

森林资源调查 空间抽样与数据分析

李明阳 菅利荣 著

SPATIAL SAMPLING

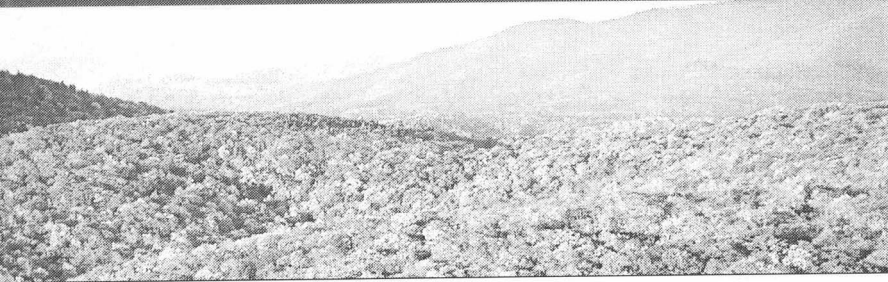
OF FOREST RESOURCES AND SURVEY DATA ANALYSIS

中国林业出版社

国家自然科学基金研究项目 资助

李明阳 菅利荣 著

森林资源调查 空间抽样与数据分析



SPATIAL SAMPLING

OF FOREST RESOURCES AND SURVEY DATA ANALYSIS

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

森林资源调查空间抽样与数据分析/李明阳, 营利荣著. —北京: 中国林业出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-5038-6874-0

I. ①森… II. ①李… ②营… III. ①森林资源调查—研究 IV. ①S757.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302888 号

中国林业出版社·自然保护图书出版中心

责任编辑: 李 敏

出版 中国林业出版社(100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

<http://lycb.forestry.gov.cn> 电话: (010)83280498

E-mail: lmbj@163.com

发行 新华书店北京发行所

印刷 中国铁道出版社印刷厂

版次 2013 年 1 月第 1 版

印次 2013 年 1 月第 1 次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 10.5

字数 256 千字

定价 40.00 元

作者简介



李明阳, 1967 年生。南京林业大学森林资源与环境学院教授, 生态学博士, 博士生导师。自 1992 年以来, 先后主持参加国家级、省部级课题 10 多项, 其中主持国家自然科学基金课题“基于多情境途径的风景林规划方法研究——以紫金山为例”(2006 ~ 2008, 编号 30571490)、国家自然科学基金课题“基于 GIS 的森林资源调查空间平衡抽样理论与方法研究”(2010 ~ 2012, 编号 30972298)、国家自然科学基金课题“基于 MCDA/GIS 的开放式城市风景林可持续经营空间决策方法研究”(2011 ~ 2014, 编号 31170592)、教育部留学回国人员科研启动基金课题“主要外来森林病虫害潜在生境预测方法研究”(2010 ~ 2012), 第二主持国家林业局 948 项目“重要外来森林病虫害记载成图与预测技术引进”(2008 ~ 2012, 编号 2008-4-56)、联合主持国家自然科学基金课题“快速交通对城市近郊大型绿地生态完整性影响及对策研究”(2010 ~ 2012, 编号 50978054) 两项课题。2005 年获得国家留学基金委员会全额资助, 2007 年 7 月至 2008 年 7 月, 以公派访问学者的身份在美国科罗拉多州立大学自然资源与生态实验室学习。在风景林调查规划与合理经营的理论与方法、森林资源调查空间抽样、生物多样性生境空间建模、森林资源空间数据挖掘、森林生态系统可持续经营的管理模式和技术体系及政策法规等方面进行了较为系统的研究。近 10 年来, 发表学术论文 60 多篇, 其中 7 篇被 SCI、EI 检索, 1 篇被 ISTP 检索。1997 年获林业部科技进步三等奖, 2004 年获国家环保总局科技进步三等奖, 2011 年作为主要起草人参与制定国家林业局标准“林场可持续经营状况评价导则”(LY/T 1958-2011)。2008 年出版科研专著《风景林调查规划与合理经营的理论和实践》, 2010 年主编南京林业大学“十一五”精品教材《森林规划设计》。2004 年参编国家“十五”攻关科研专著《生物多样性公约热点研究: 外来物种入侵、生物安全、遗传资源》, 负责第二章“外来入侵物种经济损失评估”的编写, 2007 年参编国家“十五”规划教材《景观生态学》, 负责第八章“景观规划”的编写工作。



