

基于系统保护规划方法东北生物多样性 热点地区和保护空缺分析

栾晓峰¹, 黄维妮^{2,3}, 王秀磊³, 刘敏超⁴, 刘世荣³, 吴 波³, 李迪强^{3,*}

(1. 北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083; 2. 北京师范大学生命科学院, 北京 100875;

3. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 北京 100091; 4. 广东海洋大学环境系, 湛江 524000)

摘要:根据东北地区生物多样性特征,利用系统保护规划方法和国际上常用的保护规划软件 C-plan,计算了规划单元的不可替代性值,确定了区域生物多样性热点地区,并根据保护区分布现状进行了生物多样性保护空缺分析。结果显示,东北地区不可替代性较高的热点地区有 4 个,分别是:(1)长白山西北部林区,(2)大兴安岭北段山地区,(3)大兴安岭南段森林与草原过渡区,(4)松嫩平原中部湿地区。在优先、一般、非优先 3 个等级中,需要优先保护地区的总面积是 $19.49 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占区域总面积的 20.91%。同时,根据已建保护区分布情况研究发现,区域内存在 3 个明显的保护空缺,即长白山西北部林区、大兴安岭北段山地区和大兴安岭南段森林草原过渡区。建议新建和扩建保护区,同时建立生态廊道把相应的保护区关联起来,以实现区域内生物多样性保护目标。

关键词:生物多样性;保护;热点地区;空缺分析

文章编号:1000-0933(2009)01-0144-07 中图分类号:Q143,Q16,X17 文献标识码:A

Identification of hotspots and gaps for biodiversity conservation in Northeast China based on a systematic conservation planning methodology

LUAN Xiao-Feng¹, HUANG Wei-Ni^{2,3}, WANG Xiu-Lei³, LIU Ming-Chao⁴, LIU Shi-Rong³, WU Bo³, LI Di-Qiang^{3,*}

1 College of Nature Reserve, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

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

3 Institute of Forestry Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

4 Environment Department, Guangdong Ocean University, Zhanjiang 524000, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0144 ~ 0150.

Abstract: Based on the researches on biodiversity characteristics in Northeast China, The value of irreplaceability for the conservation planning units are calculated by using systematic conservation planning and software C-plan. Four hotspot areas are identified, including northwestern of Changbai Mountain, northern Daxinganling Mountain, the transitional zone between western grassland and Daxinganling forest mountain area, and the wetlands around the center of Songnen plain. The most priority area for conservation is $194,900 \text{ km}^2$, 20.91% of the whole research area. In the meantime, a gap analysis for biodiversity conservation has been conducted in this region based on the results of hotspots' assessment, The results show that there are three evident gaps for protection based on an analysis of currently existing national nature reserve, including Changbai Mountain area, northern of Daxinganling Mountain area, the transitional area between western grassland and Daxinganling forest mountain area. Suggestions for establishing new PAs and eco-corridors have been put forward in this paper.

基金项目:世界自然基金会(WWF)资助项目

收稿日期:2007-09-23; 修订日期:2008-03-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lidq@caf.ac.cn

Key Words: biodiversity; conservation; hotspot; GAP

系统保护规划(Systematic Conservation Planning, SCP)是根据生物多样性属性特征,确定保护目标,利用多学科和技术对一个地区生物多样性进行优先保护和保护区规划设计^[1]。系统保护规划,侧重保护区选址和设计的综合,以保护整个地区生物多样性特征作为目的,其中包括物种、生态系统和景观。系统保护主要包括 7 个步骤:(1)确定保护规划目标;(2)收集区域生物多样性数据及确认信息空缺;(3)分析评估生物多样性特征和保护目标;(4)分析已建立保护区,找出保护空缺;(5)评估保护目标的可持续性;(6)用数学方法和生物地理的原则对保护区域的保护价值进行评估;(7)识别优先保护的地区,并进行新的保护规划^[2]。其中,最重要的是要确定合理的宏观保护规划目标,选择出规划区域内具有指示作用的物种和生态系统。通常选择区域内具有代表性的珍稀濒危物种和具有重要生态功能且脆弱的生态系统作为指标,因为这些物种和生态系统是整个自然生态系统的重要组成部分,具有其他所不可替代的服务功能。通过对地区濒危动物和生态系统的保护可使整个区域生态系统和其他动物同时得到保护^[3]。将系统保护方法应用于区域生物多样性保护规划和保护区网络建设研究,对保护区的宏观规划和保护政策的制定具有积极意义。通过上述方法,对区域生物多样性保护和保护区建设进行量化分析,增加了研究方法的可信度,完善了系统保护规划理论。

