

# 基于焦点物种的北京市生物保护安全格局规划

胡望舒,王思思,李迪华\*

(北京大学景观设计学研究院,北京 100871)

**摘要:**快速城市化进程中,城市及周边地区生物栖息地的丧失和破碎化对生物多样性保护构成严重威胁。如何在景观尺度上判别对于生物保护具有重要意义的栖息地及其空间格局成为了重要问题。选取快速城市化的典型地区——北京市作为研究对象,将焦点物种和景观安全格局方法相结合,对北京市生物保护安全格局进行判别和规划。根据焦点物种的定义和选取标准,将在栖息地类型、生物学特征等各方面具有代表性的大白鹭(*Ardea alba*)、绿头鸭(*Anas platyrhynchos*)、环颈雉(*Phasianus colchicus*)选作北京市的焦点物种,应用最小累积阻力模型和GIS空间分析技术,对焦点物种的栖息地适宜性进行分析,并建立物种运动的等阻力面,根据阻力面的空间特征对北京市生物保护安全格局进行规划。结果显示:规划后的安全格局的斑块数量、分离度、邻近距离显著下降,平均斑块面积和最大斑块指数显著上升;该格局用约60%的土地,保护了北京市主要生境类型及关键性空间格局,可有效缓解栖息地丧失和破碎化的问题,从而达到保护整体生物多样性的目的。这一研究方法和成果可为北京市生物多样性保护和城乡生态建设提供决策依据,也对同类研究具有借鉴价值。

**关键词:**生物保护;焦点物种;景观安全格局;GIS;北京

## Biological conservation security patterns plan in Beijing based on the focal species approach

HU Wangshu, WANG Sisi, LI Dihua\*

The Graduate School of Landscape Architecture, Peking University, Beijing 100871, China

**Abstract:** Along with rapid economic growth and urban sprawl in China, biological conservation and biodiversity loss in and around cities has become an increasingly important topic for discussion, especially in rapidly urbanizing regions. One of the most urgent threats faced by growing cities is habitat loss, degradation and fragmentation. Focused on this threat, this paper distinguishes the significant habitats and spatial patterns that are of vital importance to biological process and conservation at the landscape scale using Lambeck's (1997) Focal Species Approach which selects the most sensitive species to a certain threat, whose requirements are believed to encapsulate the needs of other species. The paper also applies Yu's (1996) Security Pattern Theory which identifies landscape areas and elements of critical significance in safeguarding the process of species maintenance and dispersal. Beijing is an ideal region for employing these approaches and theories because of its: high percentage of urbanized land; rapid population increase; corresponding loss and fragmentation of habitats; and abundant bird species.

According to the definition of focal species and a set of specific criteria, Great Egret (*Ardea alba*), Mallard (*Anas platyrhynchos*), and Ring-necked Pheasant (*Phasianus colchicus*) were chosen as focal species for Beijing among hundreds of candidate species, mainly because of their varied biological characteristics, and the threatened typical habitat types they represent, which are assumed to represent most of the habitats in the whole region. With the aid of a geographic information system (GIS) spatial analysis model, security patterns for individual species were defined as follows: Step 1: a vertical habitat suitability analysis in which the optimum areas for species were selected as the movement sources, and Step 2: a movement resistance surface analysis, which was executed by simulating the horizontal movement across the landscape of the

**基金项目:**北京市国土局资助项目(《北京市生态安全格局战略研究》)

收稿日期:2009-07-08; 修订日期:2010-01-20

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dihuali@pku.edu.cn

species, through the Minimum Cumulative Resistance (MCR) model. These three individual patterns were considered of equal importance, and were overlaid into a comprehensive biological conservation security pattern with three different security levels to “defend” different conservation situations.

A comprehensive biological conservation security pattern plan and relative conservation strategies for Beijing were proposed, including the conservation cores, buffer zones, inter-source linkages and strategic points. This plan is based on the spatial character of the calculated resistance surfaces and general principles in biological conservation. The result showed that, the security pattern plan has a significant decrease in Patch Number ( -45.05%), Landscape Division Index ( -82.71%) and Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance Distribution ( -14.51%), as well as a significant increase in Mean Patch Area (85.36%) and Largest Patch Index (45.40%), with only 1.03% increase in total area, which finds that the plan can protect core habitats and critical spatial patterns in Beijing by covering about 60% of the total land. This research concludes that the Security Plan can effectively relieve habitat loss, degradation and fragmentation, and thus support the goal of protecting biodiversity in the whole region. The methods and results, which possess both theoretical and practical value, could provide a defensible decision-making basis for biodiversity conservation and ecological construction in Beijing, as well as for similar research in rapidly urbanizing areas.

**Key Words:** biological conservation; focal species; landscape security patterns; GIS; Beijing

20 世纪 80 年代以来,生物多样性保护逐渐从对单个物种或自然保护区的保护与管理,过渡到对整体生态系统及其相应的全部生物组分与过程的保护<sup>[1-2]</sup>。如何在景观和区域尺度上,判别对于生物保护具有重要意义的栖息地及其空间格局,形成生物保护网络,成为了焦点问题。

当前,城市化地区大尺度生物多样性的保护与管理面临着两个主要问题:一是由于资金、技术、时间的限制,无法对研究区内所有,甚至大部分物种开展长期的实地观测与研究;二是城市环境的复杂性、动态性,及经济发展与生物保护之间的矛盾给研究和管理造成的困难<sup>[3-4]</sup>。

Lambeck 于 1997 年提出生物多样性保护的焦点物种途径<sup>[5]</sup>,即通过分析并识别场地所面临的主要威胁,找出针对威胁最需要保护的焦点物种,假设其需要得到满足,那么所有物种的需要也都可以得到满足。多个焦点物种可表征全部物种所处栖息地的不同侧面,并将这些物种视为一个焦点群落<sup>[6]</sup>,通过对该焦点群落所需的栖息地进行恢复、保护与管理,以达到保护大多数物种,乃至整体生物多样性的目的。在场地数据相对缺乏,且物种与栖息地正面临越来越严重的威胁,需要尽快制定景观与区域生态管理规划的情况下,焦点物种途径不失为一种高效可行的途径,逐渐被相关研究采用并有所发展<sup>[7-10]</sup>。但目前国内还鲜有类似研究。

