

顺义区农林生物多样性多层次分析*

彭羽^{1,2}, 刘雪华², 邵小明³, 薛达元¹, 姜炎彬³, 赖瑾瑾²

(1. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081;

2. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084;

3. 中国农业大学生物学院, 北京 100193)

摘要: 通过应用遥感、地理信息系统和野外样方调查的方法, 从景观、生态系统、群落等层次对北京市顺义区农林生物多样性进行了分析。结果表明, 该区域农田景观斑块较小、数量大、形状较规则, 物种多样性不高, 农林复合景观物种多样性较高; 疏林地景观斑块面积差异大, 破碎化程度高, 不利于形成稳定的森林群落; 有林地由于保护较好, 斑块连通性较好, 利于生物多样性保护, 且群落组成丰富, 乔灌草结构分明, 物种多样性最高。多种方法的结合有利于从不同层次监测同一地区的生物多样性。

关键词: 农林生物多样性; 景观多样性; 物种多样性; 生物多样性; 顺义区

中图分类号: Q14 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579(2010)01-0095-06

Multi-scale Analysis on Agriculture-forest Biodiversity in Shunyi District

PENG Yu^{1,2}, LIU Xuehua², SHAO Xiaoming³, XUE Dayuan¹, JIANG Yanbin³, LAI Jinjin²

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University,
Beijing 100084, China;

2. College of Life & Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China

3. College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100094, China)

Abstract: Biodiversity has been considered at the multi-levels of in landscape, ecosystem, species and genetics, respectively. How to monitor biodiversity in this multi-level is an important scope in the recent biodiversity research. This study took Shunyi District, Beijing, as a research region and analyzed the landscape pattern, community structure, species biodiversity in agricultural-forest landscape through Arc-GIS software and field investigation. It indicated that the landscape patch showed characteristics of small size, large number, simple shape, low species richness and Shannon index for farmland landscape. The agricultural-forest compound landscape has higher species richness and Shannon index was higher than those in farmland. The cultivated forest has the smallest size with high variation among patches and complex shape, these traits was negative for constructing a steady forest community. As for natural forest, patches with large size and high connection resulting from human protection were positive for biodiversity, thus, the species is rich in various space. It was concluded that it is effective to combine multimethods to monitor the biodiversity of the same region from various biodiversity levels.

Key words: agriculture-forest biodiversity; landscape diversity; species diversity; biodiversity monitor; Shunyi District

* 收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 清华-Alcoa Foundation 基金资助项目; 中央民族大学高等学校学科创新引智计划(2008-B08044) 资助项目; 中央民族大学 985 基地资助项目

作者简介: 彭羽(1973年生), 男, 博士, 副研究员; 通讯作者: 刘雪华; E-mail: liuxh-hjx@tsinghua.edu.cn

生物多样性包含景观、生态系统、物种和遗传多样性 4 个层次^[1], 近来生物多样性概念逐渐包括生物区、文化、人文等更多层次的内容^[2]。生物多样性的监测, 成为当前重要的研究内容, 也是研究难点之一^[2]。作为生物多样性组成的基础, 物种多样性、生态系统多样性和景观多样性的分析仍然是生物多样性分析不可缺少的部分。景观多样性和生态系统多样性从大尺度反映了景观组成、物种生境范围和形状, 生态系统的结构、功能和演替等^[3]。物种多样性是物种丰富度和分布均匀性的综合反映, 体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异, 反映了生物群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性^[4]。

生物多样性分析的内容主要包括景观多样性、生态系统多样性和物种多样性。目前, 景观和生态系统多样性水平的变化多应用遥感及地理信息系统进行分析^[5-6], 物种多样性的分析还是多采用野外样方调查方法, 虽然可以应用生境多因子评价等方法间接进行物种监测, 但是该方法限制因素较多^[6]。总体上, 生物多样性多层次整合分析方面的研究不多。本文采用野外样方调查的方法, 结合遥感影像分类和地理信息系统, 对生物多样性多层次分析进行了尝试。因条件限制, 选取北京市顺义区农林生物多样性进行分析。

1 研究区概况

顺义区位于北京市东北部 (E116°29' ~ 116°59', N40°00' ~ 40°23'), 地处燕山南麓和华北大平原的北部边缘, 属于暖温带湿润、半湿润气候区和温带落叶阔叶林植被区。区域内大部分地区为河流冲积平原, 仅在东北部地区分布中低海拔山地和丘陵。2006 年末该区常住人口 71.8 万人, 第一、第二和第三产业结构为 5: 63: 32。该区 GDP 从 1995 年的 48 亿元增长到 2006 年的 318 亿元, 在北京市郊区中保持领先地位。顺义区主体景观结构为农田、城镇、森林等类型。