随着系统保护规划理论的发展,在计算机技术和地理信息系统的基础上,出现了一些专门用于生物多样性保护的规划软件,如 C-plan, Sites, Spots, Maxran 等。这些规划软件把整个系统规划的思想、代数运算及地理信息系统的应用连接在一起,方便和规范了系统保护规划的过程。其中, C-plan 软件是应用比较广泛的软件,由澳大利亚昆斯兰大学生态系、新威尔士州立公园和野生动物保护署首先创立并在该地区应用。C-plan 软件通过对区域生物多样性特征和保护区系统现状进行复杂的数理统计计算和分析,计算出规划区域内每一个规划单元的不可替代性价值,评估保护区保护的有效性。规划单元(Sites),是根据一定的生物特征和地理属性将规划区域内的地域分为很多小的斑块,以此作为优先保护的选择单元。不可替代性指一个给定的规划单元所能实现特定的目标的可能性。用 C-plan 进行系统保护规划,首先要收集各种基础数据,整理编制表格,在软件的数据编辑器中运行表格,得到 C-plan 数据表,再运行 C-plan 管理器,并与 GIS 系统 ArcView 软件相结合,把数字运算结果转化为图形,最后根据不可替代值运算结果,确定优先保护地区,并划分出不同等级的优先保护区域。

国外关于自然保护区的系统保护理论框架已经初步形成,并且在美国、澳大利亚、南非等地进行了系统保护规划的实践研究,探索建立了一些可操作性的评估检验标准^[4,15]; Clark 等^[5]用系统规划方法对印第安纳和伊利诺斯州的保护区进行了重新规划。Blamford 等^[6]运用系统规划软件对南非保护优先地区进行了分析。Cowling 等^[7]用系统保护规划对南非好望角地区进行了热点地区分析和保护优先区分析,并将规划软件应用到了南非地区的土地规划中^[8]。近几年,国内也开始引进了系统保护规划的思想,并在一些地方做出了尝试。吴波^[9]等对长江上游森林生态区 and 三江源地区进行了生物多样性保护优先区的确定。与以前国内同类研究相比,用更定量的方法对生物多样性优先区进行了筛选和规划,方法更科学,更有利于宏观规划和工程规划的评价和实施。

1 研究方法

1.1 研究区域概况

东北地处中国大陆的最北端,地域辽阔,地貌多种多样,既有山地森林,又有湿地草原,独特的自然环境和气候蕴育了多样的生态系统和特有物种,野生动植物资源极其丰富。按中国动物地理区划,东北属古北界东北亚界东北区,具体又可以分为大兴安岭亚区、长白山亚区和松辽平原亚区;区系分为温带和寒温带动物区系,以东北类为主。根据资料分析,东北地区珍稀濒危物种兽类有 52 种,鸟类 288 种(亚种),爬行动物 19 种,两栖动物 9 种^[10]。中国东北虽然没有列入全球 25 个热点地区,但特殊的地理环境和地理位置同样蕴育了丰富的生物多样性,并在区域尺度上寻求优先保护地,建立保护区体系,有效地保护该区域生物资源。由于历史

的原因和几十年的开发建设,森林砍伐、草原湿地开垦使许多物种濒临灭绝。因此,如何在广阔的东北大地上,确定生物多样性热点地区和优先保护区,找出保护空缺是一项急迫任务。