景观安全格局旨在解决如何在有限的国土面积上、以最高效的景观格局、维护土地生态过程的安全与健康的问题。该理论<sup>[11-12]</sup>认为景观存在潜在的空间格局,它们由一些关键性的局部、点(战略点)和位置关系所构成,对维护和控制某种生态过程起着关键性作用的<sup>[13]</sup>。在生物保护中,一个典型的景观安全格局包括源、缓冲区、源间连接、辐射道和战略点等景观组分。该方法已在多个地区的生物保护安全格局的构建中得到应用<sup>[14-15]</sup>。

为此,本文将焦点物种途径和景观安全格局方法结合起来,对城市化地区的生物保护安全格局进行分析与规划。以北京市为例,针对生物栖息地丧失和破碎化的威胁,基于焦点物种的选取和分析,运用最小累积阻力模型和 GIS 空间分析方法,从区域和景观层次上识别生物多样性保护的关键空间格局并进行规划,为北京市域生物多样性的保护和管理提供科学依据。

## 1 研究区概况

北京市位于华北平原北端,总面积 16410km<sup>2</sup>,由西北山地(61.29%)和东南平原(38.71%)两大地貌单元组成。北京市生境类型丰富,包括各类湿地、河湖水库、天然林、低山丘陵次生林、平原人工栽培植被和城市公园绿地等,并由丰富的植被类型和复杂的生物群落构成,适合不同生境需求的动植物生存,具有南北方动植

物过渡性特征,野生动植物资源非常丰富<sup>[16]</sup>。

作为快速城市化的典型代表,近年来北京市土地覆被发生了剧烈变化,建成区的蔓延和人类活动干扰的加剧,导致生物栖息地的丧失、退化和破碎化,生物多样性保护面临着严峻挑战。相关研究表明,1997—2002年间北京市区斑块数量增加 106.6%,斑块平均大小下降 51.6%,分离度指数增加 94.3%<sup>[17]</sup>,而由此造成的生物栖息地丧失、退化与破碎化是北京市区与近郊区在生物多样性保护方面面临的最主要威胁<sup>[4]</sup>。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

首先,针对物种面临的威胁选取合适的焦点物种,对其生物与生态学习性进行研究,然后,运用景观安全格局理论识别焦点物种所需的关键性空间格局,即通过对其进行栖息地适宜性(垂直)分析和物种运动阻力面(水平)分析,得到单一物种的生物安全格局。最后,将单一的安全格局进行叠加和规划,得到区域尺度上综合生物安全格局,并通过景观格局指数的计算验证格局的效果(图 1)。

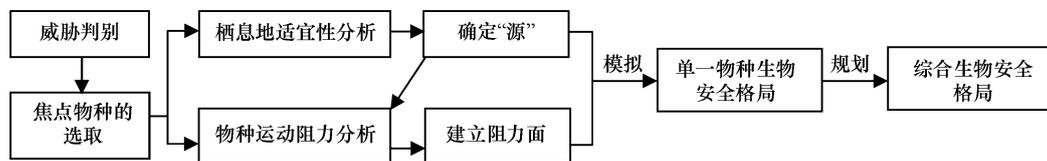


图 1 研究流程图

Fig. 1 Research process flowchart

#### 2.1.1 焦点物种的选取标准

根据焦点物种理论和专家咨询与文献研究<sup>[18-21]</sup>,本研究在选取焦点物种时,除了考虑物种及其栖息地是否受到栖息地丧失与破碎化的威胁、物种在生态系统及群落中的地位<sup>[22]</sup>等普遍适用的原则外,还考虑了如下因素:(1)对其他物种及各类型栖息地具有指示作用,可以代表至少一类北京市典型生物栖息地<sup>[23]</sup>;(2)具有生物学上的代表性与典型性;(3)所选焦点物种所构成的焦点群落能够覆盖北京市域范围的主要栖息地类型;(4)相关资料详尽全面;(5)能够引起公众关注。

需要说明的是,焦点物种不同于环境指示种,对环境变化和人类干扰的敏感性并非必要条件,但需要给予考虑。焦点物种的选取也较少考虑该物种是否为保护物种,因为保护物种意味着其自身受到了威胁,但不能说明对其他物种的代表性或其他物种也受到同样威胁。另外对植物而言,由于水平扩散难于观察,且一般乔木生活史时间长,对干扰的反应不易观察,灌木或草本植物对生境和其他物种的代表性不强,所以本研究同多数研究一样,不选择植物作为焦点物种。

#### 2.1.2 焦点物种的垂直分析——栖息地适宜性分析

由于缺乏北京市区域尺度上相关物种的实地观测数据,因此本文在参考相关研究<sup>[24-25]</sup>的基础上,采用专家打分和空间分析法进行栖息地适宜性分析与评价。首先,分析某一焦点物种的栖息地特点,然后通过专家咨询,提取影响栖息地适宜性的关键因子,如土地覆盖、海拔、坡度、人类干扰程度等,并对其权重和适宜性进行赋值与分级,最后通过 GIS 的空间叠加技术得到适宜性评价结果的直方图,判别出最适宜该物种的栖息地,并将其作为“源”进入下一步分析。

#### 2.1.3 焦点物种的水平分析——基于阻力面分析的生物保护安全格局

基于阻力面分析的生物保护景观安全格局是指根据所选定焦点物种的空间运动规律,模拟其在景观中克服阻力进行水平运动的过程,建立阻力面,再根据阻力面的特征来判别最适宜栖息地(源)以外的景观安全格局元素,获得不同安全水平的生物安全格局<sup>[13]</sup>。