管利荣, 1968 年生。南京航空航天大学经济与管理学院教授, 管理工程学博士, 博士生导师。中国(双法)灰色系统专业委员会常务理事, 《灰色系统学刊》编委。自 1995 年以来, 先后主持参加国家级、省部级课题 20 项, 在不确定性评价、预测与决策理论方法、知识管理与数据挖掘方面进行了较为系统的研究。近 10 年来, 在《情报学报》、《控制与决策》、《系统工程学报》等国内外学术期刊与国际会议发表学术论文 40 多篇, 其中 6 篇被 EI 检索。出版专著 2 部, 其中 1 部为英文著作, 由美国 Taylor & Francis 出版, 另一部由科学出版社出版。作为主讲教师之一完成国家级精品课程 1 项, 省级精品课程 1 项。获得江苏省“社科应用研究精品工程”优秀成果一等奖 2 项, 江苏省高校哲学社会科学研究优秀成果奖二等奖 1 项, 江苏省优秀教学成果一等奖 1 项。



前言

Forewords

了解森林资源的现状及变化趋势是森林资源管理工作的前提。由于人力、物力、财力等经济条件的制约和时间的限制,在林业生产实践中通常采用抽样的方法对森林资源进行调查。因此,抽样方案设计成为森林资源管理工作的一项重要内容。简单随机、系统抽样、分层抽样、整群抽样等传统抽样方法是建立在变量随机、样本独立、实验可重复的经典统计学基础之上,而森林资源调查的很多因子不完全是纯随机变量,既有随机性又有结构性,调查因子在空间上的分布具有较强的相关性。因而,采用传统的抽样方法对森林资源进行监测,往往存在着抽样效率低、空间关联性强、适应性差的缺陷。设计一种具有严格统计学基础的、高效低成本的、适应性强的抽样方法,已经成为摆在林业勘察设计工作者面前的一项紧迫任务。空间平衡抽样,使得样本的空间格局与研究总体的空间格局具有近似性,同时能够考虑无反应样本单元对抽样方案的影响。利用地理信息系统(GIS)平台进行空间平衡抽样在建立抽样框、抽样方案可视化、方便样本点的定位和寻找等方面具有较大的优势。

2009年,作者申请项目“基于GIS的森林资源调查空间平衡抽样理论与方法研究”获得国家自然科学基金资助。3年来,课题组在森林资源调查空间平衡抽样的地统计学理论与最优抽样估计,基于GIS的空间平衡抽样算法及实施步骤,空间平衡抽样性能评价指标体系,基于总体表面属性特征的森林资源抽样调查方法比较分析,基于GIS的空间平衡抽样软件研制,基于空间平衡抽样和森林资源连续清查体系的区域森林生物多样性监测网络构建方面进行了系列研究。

在森林资源调查的基础上,对调查成果进行各种空间分析,如空间可达性分析、空间数据挖掘、生境建模,从中揭示出森林资源调查数据库中隐含的森林生态系统空间分布规律,可以为各种森林规划提供科学依据。在森林资源空间数据分析过程中,采用空间平衡抽样的方式提取样本点的生态属性,是空间数据分析

的基础。从这个意义上说,空间抽样调查是空间数据分析的基础,而空间数据分析是空间抽样调查理论与方法应用的进一步深化。

在空间分析方面,课题组在森林生物量空间分布规律知识发现、城市郊区的公园绿地空间可达性分析、城市郊区生物多样性保护的核心绿地分析、森林健康知识空间挖掘、外来森林病虫害潜在生境预测及气候变化情景下动态分析、濒危野生动物潜在生境及其变化预测分析方面进行了较为系统的研究。

在上述研究的基础上,作为国家自然科学基金“基于 GIS 的森林资源调查空间平衡抽样理论与方法研究”(30972298)的主要成果,在吸收国家自然科学基金课题(71173104)及其他科研项目部分成果的基础上,从 2011 年 10 月起,开始撰写此书。全书分为森林资源调查空间抽样、森林资源空间数据分析两大部分。第一部分包括森林资源调查空间抽样概述、森林资源空间抽样理论基础、森林资源空间平衡抽样性能评价、空间平衡抽样在森林生物多样性监测网络构建中的应用、基于 GIS 的空间抽样软件分析与研制五章内容,第二部分包括森林资源空间数据分析、生境空间建模及预测分析两章内容。