2 研究方法

2.1 遥感及生态系统分类方法

遥感数据采用 2005 年 5 月 6 日 LandsatTM 影像, 研究区地处燕山山麓冲积平原, 植被组成简单, 影像没有云层干扰, 此时, 该区小麦处于抽穗期, 玉米处于出苗期, 地物类型在 TM 图像上色调差异较为明显。为了提高分类精度, 结合该区域历年资料的 shape 图、DEM、选择训练区, 进行监督

分类。根据反复提取, 发现该区域植被指数 (NDVI) 0.1 可作为植被区与非植被区区别的阈值。运用植被指数, 结合空间、样点资料, 设计该区域农林景观分类标准如图 1。选用波段 3、4、5 波段, 各层次采用去相关拉伸, 相关地物类型差异明显, 结合斑块纹理特征, 可以将农田、农林复合和林地进一步分类。采用分层分类法, 分类结果进行精度评估, kappa 系数为 0.716, 分类效果较好。最终分类单元进行拼接, 在景观水平和生态系统水平分别生成分类图, 转换为矢量格式留待分析。

农林生态系统分类结合生态系统类型和我国土地分类标准 (2002 年全国土地分类标准), 景观水平分为农田、农林复合和林地类型, 生态系统分为 7 种类型 (图 1)。

2.2 样地调查

采用常规野外样地法取样, 在每一种景观类型设置样方, 乔木层样方大小是 10 m × 10 m, 每个样地中, 在四角设置 4 个 2 m × 2 m 的灌木样方, 草本样方为 1 m × 1 m。分别调查每个样方中的乔木的种类、数量、高度、胸径、冠幅, 灌木的种类、数量、高度、盖度、草本的物种数、平均高度和相应的盖度。由于该区多为平原, 除西北零星山区外, 各样地的海拔高度、坡向、坡度相差不大。

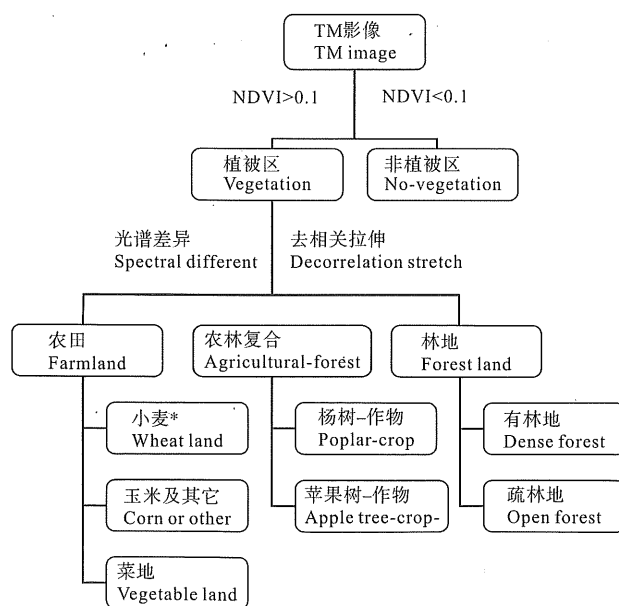


图 1 数据处理流程及景观和生态系统分类
(* 说明: 冬春季为小麦, 夏秋季为玉米、大豆等秋粮作物)
Fig. 1 Data processing route and landscape / ecosystem classification (* Note: In the research site, there are wheat crop for winter or spring season, maize and bean crops for summer and autumn season)

2.3 景观格局及生物多样性分析

2.3.1 景观格局 根据遥感分析结果制作的矢量文件,应用 ArcView3.3 斑块分析软件,分析景观格局。包括斑块数量、平均斑块面积、斑块面积标准差、平均斑块分维数、破碎度指数。计算方程如下。① 斑块数量 (PN) = 某种类型景观斑块的数量;② 平均斑块面积 (MPS) = 某种类型景观斑块的面积/数量;③ 斑块面积标准差 (Patch Size Standard Deviation, PSSD)。

$$PSSD = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n \left[a_{ij} - \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n_i} \right) \right]^2}{n_i}} \left(\frac{1}{10000} \right)$$

