

文章编号: 1001-1498(2009)04-0597-06

林分可视化模拟系统的设计

蒋 娴¹, 张怀清^{1*}, 贺姗姗¹, 贺文明², 张 剑³

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091; 2. 湖南省攸县黄丰桥国有林场, 湖南 攸县 412300;
3. 国家林业局调查规划设计院, 北京 100714)

摘要:林分模拟可视化系统是针对林分分布、生长的专业模拟与可视化系统, 在计算机上恢复与重建林分空间结构, 动态模拟林分生长过程, 预测林分生长情况, 并进行二维、三维显示。本文分别从系统结构、设计流程、功能方面对林分模拟可视化系统进行了详细介绍。

关键词:林分; 林分空间格局; 林分可视化

中图分类号: S757. 1 **文献标识码:** A

A Study on Design of Stand Visual Simulation System

JIANg Xian¹, ZHANG Huai-qing¹, HE Shan-shan¹, HE Wen-ming², ZHANG Jian³

(1. Research Institute of Forestry Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China;

2. Huangfengqiao Forestry Farm of Youxian, Hunan Province, Youxian 412300, Hunan, China;

3. Academy of Forest Inventory and Planning, State Forestry Administration, Beijing 100714, China)

Abstract: Quick Stand Simulation System (QSS) is a professional simulative and visual platform in forest which can reconstruction of spatial structure of forest, simulate stand growth course in dynamic, forecast the growth result and show these in 2D and 3D. This paper introduced the system structure, design aspect, function aspect and menu aspect of QSS

Key words: stand; stand spatial structure; stand visualization

林分模拟与可视化是目前国际研究的热点问题之一, 国内外很多专家学者分别就林分模拟与林分可视化方面进行了研究^[1]。随着对树木和植物的生长机理、林分生态系统的模拟与预测研究的日益重视, 以林分景观为主要对象的计算机建模和可视化技术成为生态学、林分经理学、自然地理学、植物学等领域的一个研究热点^[2-3]。

目前林分模拟与可视化主要从数学模型和图形学方面入手, 对林分进行阐释。如, 数学模型方面, 国内外很多林学家从数学模型的角度对林分的空间分布格局、林木生长等角度展开研究, 总结了很多经

验方程与生长预测模型; 20世纪80年代以来, 国内外的可视化软件从单纯的图形可视化发展到树木和林分可视化仿真, 但这些软件大部分是在图形学的基础上展示林分整体^[4-11]。现有林分可视化研究主要是将有坐标的林分全面调查数据一对一地转换或按比例扩充成林分图像, 更多地是对既定林分数据的计算机图像化。如美国农业部林务局(USDA)推出的林分可视化系统(SVS)是目前世界上比较成功的林分可视化软件系统, 可在林分三维视图上通过点击鼠标直接进行林木的标记、采伐等“林分经营”活动, 但SVS没有考虑如何利用没有

收稿日期: 2008-12-20

基金项目: 国家科技基础条件平台建设项目“林业科学数据共享中心”(2005DKA32200); 国家“十一五”科技支撑重点项目课题“湿地资源监测与评估技术研究(2006BAD23B03)”

作者简介: 蒋娴(1980—), 女, 四川眉山人, 助理研究员, 主要从事林分模拟与可视化研究。

*通讯作者: 张怀清, 男, 湖南宁乡人, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事林业可视化模拟技术研究。

坐标的样地调查数据来进行林分空间结构的重建,同时,SVS可以对林木生长结果进行预测以及结果展示,但是没有考虑林分生长过程的可视化。

本文搜集整理大量林分空间结构相关模型,不同树种相关经验方程、林分生长模型等,用 C#语言集成 DirectX 开发技术开发林分可视化模拟系统,实现了基于多源林分数据(林分二类调查数据、林相图数据、林分分布特征数据)恢复与重建林分空间结构,动态模拟林分生长过程并进行林分生长结果对比、显示以及数据分析。

1 系统设计

1.1 系统逻辑结构设计

系统逻辑结构分为三层:数据层、处理层、表现层。三层结构之间功能界线清楚,既独立又统一。数据层主要是提供系统相关数据,包括林分调查本底数据、各树种相关的经验方程、分布模型、生长模型等;处理层是整个系统的核心,它将根据用户的需要,在数据层提供数据的基础上,经过一系列复杂的运算和推理向表现层提供处理结果;表现层为用户提供各种信息服务和信息交换,用户通过表现层可以将需求指令发送到信息处理层,浏览和下载所需

