

森林立地与林木 评估模型

SENLIN LIDI YU LINMU PINGGU MOXING

■ 刘悦翠 著



西北农林科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

森林立地与林木评估模型/刘悦翠著. —杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006

ISBN 7-81092-250-5

I. 森… II. 刘… III. ①森林生境-评价模型 ②林分-评价模型 IV. ①S718.53 ②S75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008872 号

森林立地与林木评估模型

刘悦翠 著

出版发行	西北农林科技大学出版社	
地 址	陕西杨凌杨武路 3 号	邮 编: 712100
电 话	总编室: 029—87093105	发行部: 87093302
电子邮箱	press0809@163.com	
印 刷	杨凌三和印务有限公司	
版 次	2006 年 3 月第 1 版	
印 次	2006 年 3 月第 1 次	
开 本	850 mm×1168 mm 1/32	
印 张	11.5	
字 数	288 千字	

ISBN 7-81092-250-5/S · 105

定价 17.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系

内 容 提 要

本书详细介绍了森林立地与林木评估模型的国内外评估理论与发展趋势；重点论述了森林立地与林木评估模型的构模原理、模型参数的求解方法、最优模型的选择方法、模型适用性的检验方法、模型推广应用的可行性验证，以及森林立地与林木评估表的编制方法、评估表推广应用的可行性验证。

全书共 12 章，内容包括：立木相对直径模型，树干表面积模型，立木材积模型，立木树皮材积模型，立木材积生长量模型，胸高形数模型，群体决策法与材积方差模型，林分生长与收获模型，林分材种出材量模型，立地质量预测模型——FUZZRY 模型、数量化理论 I 模型，主成分分析模型、多元线性回归模型，系统聚类模型与模糊聚类模型及各类应用数表的编制。

本书可供资源、环境监测与资源、环境管理部门的研究人员及技术开发、推广人员使用，也可供资源信息管理人员使用，还可供林学、生物数学专业的科研与教学人员使用。

目 录

绪论	(1)
第1章 立木相对直径模型	(30)
1.1 相对高 $d_{0.1}=d_{1.3}f(h, \theta)$ 模型群	(30)
1.2 相对高 $d_i=f(d_{1.3}, \theta)$ 幂函数模型群	(36)
1.3 相对高 $d_i=f(d_{1.3}, \theta)$ 线性模型群	(43)
1.4 立木相对削度表	(49)
第2章 树干表面积模型	(62)
2.1 伐倒木相对区分法树干表面积模型	(62)
2.2 伐倒木绝对区分法树干表面积模型	(67)
2.3 二元立木树干表面积模型	(71)
2.4 一元立木树干表面积模型	(87)
2.5 林分树干表面积模型	(90)
第3章 立木材积模型	(96)
3.1 相对削度法材积模型	(96)
3.2 相对形率法材积模型	(108)
3.3 简单圆柱体法材积模型	(116)
3.4 相对削度法材积模型应用	(122)
3.5 材积模型研究结果	(130)
第4章 立木树皮材积模型	(135)
4.1 立木树皮直径模型	(135)

4.2	树种相对树皮直径率系列模型	(137)
4.3	立木树皮材积模型	(140)
4.4	立木树皮材积率模型	(146)
第5章	立木材积生长量模型	(150)
5.1	生长量模型建模数据的采选	(150)
5.2	相对干形法材积连年生长量模型	(151)
5.3	树干表面积法材积生长量模型	(161)
5.4	立木材积生长率模型	(164)
5.5	立木材积生长率模型应用	(177)
第6章	胸高形数模型	(193)
6.1	胸高形数 $f_{1.3}=f^2(h, \theta)$ 模型	(193)
6.2	胸高形数 $f_{1.3}=f^2(d_{1.3}, \theta)$ 模型	(202)
第7章	群体决策法与材积方差模型	(208)
7.1	材积方差模型	(209)
7.2	权重模型	(211)
7.3	材积模型加权求解法	(212)
7.4	群体决策法优选数学模型	(218)
第8章	林分生长与收获模型	(230)
8.1	林分平均直径模型	(231)
8.2	林分优势高模型	(232)
8.3	林分平均高模型	(233)
8.4	林分断面积模型	(234)

