

# 大尺度生物多样性保护评估手段——GAP 分析

杨沅志<sup>1</sup> 夏杰<sup>2</sup> 陈北光<sup>3</sup>

(1. 广东省林业调查规划院 广州 510520; 2. 华南农业大学图书馆; 3. 华南农业大学林学院)

**摘要** GAP 分析, 又称为生物多样性保护规划的地理学方法, 是一种快速、有效的较大尺度生物多样性保护评估手段。Burley 于 1988 年首次提出 GAP 分析的概念并被 Scott 在夏威夷岛屿森林濒危鸟类保护中首次应用, 随着景观生态学等相关学科和 3S 等技术手段的不断发展, GAP 分析在美洲、非洲和亚洲等地生物多样性保护项目中得到广泛应用。文章在回顾 GAP 分析国内外案例的基础上, 介绍 GAP 分析的基本技术特征和优缺点, 并展望了 GAP 分析在我国的应用前景和领域。

**关键词** GAP 分析 大尺度 生物多样性保护 评估

**中图分类号:** S718 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-4427(2008)03-0085-05

## A Method for Assessing Large-scale Bio-diversity Conservation——GAP Analysis

Yang Yuanzhi<sup>1</sup> Xia Jie<sup>2</sup> Chen Beiguang<sup>3</sup>

(1. Forest Inventory and Planning Institute of Guangdong Province, Guangzhou, 510520;

2. Library of South China Agriculture University; 3. College of Forestry, South China Agriculture University)

**Abstract** GAP analysis which stands for geographic approach to protection of bio-diversity is a quick and effective method for assessing large-scale bio-diversity conservation. The term "GAP analysis" was first used by Burley in 1988 and put into practical application in Scott's project of endangered birds' conservation in Hawaii Island. GAP analysis was widely used in regional bio-diversity conservation in America, Africa and Asia with the development of landscape ecology and 3S technology. The basic techniques and its advantage and disadvantage were introduced in the paper. The development trend and application fields of GAP analysis were also analyzed on the base of its advancement and case studies.

**Key words** GAP analysis, large-scale, bio-diversity conservation, assessing

GAP 分析(Geographic approach to protection of bio-diversity), 即生物多样性保护规划的地理学方法, 是一种快速、有效的较大尺度区域生物多样性保护评估手段。GAP 分析可以识别“保护空缺”, 即那些应该受到保护但是现在不在保护网络里的区域(比如植被类型、栖息地类型和物种)<sup>[1-4]</sup>。从而在这些区域进一步退化之前, 人们可以通过建立新的保护区或改变土地管理方式来填充这些空缺, 使生物多样性得到有效保护。因此, GAP 分析为区域生物多样性保育提供了一条新的技术分析途径, 在区域尺度上防止和监测未保护物种、生态系统和景观灭绝等方面具有重要的实践价值。本文在回顾 GAP 分析的国内外案例的基础上, 介绍 GAP 分析的基本技术特征和优缺点, 并展望了 GAP 分析在我国的应用前景和领域。

### 1 GAP 分析国内外研究进展

随着人口的迅速增长和人类活动强度的加剧, 物种灭绝速率迅速增加, 生物多样性保护面临严峻的状况。一方面, 不仅是珍稀濒危物种面临绝灭的危机, 而且一些常见种也面临着演变成珍稀濒危物种乃至绝灭的潜在危机, 明智的对策显然不仅仅是对目前的濒危物种进行有效地保护, 而且需要对现存物种进行更大范围的有效保护, 这样才有可能避免陷入不断来临的生物多样性危机中。另一方面, 生态学家提出: 在生物

多样性等级结构中高水平限制低水平行为,指出应在大尺度进行生物多样性的研究和保护,并寻求从景观或生态系统的尺度上实施生物多样性保护的途径<sup>[4,6]</sup>。地理信息系统(GIS)及遥感(RS)技术的迅速发展,一种被称为“GAP 分析”的评估手段应运而生。