要的各种信息,系统逻辑结构见图 1。

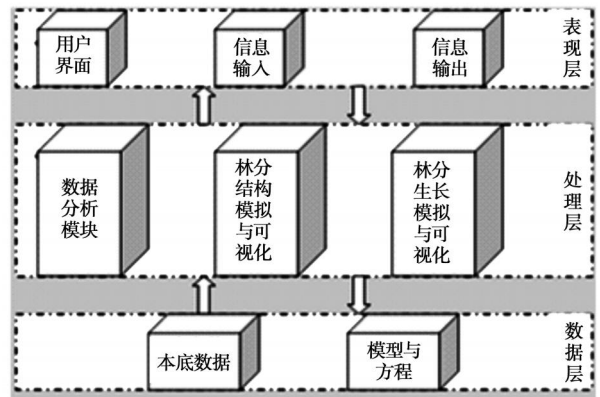


图 1 系统逻辑结构

1.2 系统功能设计

系统专业功能主要分为林分结构模拟、林分结构分析与林分生长预测三大类。

1.2.1 林分结构模拟 林分结构是指林木的分布格局及其属性在空间上的排列方式。

林分结构模拟主要包括林分空间格局模拟,林分属性结构模拟以及空间结构优化三部分功能。具体流程与功能如图 2 所示。

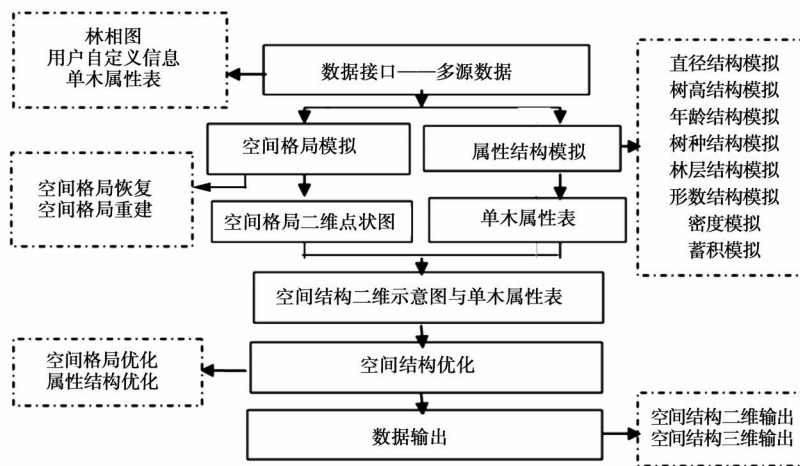


图 2 林分结构模拟流程简介

1.2.1.1 数据接口——多源数据 系统设计数据来源主要包括林相图、用户自定义信息、单木属性表。

单木属性表:由用户根据每木检尺调查数据编制而成,主要属性字段包括:树种、年龄、树高、胸径、南北冠幅、东西冠幅、枝下高、X、Y;一棵树木对应一条属性记录。

用户自定义信息:用户根据需求定义的林分整

体信息,主要包括:林分面积、林木株数、林分密度、林木平均胸径、林木平均树高、林木平均冠幅、林木平均年龄、混交比例、树种、蓄积,并由系统编制成林分整体信息属性表,一个林分对应一个林分整体信息属性表。

1.2.1.2 空间格局模拟 空间格局模拟包括空间格局恢复与空间结构重建。林分空间结构恢复是在

计算机上对林木位置的真实再现以及对林木属性的真实记录。数据源为单木属性表,系统读取单木属性表中每棵树的 X、Y 坐标,并一一转化成屏幕坐标,最后在屏幕上生成相对应的二维散点图,如图 3 所示。

