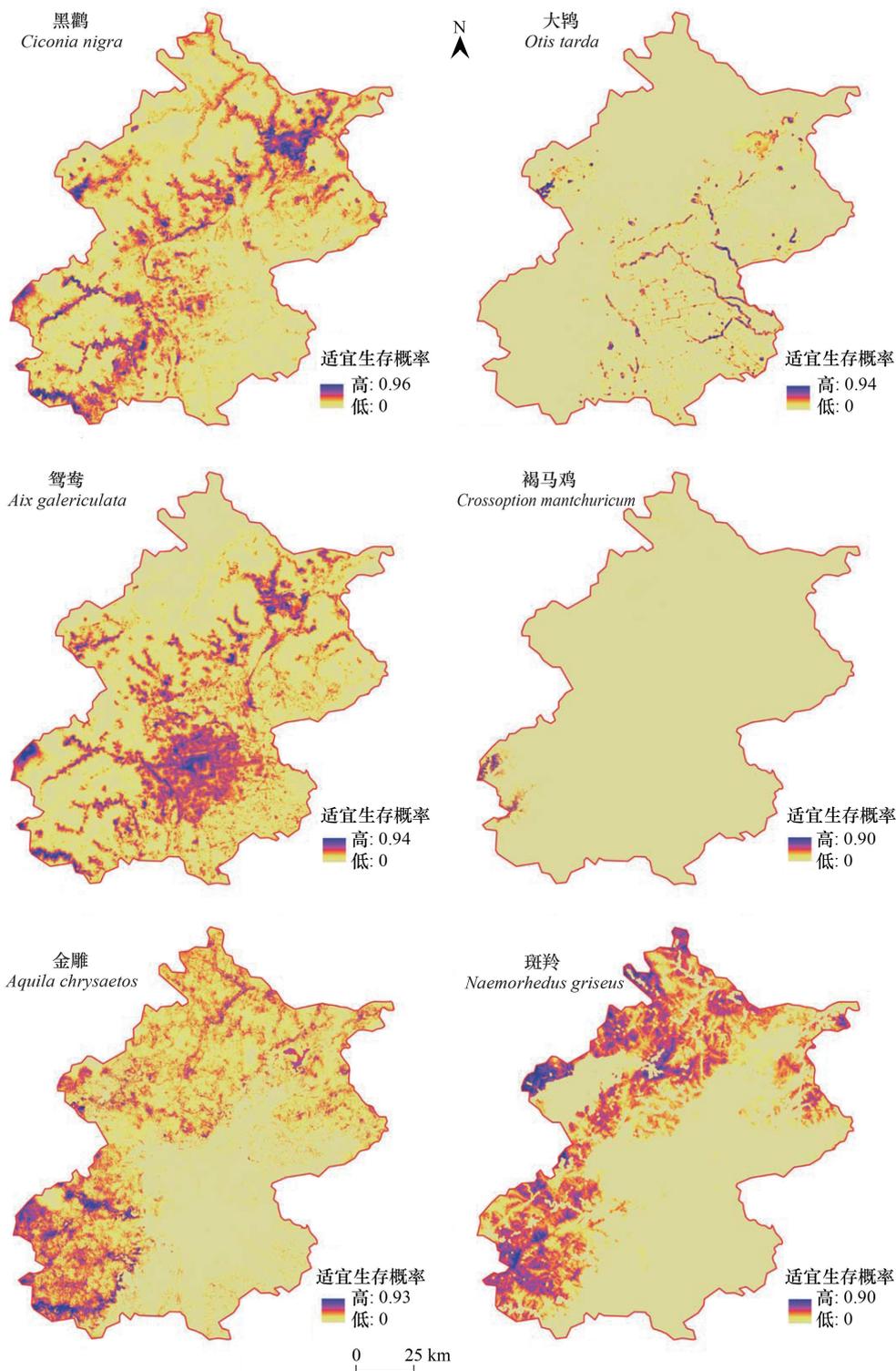


图3 6个物种在北京市的适宜栖息地分布
Fig.3 Distribution of suitable habitats of the 6 species in Beijing