Burley 于 1988 年首次提出 GAP 分析的概念,即生物多样性影响因素的鉴别和分类方法以及调查现有保护系统的方法<sup>[7]</sup>。通过这个方法,可以确定那些应该得到保护,但在现有的保护体系中却没有表现出来或是很少被表现出来的因素(比如植被类型、栖息地类型、物种等)。最后,参考这种信息,确立下一步保护行动优先要考虑的因素和保护方案,如设计未来的保护方案和规划土地利用等。1988 年 Scott 等利用夏威夷岛屿的濒危森林鸟类分布图,结合野外调查,进行了首次“GAP 分析”,分析结果表明濒危森林鸟类的分布与自然保护区分布重叠较少,直接促成了夏威夷自然保护协会和美国鱼类与野生动物保护协会在其中 3 个濒危物种叠加区建立了 Hakalau 国家森林野生动物保护区<sup>[5]</sup>。1990 年美国爱达荷州首先试验了在 GAP 评估中使用 GIS 与 RS 相结合的技术,1994 年之后在美国全国范围内开始广泛运用,并在爱达荷州建立了国家 GAP 工作室(National GAP Office)。就目前而言,美国本土 48 州的 GAP 计划已基本完成。各大洲的 GAP 计划,北美有墨西哥、危地马拉等 3 国,欧洲有法国、西班牙等 10 国,非洲有埃及、利比亚等 6 国,中东地区有以色列、土耳其等国,亚洲有日本,南美洲、大洋洲和南极洲的 GAP 计划尚未开始<sup>[1,8-13]</sup>。

近年来,我国学者也开始关注 GAP 分析。李迪强<sup>[2]</sup>对青海湖地区生物多样性空间信息分析的基础上,发现了具有代表性的生态系统以及普氏原羚等国家级保护动物的最适宜生境区域为未被保护的空白区,为该保护区的重新分区管理提供了宝贵资料。田自强等<sup>[14]</sup>在湖北神农架龙门河地区基于植被的 GAP 分析找出了原保护区中未包含的自然植被类型所属分布区等,给当地今后的管理重点提出了合理化建议。

## 2 GAP 分析基本技术特征

GAP 分析利用地理信息系统进行空间分析,划定具代表性的生态系统类型,物种丰富度高、特有物种集中分布的高保护价值的热点地区和受人类活动威胁最大的地区。然后与已经建立的保护区网络图层相叠加,找出不同植被类型、单个重要物种分布与保护区之间的空隙(空白区域),在较大空间尺度上,提供一个地区的生物多样性组成、分布与保护状态的概况<sup>[1,4,14]</sup>。同时,寻求没有出现在生物多样性保护区网中的植被型和濒危物种的保护空白地区,以便在土地管理实践中或通过新建保护区来填补。这种方法的思想理念在于物种还没有受到威胁之前对其进行保护,而并非等到一个物种实际濒危或濒临灭绝时,再采取应急性抢救措施,并且 GAP 分析能够提供快速生境丧失信息,对大区域的脊椎动物物种和生境类型保护现状的快速可行的评估,对土地管理和景观规划的协调提供了目标和方向。GAP 分析的一般步骤如下<sup>[1,4,14-15]</sup>:

(1) 基础地理信息图:基础地理信息(如地形地貌、土壤、水系和公路等)是影响物种分布和后续生存的重要因素之一。

(2) 植被作图:植被图是进行 GAP 分析的基本数据层。植被图通过现有的植被图合并、卫星影像图解译或是数字图像资料分类而得到。

(3) 物种分布图:通过确定适宜于该物种生存的植被类型多边形来确定物种的分布范围。利用数量化生境与物种关系模型建立物种与一定的植被型的联系,再从已知物种的 GIS 图与植被图衍生出来的适宜生境图,来建立目前该物种的分布图。特别是对调查很少的地区,基于 GIS 的分布预测图可能比经验数据更加准确。

(4) 物种丰富度图:在进行叠加物种分布图时,GIS 显示每一植被多边形中的期望物种数,或一个网格数据通过叠加,显示出物种丰富度沿着环境梯度的变化。这一分析结果可以清晰地显示物种丰富度高的热点地区。而且物种丰富度图可以任意地根据研究目的产生,如与爬行类、哺乳类、啮齿类、狩猎种或其他任何已研究清楚的物种分布图合并。典型情况是热点地区就是生境多样性高的区域,如陡的海拔梯度或土壤镶嵌体。