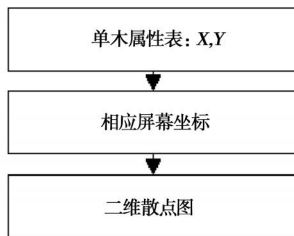


图 3 林分空间格局恢复流程

林分空间格局重建是指重建的林分的空间格局分布特征与现实林分的空间格局分布特征相一致,但这种一致并不意味着重建林分的每一棵树均与现实林分中的每一棵树完全处于相同的位置或具有相同的位置坐标。林分空间结构重建数据源分为林相图或者用户自定义林分信息。林相图数据和用户自定义林分信息均向系统提供相应的林分空间格局分布特征(聚集分布、随机分布或者均匀分布),同时,系统提供绘图功能,用户在林相图上勾绘想要创建的林分边界,系统通过林分空间格局重建算法,生成符合用户需求的二维散点图,如图 4 所示。

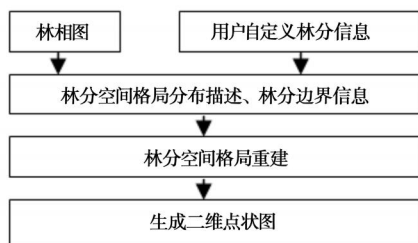


图 4 林分空间格局重建流程

林分空间格局重建算法简介:林分结构的恢复与重建有 3 个重要环节即产生林木初始分布格局、点的调节和林木属性的交换。

目前国际上对林木格局的重现各持己见,按照点的产生或形成过程可将现有的重现林分结构的方法分为两类:摒弃法和优化法。林分空间结构的模拟与重现可采用点过程中的 Poisson—过程、Gibbs—过程—规则性,如 STRUGEN 结构模拟器、林分资源清查数据系统整体界面 (ISIS) 和分层控制法;推移法等途径^[4,12]。

林木的初始分布格局对后续点格局的优化调节

速度有直接的影响。而在现有的方法中对初始的林木分布格局并无任何要求,多数建立在随机分布的模板上。所以,有必要事先通过抽样调查获得被重建林分的林木分布格局类型。林木分布格局类型可通过空间结构参数,如 Clark&Evans 指数、L 和双相关函数以及角尺度 w 等来表达。与其他的结构变量相比,角尺度由于它的表现力(体现结果的能力)强,在外业调查中简便易行,已愈来愈受到重视。

惠刚盈^[4,12]等提出,林分空间结构的重现可分两步走:选择初始分布格局和优化分布格局,目标方程为:

$$\left\{ \frac{|i - o|}{i + o} \right\} \times 100 \text{---} \text{min}$$

式中 i ——模拟林分的角尺度相对频率分布

o ——待重建林分的角尺度相对频率分布

i ——模拟林分的距离相对频率分布

o ——待重建林分的距离相对频率分布

徐海^[4]认为建立在选择基础上的优化是最为有效的。该算法首先根据抽样调查所确定的林木分布格局类型模拟产生若干个(如 100 个)林分,然后按照目标方程选择最接近目标的林分,并将此林木分布格局作为模板。在此模板基础上开始调整或优化点坐标。在此,先得找出要调整的点。这个点必须是处于距离或角尺度频率分布中与待重建林分相差最大的那个点。如果由于这个点的调整(临时取消随后立即随机产生一个新点)能使目标方程的值变小,那么,就接受这个调整(生与死或新旧更替过程)。否则,再将此点放回原处。这个过程很像林分的自然演替。所以,此方法也简称演替法^[4,12]。

1.2.1.3 属性结构模拟 主要包括直径结构模拟、树高结构模拟、冠幅结构模拟。系统提供直径结构模拟是根据林分平均直径信息以及林分密度信息推算出林分内每株单木的直径信息并填入单木属性表;

冠幅结构模拟是根据林分平均南北冠幅、东西冠幅信息以及林分密度信息推算出林分内每株单木的冠幅信息并填入单木属性表;

树高结构模拟是根据林分平均树高信息推算出林分内每株单木的树高信息,并填入单木属性表;

属性结构模拟结果以单木属性表形式输出。

1.2.1.4 空间结构二维示意图 是空间格局二维点状图的扩展,以二维点状图的点为圆心,单木直径为半径画圆,然后以南北冠幅、东西冠幅分别为长短轴画椭圆,得出的同心圆即为单木的二维示意图,如