在第一章“森林资源调查空间抽样概述”中,详细分析了森林资源调查中简单随机、系统抽样、分层抽样、整群抽样几种常用抽样方法的主要技术特点,介绍了空间抽样的基本思路及样本布局、样点选择、样本优化的基本方法。在第二章“森林资源调查空间抽样理论基础”中,主要探讨了空间平衡抽样的地统计学理论基础及分析方法,介绍了基于通用随机方格分层算法(GRTS)、反向随机四分递归栅格算法(RRQRR)两种算法的空间平衡抽样实施步骤,从不等概抽样的角度,分析了空间平衡抽样参数估计方法。在第三章“森林资源调查空间平衡抽样性能评价”中,以连续面状分布的风景林、线状分布的地物(道路)、离散面状分布的地物(湖泊)、斑块状离散分布的野生动物生境为调查对象,与简单随机抽样、系统抽样等传统抽样方法相比,分析空间平衡抽样在降低空间相关性、提高抽样效率、降低抽样误差等方面的技术优势。除此之外,该章还分析了如何根据调查总体的表面属性特征,有针对性地选择抽样方案,从而提高抽样估计效率的方法。第四章“空间平衡抽样在森林生物多样性监测网络构建中的应用”主要针对我国森林资源连续清查体系在生物多样性监测中存在的缺点和不足,以南方重点林区湖南省为例,在明确影响森林生物多样性主要环境因素基础上,通过空间平衡抽样、改进的 Whittaker 样地设计,构建省级尺度上森林生物多样性监测网络。第五章“基于 GIS 的空间抽样软件分析与研制”,在介绍基于 GIS 平台的抽样模拟软件基本功能基础上,分析了 4 种抽样模拟软件的性能特点,并以 Python 为开发工具,开发出一种基于 ArcGIS 平台、界面友好、使用方便的插件式平衡抽样计算机模拟软件,并通过南京紫金山国家森林公园蓄积量模拟抽样案例研究,对各种软件抽样性能进行了比较分析。第六章“森林资源空间数据分析”,以森林资源连续清查数据、森林规划设计调查数据、专项调查数据为主要信息源,采用空间热点探测、趋势

面分析、地理加权回归、C5.0 决策树分析方法对森林生物量空间分布规律进行挖掘,采用两步移动搜索法(2SFCA)对城市郊区的公园绿地空间可达性进行分析,采用景观连通性指数对南京东郊生物多样性保护的核心绿地进行分析,采用主成分分析、空间聚类方法对江苏省句容市下蜀镇的森林健康知识进行挖掘。第七章“生境空间建模及预测分析”的内容可以分为两个部分,第一部分对我国外来森林病虫害松材线虫(*Bursaphelenchus xylophilus*)、美国入侵物种南方松大小蠹(*Dendroctonus frontalis*)的潜在生境及气候变化情景下生境动态进行了分析,第二部分是对广西白头叶猴(*Trachypithecus leucocephalus*)、东北丹顶鹤(*Grus japonensis*)等濒危野生动物潜在生境及其变化进行预测分析。

与已经出版的同类科研专著相比,本书具有以下特点:

第一,空间平衡抽样理论、方法、程序一体化有机结合。本书不但介绍了森林资源调查空间平衡抽样的地统计学理论与最优抽样估计方法,而且详细分析了基于 GIS 的空间平衡抽样算法及实施步骤,研制了基于 GIS 的空间平衡抽样软件。空间平衡抽样理论、方法、程序有机地结合为一体,能够促进空间平衡抽样方法在森林资源调查领域深层次的应用。

第二,理论研究和实证分析相结合。本书不但对空间平衡抽样的理论基础进行了较为深入的分析,在空间平衡抽样性能评价、空间数据挖掘、生境建模、森林生物多样性监测网络构建方面,分别以南京紫金山国家森林公园、南京东郊绿地、河南省重点林区西峡县、我国南方重点林区湖南省、丹顶鹤重要繁殖地扎龙湿地为研究地区,进行了大量的案例研究和实证分析。