8.5	林分蓄积模型·····	(235)
8.6	林分经营密度模型·····	(237)
8.7	林分现实收获表编制·····	(238)
8.8	林分标准收获表编制·····	(239)
第9章	林分材种出材量模型·····	(255)
9.1	立木材种出材量模型·····	(255)
9.2	林分材种出材量模型·····	(265)
第10章	FUZZY 预测法与数量化 I 模型·····	(277)
10.1	地位指数 FUZZY 预测模型·····	(277)
10.2	地位指数数量化 I 混合预测模型·····	(297)
10.3	落叶松数量化理论 I 模型应用·····	(304)
第11章	主成分分析法与多元线性回归模型·····	(321)
11.1	主成分分析法筛选主导因子·····	(321)
11.2	多元回归模型预测林地潜力·····	(328)
11.3	因子筛选与回归模型研究结果·····	(333)
第12章	系统聚类法与模糊聚类模型·····	(334)
12.1	模型数据的处理方法·····	(334)
12.2	系统聚类模型·····	(338)
12.3	模糊 (Fuzzy) 聚类模型·····	(342)
12.4	两种研究方法比较评价·····	(346)
参考文献	·····	(347)

绪 论

森林与立地历来是林业行业人们关注与研究的重点。随着全球人居环境的日益恶化,更引起人类对森林与立地的关注与重视。

1 研究背景

1.1 森林资源危机

森林是人类创造文明的脊梁,森林是大多陆地物种的集聚地,森林物种的相互作用,使地球成为适宜于包括人类在内的所有物种栖息的星球。20 世纪,地球上约 45%的原始森林已经消失。森林的碎化、退化和完全丧失带给物种毁灭性的威胁,人类生命的支持系统正在逐步地弱化。森林减少,物种消逝,人类明天的食品、药品、木材、燃料、洁净水、氧气、景观游憩业减少;森林减少,地表破坏,自然界安全地吸收人类排放物的能力衰退;森林减少,地球升温,高温增加了人类的降温、抗旱成本;森林减少,旱涝、泥石流频繁发生。森林的存在,提供了大量支撑人类生活的物质、服务和安全感,森林的沉浮是制约人类持续发展的瓶颈。

1.2 林分出现新矛盾

自 20 世纪 80 年代以来,特别是 1998 年,我国实施了天然林资源保护工程,工程在 12 个省(区)开展试点,2000 年在 17 个省(区、市)全面启动。我国政府在森林恢复和保护上投入了巨额资金,并把政府林业工作的重点从木材生产转移到生态建设上来,实行木材生产停伐减产,加大了森林管护力度。经过长期的封山育林,森林又出现了枯立木增多、林相不整、林分密度过大等现实问题,需要进行适度的抚育采伐。林分最佳株数分布及最佳林分密度需进一步研究。因此,以何种方式、何种策略以达到何种林分状态,需要研究解决。

1.3 野外观测共享数据库建设

数据库建设是森林监测发展的动力与技术源泉,它以自然地理数据,社会、经济信息、森林资源数据为基础,这类数据要靠野外数据调查采集而获取。建立资源共享数据库,需要资源数据的支撑、监测网络人才及技术的储备。还需野外观测指标的采集、野外观测能力的强化、定位研究网的建设以及定位观测的规范与标准化研究;还需完善管理组织机构与合作研究制度,以及完善与国内外相同研究领域网络建立的互动机制。建立数据采集和观测指标体系及观测站建设标准,为研究网络的标准化管理和数据处理、应用打基础。构建野外观测共享数据库、空间分析技术平台及数据信息共享系统,实现野外观测数据信息的有效管理,向社会提供信息共享服务。

1.4 森林资源评估

全球森林资源的中期评估已经开始。评估着眼于未来发展趋势, 将利用森林可持续经营管理的主要要素形成报告框架, 评估中所收集、整理的信息涉及到各国监测的森林可持续经营管理的进展, 各国报告的与森林有关的国际组织的情况。跟踪反映过去 50 年资源和林业的变化, 并促使各国扩大参与规模。中期评估的核心是一套关于森林可持续经营管理主要要素的 15 个表格, 为所有国家提供了统一的术语和定义。对国际进程中关于森林信息要求的数量和复杂性给予了关注。由于各国生态、社会和经济条件不一, 中期评估, 鼓励各国通过选择性报告提供关于森林可持续经营管理中每个主要要素的额外信息。据悉, 联合国粮农组织将对各国的报告、与评估相关的文件和背景资料进行存档, 以作为未来参考的工作文件。