(5) 土地所有权和管理状态图:土地覆盖制图是将各种土地覆盖类型按最小制图单元面积和分辨率要求表达在地图上,类型主要包括各种植被或植被类群、无植被地带、水面和居住地等。美国国家 GAP 项目确定最小制图单元面积为 100 hm<sup>2</sup>,对各州植被按类群在中尺度上(1: 100 000)进行详细统一的分类。土地被保护状态与土地所有者、管理方法、支出、利用的政治或经济压力以及其他因素相关。目前在美国进行的 GAP 项目的研究常用到 4 个级别,管理状态 1:大多数的国家公园、自然保护区、国家级的野生动物庇护所、科学研究研究自然区和具有特殊自然价值的管理区;管理状态 2:大多数的荒野地、国家野生动物庇护所、环

境关注区、其他一般的自然价值管理区,这些地区受到部分利用;管理状态3:大多数没有指明的公众土地如国家森林、公园及有些虽然有地方法规保护,但存在潜在破坏性利用的地区;管理状态4:没有法律约束的自然保护和管理,主要指被人类高强度利用的私人或公众用地。

(6)寻找空白地区:将建立的生物多样性热点地区和其他需要优先保护的地区相比较,显示出保护上的空白地区。至少应该使每一物种和植被类型在保护区系统中出现一次。没有被保护的和没有代表的植被型和热点地区是需要立即采取保护行动的地区。在任何情况下,确定生物多样性管理区更应该注意用生态区特征、而不是以行政区来分析生物多样性的分布。对省际的生物多样性地理信息系统应与地区、全国或全球的相合并,然后探讨保护区的范围和位置。

### 3 GAP分析优点和局限性

GAP分析在大尺度生物多样性保护评估中具有明显优势:(1)GAP分析综合考虑了区域植被、重要濒危物种适宜生境的分布、土地所有权和保护区等方面的空间信息;(2)GAP分析更注重在生物有机体的更高层次,如生态系统和景观尺度上,将物种保护和生境保护相结合,对国家或区域范围内的生物多样热点地区分析与保护状况进行初步评估,是对热点地区分析的进一步发展;(3)GAP分析将各类空间数据制成可视化图层,比任何多的文字描述更加直观易懂,更能刺激保护行动,提高社会公众参与生物多样性保护项目的积极性;(4)GAP分析是基于卫星影像和GIS产生植被图来进行进一步的分析,结合了最新的3S技术,方法具有先进性,可广泛推广;(5)按照目前的3S水平,GAP分析的制图单元可以在更小的层面或单元面积内实现,所提供的生物多样性状态图能包括更多的细节,如某些具有重要生态学意义的线性地理单元(如河流、湿地)和特殊小生境(如洞穴、悬崖等);(6)GAP分析提供的基于多层次多结构生物地理信息可以进行更详细的研究,如物种组成、结构、功能以及种间关系等;(7)在近期一些自然保护区的有效性管理与评估国际项目中,充分考虑了非生物因素对生物多样性保护的影响,如自然地理要素和各种人为、自然干扰因子等,极大地丰富了GAP的内涵;(8)GAP分析建立的数据库对编制保护规划和主体功能区区划具有重要应用价值,可直接用于土地利用决策,以很低的花费就能提供满足要求的生态学信息,并可以利用物种和植被分布变化分析对管理状况进行快速评估<sup>[1,3,6,15-16]</sup>。

但是GAP分析也有一定局限性,包括以下方面:(1)由于GAP计划覆盖的空间范围很大,目前得到的大多数研究成果(特别是动物分布制图成果)还缺乏必要的资料和方法进行独立的评估,结果可靠性的验证和研究还很不够,数据输入和结果输出精度亦无统一的标准加以验证;(2)难以将不同时空尺度的数据转换并有效地应用到GAP分析中;(3)GAP分析目前还不具备预测要素的生存力,对于多数物种和植物群落来说,生存力指标(如生境质量、物种丰富度、演替趋势)不能在具体研究结果中合理体现,如某种生境面积比重一直保持10%左右和从70%急速降低至10%,两种情况对于动物种类的生存压力无疑差异巨大,但这个局限性将随着GIS技术的普及、卫星影响数据和基础调查数据的共享应用而逐步加以解决,并可随时调整保护与管理策略;(4)GAP分析并没有为实地的保护提供具体的、适当的保护措施,这需要利用其他生态学分支尤其是恢复生态学、保护生物学、群落生态学、景观生态学的知识来实现<sup>[1,3,6,15-16]</sup>。