3 讨论

保护以典型物种为代表的生物多样性是设立自然保护区的首要目标之一,因此对物种保护成效的评估可

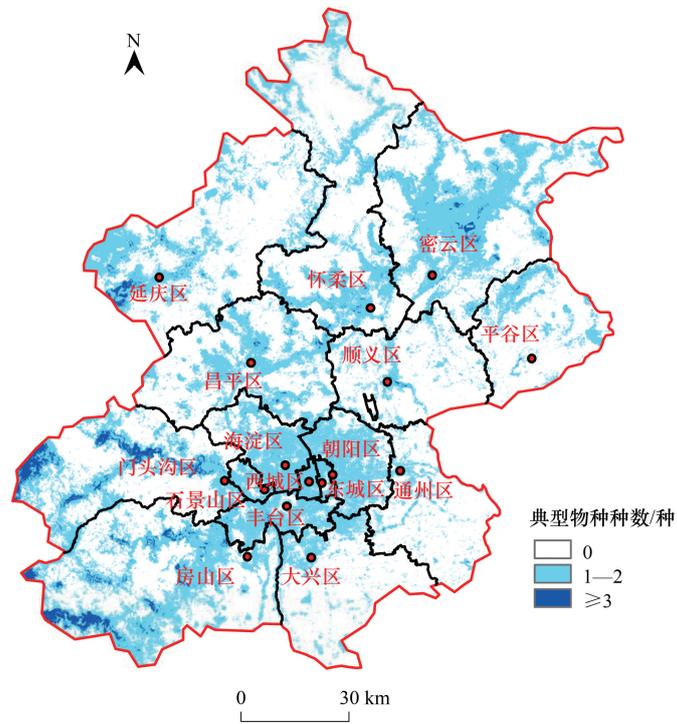


图 4 6 个物种适宜栖息地在北京地区的热点分布 (物种种数 ≥ 3 者即为热点分布区域)

Fig.4 The suitable habitat hotspots of the 6 species in Beijing (the area with ≥ 3 species is classified as the hotspot area)

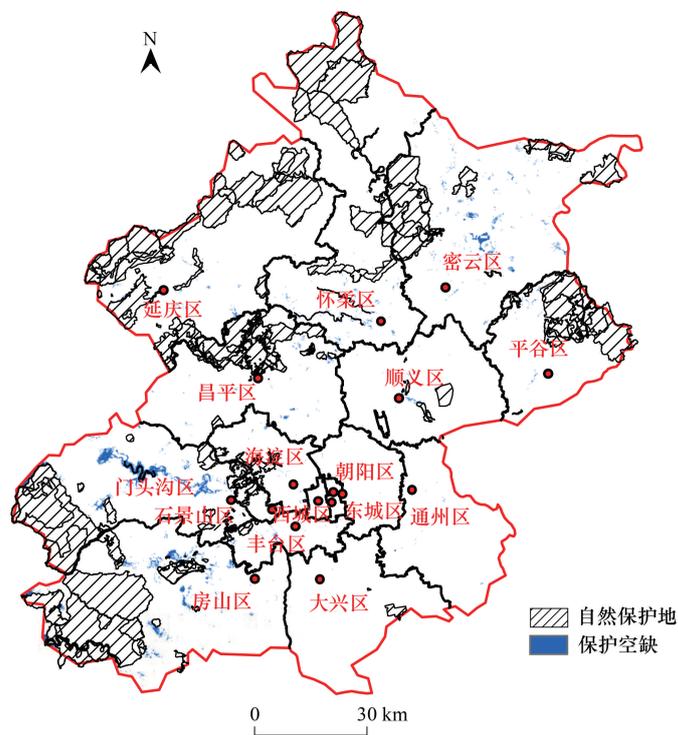


图 5 北京市 6 个典型物种的保护空缺分布

Fig.5 Spatial distribution of the GAPs of the 6 species in Beijing

以反映自然保护地对物种及其栖息地的保护效果^[16]。以国家重点保护的、珍稀濒危的野生动植物物种作为评价生物多样性热点区域、物种多样性保护优先区的指标则是当前物种多样性和分布格局的重要方法^[13,44]。热点区域的识别则可以帮助我们以最少的成本、最大限度地保护区域生物多样性^[45]。