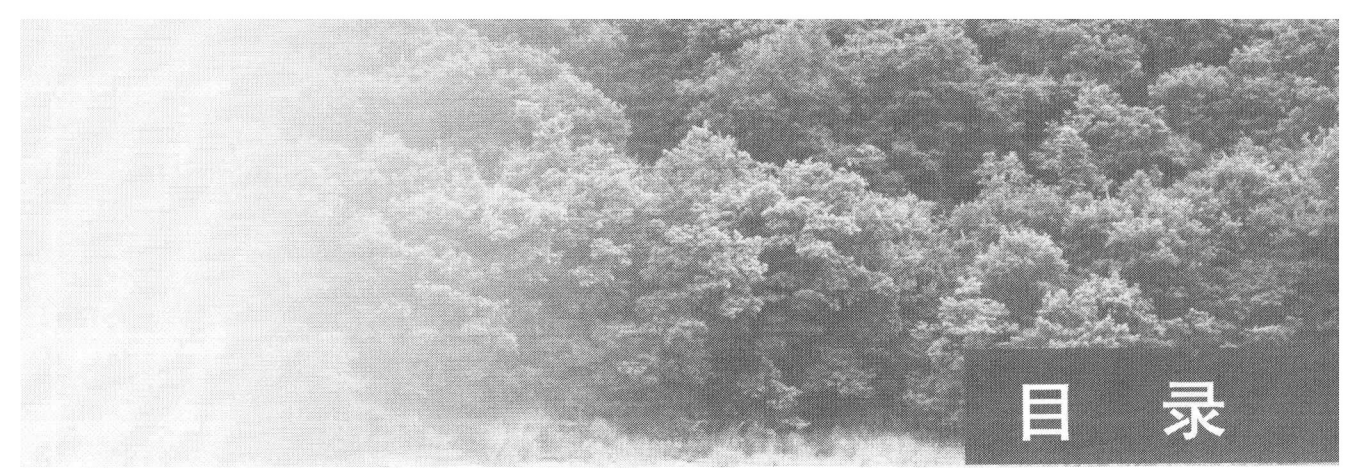
第三,野外调查、计算机模拟、情景分析、景观实验的研究方法。本书借鉴了遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、地理信息系统(GIS)、地统计学分析等自然科学技术成果,通过野外 GPS 定点调查,分析外来森林病虫害的空间发生规律和濒危野生动物的痕迹点;通过计算机情景模拟,建立基于 GIS 平台的空间平衡抽样性能评价指标。在濒危野生动物潜在生境空间建模、城市郊区的公园绿地空间可达性分析中采用了情景分析。通过 GIS 平台的景观对比实验,进行不同抽样方法性能比较分析。野外调查、计算机模拟、情景分析、景观实验研究方法的综合应用,克服了现场试验与实地验证成本高、操作技术复杂、研究周期长、经济不可行的弊端。

本书得以出版,感谢国家自然科学基金提供资助。在写作过程中,得到了东南大学建筑学院王晓俊教授、国家环保部南京环境科学研究所吴军副研究员、南京林业大学理学院吕忠全副教授、南京林业大学计算机科学与技术学院王闾博士大力支持,在野外调查、资料整理、数据分析过程中,得到南京林业大学森林资源与环境学院森林经理学硕士研究生刘敏、刘米兰、徐婷、姜文倩的大力帮助。本书的大部分内容是作者过去 3 年科研成果的结晶,其中不少章节已经以学术论文的形式公开发表。为力求形成完整的内容体系,本书在撰写过程中还参考和引

用了国内外不同学者在这一领域的文献和成果，已在本书后的参考文献中尽可能一一标明。在此，谨表衷心的感谢。因时间仓促，个别资料引用的参考标注难免有挂一漏万之处，恳请相关专家、学者见谅。由于森林资源调查空间抽样与空间数据分析是个新兴的领域，涉及的学科较多，实践中遇到的问题十分复杂，也由于时间、资金、设备的限制，更由于作者才疏学浅，本书难免存在不当之处，恳请读者批评指正。

著者

2012年10月于南京



目 录

Contents

前 言

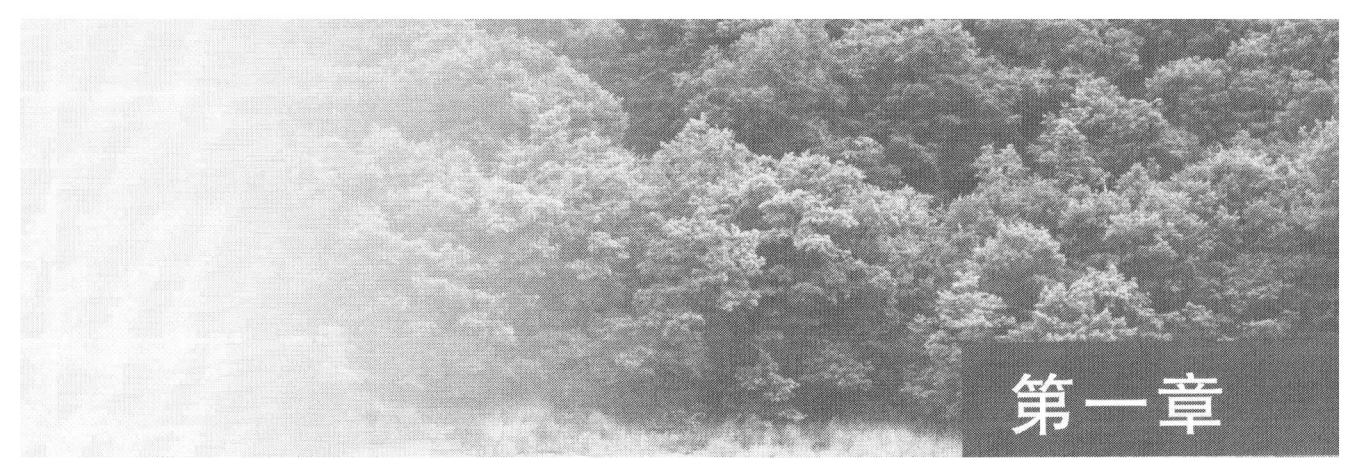
第一章 森林资源调查空间抽样概述	(1)
第一节 森林资源调查技术概述	(1)
一、森林调查的目的和任务	(1)
二、森林调查的种类	(2)
三、森林资源调查技术发展概况	(2)
四、森林资源调查主要技术简介	(3)
第二节 森林资源抽样调查方法简介	(5)
一、抽样调查基本概念	(5)
二、抽样方法	(6)
第三节 传统森林资源抽样方法存在的缺陷	(7)
一、传统概率抽样方法简介	(7)
二、传统概率抽样方法比较分析	(8)
第四节 森林资源调查空间抽样	(10)
一、空间抽样问题的提出	(10)
二、空间抽样问题	(10)
三、空间抽样方法	(11)
第二章 森林资源调查空间平衡抽样理论基础	(16)
第一节 空间平衡抽样兴起的历史背景	(16)
一、森林资源调查中的空间自相关现象	(16)
二、森林资源调查中的无反应样本单元现象	(17)
三、空间平衡抽样方法的基本思想	(17)
四、基于 GIS 的空间平衡抽样优势	(18)