##### (1) 阻力面的建立

用专家打分的方法确定不同土地覆盖类型对焦点物种空间运动的阻力。然后运用 MCR(最小累积阻力)

模型,得到一个反映物种运动潜在可能性及趋势的阻力表面,该模型的数学公式为:

$$MCR = f \sum_{i=1}^n (d_i \times R_i)$$

式中,  $d_i$  代表焦点物种离开源,经过景观  $i$  的扩散距离,  $R_i$  是景观  $i$  对于该焦点物种运动的阻力, MCR 是焦点物种由源扩散到空间某点的最小累积阻力,  $f$  是一个未知的单调递减函数,反映 MCR 与变量  $(d_i \times R_i)$  之间的正比关系。每一种景观对焦点物种水平运动的阻力  $R$ , 由景观的基面特性决定(在此为土地覆盖类型)。这一部分主要通过 ArcGIS 的空间分析来实现。

## (2) 根据阻力面的空间特性判别安全格局

除了已确定的源以外,生物安全格局的其它组成部分可以根据阻力面的空间特征来判别,包括<sup>[13]</sup>:

**缓冲区** 根据离源距离与 MCR 关系的剖面曲线(图 2)及 MCR 值与面积(ArcGIS 中表示为栅格数量)关系曲线,找到某些阶段性阈值,并以此作为边界,建立不同水平的安全格局。

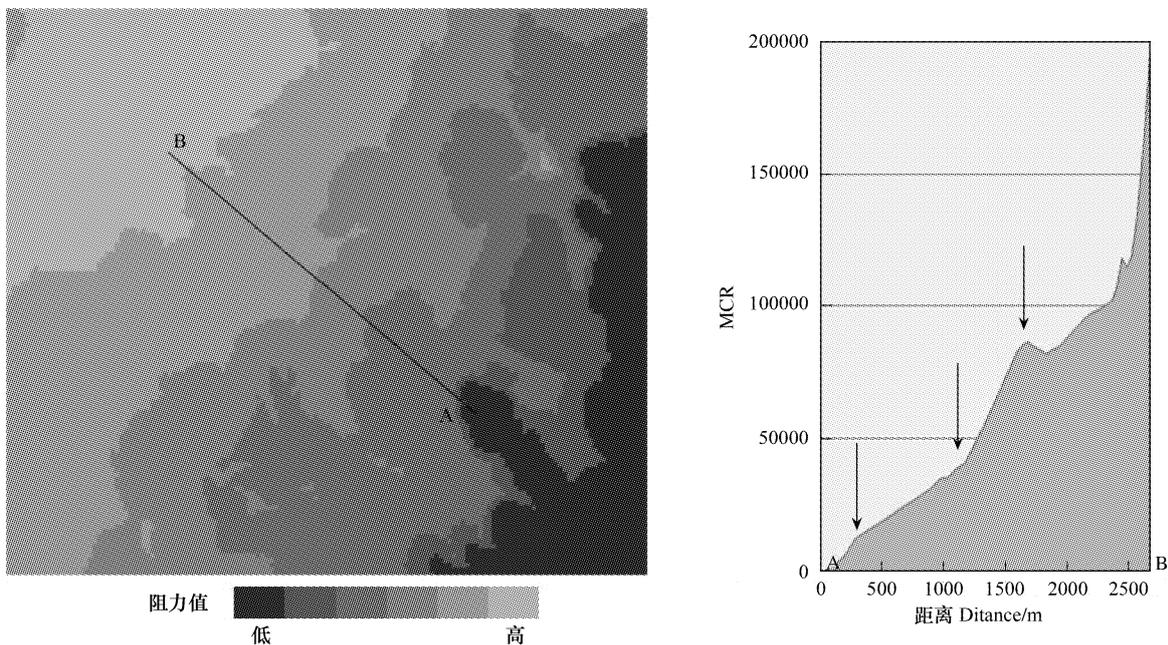


图 2 阻力面上一典型剖面

Fig. 2 A typical section on resistance surface

**源间联接** 即各源间的低累计阻力谷线,往往是重要的生态廊道,根据安全水平的不同,源间联接可以有一条或多条。

**辐射道** 指物种从源向外扩散的低阻力通道,根据复合种群等理论,其对物种控制景观过程(如迁徙等)及自身进化具有关键作用。

**战略点**<sup>[26]</sup> 指对沟通相邻源之间联系具有关键意义的“跳板”,对物种维护和控制景观过程同样有重要作用。

依据景观水平过程分析建立的生物保护安全格局,有效地维护了各类生物过程。将各单一焦点物种安全格局叠加,根据叠加结果判别阻力面的空间特征与构成,并依据保护生物学的基本原则对其进行规划,其成果可作为综合生物保护安全格局。

## 2.2 数据来源

本研究所用数据主要包括北京市 2000 年 1:50000 地形图、2006 年 1:10000 土地利用图、北京市生物多样性的相关资料及研究报告(主要包括与动植物及生物多样性相关的北京市各类志书、首都园林绿化政务网的有关信息及报告、中国物种信息系统(CSIS)等数据库资源)。

### 3 研究结果

#### 3.1 焦点物种的选取

根据前述焦点物种的选择标准,大量查阅相关资料和文献,系统归类、比较分析北京市境内有记载的不同类型物种的生物学习性、栖息地类型等,结合专家建议,得出结论<sup>[18-21]</sup>。

(1)北京地区的大型兽类多栖息于海拔较高的山区,数量稀少,一些珍稀濒危物种已得到了有效保护,因此用大型兽类指示城市化地区栖息地不合适<sup>[27]</sup>;类似花鼠这样的小型兽类对于城市化所引起的栖息地变化的敏感性较低且缺乏详细资料,不适宜做生物过程分析。