褐马鸡、金雕等 6 个物种适宜栖息地的热点区域主要分布于密云区、怀柔区与昌平区的交界处、延庆区西部、门头沟区和房山区等地。其中,黑鹳、大鸨和鸳鸯主要分布在浅山地带以及平原的湿地区域,与人类活动空间重叠范围较大^[26,31,34]。褐马鸡作为一种典型的森林雉类^[35],在北京主要分布于西北山地森林区域,受到的人为干扰较小^[22];金雕的适宜栖息地主要集中在海拔较高的山林区域,人为干扰也较弱^[30];斑羚对人为干扰极为敏感,其适宜栖息地主要分布在北京市北部和西南部中高海拔、植被丰富、靠近水源的区域^[15,46]。

然而,北京市自然保护地对这 6 个物种适宜栖息地热点区域的覆盖率整体较低,其中对褐马鸡、金雕和斑羚的保护效率较高,而对黑鹳、大鸨和鸳鸯的保护效率则相对较低。这与北京市自然保护地空间布局和发展过程密切相关。京郊山区是北京市最早开展自然保护地建设工作的区域,拥有着北京市 70% 以上的自然保护地^[47]。与此相应的,北京市平原及城市中心地区则是城市发展的重点区域^[48],相关政策难以直接惠及该区域的生物多样性保护^[23]。并且,过去北京市的自然保护地建设管理具有我国自然保护地发展的共同特点,即分部门管理^[47]。各部门在自然资源相对丰富、有生态旅游潜力的优势地区,集中建立了很多森林公园、湿地公园、风景名胜区和地质公园,这也促使北京市自然保护地呈现聚集分布、保护范围交叉重叠严重的现象^[49]。

在当前建立以国家公园为主体的自然保护地体系的背景下,整合优化现有自然保护地体系、提升整体保护成效是迫切需要解决的问题,也是重构北京市自然保护地体系的重要契机^[47]。根据本研究结果,为了提升北京市自然保护地的保护成效,应因地制宜,针对不同的保护对象采取不同的策略来完善自然保护地体系:对于门头沟区和房山区山林地带、人为干扰较少的野生动物适宜栖息地保护空缺,可以根据实际受威胁程度、利用强度等情况,增设新的自然保护地;对于怀柔区与昌平区交界处的未能划入自然保护地的野生动物适宜栖息地保护空缺区域,可通过扩大自然保护地范围将其划入就近的自然保护地内;对于平原区面积小且分布零散的野生动物适宜栖息地保护空缺,可以通过建设生态走廊、设定保护小区或纳入生态红线等形式予以保护;对于分布在城市建成区内的野生动物,也可以在湿地、城市公园等区域生态关键节点处,根据保护对象的栖息地需求营造微生境,为野生保护动物提供栖息场所。

与利用单一物种或单一类群评估区域自然保护地保护成效的研究相比,本研究表明从多个类群物种的角度评估自然保护地保护成效更具有全面性和科学性,同时也可以为野生动物重要栖息地的识别与划定提供可行的方案。然而,本研究也存在一些不足。比如受到数据和文献资料的限制,本研究仅选取了在北京地区比较典型的国家级重点保护动物作为北京市自然保护地保护成效评估的研究对象,也没有考虑到北京市自然保护地对植物栖息地的保护成效。因此,今后的工作中,应尽量考虑增加更多的物种,从物种的种类和数量变化、种群的空间分布格局与范围、种群生存力分析等方面深入评估北京市自然保护地的保护成效,进而更好地提升北京市自然保护地对区域生物多样性的保护成效。