本研究区域覆盖大小兴安岭、长白山、松嫩平原、三江平原等,地理位置为 $40^{\circ}51' \sim 53^{\circ}17'N$, $115^{\circ}30' \sim 135^{\circ}06'E$,区域面积为 $9.329 \times 10^5 \text{ km}^2$,占全国陆地总面积的 9.8%;行政区域上包括黑龙江省、吉林省全部和内蒙古大兴安岭地区,共计 150 个市县(旗),人口 6385 万。研究区内森林总面积为 $40.2 \times 10^4 \text{ km}^2$,约占研究区总面积的 42.8%。

1.2 数据准备

收集研究区行政区划、植被、土地利用、水系、地形、道路、人口、自然保护区、物种分布等基础数据,建立地理信息系统数据库。植被图根据《1:1000000 中国植被图集》^[11,16],利用数字化软件(R2V)数字化,以三级植被即植被群系显示,绘制出东北地区主要植被类型图,共计 163 种群系;土地利用图采用 1:1000000 中国土地利用图^[12];人口数据采用 1999 年《中国人口统计年鉴》^[13];自然保护区分布图来自地方林业部门的自然保护区规划图,进行数字化得到;利用最新资料,特别是全国野生动植物调查报告,建立物种分布的数据库,其中包括物种发现的地点、位置和物种的生境特性等。

1.3 研究方法与技术

本研究主要采用热点地区和保护空缺分析方法。根据专家讨论的方法,结合本研究区的实际情况,制定了物种选择标准、物种评价标准、生态系统评价标准和人类干扰评价标准。在指示物种选择上采用以下标准:国家一级和二级重点保护物种;东北地区特有物种;东北地区罕见或数量极为稀少的珍稀种类;国际上较为关注的物种,如 IUCN 红皮书物种、CITES 附录物种;其它具有重大科研价值物种或具有重大经济意义的物种;具有环境指示作用的种类。根据上述标准,在研究区域共挑选出 64 种濒危和特有动植物。被选择的物种按照不同重要程度,选择不同的比例确定保护面积^[17]。本研究确定的物种保护标准具体是:优先保护的物种保护现有面积的 20%,一般保护的 10%,不需要保护的 0%。不同的物种类群标准略有差异,确定依据主要是濒危等级、数量等级和所需生存范围。另外所有分布面积超过 10000 km^2 的物种,都按 10000 km^2 计算保护百分比;分布面积小于 100 km^2 则全部保护。本研究确定的生态系统评价标准具体是:总标准是优先保护的生态系统类型保护现有面积的 20%,一般保护的 10%,不需要保护的 0%。根据植被类型的特点,每种类型计算后最小保护面积确定为 20 km^2 ,若低于 20 km^2 则 100% 保护,大于 50 km^2 小于 500 km^2 的按总标准计算,若大于 500 km^2 则按 500 km^2 计算。确定干扰评价标准,本研究侧重人为影响,主要选取了人口密度、道路两个主要因子。人口密度按照单位面积(县)内居民数量计算并划分影响等级,道路按照长度和等级建立缓冲区并划分影响等级。

在基本数据的基础上,制作了规划单元图、物种分布图和人类干扰图,结合已收集的植被类型图,输入系统规划软件(C-plan)中,得到基础数据表,即规划单元位点表(site table)、规划单元基质表(matrix table)和保护目标属性表(feature table)。通过 C-plan 软件运行,计算多种不可替代性值,包括规划单元不可替代性值、总不可替代性值、不同权重的不可替代性值等,最终得到规划单元的不可替代性值表。将系统规划软件与 GIS 软件(ArcView)连接,显示运行结果图,得到研究区域热点地区图。根据不可替代性值的大小,一般分为 5 个等级,进而得到不同优先等级的热点地区图。结合规划单元的脆弱性值(VUL),分析确定最需要优先保护的地区。将生物多样性热点地区图与现有保护区分布图位置和面积进行叠加,找出本研究区目前保护上所存在的空缺。