(2)两栖类由于身体结构的特点,对于水质有着非常敏感的要求,而北京地区河流的缺水或污染,已使部分地段两栖类动物消失,或仅余大蟾蜍一种,因此两栖类动物难以全面代表某一典型栖息地类型。

(3)鱼类的栖息地类型较为单一,对其他物种代表性不强,且由于河流污染、河道渠化等原因,北京地区鱼类多样性丧失严重,因此鱼类不适宜作为焦点物种。

(4)北京市处于从亚热带向亚寒带的过渡区,位于多种候鸟春秋两季迁徙的通道上,有着丰富的鸟类多样性,据资料统计,北京市鸟类种类大约占全国的三分之一左右,在我国北方候鸟保护中具有重要的地位。且从现有的研究与实践来看,受农业等人类活动影响较大地区多选鸟类为焦点物种<sup>[28-31]</sup>,本研究对象更多偏向此类型。

综上所述,将鸟类作为北京市域生物安全格局的焦点物种最为合适。接下来,对北京市域内 400 余种鸟类进行分类分析与遴选:首先根据居留状况排除迷鸟、偶见种等不常见物种,其次排除栖息地过于特殊或普遍的属或种(如麻雀),再选出若干生态特征典型,不在食物链末端又有广泛分布的属,研究其详细特征与习性,并在专家建议和文献查阅基础上排除因资料有限无法深入研究的种或属,最终选出在各方面都具有代表性,在北京有较广分布且面临威胁,可引起公众关注的 3 个物种:大白鹭(*Ardea alba*)、绿头鸭(*Anas platyrhynchos*)、环颈雉(*Phasianus colchicus*)作为焦点物种(表 1)。它们所构成的焦点群落,指示了北京市主要的生境类型,并可覆盖整个北京市域范围,其栖息地要求与空间运动可以在景观和区域尺度上得到明显反映,具有重要意义。

表 1 所选焦点物种分析  
Table 1 Analysis on selected focal species

物种 Species	大白鹭 <i>Ardea alba</i>	绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>
生态特征、北京居留状况与分布 Ecological character, resident status in Beijing, distribution	涉禽,夏候鸟;全世界均有分布。	游禽,旅鸟;分布于全北区,南方越冬。	陆禽,留鸟;分布于欧洲东南部、蒙古、朝鲜、俄罗斯东南部、中国、越南北部、缅甸北部等地
栖息地特征及类型 Habitat type and characteristic	受人类活动影响较小的湿润或漫水地带及其周边乔木林	水生植物繁盛的湖泊、河流及流域、河湾、池沼水域附近,城市水面也可栖息	开阔林地、灌木丛、半荒漠及农耕地,适宜于有一定坡度的地形
对其他物种的代表性 Representative of other species	√	√	√
详细生物学习性 Detailed biological habits	√	√	√
保护级别 Protection grade	市一级	市二级	—

#### 3.2 单一焦点物种安全格局

##### 3.2.1 大白鹭栖息地适宜性分析

大白鹭是北京市夏候鸟中的典型,也是湿地环境的重要指示生物。最适宜的栖息地可分为营巢地与摄食地:营巢地主要包括各类湿地附近的山坡或村寨周围的乔木林<sup>[32]</sup>,距湿地的距离是鹭类选择营巢地环境的关键因素之一<sup>[33]</sup>;摄食地主要是溪流、浅滩等浅水地带,大多在距巢穴 7—15km 范围内<sup>[34]</sup>。

参考相关研究并与生物学家交流,确定影响大白鹭选择栖息地的因子有:

(1)土地覆盖 白鹭属于涉禽类,最适宜的栖息地包括溪流、稻田、淡水沼泽地等浅水域,以及周边高大乔木林地,此因子影响最大。

(2)距水源地距离 水源地距离影响了鹭类的营巢、觅食等活动。

(3)地貌 对于大白鹭来说主要指海拔高度,但影响较小。在划分海拔高度中,按照北京自然地理的平原区、浅山区、中山区、较高山区,并结合北京市山地植被的垂直分带进行划分。

(4)人为活动干扰强度 大白鹭大多喜欢在远离人类影响的环境中栖息。人为活动干扰强度可以用距建成区距离来衡量,距离越远,越适宜大白鹭栖息。

根据以上分析,为不同影响因子确定分值及权重见表 2。

根据上述分析,可以确定北京市域内适宜大白鹭的栖息地,并根据适宜性分析的直方图,将其划分为高、中、低和不适宜 4 个水平(图 3),高适宜区也即“源”。

### 3.2.2 大白鹭安全格局

大白鹭的水平空间运动过程主要受土地覆盖类型的影响。由专家打分确定各种土地覆盖类型对于物种运动的阻力系数值,见表 3。

根据以上阻力系数,通过 GIS 的费用距离分析,模拟物种的空间运动,建立大白鹭空间运动的阻力面,据此判别景观安全格局的其他组分并划分为不同安全水平,构建大白鹭生物保护安全格局(图 4)。

通过文献研究<sup>[35-40]</sup>和专家咨询,对绿头鸭和环颈雉分别进行栖息地适宜性与水平运动阻力面分析,得到两物种的安全格局。分析过程与大白鹭相似,限于文章篇幅,在此略去。

### 3.3 综合生物保护安全格局规划

可以认为 3 个焦点物种所指示的栖息地类型受到同等威胁,因此在综合生物保护安全格局的构建中同等重要而具有相同权重。将 3 个单一物种安全格局进行叠加,通过析取运算(V)取最大值,得到综合安全格局阻力面。根据该阻力面和对辐射道等要素的分析结果,遵循保护生物学的基本原则,如保证各源之间至少有一条廊道连接、避免出现飞地式斑块、在生态敏感区域增大缓冲区、在重要廊道交叉点引入