图 5 所示。图 6 为林分空间结构二维示意图。

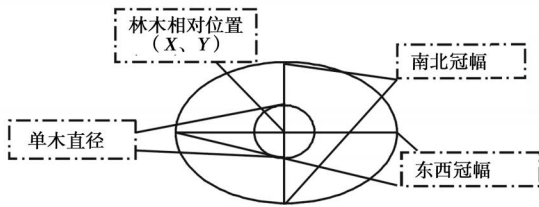


图 5 单木二维示意图

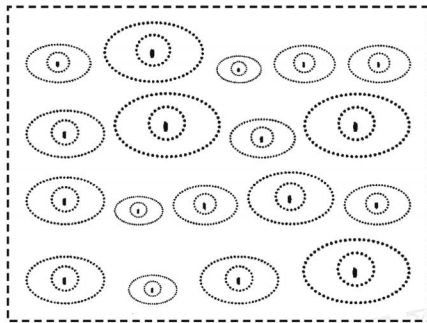


图 6 林分二维空间结构示意图

1.2.1.5 结构优化 空间结构优化包括分布格局优化,属性结构优化两大功能。

分布格局优化主要包括林分边界优化、林分面积优化、空间格局特征优化。系统在林分空间结构模拟所提供的二维示意图与单木属性信息的基础上,对林分边界结点进行编辑调整;依据用户需求成比例放大或缩小林分面积;重置林分空间格局或者重置林分内某单木的位置属性,并与单木属性表中的 X、Y 同步修改。

属性结构优化主要包括直径结构优化、树高结构优化、树种组成优化以及冠幅结构优化。具体如图 7 所示。

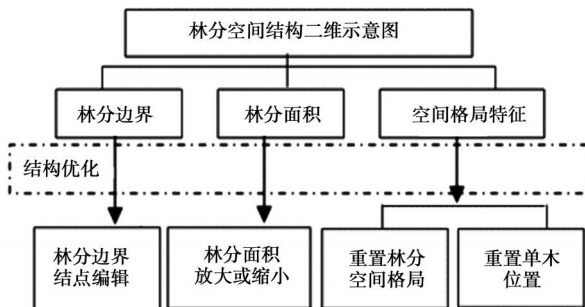


图 7 林分空间格局优化流程

1.2.2 林分结构分析 林分结构分析分为空间格局分析、直径分析、树高分析三类。

1.2.2.1 空间格局分析 系统采用角尺度、大小比和混交度三参数来分析林分空间结构。算法表达式为:

混交度表达式为:

$$M_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 v_{ij}$$

其中, $v_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当参照树 } i \text{ 与第 } j \text{ 株相邻木非同种时} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$

大小比: $U_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij}$

其中, $k_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{如果参照树 } i \text{ 比相邻木 } j \text{ 小} \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$;

角尺度 $W_j = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij}$

其中, $z_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{当第 } j \text{ 个角小于标准角 } \theta_0 \\ 0, & \text{否则} \end{cases}$;

输出方式:角尺度、大小比、混交度分析结果,以及分布信息描述(均匀分布、随机分布、聚集分布)^[112-211]。

1.2.2.2 直径分析 计算重建林分的平均直径、直径最大值、直径最小值等。并根据数学模型(正态分布、Weibull分布、分布、分布等)分析重建林分的直径分布是否符合林分直径分布规律。

Weibull分布简介:基于三参数 Weibull 分布的林分直径分布模型为:

$$f(D_i) = \frac{c}{b} \left(\frac{D_i - a}{b} \right)^{c-1} \exp \left\{ - \left[\frac{D_i - a}{b} \right]^c \right\},$$

$(a > 0, b > 0, D_i \geq a)$

D_i 为林木胸径, a 为位置参数, 定为林分最小直径下限; b 为尺度参数, c 为形状参数^[22-29]。

1.2.2.3 树高分析 计算重建林分的平均树高、树高最大值、树高最小值等。并根据数学模型(正态分布、Weibull分布、分布、分布等)分析重建林分的树高分布是否符合林分树高分布规律。