### 4 GAP分析在我国的应用领域和发展趋势

生物多样性保护的优先性研究是目前资助机构和保护专家关注的热点<sup>[1,15]</sup>,鉴于目前我国生物多样性保护的基础理论研究和应用实践工作还存在着明显的差距,有必要借鉴国际上已有的GAP分析研究成果和先进经验,集中多学科力量进行联合攻关,在我国开展类似的理论和应用研究,主要体现在以下几个方面。

(1)自然保护区选址及功能分区。截止2004年底,全国共建立各种类型、不同级别的自然保护区2194个,自然保护区总面积14822.58万 $\text{hm}^2$ (其中陆地面积14222.58万 $\text{hm}^2$ ,海域面积约600万 $\text{hm}^2$ ),自然保护区陆地面积约占国土面积的14.8%<sup>[17-18]</sup>。经过近50年的发展,我国自然保护区面积不断增加,但是目前的自然保护区规划和建设体系仍以濒危物种和特定生态系统片段保护为主,保护区设置缺乏区域性的整体考虑,无法从根本上解决因生境破坏导致新物种濒危的问题。解决上述问题的关键无疑需要调整目前生物多样性保护工作的整体思路,将最新的技术和工具同传统方法相结合,建立基于景观和区域尺度的综合动态生物资源信息收集、处理和分析平台,在充分考虑环境、资源和土地利用整体效应的基础上,合理鉴别具有重要生物多样性保护价值的区域和生境类型,进而对现有的保护区体系设置做出战略性的规划和调整。GAP

分析的一整套思路和方法,无疑为解决这些问题提供了一种可资借鉴的思路和模式。国内已有学者注意到这一新兴的学科发展方向,在进行必要的理论和方法论准备的同时,也开展了具有一定区域意义的实践研究<sup>[2,14]</sup>。

(2) 国家主体功能区区划。“全国主体功能区”是《国民经济和社会发展规划纲要》所确定的全国国土空间最新布局办法,根据这一布局,全国国土空间将被统一划分为优化开发、重点开发、限制开发和禁止开发四大类主体功能区。GAP 分析的首要任务就是合理识别大尺度区域内各类土地类型的生物多样性保护价值,使土地管理者在今后的土地利用覆盖管理实践中,能够清楚认识到他们所管理土地上的生物多样性价值以及他们所应该承担的保护责任。因此,GAP 理论将带来生物多样性保护格局和理念的重大改变,将保护实践从传统的保护区(核心区、缓冲区、实验区)扩展到一切具有生物多样性保护价值的广袤土地,保护责任也得到一种从以保护区为中心向周围土地扩散的均衡调整。GAP 分析奠定了与保护物种相一致的生物多样性保护策略,将人类土地利用、土地保护与濒危物种保护相结合,确立保护水平和管理技术相一致的生物多样性保护对策<sup>[6]</sup>。这个目标的实现就需要在国家主体功能区区划中确定开发类型。

(3) 区域生态系统生态状况监测。森林资源连续清查工作始于 1978 年,到 2007 年已进行了 6 次复查,2007 年首次在广东省开展了森林资源与生态状况的监测试点,已成为我国开展森林资源与生态状况监测重要平台。该平台采用分层双重抽样方法和技术规定,以机械抽样为基础,大陆点间距离为 6 km × 8 km(各省标准不同),设定正方形固定样地(样地面积为 666.7 hm<sup>2</sup>),抽样类型包括森林生态系统、湿地生态系统、农林复合生态系统(跨角样地)以及城市复合生态系统(有四旁树的建设用地)等等。在这个监测平台上,增加生境破碎化、物种多样性、群落类型及演替阶段等调查因子,形成 GAP 分析所需的植被图、物种分布图、物种丰富度图、土地所有权和管理状态图,通过各图层叠加,寻找生物多样性保护的空白地区。