表 2 大白鹭栖息地适宜性分析

**Table 2 Habitat suitability analysis of Great Egret**

评价因子 Evaluation factor	分类或分级 Classification and grading	分值(0—10) Score(0—10)	权重 Weight
土地覆盖 Land cover	溪流、淡水沼泽湿地	10	0.4
	水田	8	
	林地	8	
	河流、湖泊、水库	6	
	其他水面	6	
	灌丛草地	3	
	耕地	3	
	城市绿地	2	
	建成区、道路	0	
	距水源地距离/m Distance to water source	0—2000	
>2000—7000		8	
>7000—15000		10	
>15000—30000		5	
>30000		2	
海拔高度/m Elevation	0—100	5	0.1
	>100—800	10	
	>800—1500	5	
距建成区距离/m Distance to built-up areas	>1500	1	0.2
	>6000	10	
	>4000—6000	5	
	>2000—4000	3	
	0—2000	1	
0	0		

表 3 大白鹭空间运动阻力因子与阻力系数分析

**Table 3 Special movement resistance factor and value analysis of Great Egret**

阻力因子 Resistance factor	阻力系数(1—500) Resistance value(1—500)
水田 Paddy field	1
城区绿地 Urban green space	1
沼泽地 Wetland	1
水面 Water area	1
有林地 Forest land	1
灌木林地 Bush forest	10
田坎 Field ridge	30
其它林地 Other forest	30
草地 Grassland	50
水浇地 Irrigation field	50
园地 Garden plot	100
旱地 Dry field	200
设施农用地 Agriculture facilities land	300
空闲地 Vacant land	400
盐碱地 Saline land	400
裸地 Bare land	400
沙地 Sandy land	500
城市建设用地 Urban construction land	500

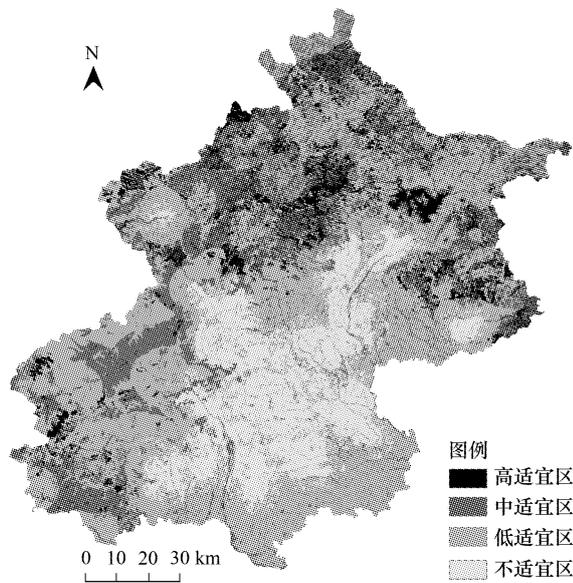


图3 大白鹭栖息地适宜性分析

Fig. 3 Habitat suitability analysis of Great Egret

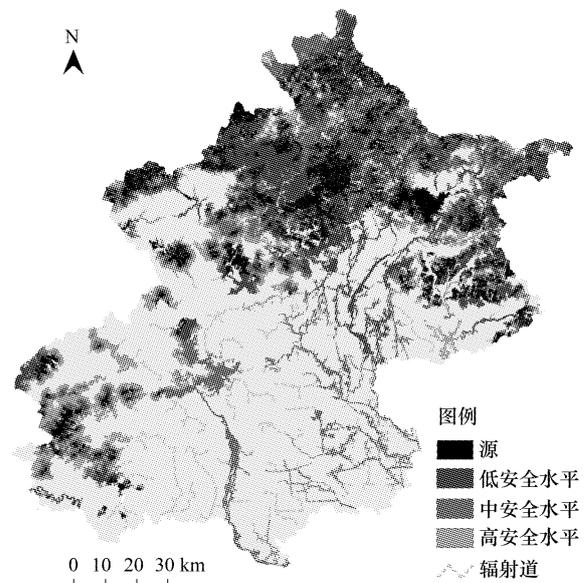


图4 大白鹭生物安全格局

Fig. 4 Security patterns for Great Egret

表4 不同水平的生物保护安全格局

Table 4 Biological conservation security patterns at different levels

生物安全格局等级 Security patterns level	面积/km <sup>2</sup> Area	比例/% Proportion	范围 Range
低 Low	6680.05	40.90	北部和西部山区大型林地斑块、人工库塘、河流、湖泊湿地、城市大型绿地斑块内水域,以及周边 800m 范围内的林地
中 Middle	9946.15	60.89	低安全格局周边(一般在 2km 范围内)自然生态良好,能为至少一部分物种提供栖息地或迁徙廊道的林地、草地、河湖湿地、农田及生态交错带等。
高 High	10911.99	66.80	低安全格局周边(一般在 10km 范围内)自然生态较好的林地、草地、河湖湿地、农田及生态交错带等。

斑块等,进行人工判别和规划,最终确立北京市生物保护的景观安全格局(图5)。根据对核心栖息地和物种空间运动的保护程度,将该格局分为低、中、高3种安全水平:低安全水平是生物安全保护的最基本范围,而相应地,高水平安全格局是维护区域生物过程的理想景观格局。各种安全水平的面积、比例和范围如表4所示。

选取具有明确生态学意义的景观格局指数,对规划前后(以低安全格局为例)的景观格局进行定量分析(表5)。结果显示:在总面积仅增加 1.03% 的情况下,斑块面积增加,连接性增强,破碎化程度降低,整体景观格局得到了较大幅度地优化和改善,这也在一定程度上反映出了该格局在生物保护方面所具有的高效性。需要说明的是由于本研究侧重从景观尺度在关键位置建立或完善生物保护的格局与廊道网络,并未对大多数斑块的边界和聚集程度等做改变,因此斑块内聚度和景观形状指数变化率不大。

根据景观安全格局理论<sup>[26]</sup>,北京市综合生物保护安全格局的主要结构要素和建设战略包括:

**源** 物种的核心栖息地,主要包括密云水库等大型水库、潮白河、永定河等主要河流、野鸭湖、汉石桥等重要湿地、西北部山区的森林斑块、及平原河渠林网及大型公园绿地。这些属于严格保护区域,禁止城市建设和围垦侵占,并纳入城市的禁建区范围。

**缓冲区** 核心栖息地的外围区域,并由此确立不同水平安全格局,主要包括低山及平原地带的人工林、灌丛、部分农田、河湖滨水地区等。应限制城市的过度侵占,进行生态管理并发展生态农业与生态旅游,纳入城

市的限建区范围。

**廊道** 对于景观的连接性以及物种的迁徙与扩散具有关键性作用线性景观元素,主要包括各级别河流廊道和防护林网等。应保障生物廊道的连续性,廊道的宽度<sup>[41]</sup>和构成应满足生物保护的其他要求,并纳入城市的禁限建区范围。

**战略点** 对于整体生物保护和形成景观基础结构具有重要作用的位置,包括生物迁徙的踏脚石、生物廊道交汇处、生物廊道与城市道路的交叉点等,如房山区青龙湖镇、门头沟区潭柘寺镇、海淀区苏家坨镇、平谷区马坊镇等,应在这些关键性节点上进行重点监控保护或生态恢复(引入栖息地斑块、设立动物通道等),并纳入城市的禁限建区范围。

#### 4 讨论

由于缺乏详尽的实地观测数据和相关基础研究的支持,本研究中物种栖息地适宜性的各项分值与权重、空间运动阻力值都由专家打分来得来,分值的确定主要基于生物学研究与专家经验,因此具有一定的主观性,结果也具有不确定性<sup>[42]</sup>。本研究中,数值只表示相对大小。

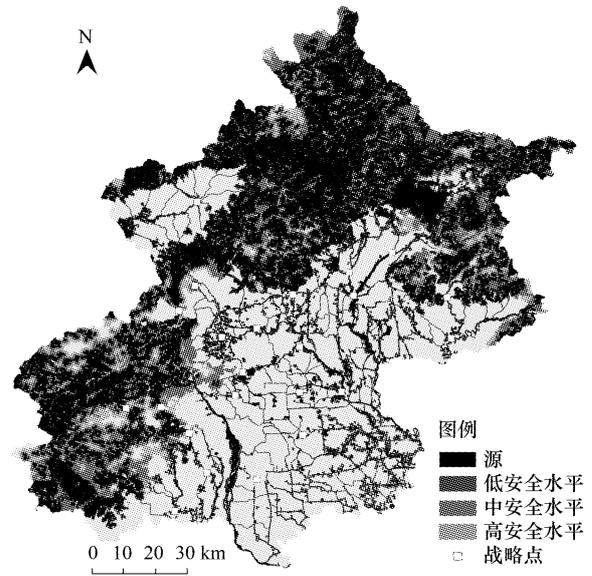


图5 北京市生物保护综合景观安全格局

Fig. 5 Comprehensive biological conservation security patterns in Beijing

表5 规划前后主要景观格局指数

Table 5 Main Landscape Pattern Index before and after planning

景观格局指数 Landscape pattern index	总面积/hm <sup>2</sup> Total area	斑块数量 Number of patches	平均斑块面积/hm <sup>2</sup> Mean patch area	最大斑块指数 Largest patch index
规划前 Before	668005	2055	325.063	65.5332
规划后 After	674858	1120	602.551	95.2825
变化率 Change Ratio	1.03%	-45.50%	85.36%	45.40%
景观格局指数 Landscape pattern index	景观分离度指数 Landscape division index	平均邻近距离/m Mean euclidean nearest neighbor distance distribution	斑块内聚度 Patch cohesion	景观形状指数 Landscape shape index
规划前 Before	0.5327	186.1998	99.9522	91.119
规划后 After	0.0921	159.1759	99.9931	91.171
变化率 Change ratio	-82.71%	-14.51%	0.04%	0.06%

规划后的生物安全格局不仅涵盖了北京市现有及规划的自然保护区的绝大部分区域,而且形成了城乡连续的生物保护网络。但这并不能说明通过3个焦点物种的分析就可以满足北京市全部物种的保护需求,不同物种在面对相同威胁时是否具有相类似的反应<sup>[43]</sup>等问题也还需要进一步研究。

我国现有土地覆盖/利用的分类系统与生物栖息地分类系统的不尽一致,使得部分栖息地方面的信息无法从土地覆盖/利用数据直接获得,这也在一定程度上影响到研究结果的准确性。

本研究方法在时间紧迫,数据缺乏的情况下不失为一种科学、高效的方式,但物种在本地区的实地观测数据与更详细生物生态习性、适合生物保护的覆盖数据等更详实的相关研究和资料可对研究结果进行更多验证和改进,焦点物种对整体生物群落与栖息地的代表性等问题有待深入研究。

#### 5 结论

本研究提出的将焦点物种途径和景观安全格局理论相结合的分析方法,较一般性的战略性导则更具可操

作性与实用性<sup>[6,13,28,30,44]</sup>,因为它并非单纯地提出“斑块-廊道-基质”模式或“大且相互邻近的栖息地要优于小且分散的”,而是明确指出了何处的栖息地或廊道更为重要,可以解决城市化地区生物分布信息相对缺乏、土地资源紧张和保护压力紧迫等现实问题,对北京市生物多样性保护与管理的研究实践具有借鉴意义。