2 研究结果

2.1 不可替代性分析和热点地区分析

研究结果表明,将不可替代性值从高到低分为 5 个等级(图 1)。高保护价值地区,即不可替代性最高和较高两个等级的地区的总面积是 19.49 万 km^2 ,约占总面积的 20.91%,其中不可替代性最高的地区,即热点值最高最需要优先保护的地区约占总面积的 7.88%;一般保护价值地区面积占总面积的 15.64%;低保护价

值,即不可替代性较低和最低等级的地区占总面积的 63.46%。

规划软件运行结果显示,东北地区不可替代性较高的区域,即高保护价值地区有 4 个,分别是:(1)长白山林区,(2)大兴安岭北段山地区,(3)大兴安岭南部森林与草原过渡区,(4)松嫩平原中部湿地区。

2.1.1 长白山林区

长白山东部地区靠近俄罗斯和朝鲜的地区不可替代性值较高,特别是哈尔巴岭和大龙岭一带,地处长白山腹地,山高林密,靠近边境,环境较好。这个地区正好是东北虎等濒危物种重要的栖息地,通过对旗舰物种的保护可以有效地保护其他物种及其生境,因此,这些高保护价值地区是急需优先保护的地区。位于长白山山系西北端的张广才岭的不可替代性值也很高,它是连接长白山和小兴安岭的过渡山脉,地理位置重要,有许多国家重点保护物种也需要优先保护。到目前为止此区已建国家级自然保护区 6 个,面积约 4184.58km²,占区域总面积的 4.43%。从位置和面积看,只能保护部分珍稀濒危物种,需要调整和扩建国家级自然保护区。

2.1.2 大兴安岭北段山地区

大兴安岭地区是东西伯利亚明亮针叶林——落叶松林在中国的此区域重要的生态系统,包括森林沼泽,国家重点保护物种有驼鹿(*Alces alces* L.)、马鹿(*Cervus elaphus* L.)、原麝(*Moschus moschiferus* L.)、黑熊(*Ursus thibetanus* G.)、棕熊(*Ursus arctos* L.)、金雕(*Aquila chrysaetos* L.)、黑嘴松鸡(*Tetrao parvirostris* B.)等。本区已建自然保护区 17 个,面积 224.27 万 hm²,占区域总面积的 9.44%,国家级自然保护区 3 个,主要有黑龙江呼中、南瓮河和内蒙古大兴安岭汗马,省级自然保护区 7 个。目前所建立的保护区所能够保护珍稀濒危物种的生境面积还十分有限,应加强汗马、呼中国家级自然保护区的建设,扩大保护面积,选择有代表性的省级自然保护区完善升级。

2.1.3 大兴安岭南部森林与草原过渡区

大兴安岭南段森林草原过渡区是大兴安岭南段的中山区和与呼伦贝尔高原接壤的草原过渡地带。在动物地理区划上,既有温带森林动物也有温带草原动物。此区域具有多种稀有典型生态系统和一些珍稀濒危物种,特别是珍稀鸟类,如东方白鹳(*Ciconia boyciana* S.)、黑鹳(*Ciconia nigra* L.)、中华秋沙鸭(*Mergus squamatus* G.)、金雕、玉带海雕(*Haliaeetus leucorhynchus* P.)、白尾海雕(*Haliaeetus albicilla* L.)、黑嘴松鸡、白头鹤(*Grus monacha* T.)、丹顶鹤(*Grus japonensis* P.)、大鸨(*Otis tarda* L.)等,因此不可替代性值较高。此区域内有 2 个国家级自然保护区,分别是红花尔基樟子松林国家级自然保护区和辉河自然保护区。这两个保护区位置都偏向西部草原,对森林草原过渡地带植被和物种的保护不够,应在过渡区建立国家级保护区。