Sloboda树高模型简介:德国著名生物统计学家 B. Sloboda 利用数学分析手段,推导出了如下树高生长方程:

$$SI = d \cdot \exp \{ (-c) \cdot \exp [b / (a - 1) X^{(a-1)}] \}$$

SI 为林分优势木能达到的高度, y ——树高, x ——年龄, c 积常数, a, b, d 为参数, 且 $a > 1, b, d > 0$ ^[29]。

1.2.3 林分生长预测 林分生长预测主要分为全林分生长预测、径阶生长预测、与竞争有关的生长预

测、与竞争无关的生长预测四部分。

全林分生长预测主要是运用全林整体模型对整个林分尺度的生长预测。全林整体模型是 1991 年由唐守正提出,以后又逐渐完善的一个人工林生长、经营模型。可以模拟某树种的某一个现实林分(已知立地指数、年龄、株数、平均直径)今后的生长过程。

1)断面积模型: $G = b_1 \times L^{b_2} \times [1 - \exp(-b_4 (\frac{S}{10000})^{b_5} \times (age - t_0))]^{b_3}$ (模型)

2)密度指数定义: $S = N \times (\frac{D}{20})$ (定义式)

3)断面积公式: $G = N \times D^2 \times (\frac{1}{40000})$ (定义式)

4)自稀疏模型: $(\frac{sf}{N}) - (\frac{D}{20}) = \text{常数}$ (对同一林分,常数由造林密度决定) (模型)

5)优势高生长模型: $UH = L \times \exp(-\frac{b}{age} + \frac{b}{baseage})$ (模型) [L是立地指数,舒马克型],或者:

$UH = L \times [1 - \exp(-b \times age)]^c$ [理查德型] (模型)

6)平均高模型: $PH = \frac{UH - a_1}{a_2}$ (模型)

7)林分蓄积量公式: $M = fh \times G$ (定义式)

8)形高模型: $fh = (c_1 + \frac{c_2}{PH + 2}) \times PH$ (模型)

上列式中变量符号: age(年龄), N(株数), D(胸径), PH(平均高), UH(优势高), fh(形高), L(立地指数), t_0 (平均高达到胸高的年龄), baseage(立地基准年龄),其他 $b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, sf, , b, c, a_1, a_2, c_1, c_2$ 是待估参数^[30-35]。

1.3 系统界面设计

林分结构模拟界面:如图 8,图 9所示。

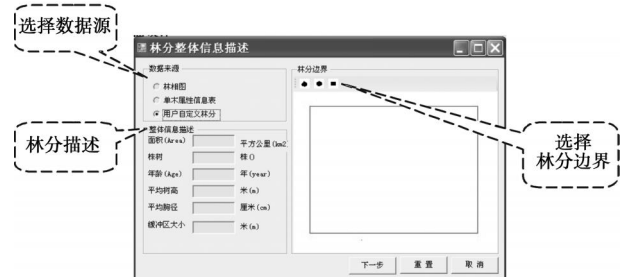


图 8 林分结构模拟界面 1



图 9 林分结构模拟界面 2

1.4 系统环境设计

主机:pc机,内存 1G以上;

显示器设备:高分辨率的彩色图形显示器;

输入设备:数字化仪(A1)、扫描仪(A4);

输出设备:激光彩色打印机(4L)、彩色喷墨绘

图仪;

操作平台:window s2000以上;

开发工具:C#、DirectX。

2 结论与讨论

目前,林分模拟可视化的特点是恢复与重建林分空间分布,并且动态展示林分生长过程,提高林分模拟的真实性、可靠性。这是林分模拟可视化的重点也是难点。

(1)目前林分分布、生长模型都是基于理想状态的基础上,没有考虑林分的光热水汽氧等环境因子;同时,由于树木生长的复杂性,目前的研究仅限于人工同龄纯林的分布与生长,对于天然林以及混交林,暂时没有考虑,这也是下一步工作的方向。

(2)目前林分空间结构可视化的研究还存在着诸多问题,许多方面还不够完善和准确。如建立符合本地区立地条件特点的植物形态特征数据库,为实现林分空间格局可视化奠定更加完备的基础。特别是以林分空间分布格局的类型为基础,对林木大小差异程度和树种混交程度的可视化方法研究,还需要进一步的拓展和提高。