4 结论

(1) 研究所选取的 6 个目标物种中,黑鹳、大鸨和鸳鸯主要分布于北京市浅山地带和平原上的湿地区域;褐马鸡、金雕和斑羚的栖息地则集中分布于市域西南部和北部中高海拔的山林区域。由于北京市自然保护地分布不够均衡,所以总体上黑鹳、大鸨和鸳鸯受自然保护地保护率低,而褐马鸡、金雕和斑羚受自然保护地保护率高。

(2) 6 个物种适宜栖息地分布的热点区域主要分布于密云区、怀柔区与昌平区的交界处、延庆区西部、门头沟区和房山区等地。北京市现有的自然保护地对物种适宜栖息地分布热点区域的覆盖率相对较低,这与北京市自然保护地空间布局和发展过程密切相关。

(3) 针对于现存的保护空缺,建议政府相关部门因地制宜,针对不同的保护对象采取不同的保护策略来完善现有自然保护地体系。如扩大或合并现有自然保护地、增设新的自然保护地、纳入生态保护红线或营造微生境等方式来提升北京市自然保护地的保护成效。

参考文献 (References):

- [1] 国家林业和草原局. 中华人民共和国野生动物保护法. [2021-08-29]. <http://www.forestry.gov.cn/main/3949/20170314/204777.html>.
- [2] 郭子良, 邢韶华, 崔国发. 自然保护区物种多样性保护价值评价方法. 生物多样性, 2017, 25(3): 312-324.
- [3] 国家林业和草原局. 中国自然保护区. [2021-08-29]. <http://www.forestry.gov.cn/main/65/20200527/110735699913323.html>.
- [4] 徐卫华, 罗翀, 欧阳志云, 张路. 区域自然保护区群规划——以秦岭山系为例. 生态学报, 2010, 30(6): 1648-1654.
- [5] Ren G P, Young S S, Wang L, Wang W, Long Y C, Wu R D, Li J S, Zhu J G, Yu D W. Effectiveness of China's national forest protection program and nature reserves. *Conservation Biology*, 2015, 29(5): 1368-1377.
- [6] Hill R, Miller C, Newell B, Dunlop M, Gordon I J. Why biodiversity declines as protected areas increase: the effect of the power of governance regimes on sustainable landscapes. *Sustainability Science*, 2015, 10(2): 357-369.
- [7] Joppa L N, Pfaff A. High and far: biases in the location of protected areas. *PLoS One*, 2009, 4(12): e8273. DOI:10.1371/journal.pone.0008273.
- [8] 晏玉莹, 邓娇, 张志强, 周先雁, 杨道德. 野生动物类型自然保护区保护成效评估研究进展. 生态学杂志, 2014, 33(4): 1128-1134.
- [9] 王伟, 辛利娟, 杜金鸿, 陈冰, 刘方正, 张立博, 李俊生. 自然保护区保护成效评估: 进展与展望. 生物多样性, 2016, 24(10): 1177-1188.
- [10] 付励强, 程鲲, 宗诚, 马建章. 基于多种类型保护地的红松林生态系统综合保护空缺分析. 生态学杂志, 2019, 38(11): 3480-3486.
- [11] Brooks T M, Bakarr M I, Boucher T, da Fonseca G A B, Hilton-Taylor C, Hoekstra J M, Moritz T, Olivieri S, Parrish J, Pressey R L, Rodrigues A S L, Sechrest W, Stattersfield A, Strahm W, Stuart S N. Coverage provided by the global protected-area system: is it enough? *BioScience*, 2004, 54(12): 1081.