其中, a_{ij} 表示景观类型 i 中斑块 j 的面积, n_i 为斑块数量。

④ 平均斑块分维数 (Mean Patch Fractal Dimension, MPFD)

$$MPFD = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln(A_{ij})} \right]}{N}$$

其中 P_{ij} 是景观类型 i 中斑块 j 的周长, A_{ij} 是景观类型 i 中斑块 j 的面积, N 为斑块数目; MPFD 取值范围为 1 ~ 2。

⑤ 破碎度指数 (Fractal Number, FN)

$$FN = (NF - 1) / MPS$$

其中 NF 是景观组分的斑块数目, MPS 为平均斑块面积。

2.3.2 生态系统多样性 将全区划分为 1 km × 1 km 的网格, 计算每个网格内的生态系统类型多样性 (Shannon's Diversity Index, SHDI), 网格内多样性为 1 则表示仅有 1 种类型, 数值越高则表示多样性越高。

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i - \ln P_i)$$

其中 P_i 表示斑块类型 i 在各个方格中所占的面积百分比。

2.3.3 群落和物种多样性 计算各样方的 Shannon-Weaver 指数 (H)、重要值 (I)。

$$H = - \sum_{k=1}^n P_k \ln(P_k)$$

式中, $P_k = N_i / N$, N_i 是样方中第 i 种的个体数, N 为样方所有种的个体总数。

$I =$ 相对密度 + 相对优势度 + 相对频度

其中:

相对密度 = 种的个体数 / 所有种个体的总数 ×

100%

相对盖度 = 种的盖度 / 样方的盖度 × 100%

相对频度 = 种的频度 / 所有种的总频度 × 100%

3 结果与分析

3.1 景观格局与多样性

在景观水平, 按照农田、农林复合、林地分析景观特征。结果表明, 农田斑块数量最多, 达到 14 111 个, 林地次之, 农林复合只有 63 个斑块。但是林地斑块平均面积较大, 平均面积是农田斑块的 2.06 倍。农林复合斑块面积变化较小, 林地斑块中有林地和疏林地表现不同, 其中有林地斑块面积变化较大, 标准差为 37.97 (表 1)。结果也发现, 由于及时采取保护措施, 山区有林地斑块形状较为简单, 斑块维数小; 疏林地斑块 (多为人工造林地) 面积较小, 破碎化程度很大, 不利于疏林地的成长抚育和构建。因此, 建设疏林地时, 应当适当扩大造林地的面积、优化林地边缘形状。

表 1 顺义区农林景观格局

Table 1 Landscape patterns of agricultural-forest in Shunyi District

景观类型	斑块数量	平均斑块面积/hm ²	斑块面积标准差	平均斑块分维数	破碎度指数
农田	14 111	5.89	17.46	1.38	2 395.58
农林复合	63	9.80	8.70	1.35	6.32
林地	8 606	12.14	27.12	1.39	511.49

景观层次的多样性比较简单, 除了顺义区中部有很少量的农林复合景观外, 其他地区均为农田或者林地景观。其中以潮白河两岸和东北山区有较多的林地景观, 其他地区农林景观多交错分布。

3.2 生态系统多样性

根据遥感图像解译及生态系统分类方法, 得到顺义区农林生态系统空间分布图 (图 2)。结果显示, 小麦和玉米地除西南部较少和东北山区没有分布外, 广泛分布于顺义全区; 菜地多分布于城区周围, 集中分布于中南部; 农林复合生态系统有少量零星分布; 有林地集中分布于东北角山区、潮白河中段两岸; 疏林地则散布全区, 多分布于城区周围、河湖和道路两侧。疏林地面积最多, 为 64 584 hm², 小麦面积其次, 为 39 957 hm², 玉米及其它作物为 30 234 hm², 农林复合地面积最少, 为 618 hm²。