2.1.4 松嫩平原中部湿地区

松嫩平原中部湿地区主要为松花江和嫩江冲积形成的平原,沼泽湿地发达,涉禽、游禽、两栖、哺乳类和鱼类等动物资源丰富。本区已建国家级自然保护区 3 个,即吉林向海、莫莫格和黑龙江扎龙自然保护区,总面积 5002hm²,约占区域总面积的 3.55%。目前保护区的位置和面积基本可以满足此地区濒危物种保护的需要。

2.2 保护空缺分析

目前,研究区域内国家级自然保护区共有 24 个,总面积 345.21 万 hm²,约占区域总面积的 3.69%,占高保护价值区域总面积的 16.07%。统计结果显示,在保护价值较高的面积中,国家级自然保护区仅保护了

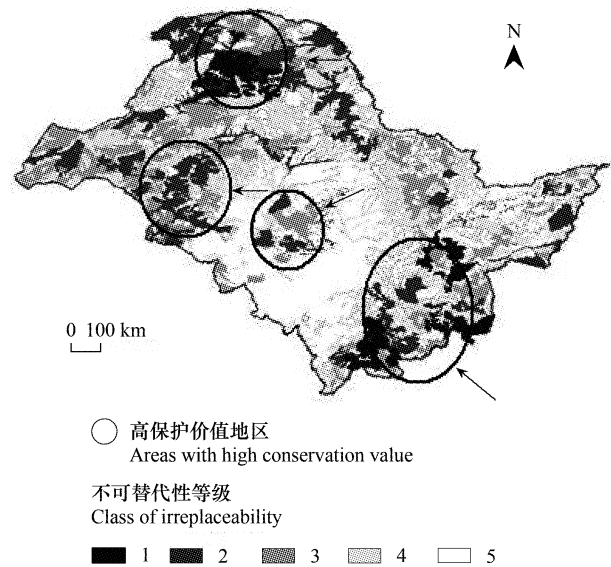


图 1 东北地区不可替代性分析图
Fig. 1 Irreplaceability values of northeast area

16.07%的面积,在一般保护价值中保护了1.46%的面积,在较低保护价值中保护了0.6%的面积(见表1)。由此可知,国家级自然保护区绝大部分都建在了生物多样性最重要的地区,即保护价值最高的地区,但保护的面积相对来说还不够大。

表1 不同等级不可替代性值国家级自然保护区所占比例

Table 1 Percentage of national nature reserves among different classes of irreplaceability values

不可替代性 Irreplaceability	级别 Class	斑块数 Number of units	总面积(km ²) Total area	国家级保护面积 Area of national nature reserve	保护价值 Protection value	百分比 Percentage
最高 Highest	1	9	73555	15415	高 High	16.07%
较高 High	2	48	121437	15922		
一般 Average	3	132	145951	2125	中 Average	1.46%
较低 Low	4	283	161811	975	低 Low	0.6%
最低 Lowest	5	564	430143	0		
合计 Total		1036	932875	34437		3.69%

从不可替代性值等级图和保护区分布图的空间叠加分析可以看出,保护空缺主要存在于3个地区:一是长白山西北部林区,二是大兴安岭北段山地区,三是大兴安岭南段森林草原过渡区(图2)。同时研究表明,在三江平原湿地和呼伦贝尔草原地区,虽然已建立了较大面积的国家级自然保护区,但这两个地区的不可替代性并非很高。

2.2.1 长白山西北部林区

从图中可以看出,长白山地区国家级自然保护区存在明显空缺,一是长白山西部的老爷岭、威虎岭和龙岗山;二是张广才岭。目前此区域仅有5个国家级自然保护区,而且面积都不大,虽然珲春自然保护区已升为国家级自然保护区,但其周围地区仍存在保护空缺。从保护区的分布情况看,保护区多集中在长白山东南部,靠近边境地区,而长白山西侧保护价值也很高,却很少国家级自然保护区。内地山区虽然人为干扰较多,但从生物多样性特征分析,其不可替代性值或保护价值也很