- [12] Gardner T A, Caro T, Fitzherbert E B, Banda T, Lalbhai P. Conservation value of multiple-use areas in east Africa. *Conservation Biology*, 2007, 21(6): 1516-1525.
- [13] 马琳, 李俊清. 基于系统保护规划的长白山阔叶红松林保护网络优化研究. 生态学报, 2019, 39(22): 8547-8555.
- [14] 吴曼菲, 胡湛波, 周岐海, 吴坚宝. 基于 MaxEnt 模式的白头叶猴栖息地评价——以广西崇左白头叶猴保护区为例. 兽类学报, 2021, 41(1): 20-31.
- [15] 唐书培, 穆丽光, 王晓玲, 张静, 刘波, 孟和达来, 鲍伟东. 基于 MaxEnt 模型的赛罕乌拉国家级自然保护区斑羚生境适宜性评价. 北京林业大学学报, 2019, 41(1): 102-108.
- [16] Caro T, Gardner T A, Stoner C, Fitzherbert E, Davenport T R B. Assessing the effectiveness of protected areas: paradoxes call for pluralism in evaluating conservation performance. *Diversity and Distributions*, 2009, 15(1): 178-182.
- [17] 王翠玲, 臧振华, 邱月, 邓舒雨, 冯朝阳, 谢宗强, 徐文婷, 刘蕾, 陈全胜, 申国珍. 湖北神农架国家级自然保护区森林和川金丝猴栖息地的保护成效. 生物多样性, 2017, 25(5): 504-512.
- [18] 华俊钦, 石江艳, 李建强, 杨海, 徐基良. 基于物种分布的森林生态系统类型自然保护区功能区划评价——以河南连康山国家级自然保护区为例. 生态学报, 2020, 40(20): 7287-7298.
- [19] 冯达, 胡理乐, 陈建成. 基于生态价值评价的北京自然保护区保护空缺分析. 生态学杂志, 2020, 39(12): 4233-4240.
- [20] 北京市园林绿化局. 北京市 22% 土地成为自然保护区. [2021-08-08]. http://yllhj.beijing.gov.cn/ztxx/lhysh/st/202106/t20210615_2412767.shtml
- [21] 汤小明, 张德怀, 马志红, 吴同路, 张源笙, 鲍伟东. 北京雾灵山自然保护区冬春季地面活动鸟兽红外相机初步调查. 动物学杂志, 2016, 51(5): 751-760.
- [22] Song K, Mi C R, Yang N, Sun L, Sun Y H, Xu J L. Improve the roles of nature reserves in conservation of endangered pheasant in a highly urbanized region. *Scientific Reports*, 2020, 10: 17673.
- [23] 黄越, 顾慈芸, 阳文锐, 闻丞. 如何在北京充分实现受胁鸟类栖息地保护?. 生物多样性, 2021, 29(3): 340-350.
- [24] 武建勇, 薛达元, 王爱华, 赵富伟. 生物多样性重要区域识别——国外案例、国内研究进展. 生态学报, 2016, 36(10): 3108-3114.
- [25] 国家林业和草原局. 国家重点保护野生动物名录 [2021-07-02]. <http://www.forestry.gov.cn/main/5461/20210205/122418860831352.html>
- [26] 刘伯, 王红娜, 樊素贞, 李玉静. 河北涉县清漳河国家湿地公园黑鹳生态分布及季节动态. 湿地科学, 2020, 18(4): 494-499.
- [27] 宋凯, 宓春荣, 赵玉泽, 杨南, 孙悦华, 徐基良. 百花山国家级自然保护区褐马鸡栖息地利用分析. 动物学杂志, 2016, 51(3): 363-372.
- [28] Johnsgard P A. The pheasants of the world. Washington D C: Smithsonian Institution Press, 1999.