这一研究成果可直接指导城乡空间布局和生态建设,为城市规划、土地利用规划、禁限建区划定等提供科学依据。

**致谢:**参与本研究的还有:陈春娣、乔青、张丹明、李春波、宋吉涛、熊亮、李婷、李青;感谢北京大学陈昌笃、俞孔坚、王放,北京林业大学李景文、张刚民,中国科学院动物研究所解焱等学者给予指导和帮助。

#### References:

- [ 1 ] Cao L M, Sima Y K, Cao L M, Wang B Y, Wang Y H. Conservation biology: A brief review. *Journal of Yunnan University (Natural Science)*, 2001, 23: 65-70.
- [ 2 ] Jiang H, Ma K P, Zhang Y L, Zhu C Q, James R S. Conservation biology based on the spatial analysis. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004, 28 (4): 562-578.
- [ 3 ] Pauchard A, Aguayo M, Pena E, Urrutia R. Multiple effects of urbanization on the biodiversity of developing countries: The case of a fast-growing metropolitan area (Concepcion, Chile). *Biologica Conservation*, 2006, 127(3): 272-281.
- [ 4 ] Wang G M, Jiang G M, Zhou Y L, Liu Q R, Ji Y S, Wang S X, Chen S B, Liu H. Biodiversity conservation in a fast-growing metropolitan area in China: a case study of plant diversity in Beijing. *Biodiversity Conservation*, 2007, 16: 4025-4038.
- [ 5 ] Lambeck R J. Focal species: A multi-species umbrella for nature conservation. *Conservation Biology*, 1997, 11(4): 849-856.
- [ 6 ] Brooker L. The application of focal species knowledge to landscape design in agricultural lands using the ecological neighbourhood as a template. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 60: 185-210.
- [ 7 ] Rubino M J, Hess G R. Planning open spaces for wildlife 2: modeling and verifying focal species habitat. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 64(1/2): 89-104.
- [ 8 ] Hess G R, King T J. Planning open spaces for wildlife I. Selecting focal species using a Delphi survey approach *Landscape and Urban Planning*. *Landscape and Urban Planning*, 2002, 58(1): 25-40.
- [ 9 ] Humphrey J, Ray D, Brown T, Stone D, Watts K, Anderson R. Using focal species modeling to evaluate the impact of land use change on forest and other habitat networks in western oceanic landscapes. *Forestry*, 2009, 82(2), 119-134.
- [ 10 ] Villard M A, Jonsson B G. Tolerance of focal species to forest management intensity as a guide in the development of conservation targets. *Forest Ecology Management*, 2009, 258 (Supplement 1): 142-145.
- [ 11 ] Yu K J. Security patterns and surface model in landscape ecological planning. *Landscape and Urban Planning*, 1996, 36(5): 1-17.
- [ 12 ] Yu K J. Security patterns: a defensible approach toward landscape and environmental planning// Sellis T, Georgoulis D. Proceedings, Athens International Conference, Urban Regional Environmental Planning and Informatics to Planning in An Era of Transition. Athens: National Technical University of Athens, Faculty of Architecture Dept. of Urban and Regional Planning, 1997: 453-463.
- [ 13 ] Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(1): 8-15.
- [ 14 ] Yu K J, Wang S S, Li D H, Li C B. The function of ecological security patterns as an urban growth framework in Beijing. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1189-1204.
- [ 15 ] Liu J P, Lu X G, Yang Q, Wang H X. Wetland landscape ecological security patterns analysis and plan in Northeast of Sanjing Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1083-1090.
- [ 16 ] Huo Y Z. Beijing physical geography. Beijing: Beijing Normal College Press, 1989.
- [ 17 ] Sun Y J, Wang X Q, Lu Z H. Effects of urbanization on landscape pattern of Beijing. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1366-1369.
- [ 18 ] Cai Q K. The Avifauna of Beijing. Beijing: Beijing Publishing House, 1988.
- [ 19 ] Conserving China's Biodiversity. China species information system (CSIS). [2007-06-04]. <http://www.chinabiodiversity.com/>
- [ 20 ] Chen W, Gao W, Fu B Q. The mammal fauna of Beijing. Beijing: Beijing Publishing House, 2002.
- [ 21 ] Wang H Y. The fishes, amphibian and reptile fauna of Beijing. Beijing: Beijing Publishing House, 1994.
- [ 22 ] Yu K J, Li D H, Duan T W. Landscape approaches in biodiversity conservation. *Chinese Biodiversity*, 1998, 6(3): 205-211.
- [ 23 ] Hein S, Binzenhöfer B, Poethke H J. The generality of habitat suitability models: A practical test with two insect groups. *Basic and Applied*