1.5 森林认证

森林认证是一种运用市场机制来促进森林可持续经营的工具, 简称森林认证、木材认证或统称认证。森林认证以市场为基础, 依靠贸易和国际市场运作。国际热带木材组织 (ITTO): 制定了《ITTO 热带天然林可持续经营指南》(即 ITTO 进程), 并通过了 ITTO2000 年的目标, 即到 2000 年, 所有在国际上贸易的热带木材和木材产品都必须源自可持续经营的热带森林, 但此目标没有按时实现。在世界范围内, 仅 20% 的林产品进入国际市场。森林认证的目的, 就是提供企业产品的市场准入制, 市场产品必

须源自认证的森林。森林认证作为促进森林可持续经营的一种市场机制,在 20 世纪 90 年代初发起并逐渐发展起来。

1.6 研究成果转化为生产力

数学模型预测技术,对森林资源数量与质量的动态监测与评估,具有其特殊的优势和潜能。用数学模型法对森林的数量、质量及其变化进行动态监测评估,国内外均有研究。将研究的科研成果集成起来,组建森林监测评估系统,将研究成果转化为生产力,使科研成果实用化,直接为科研与生产实践服务。预测技术实用化和监测评估系统集成化,系统集成是系统建设的关键;科研与生产行业之需求与发展是系统存在的前提;前瞻性是监测评估系统的生命力。

2 研究目的

2.1 建立立木评估模型

1. 立木相对直径模型

采用立木胸径、树高建立立木相对高直径模型: $d_i = d_{1.3} f(h, \theta)$, $d_i = f(h, d_{1.3}, \theta)$ 。采用立木胸径建立立木相对高直径模型: $d_i = a d_{1.3}^2$, $d_i = a + b d_{1.3}$ 。根据各类立木相对直径模型预估精度及模型能否反映树木的生长规律,选出立木削度表的编表模型,编制立木削度表。

2. 树干表面积模型

(1) 伐倒木树干表面积模型。采用相对区分与绝对区分法建模。

(2) 立木树干表面积模型。将树干相对区分, 根据简单求表面积式求出每段木头的表面积, 对树干累加求和, 即得到树干的表面积。应用相对高 $0.1h$ 处的直径模型 $d_{0.1}=d_{1.3}f(h, \theta)$ 、通过相对形率的转换式 $d_i=q_id_{0.1}$ 导出立木树干表面积模型, 采用立木胸径、树高为自变量构建立木树干表面积模型。用树干表面积与立木胸径处一个年轮宽度为自变量, 构建立木材积生长量模型, 用于立木生长的预估与应用研究。

3. 立木材积模型

将树干相对区分, 根据简单求积式求出每段木头的材积, 对树干累加求和, 即得到树干的材积。应用相对高 $0.1h$ 处的直径模型 $d_{0.1}=d_{1.3}f(h, \theta)$, 通过相对形率的转换式 $d_i=q_id_{0.1}$ 导出立木树干材积模型, 采用立木胸径、树高为自变量, 构建立木材积模型, 用于立木材积的预估与应用研究。

4. 立木树皮模型

(1) 树皮直径模型 采用胸径处树皮直径 ($B_{d1.3}$) 与树高为自变量, 构建立木相对高 $0.1h$ 处树皮直径模型: $B_{d0.1}=B_{d1.3}f(h, \theta)$ 。

(2) 立木树皮材积模型 采用相对区分法, 根据每段树干的表面积乘以一个树皮厚度, 得到这段木头的树皮材积, 对树干累加求和, 即得到整个树干的树皮材积。应用相对高 $0.1h$ 处的树皮直径模型 $B_{d0.1}=B_{d1.3}f(h, \theta)$, 通过树皮相对形率的转换式, 导出立木树皮材积模型。采用立木胸径、树高、立木平均树皮直径为自变量构建立木树皮材积模型。

(3) 立木树皮材积率模型 通过树皮材积的定义式, 应用立木树皮材积模型与相对干形材积模型, 导出立木树皮材积率模型,

用于立木树皮材积与去皮材积的预估与材种出材量应用研究。

5. 立木材积生长模型

(1) 立木材积生长量模型 采用相对区分法, 根据每段树干的表面积乘以一个年轮宽度, 得到这段木头的年材积生长量, 对树干累加求和, 即得到整个树干的年材积生长量。应用相对高 0.1h 处的直径模型 $d_{0.1}=d_{1.3}f(h, \theta)$, 通过相对形率的转换式导出立木材积生长量模型, 采用立木胸径、树高、立木平均直径生长量为自变量, 构建立木材积生长量模型。