高,需要保护。长白山地区的另一个重要的保护空缺是北端的张广才岭,它是连接长白山与小兴安岭之间的纽带,地理位置十分重要。不可替代性分析结果也显示,此区域保护价值很高,有重要的珍稀濒危物种分布,如东北虎(*Panthera tigris altaica* T.)、远东豹(*Panthera pardus* L.)、梅花鹿(*Cervus Nippon* T.)等。而此区域仅一处国家级自然保护区,即牡丹峰自然保护区,且面积较小(196.48km²)。虽然此区多为低山区,靠近平原,人口较多,但有重要的生态功能和物种保护价值,仍然应得到重视。目前,在长白山林区有10个省市级自然保护区,广泛分布在长白山林区,如果将这些保护区提升为国家级保护区,保护区的面积将扩大1倍以上,可以在很大程度上可以弥补现有国家级保护区存在的空缺。

2.2.2 大兴安岭北段山地区

此区虽然已建立3个国家级自然保护区,位置也比较合理,但在大兴安岭最北端西坡原始林区和呼玛河-黑龙江流域的平原湿地还没有国家级自然保护区,目前仅建立了两个省级自然保护区(乌玛自然保护区和呼玛河自然保护区),面积还不够大。不可替代性值显示,此区的高保护价值地区总面积是36210 km²,大兴安岭

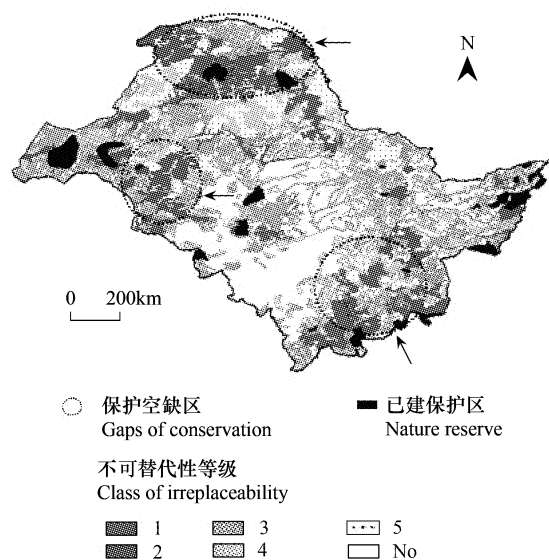


图2 东北地区保护空缺分析

Fig. 2 Gap analysis of northeast area

中部的两个森林生态系统类型保护区(汗玛和呼中)正好位于高保护价值范围内,但两个保护区加起来面积才 2745 km²,仅占总面积的 7.58%,只能保护紫貂(*Martes zibellina* L.)、貂熊(*Gulo gulo* L.)、马鹿、驼鹿、原麝等珍稀物种的部分栖息地,还不能有效保护该地区的珍稀和特有物种及其资源,因此应扩大森林类型的国家级自然保护区面积。

2.2.3 大兴安岭南部分森林草原过渡区

经统计,此区域不可替代性较高的地区的总面积是 32621 km²,区域内共有 3 个国家级自然保护区(达赉湖、辉河和红花尔基),保护区总面积是 10938 km²,占高保护价值区域面积的 33.53%。从目前国家级自然保护区位置和面积看,首先是数量明显偏少,其次是分布不均衡。较大的保护区主要在西部的草原湿地区,而东部山地森林区缺少保护区。不可替代性值结果显示,保护空缺主要在大兴安岭南部分山区,唯一的红花尔基国家级自然保护区面积才 200.85 km²,仅占山区优先保护地区面积的 0.71%。在西部草原地带,有辉河自然保护区,再向西有达赉湖国家级自然保护区,面积都比较大,保护区面积占此区域高保护价值面积的 62.79%,基本可以满足湿地草原物种和生态系统的保护需要。