- [29] 李超,周景英,龚明昊,田秀华,孟德荣,刘春光,党大朋,刘刚. 大鸨东方亚种在中国的分布. 生态学杂志, 2021, 40(6): 1793-1801.
- [30] McIntyre C L. Patterns in nesting area occupancy and reproductive success of Golden Eagles (*Aquila Chrysaetos*) in Denali National Park and Preserve, Alaska, 1988-99. *Journal of Raptor Research*, 2002, 36(1 SUPPL.): 50-54.
- [31] 方忠艳,胡灿实,冉景丞,徐光华. 我国鸳鸯种群分布、研究现状及展望. 湿地科学与管理, 2019, 15(3): 68-72.
- [32] 孔维尧,李欣海,邹红菲. 最大熵模型在物种分布预测中的优化. 应用生态学报, 2019, 30(6): 2116-2128.
- [33] 郑文军,郑建刚,周占彬,王立山,侯锋,尹昭霞,周振兴. 甘肃张掖黑河湿地黑鹳繁殖和迁徙习性. 动物学杂志, 2021, 56(1): 126-130.
- [34] 汪沐阳,徐峰,杨维康,David BLANK,朱新胜. 大鸨生态生物学研究现状. 生态学杂志, 2015, 34(5): 1435-1440.
- [35] 刘焕金,苏化龙,任建强. 中国雉类——褐马鸡. 北京: 中国林业出版社, 1991.
- [36] 朱奇峰,赵青侠,金学林,师动,吴桥兴,杨明海. 秦岭地区中段死亡斑羚空间分布规律初探. 兽类学报, 2021, 41(6): 714-720.
- [37] 赵正阶. 中国鸟类志. 长春: 吉林科学技术出版社, 2001.
- [38] Phillips S J, Anderson R P, Schapire R E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 2006, 190(3/4): 231-259.
- [39] 白雪红,王文杰,蒋卫国,师华定,陈坤,陈民. 气候变化背景下京津冀地区濒危水鸟潜在适宜区模拟及保护空缺分析. 环境科学研究, 2019, 32(6): 1001-1011.
- [40] 闻丞,顾垒,王昊,吕植,胡若成,钟嘉. 基于最受关注濒危物种分布的国家级自然保护区空缺分析. 生物多样性, 2015, 23(5): 591-600.
- [41] Chen P F, Wiley E O, Menyset K M. Ecological niche modeling as a predictive tool: silverand bighead carps in North America. *Biological Invasions*, 2007, 9(1): 43-51.
- [42] Cordeiro J L, Fragoso J M, Crawshaw D, Oliveira L F. Lowland tapir distribution and habitat loss in South America. *PeerJ*, 2016, 4: e2456. DOI: 10.7717/peerj.2456.
- [43] Pearson R G, Raxworthy C J, Nakamura M, Townsend Peterson A. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography*, 2007, 34(1): 102-117.
- [44] 邢韶华,周鑫,刘云强,袁秀. 京津冀地区物种多样性保护优先区识别研究. 生态学报, 2021, 41(8): 3144-3152.
- [45] 张有瑜,周立志,王岐山,王新建,邢雅俊. 安徽省繁殖鸟类分布格局和热点区分析. 生物多样性, 2008, 16(3): 305-312.
- [46] 唐书培,李春华,刘威,乌力吉,鲍伟东. 内蒙古赛罕乌拉国家级自然保护区中华斑羚种群生存力分析. 林业科学, 2019, 55(3): 118-124.
- [47] 冯达,胡理乐,陈建成. 北京市自然保护地空间分布格局与交叉重叠特征. 生态学杂志, 2020, 39(10): 3421-3429.
- [48] 黄越,顾蕊芸,李雪珊,闻丞. 北京市平原区受胁鸟类栖息地识别和评价. 风景园林, 2019, 26(01): 32-36.
- [49] 于超月,王晨旭,冯喆,吴克宁,赵华甫. 北京市生态安全格局保护紧迫性分级. 北京大学学报(自然科学版), 2020, 56(06): 1047-1055.