第二节	空间平衡抽样的地统计学原理	(18)
一、	地统计学兴起的背景	(18)
二、	地统计学与经典统计学的区别	(19)
三、	地统计学的分析方法	(19)
第三节	基于 GIS 的森林调查因子地统计学分析	(21)
一、	研究背景	(21)
二、	材料与方法	(22)
三、	结果与分析	(24)
四、	结论与讨论	(26)
第四节	空间平衡抽样算法	(27)
一、	通用随机方格分层算法的抽样步骤	(27)
二、	反向随机四分递归栅格算法	(28)
第五节	空间平衡抽样参数估计方法	(29)
一、	不等概抽样概述	(29)
二、	不等概抽样参数估计方法	(31)
三、	空间平衡抽样参数估计方法	(32)
第三章	森林资源调查空间平衡抽样性能评价	(35)
第一节	城市森林公园风景林美景度空间平衡抽样	(35)
一、	研究背景	(35)
二、	材料和方法	(36)
三、	结果与分析	(36)
四、	结论与讨论	(38)
第二节	野生动物资源空间平衡抽样调查方法研究	(38)
一、	研究背景	(38)
二、	研究地区概况	(39)
三、	材料与方法	(40)
四、	结果与分析	(41)
五、	结论与讨论	(43)
第三节	线状地物、面状地物空间平衡抽样性能分析	(44)
一、	研究背景	(44)
二、	材料与方法	(44)
三、	结果与分析	(45)
四、	结论与讨论	(48)
第四节	基于 GIS 和高分辨率遥感数据的城市绿地抽样调查方法研究	(49)
一、	研究背景	(49)
二、	材料与方法	(49)
三、	结果与分析	(50)
四、	研究结论	(51)

第五节	基于总体表面属性特征的森林资源抽样方法比较分析	(52)
一、研究背景	(52)	
二、研究方法	(53)	
三、结果与分析	(56)	
四、结论与讨论	(57)	
第四章	空间平衡抽样在森林生物多样性监测网络构建中的应用	(59)
第一节	森林生物多样性监测概述	(59)
一、生物多样性监测的目的	(59)	
二、生物多样性监测内容	(60)	
三、森林生物多样性监测进展	(60)	
第二节	基于连续清查体系的森林生物多样性监测体系构建	(61)
一、基于连续清查体系的生物多样性监测存在的问题	(61)	
二、中国森林生物多样性监测网络介绍	(62)	
三、基于连续清查体系的森林生物多样性监测体系构建	(62)	
第三节	研究方法	(63)
一、研究区域概况	(63)	
二、数据来源与预处理	(64)	
三、改进的 Whittaker 取样方法	(64)	
第四节	结果与分析	(65)
一、森林生物多样性空间布局分析	(65)	
二、样本点空间分布分析	(66)	
三、空间平衡抽样效率分析	(66)	
四、生物多样性监测样地布设方法	(67)	
第五节	结论与讨论	(68)
第五章	基于 GIS 的空间抽样软件分析与研制	(70)
第一节	研究背景	(70)
第二节	抽样模拟软件基本功能	(71)
第三节	常用抽样模拟软件简介	(72)
一、传统抽样模拟软件 Hawth's Tools	(72)	
二、空间抽样与统计推断软件 SSSI	(72)	
三、空间平衡抽样软件 RRQRR	(73)	
四、空间平衡抽样软件 S-Draw	(74)	
第四节	基于 GIS 的森林资源空间平衡抽样 GRTS 插件研制	(75)
一、研究背景	(75)	
二、GRTS 插件设计	(76)	
三、GRTS 插件软件 Python 代码段示例	(76)	
第五节	不同抽样软件性能比较分析	(78)