3 讨论

3.1 不可替代性分析

保护一个地区的生物多样性可考虑的因素很多,以往多用各种指标或指数来表明一个地区的重要性,如物种丰富度指数、资源的稀有性、环境压力指数等。本研究提出用不可替代性来反映生物多样性的重要性,不可替代性是近年来引入并应用于生物多样性保护规划中的一个新概念,它可以很好地解释规划单元的重要性。如果某个规划单元的不可替代性值很高,就说明此单元的保护价值高,保护这个规划单元可以保护很多保护目标,其他单元是不能替代这个单元的,因而非常重要。这样的单元也可以称为高保护价值单元,若干个这样的单元相对集中在一起就形成了某个热点地区。

规划单元的不可替代性值主要受两方面因素影响:一是所选择的地区生物多样性特征,二是确定所选对象(特征)的保护目标或标准。对于所选的生物多样性特征应尽可能全面,并具有典型的代表性,能够反映当地的生物多样性特点。例如生态系统类型划分的越细越好,物种选择时尽量挑选濒危、特有物种。在确定保护目标时,应尽量切合实际,保护目标太高太大实际操作中难以实现,因此在确定目标时,要多收集生物多样性基础资料,例如物种的种群数量、生存范围、栖息地现状等。本研究的最终保护目标是整个面积的 16.5%,符合国际上要保护一个地区的 10%~20% 的标准。

在规划单元的不可替代性值计算上,由于所选择的保护指标(物种和生态系统)以森林类型居多,因而森林地区的不可替代性值相对较高,湿地和其他生态系统类型不是非常突出。

通过计算规划单元不可替代性值来确定生物多样性保护热点地区是保护规划中一种综合的方法。这种方法以多种生物属性为基础,运用科学的数理统计方法,在计算机的帮助下完成大量数据的处理,不仅可以应用于宏观的保护规划,例如东北地区、长江中上游地区等,只要有具体的数据资料,也可以在小尺度小范围内应用。另外,此方法还可以应用在某些特定物种的保护。例如, Graham 等人^[14]就运用此方法,对南非植物海角地区(cape floristic region)46 种大中型哺乳动物进行了保护规划。

3.2 物种分布空间模型

准确的物种分布空间模型是确定物种丰富度的基础。物种的分布模型一直是学术界争论的焦点。对于在相对较小范围内的某一物种的一个或几个种群来说,长期的跟踪调查可以知道其较准确的分布范围,但对大范围所有种群来说要确定准确的分布区则比较困难。本研究物种分布和种群数量的基础数据主要来源于 1996~2000 年的全国野生动植物普查。根据已有的物种分布和生境数据可以推算物种的潜在分布区。本研究采用物种分布县和潜在生境模型来推测物种潜在分布区,是目前较流行的推测物种分布范围的一种方法,此方法基本上能够代表物种的潜在分布范围,但仍不够详细准确。对于动物来说,栖息地的质量是影响其分布的重要因素,很多数据需要进行实地的调查才能了解情况,做出正确判断。

3.3 建议

生物多样性的保护是保护生态环境的重要因素之一。东北地区在我国不仅具有重要的战略地位,同时具有丰富的生物多样性资源,因此研究和保护东北地区的生物多样性具有重要意义。根据本文研究结果,建议在生物多样性保护空缺地区新建和扩建自然保护区,特别是建立国家级自然保护区或升级省级保护区为国家级保护区,提高保护效率。同时在生物多样性热点地区之间、优先区之间划出一定的自然区域作为连接和缓冲带,或生态廊道保护区,形成区域保护区网络,有效保护生物多样性资源。

另外,受资料所限,本研究只对国家级自然保护区做了分析评估,找出了保护空缺。目前已经收集到了绝大部分省级自然保护区的资料,为进一步全面的分析研究和评估奠定了基础。

总而言之,本研究在系统规划的思想下,运用系统规划软件,对东北生物多样性保护优先区进行了筛选。相对于国内同类研究而言,分析更加定量化,既有利于对最终规划结果进行评价分析,又有利于结果的应用,给保护策略的制定提供了直观的参照依据。但是,本研究在国内还有许多发展的前景,需要补充更多的资料和数据以完善整个规划系统,从而使得系统规划方法的优势更加得以体现。