(2) 立木生长率模型 通过材积生长率的定义式, 应用立木材积生长量模型与相对干形材积模型, 导出立木生长率模型, 用于立木生长预估与应用研究。

2.2 建立林分评估模型

1. 标准林分收获模型

建立林分标准收获表 ($p=1.0$), 以林分年龄为自变量, 以林分平均直径、林分平均高、林分优势高、林分断面积、林分蓄积为因变量, 建立林分各调查因子的生长模型, 编制林分疏密度为 1.0 的标准收获表, 用于林分各调查因子的收获评价。

2. 现实林分收获模型

建立现实林分收获表 ($p \neq 0$) 模型, 以林分年龄、立地指数为自变量, 以林分平均直径、林分平均高、林分优势高、林分断面积、林分蓄积为因变量, 建立林分各调查因子的生长模型。建立林分经营密度模型, 编制林分疏密度不为 1.0 的现实收获表, 用于林分各调查因子的收获预估与质量评价。

3. 立木材种出材量模型

建立立木材种出材量模型, 根据立木 $d_{0.1}$ 相对削度模型, 选择树种适宜的模型类别, 根据树种平均相对形率系列, 构建立木相对高直径 d_i 的预估模型, 预测立木各相对高直径, 而后根据木材标准进行立木造材, 编制立木材种出材量表, 用于科学研究与生产实践。

4. 林分材种出材量模型

根据林分各材种出材量随林分平均年龄变化呈幂函数相关, 随林分平均直径与林分平均高呈直线相关的规律; 以林分平均年龄、林分平均直径与林分平均高为自变量, 分别地位指数级建立林分各材种出材量模型, 分别地位指数编制林分材种出材率表。

5. 确定林分材种工艺成熟龄

根据材种出材率表与标准地调查数据, 求出各材种出材量, 确定林分材种工艺成熟龄。也可根据材种出材量模型求出林分材种工艺成熟龄。

2.3 建立材积方差与群体决策法优选模型

1. 材积方差模型

材积模型的方差随 $d_{1.3}$ 、 $d_{1.3}^2$ 、 $d_{1.3}h$ 、 $d_{1.3}^2h$ 呈幂函数及指数型有规律的变动, 因此, 根据变动的趋势, 分别以 $d_{1.3}$ 、 $d_{1.3}^2$ 、 $d_{1.3}h$ 、 $d_{1.3}^2h$ 为自变量, 建立材积方差模型。

2. 权重模型

(1) 根据 $\sigma^2_{yi} = \sigma^2 f(x_i)$, 然后导出相应权重模型: $W = f^1(x_i)$ 。

(2) 根据 $\sigma^2_{yi} = \sigma^2 f^2(x_i)$, 然后导出相应权重模型: $W = f^2(x_i)$ 。

(3) 根据立木材积模型的类别选用不同的权重模型, 采用加权最小二乘法求解材积模型的参数, 以克服材积模型异方差性影响, 提高材积模型使用精度。

3. 群体决策法优选模型

(1) 材积模型参数不是采用传统的最小二乘法求解, 而是采用树种平均相对形率与相对高 $d_{0.1}$ 模型的参数推导出材积模型的参数。

(2) 选择评价材积模型的精度指标: 相关指数 R^2 、剩余标准差 S_e 、相对系统误差 $C\%$ 、相对均方差 $MSD\%$ 、方差比 F 等。

(3) 采用评分法与 Blin 法, 对两种方法分别采用加权与不加权法选择最优材积模型。

2.4 建立胸高形数模型

1. 胸高形数模型: $f_{1.3}=f^2(h, \theta)$

(1) 根据相对高 $d_{0.1}=d_{1.3}f(h, \theta)$ 模型, 导出任意相对高直径模型 $d_i=q_id_{1.3}f(h, \theta)$ 。

(2) 求积得到树干某相对区分段材积模型。

(3) 采用相对区分求积式推导出相对立木材积模型。

(4) 根据胸高形数定义式, 导出胸高形数模型: $f_{1.3}=f^2(h, \theta)$, 以树高为自变量来预估立木胸高形数。

2. 胸高形数模型: $f_{1.3}=f^2(d_{1.3}, \theta)$

(1) 根据相对高 $d_{0.1}=f(d_{1.3}, \theta)$ 模型, 导出任意相对高直径模型 $d_i=q_if(d_{1.3}, \theta)$ 。