一、研究方法	(78)
二、结果与分析	(80)
三、结论与讨论	(80)
第六章 森林资源空间数据分析	(81)
第一节 森林资源空间数据分析概述	(81)
一、空间数据分析的必要性	(81)
二、空间数据的属性	(82)
三、森林资源空间数据特点	(83)
第二节 森林资源空间数据分析内容	(83)
一、按空间数据分析的方法分类	(84)
二、按空间数据分析的技术分类	(86)
第三节 基于一类清查数据的生物量空间知识发现方法研究	(89)
一、研究背景	(89)
二、研究区概况	(89)
三、材料与方法	(90)
四、结果与分析	(92)
五、结论与讨论	(95)
第四节 基于 2SFCA 的城市郊区公园绿地空间可达性分析	(95)
一、研究背景	(95)
二、研究区概况	(96)
三、材料和方法	(96)
四、结果与分析	(97)
五、结论与讨论	(99)
第五节 南京东郊生物多样性保护核心绿地分析方法研究	(99)
一、研究背景	(99)
二、研究区概况	(100)
三、材料与方法	(100)
四、结果与分析	(102)
五、结论与讨论	(104)
第六节 森林健康知识空间挖掘方法研究——以下蜀镇为例	(104)
一、研究背景	(104)
二、研究方法	(105)
三、结果与分析	(106)
四、结论与讨论	(110)
第七节 空间数据分析软件	(110)
一、空间数据分析软件必备的基本功能	(111)
二、常用空间分析软件包简介	(111)
三、空间数据分析软件发展趋势	(118)

第七章 生境空间建模及预测分析	(120)
第一节 江苏省松材线虫病空间发生预测方法研究	(120)
一、研究背景	(120)
二、材料和方法	(121)
三、结果与分析	(123)
四、结论与讨论	(126)
第二节 气候变化情景下美国南方松大小蠹潜在生境变化分析	(127)
一、研究背景	(127)
二、材料与方法	(128)
三、结果与分析	(129)
四、结论与讨论	(131)
第三节 基于 Maxent 模型的白头叶猴潜在生境评价研究	(132)
一、研究背景	(132)
二、材料和方法	(133)
三、研究结果	(136)
四、结论与讨论	(138)
第四节 气候变暖情景下东北丹顶鹤繁殖地植被生境变化分析	(138)
一、研究背景	(138)
二、研究方法	(139)
三、结果与分析	(141)
四、结论与讨论	(144)
第五节 扎龙湿地丹顶鹤繁殖生境变化驱动因素分析	(145)
一、研究背景	(145)
二、研究方法	(146)
三、结果与分析	(147)
四、结论与讨论	(150)
参考文献	(151)



第一章

森林资源调查空间抽样概述

本章在对森林资源调查的目的、任务、种类、技术发展概况进行概述的基础上，简单介绍了目测调查、抽样调查、角规测树、3S技术等森林调查常用技术，较为详细地分析了森林资源调查中简单随机、系统抽样、分层抽样、整群抽样几种常用抽样方法的主要技术特点。针对传统抽样方法存在的样本单元变异性大、抽样精度低，空间关联性强、样本代表性低，对抽样框变化、无反应样本单元适应性差的缺点，介绍了空间抽样的基本思路，并就样本布局、样点选择、样本优化等空间抽样的关键技术环节进行了较为详细的分析。

第一节 森林资源调查技术概述

森林资源调查也称为森林调查，是指依据森林经营的目的、要求，系统地采集、处理、预测森林资源有关信息的工作。它应用测量、测树、遥感、各种专业调查、抽样及电子计算机技术等手段，以查清指定范围内的森林数量、质量、分布、生长、消耗、立地质量评价，以及可及性等，为制定林业方针政策和科学经营森林提供依据，调查的内容主要包括森林资源状况、森林经营历史、经营条件及未来发展等方面。

一、森林调查的目的和任务

森林资源调查是为国家、地区及森林经营单位制定林业方针政策，编制林业区划、规划、计划，指导林业生产而提供基础资源数据，为实现森林资源合理经营、科学管理、永续利用、持续发展，充分发挥森林生态效益、经济效益、社会效益服务。森林资源调查的具体任务是用科学方法和先进技术手段，查清森林资源数量、质量及其消长变化状况、变化规律，客观反映森林生长的自然、经济、社会条件，从而进行综合分析和评价，全面准确地提供所需有关森林资源的调查成果资料。森林调查的信息，主要有以下几方面的用途：