- Ecology, 2007, 9(4): 310-320.
- [24] Zhang W G, Tang Z H, Qi D W, Hu Y M, Hu J C, Bai D. Comparison of two evaluation methods on wild animal habitat suitability: A case study of *Ailuropoda melanoleuca* in Daxiangling Mountains. Chinese Journal of Ecology, 2006, 25(12): 1465-1469.
- [25] Qin X W, Zhang S Q, Li X F, Na X D, Pan X, Yu H. Assessment of Red-crowned Crane's habitat suitability based on weights-of-evidence. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3): 1074-1082.
- [26] Yu K J. Ecologically strategic points in landscape and surface model. Acta Geographica Sinica, 1998, 53S(S1): 11-20.
- [27] Dalerum F, Somers M J, Kunkel K E, Cameron E Z. The potential for large carnivores to act as biodiversity surrogates in southern Africa. Biodiversity and Conservation, 2008, 17(12): 2939-2949.
- [28] Watson J, Freudenberg D, Paull D. An assessment of the focal-species approach for conserving birds in variegated landscapes in Southeastern Australia. Conservation Biology, 2001, 15(5): 1364-1373.
- [29] Padoa-Schioppa E, Baietto M, Massa R. Bird communities as bioindicators: The focal species concept in agricultural landscapes. Ecological Indicators, 2006, 6: 83-93.
- [30] Freudenberg D, Brooker L. Development of the focal species approach for biodiversity conservation in the temperate agricultural zones of Australia. Biodiversity and Conservation, 2004, 13(1): 253-274.
- [31] Robledano F, Esteve M A, Farino P, Carreno M F, Martinez-Fernandez J. Terrestrial birds as indicators of agricultural-induced changes and associated loss in conservation value of Mediterranean wetlands. Ecological Indicators, 2010, 10(2): 274-286.
- [32] Gu Y H. Research on habitat and feeding behavior of egret. Chinese Journal of Zoology, 1996, 31(3): 23-24.
- [33] Wang B, Chen X L, Lin Q X, Zhou X P, Zhu K J, Shangguan Y J. The distribution and habitat characteristics of heronries in Xiamen. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2005, 44(5): 734-737.
- [34] Huang Y, Zhang L, Yang J H, Xu H Z, Lü J Z. Observation on living habits and reproductive performance of egret, 1999, (4): 18-20.
- [35] InfoNatura. Birds, Mammals, and Amphibians of Latin America (*Anas platyrhynchos*-Mallard). [2007-06-08]. <http://www.natureserve.org/infonatura.htm>.
- [36] Arthur, Allen W. Habitat suitability index models: Mallard. Washington: National Ecology Center, 1987.
- [37] Li F M. Pheasant density survey in Jingbo Lake area. Quarterly of Forest By-Product and Speciality in China, 1997, 43(4): 52-54.
- [38] Ni X J, Zheng G M, Zhang Z W, Liu N F. Modelling study on the nesting habitat of ring-necked pheasant (*Phasianus colchicus*). Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(6): 969-977.
- [39] Zheng G M. Progress in China's endangered pheasants Ecology. Chinese Bulletin of Biology, 2004, 39(1): 1-3.
- [40] Zheng G M, Zhang Z C. China's wild birds. Beijing: China Forestry Publishing House, 2002.
- [41] Zhu Q, Yu K J, Li D H. The width of ecological corridor in landscape planning. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(9): 2406-2412.
- [42] William T L, Gordon A, Bastin L. When do conservation planning methods deliver? Quantifying the consequences of uncertainty. Ecological Informatics, 2009, 4: 123-135.
- [43] Ficetola G F, Sacchi R, Scali S. Vertebrates respond differently to human disturbance: implications for the use of a focal species approach. Acta Oecologica-International Journal of Ecology, 2007, 31(1): 109-118.
- [44] Lambeck R J. Focal species and restoration ecology: response to Lindenmayer et al. Conservation Biology, 2002, 16(2): 549-551.

#### 参考文献:

- [1] 曹丽敏, 司马永康, 曹利民, 王博轶, 王跃华. 保护生物学概述. 云南大学学报(自然科学版), 2001, 23(植物学专辑): 65-70.
- [2] 江洪, 马克平, 张艳丽, 朱春全, James R S. 基于空间分析的保护生物学研究. 植物生态学报, 2004, 28(4): 562-578.
- [13] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局. 生态学报, 1999, 19(1): 8-15.
- [14] 俞孔坚, 王思思, 李迪华, 李春波. 北京市生态安全格局及城市增长预测. 生态学报, 2009, 29(3): 1189-1204.
- [15] 刘吉平, 吕宪国, 杨青, 王海霞. 三江平原东北部湿地生态安全格局设计. 生态学报, 2009, 29(3): 1083-1090.
- [16] 霍亚贞. 北京自然地理. 北京: 北京师范学院出版社, 1989.
- [17] 孙亚杰, 王清旭, 陆兆华. 城市化对北京市景观格局的影响. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1366-1369.
- [18] 蔡其侃. 北京鸟类志. 北京: 北京出版社, 1988.
- [19] 保护中国生物多样性. 中国物种信息系统(CSIS). [2007-06-04]. <http://www.chinabiodiversity.com/>
- [20] 陈卫, 高武, 傅必谦. 北京兽类志. 北京: 北京出版社, 2002.
- [21] 王鸿媛. 北京鱼类和两栖、爬行动物志. 北京: 北京出版社, 1994.

- [22] 俞孔坚, 李迪华, 段铁武. 生物多样性保护的景观规划途径. 生物多样性, 1998, 6(3): 205-211.
- [24] 张文广, 唐中海, 齐敦武, 胡远满, 胡锦涛, 白丹. 评估动物栖息地适宜性的两种方法比较: 以大相岭山系大熊猫种群为例. 生态学报, 2006, 25(12): 1465-1469.
- [25] 秦喜文, 张树清, 李晓峰, 那晓东, 潘欣, 于欢. 基于证据权重法的丹顶鹤栖息地适宜性评价. 生态学报, 2009, 29(3): 1074-1082.
- [26] 俞孔坚. 景观生态战略点识别方法与理论地理学的表面模型. 地理学报, 1998, 53S(S1): 11-20.
- [32] 辜永河. 白鹭的栖息地与取食行为的研究. 动物学杂志, 1996, 31(3): 23-24.
- [33] 王博, 陈小麟, 林清贤, 周晓平, 朱开建, 上官榆劲. 厦门鹭类集群营巢地分布及其生境特性的研究. 厦门大学学报(自然科学版), 2005, 44(5): 734-737.
- [34] 黄勇, 张琳, 杨剑虹, 徐恢仲, 吕景智. 白鹭生活习性与繁殖性能的观察. 特种经济动植物, 1999, (4): 18-20.
- [37] 李方满. 镜泊湖地区雉鸡密度调查. 中国林副特产, 1997, 43(4): 52-54.
- [38] 倪喜军, 郑光美, 张正旺, 刘发. 雉鸡(*Phasianus colchicus*) 营巢生境的模拟分析研究(英文). 生态学报, 2001, 21(6): 969-977.
- [39] 郑光美. 中国濒危雉类生态学研究进展. 生物学通报, 2004, 39(1): 1-3.
- [40] 郑光美, 张词祖. 中国野鸟. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [41] 朱强, 俞孔坚, 李迪华. 景观规划中的生态廊道宽度. 生态学报, 2005, 25(9): 2406-2412.