- (2) 求积得到树干某相对区分段材积模型。
- (3) 采用简单求积式推导出立木材积模型。
- (4) 根据胸高形数定义, 导出胸高形数模型: $f_{1.3}=f^2(d_{1.3}, \theta)$, 以胸径为自变量来预估立木胸高形数。

2.5 建立立地质量预测模型

1. Fuzzy 预测模型

(1) 采用 Fuzzy 预测模型预测立地质量。首先进行地位指数的求算与典型样本的选取, 根据树干解析数据, 分县建立了各年龄上层高与基准年龄上层高预测模型。

(2) 立地因子的选取及定性因子定量化, 根据专家实践经验, 分别求出定性因子各类别基准年龄上层高的平均值。

(3) 建立各因子的隶属函数, 解模糊关系方程。

(4) 模糊关系方程适用性检验, 根据模糊关系方程求出的实用最优解集, 计算拟合标准地与检验标准地地位指数的误差值, 然后进行精度分析, 确定模型的适用性。

2. 地位指数数量化理论 I 混合预测模型

采用定性、定量数量化理论 I 混合数学模型对林地地位指数进行预测。首先进行定性立地因子类目的划分, 而后根据定性、定量数量化理论 I 混合模型参数的求解, 编制定性立地因子类目得分表, 对定性、定量数量化理论 I 混合数学模型进行精度分析, 以确定其适用性。

3. 定性数量化理论 I 预测模型

模型只有定性因子, 无定量因子 (兼有的定量因子转化为定

性因子)。首先建立预测方程并求解,而后对模型进行精度检验,以确定其适用性。评定各项目在预测中的贡献,编制数量化立地质量得分表及立地质量评价表。

4.多元回归模型法

用主成分分析的方法筛选主导因子,在诸多的环境因子中,各因子对林木生长的影响强度是不同的,有的影响强度大,有的影响强度小,因此,有必要对各因子进行筛选,将筛选出的因子进行多元回归分析,用多元线性回归方程来预测林地生产潜力。

5.系统聚类模型法

(1) 求样本间的相似关系,求得相似系数矩阵。

(2) 进行分类运算:先将每一标准地看作一个类群。从相似系数矩阵中找出二者距离系数最小的两个标准地,将其合并,便得到一个新的类群,然后按一定的运算法则,计算新类群与其他各类群间的距离系数,便得到一个新的距离系数矩阵。然后再重复以前的工作,直到所有分类单位都归属于一个类群为止。

(3) 按照类群合并的次序及相似性的大小,画出谱系图。

(4) 根据谱系图进行分类。

6.模糊聚类模型法

(1) 建立模糊相似关系 R (通常称为标定)。

(2) 求 R 的传递闭包 $t(R)$, 即 R 的模糊等价关系。

(3) 根据模糊等价关系进行聚类,并绘出动态聚类图。

(4) 根据动态聚类图进行分类。

三、研究意义

3.1 揭示掌握森林的生长规律并预测森林的数量与质量

森林是一个系统,每个系统都具有自己的生命史。在森林系统的发生、发育、发展、衰退、灭亡的生命周期中,森林每个组成要素都处在变动中,它的变动受自身的素质与所处的环境所限制。它生存的空间,它所得到的光、水、肥,它所受到的风、雹、雪、虫害、人灾,都危及森林每个组成要素的数与量的规定性。摸清森林的生长规律,掌握其数量、质量的变动,其意义重大。森林幼中龄林的抚育间伐、成熟林的采伐等生产环节,与林木的生长过程、生长特性息息相关,对林地与林木评估模型的研究,在理论上具有重要的科学价值,在实践中也具有重要的应用价值。

3.2 充实创新森林资源调查的理论与方法

由于森林资源发生了改变,加之气候的变迁、自然灾害、人类不适当的经营活动等,引起立地条件发生了改变。随着市场经济的发展,人们消费观念的变革,政府决策的科学化、法制化、数字化、效能化,对森林资源调查的项目、种类,森林资源数量与质量的计测手段与计量方法也就需要改变。对林地与林木评估方法的研究,可充实创新森林资源的计测理论与方法。