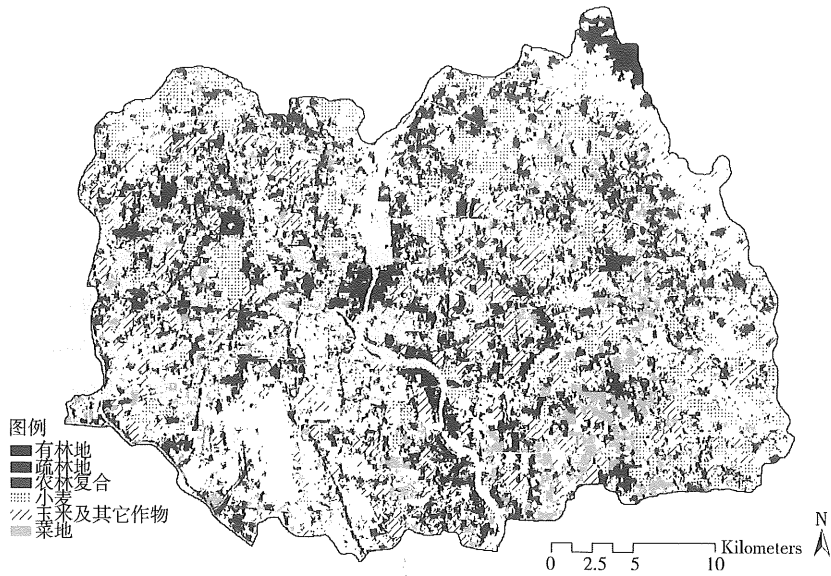


图 2 顺义区农林生态系统类型分布格局

Fig. 2 Spatial pattern of agriculture-forest ecosystem in Shunyi District

在春夏之交的季节，顺义区农田景观主要由小麦、玉米、菜地等生态系统组成，农林复合景观由杨树 - 作物生态系统以及苹果树 - 作物生态系统组成，林地景观由有林地和疏林地组成。生态系统及群落分类结果见表 2。计算 1 km × 1 km 各网格的多样性指数，得到顺义区农林生态系统多样性分布

图 (图 3)。图 3 显示，农林多样性指数多介于 0.29 ~ 0.92 之间，多样性指数分布很不均匀。其中，顺义区东北部由于林地的大面积分布，多样性较低；而在中南部、西北部局部等地区由于农林生态系统类型丰富，多样性较高。

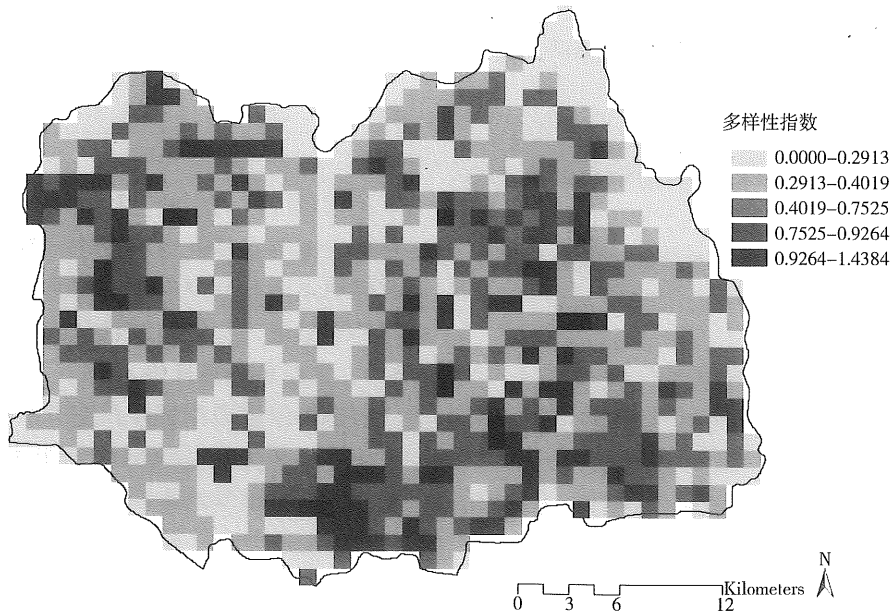


图 3 顺义区农林生态系统多样性分布图

Fig. 3 Spatial distribution of landscape diversity of agriculture-forest ecosystem in Shunyi District

3.3 群落和物种多样性

根据野外样地调查，顺义区农林生态系统的主要群落类型总结于表 2。比较各群落类型物种重要

值，大田作物群落多含 2 ~ 3 种主要杂草。大豆地以及玉米地均以狗尾草、马唐为主，菜地则以马齿苋、反枝苋为主，重要值较低。农林间作田杂草的

重要值进一步降低，杂草之间重要值相近。人工杨草。由于有林地植物组成较为丰富，多个物种的重要值均较高。

表 2 顺义区农林景观主要群落类型

Table 2 Important community types in agricultural-forest landscape in Shunyi District