但是,我国主要应用国外 GAP 分析的模式和技术,还没有形成适合我国国情的 GAP 分析技术与方法。因此,有必要在国际上已有的 GAP 分析研究成果和先进经验的基础上,集中多学科力量进行联合攻关,在我国开展类似的理论和应用研究,主要领域如下:(1) 加强基础调研工作的组织和安排,把参与研究和管理工作的农、林、环保等部门之间以及学术界不同学科之间的数据构建统一的平台,统一各类数据收集处理的标准,提高数据的理论和应用价值;(2) 充实和完善尺度转换方法体系,开发必要的工具和方法将高分辨率的数据成果整合到一起,以满足不同尺度上相关工作的数据需求和制图精度校正;(3) 加强植物生态学、保护生物学、群落生态学和景观生态学等基础研究,并应用到 GAP 分析中,为实地的保护提供具体的、适当的保护措施<sup>[1,6,18]</sup>。

## 参考文献

- [1] 李迪强,宋延龄. 热点地区与 GAP 分析研究进展[J]. 生物多样性,2000,8(2):208-214.
- [2] 李迪强,蒋志刚,王祖望. 青海湖地区生物多样性的空间特征与 GAP 分析[J]. 自然资源学报,1999,14(1):47-54.
- [3] Scott J M, Csuti B, Jacobi J D, et al. Species richness: A geographic approach to protecting future biological diversity[J]. *Bioscience*,1987, 37:782-788.
- [4] M D Jennings. Gap analysis: concepts, methods and recent results[J]. *Landscape ecology*,2000,15:5-20.
- [5] Scott J M, M D Jennings. Large-area mapping of biodiversity[J]. *Annals of the Missouri Botanical Garden*,1998,85:34-47.
- [6] 刘吉平,吕宪国,殷书柏. GAP 分析:保护生物多样性的地理学方法[J]. 地理科学进展,2005, 24(1):41-51.
- [7] Burley F W. Monitoring biological diversity for setting priorities in conservation[M]. Washington DC: E. O. Wilson. National Academy Press,1988:227-230.
- [8] Scott, J M B Csuti, K Smith. Commentary: playing Noah while paying the debil[J]. *Bulletin of the Ecological Society of America*,1990,71:156-159.
- [9] David M Stoms. GAP management status and regional indicators of threats to biodiversity[J]. *Landscape Ecology*,2000,15:21-33.
- [10] Hunter M L, Yonzon P. Altitudinal distributions of birds, mammals, people, forests, and parks in Nepal[J]. *Conservation Biology*,1993,7:420-423.
- [11] Fearnside, P M J Ferraz. A conservation GAP analysis of Brazil Amazonian vegetation[J]. *Conservation Biology*, 1995, 9: 1134-1147.

- [12] Ramesh, B R, Menon, S, Bawa, K S. A vegetation based approach to biodiversity gap analysis in the Agastyamalai region, Western Ghats, India[J]. *Ambio*,1997, 26: 529-536.
- [13] Olson D, E Dinerstein. The Global 2000: A representation approach to conserving the earth's biologically valuable ecoregions [J]. *Conservation Biology*,1998,12:502-515.
- [14] 田自强,陈玥,陈伟烈. 神农架龙门河地区基于植被的 GAP 分析[J]. *植物生态学报*,2002,26(增刊): 40-45.
- [15] 肖海燕,赵军,蒋峰. GAP 分析与区域生物多样性保护[J]. *北京大学学报:自然科学版*,2006,42(2):153-158.
- [16] McDermid. Remote sensing for large-area habitat mapping[J]. *Progress in Physical Geography*,2005,29: 449-474.
- [17] 沈显生. 中国自然保护区建设与发展[J]. *生物学通报*,2001,36(1):16-18.
- [18] 薛达元,蒋明康. 中国自然保护区对生物多样性保护的贡献[J]. *自然资源学报*,1995,10(3):286-292.