- ①为国家 and 各级地方政府制定经济和环境发展计划或规划、方针、政策等提供依据；
- ②为林业企业事业单位制定长期、中期、短期或年度计划提供依据；
- ③检查、评价森林经营效果和计划执行情况。

二、森林调查的种类

森林调查的种类多种多样，各类调查的方法、目的、内容等也有所不同。在我国，根据调查的目的和范围将森林调查分为三大类：全国森林资源清查（简称一类调查）、森林经理调查（简称二类调查）、作业设计调查（简称三类调查）。各类调查的目的、对象、范围、方法、内容及详细程度各不相同，因此，各类调查是不可相互代替的。

①以全国（大区或省）为对象的森林调查，称为“国家森林资源连续清查”（原称为“全国森林资源连续清查”），简称“一类调查”。调查的目的是为了掌握调查区域内森林资源的宏观状况，为制定或调整林业方针政策、规划、计划提供依据。

②以森林资源经营管理的企事业单位和行政县、乡（镇）或相当于县、乡（镇）的单位为对象的森林调查称为“森林资源规划设计调查”（原称为“森林经理调查”），简称“二类调查”。此类调查的目的是为了县级林业区划，企事业单位的森林区划提供依据，编制森林经营方案，制定林业生产计划等。

③主要为满足林业企业伐区设计、造林设计、抚育采伐设计等而进行的“作业调查”，简称“三类调查”，调查的目的主要是对将要进行生产作业的区域进行调查，以便了解生产区域内的资源状况、生产条件等内容。

三、森林资源调查技术发展概况

我国的森林资源调查事业是1949年新中国成立后才发展起来的。随着国民经济建设的发展，1950年首先在东北组建森林调查队伍，开展了长白山、小兴安岭林区的森林调查工作。随后全国各地相继组建调查队伍，并开展了森林资源调查工作。60多年来，随着林业事业的发展、科学技术的进步，森林资源调查技术在基本理论、技术水平、技术手段、工艺操作、规范标准等方面，都有较大发展。总结我国森林资源调查技术的发展，60多年来经历了摸索、开创、学习、革新、提高和发展的过程。

20世纪50年代初期，森林资源调查主要采用经纬仪或罗盘仪进行测量，控制调查面积。利用方格法区划林班、小班，设置带状标准地，进行每木检尺以计算森林蓄积。对地形复杂地区采用自然区划和人工区划相结合的方法进行调查。这一阶段基本上是我国森林资源调查队伍和调查技术从无到有的摸索和开创阶段。20世纪50年代中期，开展了森林航空测量、森林航空调查和地面综合调查工作，从而建立了以航空相片为手段，以目测调查为基础的森林调查技术体系，并开始采用森林航空调查方法进行大面积森林资源调查。森林航空调查技术在20世纪60年代中期和20世纪80年代后期大兴安岭森林火灾调查中得到了应用。20世纪50年代后期，引进了角规测树技术，由于其方法简单、操作方便、精度可靠、效益高，因而在全国得到广泛应用。

20世纪60年代初，随着技术革新的掀起，我国森林资源调查也进行了新技术、新方

法的试验研究。20 世纪 60 年代中期引进了以数理统计为理论基础的抽样技术,在全国广泛推广了分层抽样调查方法,为数理统计在森林调查中的应用奠定了基础,这是我国森林调查技术的重大突破和转折。随后又进行了多种抽样调查方法的试验和应用,如两阶和多阶抽样、回归估测、双重回归抽样等调查方法,并取得成功,从而使我国森林资源调查技术提高到一个新水平,在调查精度、质量、效益等方面均取得显著成效。

20 世纪 70 年代,考虑到以往森林资源调查方法,都是一次独立性调查,前后期调查结果缺乏连续性、可比性,得不到确切的资源消长变化动态信息。1977 年原林业部决定在全国建立森林资源连续清查体系。首先在江西省组织了全国试点工作,取得成功后,于 1978 年开始,先后在全国各省(自治区、直辖市)全面展开。这种清查是以省(自治区、直辖市)为总体,以数理统计理论为基础,根据预定精度要求,按系统抽样原则,在地面设置固定样地,精确进行测定。每 5 年为一间隔期,进行重复调查,以便准确获得森林资源现状和森林资源消长变化动态信息,掌握资源变化规律,分析林业经营效果,预测森林资源变化趋势。到目前为止,我国森林资源连续清查体系已建成,并日趋完善。

从 20 世纪 80 年代到 2008 年,全国各省(自治区、直辖市)在初建体系的基础上,已先后进行了 5 次复查,每期复查均获得全国最新森林资源信息。由于各地复查固定样地的复位率较高,增强了前后期调查成果的可比性,从而为准确掌握森林资源消长变化规律奠定了可靠基础,为宏观监测全国森林资源动态起到保证作用。截至 2008 年,我国已在全国范围内建立了由 41.5 万个固定样地组成的森林资源连续清查体系,这是对森林资源调查技术的提高和发展,无论在技术上、规模上和组织体系方面均属世界首创。随着科学技术的发展,新技术在森林资源调查领域被不断引进和得到推广应用,如“3S”技术、电子计算机技术等已被广泛运用于森林资源调查、规划设计和资源管理工作中,并取得较好成效。