References:

- [1] Margules C R, Pressey R L. Systematic conservation planning. *Nature*, 2000, 405: 243 — 253.
- [2] Groves C R, Jensen D B, Valutis L L, *et al.* Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *BioScience*. 2002, 52, 499 — 512.
- [3] Pressey R L, Humphries C J, Margules, C R, *et al.* Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in Ecology and Evolution*, 1993, 8: 124 — 128.
- [4] Pressey R L, Cowling R M. Reserve selection algorithms and the real world. *Conservation Biology*, 2001, 15: 275 — 277.
- [5] Clark F S, Slusher R B. Using spatial analysis to drive reserve design: a case study of a national wildlife refuge in Indiana and Illinois (USA). *Landscape Ecology*, 2000, 15: 75 — 84.
- [6] Balmford A. Conservation planning in the real world: South Africa shows the way. *Trends in Ecology and Evolution*, 2003, 18: 435 — 438.
- [7] Cowling R M, Pressey R L, Rouget M, *et al.* A conservation plan for a global biodiversity hotspot- the Cape Floristic Region, South Africa. *Biological Conservation*, 2003, 112: 191 — 216.
- [8] Pierce S M, Cowling R M. Systematic conservation planning products for land-use planning: interpretation for implementation. *Biological Conservation*, 2005, 125: 441 — 458.
- [9] Wu B, Zhou C Q, Li D Q, *et al.* Setting biodiversity conservation priorities in the forests of the upper Yantze ecoregion based on ecoregion conservation methodology. *Biodiversity Science*, 2006, 14(2): 87 — 97.
- [10] Zhao Z J. Fauna of rare and endangered species of vertebrates of northeast China. Beijing: China Forestry Publishing House, 1999.
- [11] Editorial Board of the Vegetation Map of China, Chinese Academy of Sciences. The Vegetation Atlas of China 1:1000000. Beijing: Science Press, 2001.
- [12] Editorial Committee of Land-use Map of China. 1:1000000 Land-use Map of China. Beijing: Science Press, 1994.
- [13] State Administration of Statistics. China population statistics yearbook 2000. Beijing: China Statistics Press, 2000.
- [14] Graham I H, Pressey R L. Options for the conservation of large and medium-sized mammals in the Cape Floristic Region hotspot, South Africa. *Biological Conservation*, 2003, 112: 169 — 190.
- [15] Craig R G, Deborah B J. Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice. *Bioscience*, 2002, 52(6): 499 — 512.
- [16] Editorial Board of the Vegetation of China. Vegetation of China. Beijing: Science Press, 1980.
- [17] Chen Y, Chen P A. Geographical distribution patterns of endangered fishes, amphibians, reptiles and mammals and their hotspots in China: a study based on China Red Data Book of Endangered Animals. *Biodiversity Science*, 2002, 10(4): 359 — 368.

参考文献:

- [9] 吴波,朱春全,李迪强,等. 长江上游生态区生物多样性保护优先区确定. *生物多样性*, 2006, 14(2): 87 ~ 89.
- [10] 赵正阶. 中国东北地区珍稀濒危动物志. 北京: 科学出版社, 1999.
- [11] 中国科学院中国植被图编辑委员会. 1:1000000 中国植被图集. 北京: 科学出版社, 2001.
- [12] 中国土地利用图编委员会. 1:1000000 中国土地利用图. 北京: 科学出版社, 1994.
- [13] 国家统计局. 中国人口统计年鉴(2000), 北京: 中国统计出版社, 2000.
- [16] 中国植被图编辑委员会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- [17] 陈阳, 陈安平. 中国濒危鱼类、两栖爬行类和哺乳类的地理分布格局与优先保护区域——基于《中国濒危动物红皮书》的分析. *生物多样性*, 2002, 10(4): 359 ~ 368.