景观类型	生态系统类型	群落类型	主要物种 (重要值)
农田	大豆	大豆 - 狗尾草	大豆 (1.94) - 狗尾草 (0.74) - 小叶鬼针草 (0.53)
		大豆 - 马唐	大豆 (2.12) - 马唐 (1.33) - 马齿苋 (0.64)
	玉米	玉米 - 马唐	玉米 (2.13) - 马唐 (1.08) - 铁苋菜 (1.04)
		玉米 - 狗尾草	玉米 (1.96) - 狗尾草 (1.04) - 马齿苋 (1.02)
菜地	白菜 - 马齿苋	白菜 (1.63) - 马齿苋 (0.88) - 龙葵 (0.54)	
	萝卜 - 马齿苋	萝卜 (2.10) - 马齿苋 (0.78) - 反枝苋 (0.23)	
农林复合	杨树 - 大豆	大豆 (2.11) - 狗尾草 (0.54) - 铁苋菜 (0.47)	
	苹果树 - 大豆	大豆 (2.05) - 狗尾草 (0.47) - 牛筋草 (0.57)	
林地	有林地	栎木 - 荆条	栎木 (3.00) - 荆条 (1.52) - 隐子草 (0.51)
		侧柏 - 荆条	侧柏 (2.26) - 荆条 (1.42) - 细叶苔草 (1.25)
		黄栌 - 油松 - 荆条	黄栌 (1.59) - 油松 (1.17) - 荆条 (1.42) - 细叶苔草 (1.02)
	疏林地	杨树 - 灌草	杨树 (3.00) - 荆条 (1.87) - 锦鸡儿 (1.22)
		杨树 - 草本	杨树 (3.00) - 反枝苋 (1.62) - 马唐 (1.38)

群落的物种丰富度、Shannon 指数能够直观、有效地反映群落的物种多样性。从物种丰富度 (表 3) 来看，有林地生态系统最高，其中侧柏 - 荆条群落的物种数为 27 种，黄栌 - 油松 - 荆条群

落的物种数为 18 种，种类较为丰富。疏林地群落物种丰富度次之，疏林地 - 作物复合群落较少，大田作物种类数最少。各群落草本层物种最多，由此可以看出，各群落物种丰富度主要受草本层影响。

表 3 顺义区主要群落类型物种多样性¹⁾

Table 3 Species diversity of main community types in agricultural-forest landscape in Shunyi District

生态系统类型	群落类型	物种数目			Shannon 指数		
		I	II	III	I	II	III
大豆	大豆 - 狗尾草	0	0	9	0	0	0.815
	大豆 - 马唐	0	0	10	0	0	0.786
玉米	玉米 - 马唐	0	0	10	0	0	0.638
	玉米 - 狗尾草	0	0	8	0	0	0.722
菜地	白菜 - 马齿苋	0	0	9	0	0	0.822
	萝卜 - 马齿苋	0	0	6	0	0	0.573
杨树 - 大豆复合	大豆	0	0	10	0	0	0.956
	杨树	1	0	0	0	0	0
苹果 - 大豆复合	大豆	0	0	12	0	0	1.025
	苹果树	1	0	0	0	0	0
有林地	栎木 - 荆条	1	3	12	0	0.322	1.347
	侧柏 - 荆条	2	4	21	0.362	1.203	2.528
	黄栌 - 油松 - 荆条	5	4	9	1.724	1.436	1.891
疏林地	杨树 - 灌草	1	3	10	0	0.371	1.646
	杨树 - 草本	1	0	17	0	0	1.732