四、森林资源调查主要技术简介

1. 目测调查

目测调查是凭借测树经验和简单工具、仪器和数表,对林木、林分的特征或指标进行估测的森林调查方法,分目测练习和小班目测两个步骤。目测调查以树木生物学特性、林分结构规律、森林生态学理论为依据,主要用于森林经理小班调查、航空目视调查和抽样调查的预估阶段。中国从 1955 年开始在森林经理小班调查、航空目视调查中应用。

2. 森林抽样调查

森林抽样调查是在调查范围内按统计原理抽取部分单元,测定后估计全林的森林调查方法。森林抽样调查包括踏勘、预备调查、抽样方案设计、外业测定、内业分析等环节。此方法主要用于清查一定范围内的森林资源的各项因子,如面积、蓄积、生长量、枯损量以及森林与立地的质量等。

18 世纪末林业上首次应用抽样法。19 世纪 40 年代,瑞典开始用带状样地进行区域性的森林资源清查。20 世纪初,数理统计学引入森林调查后,逐渐发展成应用数理统计学原理的森林抽样调查方法,并在北欧三国(挪威、芬兰、瑞典)首先使用。中国从 20 世纪 60 年代初开始推广森林抽样调查技术,目前主要采用系统抽样、分层抽样、双重抽样等

抽样方法。

3. 角规测树

角规测树(又称无样地抽样、可变样地抽样)是用角规观测抽取样木的测树方法。其特点是每株林木被抽中的概率与某个测树因子(直径、树高、断面积)的大小成正比;不需量测样地边界、面积、样木大小,就可以估计林分单位面积上的断面积。中国从1956年引入角规测树方法后,已在森林资源调查中得到广泛应用。

4. “3S”技术

遥感(Remote Sensing, RS)是一种以应用物理手段、数学方法和地理学规律等为基础的综合探测技术,是一门先进而有效的资源与环境信息获取技术。遥感信息具有宏观、动态、快速、多源等特点,在我国林业中特别是森林资源监测与管理中起到了重要作用。如三北防护林遥感综合调查,在两年时间里查清了占全国总面积约60%的三北地区森林、草场等再生资源的面积等,使国家有关部门及时掌握了该地区的资源变化情况。遥感的分类依据标准的不同而不同,如根据工作平台的不同,可分为地面遥感、航空遥感和航天遥感;根据电磁波的工作波段不同,可分为紫外遥感、可见光遥感、红外遥感、微波遥感。森林航空调查技术产生于20世纪20年代。1921年,苏联图尔斯基(E. И. Туркский)首次提出了用航空相片进行森林调查。中国林业航空摄影始于1936年。1954年开始应用航空相片进行航空调查。此后,中国先后在东北、西北、西南及南方的主要林区进行过航空调查。航天遥感技术的不断发展为提高森林资源调查精度、降低调查成本和劳动强度提供了现实的可能性。森林资源遥感调查技术主要包括图像处理技术、地面调查抽样技术、目视解译标志、建立卫片区划判读技术和数学模型技术等五大环节。

全球定位系统(Global Positioning System, GPS)是全球卫星定位导航系统的简称,它主要由三大部分组成:空间星座部分、地面监控部分和用户设备。其工作原理及特点主要是通过分布在六个极地轨道面上的24颗通讯卫星提供全天候的、实时的地理信息,用户接收机根据接收到的卫星信息,实时计算出所处的位置,从而达到精确定位和导航的目的。应用GPS技术进行森林资源调查,有利于提高森林调查质量和水平,提高作业效率和综合效益,减少作业环境的负面影响。目前,GPS技术在我国森林资源调查,特别是二类调查中已经被逐步推广使用,并取得了良好的效益。

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是地理空间信息储存、检索、分析和利用的计算机综合应用系统,它集计算机制图、遥感、数字图像处理数据库等多种技术于一体,具有综合分析和处理各种空间数据的能力。设计和建立森林资源地理信息系统,对森林资源进行科学化管理,不但可充分利用卡片数据和图面信息进行查询分析,而且使外业调查工作量大为减少,节约成本,并可随时更新图面信息和调查卡片的数据,掌握森林资源动态变化情况。目前,森林资源地理信息系统在调查规划设计调查领域的应用主要体现在以下几个方面:调查材料成果的更新修改、查询分析、自动成图等。