1) I: 乔木层; II: 灌木层; III: 草本层

比较 Shannon 指数 (表 3)，乔木层和灌木层均以有林地的黄栌 - 油松 - 荆条群落较高，侧柏 - 荆条群落次之，其他群落因为物种单一或者无乔木

层，乔木层均为 0；疏林地群落有一定的灌木层，其他群落则无灌木层。草本层以有林地群落较高，侧柏 - 荆条群落为 2.528，其次为疏林地，大于

1.6. 农田生态系统各群落多样性指数相差不大, 农林复合群落多样性指数比一般农田作物群落的多样性指数高。

4 讨论与结论

通过景观格局、生态系统多样性、植物群落及物种多样性的分析, 本文从不同层次分析了北京市顺义区农林景观的生物多样性。由于该区近期城市化快速推进, 农田和林地景观斑块数量多、面积小, 斑块形状较为简单, 斑块破碎化比较严重。已有研究表明, 斑块面积小、破碎化程度高不利于生物多样性保持^[7], 总体上, 人们偏向于较大的斑块利于生物多样性保护^[8]。本文也表明, 大北沟林场由于保护较好, 以及其他集中连片的大面积造林区, 斑块面积较大, 植物群落丰富, 含有乔木层、灌木层和草本层, 各层物种丰富度和多样性指数较高。值得注意的是, 相对于单纯的农田景观而言, 农林复合景观的物种多样性较丰富。野外调查发现, 农林复合农田内, 高大的乔木与低矮的大田作物形成不同层次的利用空间, 白天形成的不同林斑也改变了大田光照布局, 可能也有利于较高生物多样性分布的形成。顺义区要保持较高的农林生物多样性, 需要考虑造林地的面积和形状, 进一步发展农林复合经营模式。

近年来, 不同土地利用的生物多样性影响研究有所增强^[13-15]。吴建国等^[15]综述了不同土地利用对生物多样性的影响, 指出从物种到生态系统的多层次分析, 利用3S技术监测生物多样性将是未来生物多样性研究的方向之一。利用遥感影像、地理信息系统等, 是监测生物多样性的重要手段。在未来, 遥感可能成为跨越不同时空尺度监测生态系统生物多样性的工具, 这方面的研究在欧美等国已经有了小范围的开展, 在国内刚刚起步^[6]。对于人类难以到达的地区, 以及海洋等大面积的景观以及生态系统水平的监测, 3S技术更具有优势^[9-10]。在种群水平的监测, 如果采用适当方法, 利用遥感影像在一定条件下也能进行植物种群多样性的分析监测^[11-12]。

本文参考前人关于生物多样性分析的方法, 应用遥感影像和地理信息系统, 采取分层分类提取及影像辐射增强处理, 结合野外样方调查, 选取农林景观作为分析对象, 从不同层次分析了顺义区农林生物多样性的现状。未来可以在完善本方法的基础上, 对全区的各类景观和生态系统类型, 例如湿地和水域、灌丛、草地、裸地沙地以及城镇和居民点

等, 进行大量而细致的野外样方调查, 进而从景观-生态系统-群落和物种水平进行生物多样性监测, 为生物多样性的多层次监测提供参考。

参考文献:

- [1] 钱迎倩, 马克平. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165.
- [2] 马克平. 第七届全国生物多样性保护与持续利用研讨会论文集[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 2006: 202-216.
- [3] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学的原理与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 195-208.
- [4] 郭中伟, 李典谟, 甘雅玲. 森林生态系统生物多样性的遥感评价[J]. 生态学报, 2001, 21(8): 1369-1384.
- [5] 牟长城, 倪志英, 李东, 等. 长白山溪流河岸带森林木本植物多样性沿海拔梯度分布规律[J]. 应用生态学报, 2007, 18(5): 943-950.
- [6] 徐文婷, 吴炳方. 遥感用于森林生物多样性监测的进展[J]. 生态学报, 2005, 25(5): 1219-1225.
- [7] PERES C A. Exploring solutions for the tropical biodiversity crisis[J]. Trends in Ecology and Evolution, 1994, 9: 164-165.
- [8] TABARELI M, MANTOVANI W, PERES C A. Effects of habitat fragmentation on plant guild structure in the montane Atlantic forest of southeastern Brazil[J]. Biological Conservation, 1999, 91: 119-127.
- [9] TABARELI M, MARIA J, SILVA C D. Forest fragmentation, synergisms and the impoverishment of Neotropical forests[J]. Biological Conservation, 2004, 17: 1419-1425.
- [10] 岳天祥. 试论生物多样性研究的遥感应用[J]. 生物多样性, 2000, 21(8): 343-346.
- [11] 蔡清海, 杜琦, 钱小明, 等. 福建省三沙湾海洋生态环境质量综合评价[J]. 海洋学报, 2007(2): 55-61.
- [12] THOMAS K, TIMOTHY A, WANER J B, et al. A comparison of multispectral and multitemporal information in high spatial resolution imagery for classification of individual tree species in a temperate hardwood forest[J]. Remote Sensing of Environment, 2001, 75(1): 100-112.
- [13] 黄华梅, 张利权. 上海九段沙互花米草种群动态遥感研究[J]. 植物生态学报, 2007, 31(1): 75-82.
- [14] 王伯荪, 王昌伟, 彭少麟. 生物多样性刍议[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 44(6): 69-71.
- [15] 吴建国, 吕佳佳. 土地利用变化对生物多样性的影响[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1276-1281.