(3)与地理信息系统、数据库管理系统紧密结合,实现虚拟现实与信息管理一体化,系统往实用化、业务化发展,用户交互界面更加友好。遥感、GIS、GPS为代表的空间信息集成技术的发展可为虚拟林分提供高精度的数字地面高程、数字林相图和空间分析工具、现代高精度的林分调查数据库与虚拟林分提供良好的数据。

参考文献:

- [1] 舒娱琴. 虚拟林分场景的构建 [J]. 武汉大学学报, 2004, 29 (6): 540 - 543
- [2] 舒娱琴. 基于林分生长规律的虚拟林分环境的构建研究 [D]. 武汉: 武汉大学, 2004
- [3] 陈彦云, 林 挥, 孙汉秋, 等. 高度复杂植物场景的构造和真实感绘制 [J]. 计算机学报, 2000, 23 (9): 917 - 925
- [4] 徐 海. 天然红松阔叶林经营可视化研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2007
- [5] 朱万才, 景向欣. 林分三维可视模型发展概述 [J]. 林业科技情报, 2007, 39 (1): 1
- [6] 李海滨. 原始阔叶红松林下红松种群更新格局的探讨 [J]. 东北林学院学报, 1982, 14 (1): 58 - 64
- [7] 李俊清. 阔叶红松林中红松的分布格局及动态 [J]. 东北林业大学学报, 1986, 14 (1): 26 - 32
- [8] 徐化成. 兴安落叶松原始林分林木空间格局的研究 [J]. 生态学报, 1994, 14 (2): 155 - 160
- [9] Gadow K v, Feulder K. Vortrag Anlaesslich der Jahrestagung der AG Forsteinrivtung in Klieken b. Dessau [J]. ZuMethodikder Bestandbeschreibung, 1992, 8: 12 - 15
- [10] Farid D G. The use of remote sensing and GIS in the sustainable management of tropical coastal ecosystems Environment [J]. Development and Sustainability, 2002, 4: 93 - 112
- [11] Lundquist J E. Use of fourier transforms to define landscape scales of analysis for disturbances: a case study of thinned and unthinned forest stands [J]. Landscape Ecology, 2002, 17: 445 - 454
- [12] 惠刚盈. 角尺度一个描述林木个体分布格局的结构参数 [J]. 林业科学, 1999, 35 (1): 28 - 32
- [13] Moeur M. Characterizing spatial patterns of trees using stem mapped data [J]. For Sci, 1993, 39 (4): 756 - 775
- [14] Tang Meng-ping, Tang Shou-zheng, Lei Xiang-dong. Study on spatial structure optimizing model of stand selection cutting [J]. Sci Silv Sin, 2004, 40 (5): 25 - 31
- [15] Hu Yan-bo, Hui Gang-ying. Analysis of the spatial structure of natural Korean pine broadleaved forest [J]. For Res, 2003, 16 (5): 523 - 530
- [16] 惠刚盈. 林木分布格局类型的角尺度均值分析方法 [J]. 生态学报, 1996, 24 (6): 25 - 29
- [17] 沈国舫. 现代高效持续林业——中国林业发展道路的抉择 [J]. 林业经济, 1998, 12 (4): 1 - 8
- [18] 刘 健, 陈平留, 陈昌雄. 闽北主要用材林树种胸径与去皮地径关系的研究 [J]. 福建林学院学报, 1996, 16 (1): 45 - 48
- [19] 郭昭洋. 柳杉人工纯林胸径、树高威布尔分布的拟合 [J]. 江西林业科技, 1997, 14: 24 - 25
- [20] 洪 伟, 刘金福. 格氏栲种群个体年龄与胸径的时间序列模型研究 [J]. 植物生态学报, 1999, 23 (3): 283 - 288
- [21] 祖元刚, 赵则海, 丛沛桐. 北京东灵山地区辽东栎种群空间分布分形分析 [J]. 植物研究, 2000, 20 (1): 112 - 119
- [22] Nanang D M. Suitability of the Normal, Log-normal and Weibull distributions for fitting diameter distributions of neem plantations in Northern Ghana [J]. Forest Ecology and Management, 1998, 103: 1 - 7
- [23] Danaza Mabvurira. Predicting and calibrating diameter distributions of *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden Plantations in Zimbabwe [J]. New Forests, 2002, 23: 207 - 223
- [24] 孟宪宇. 使用 Weibull 分布对人工油松林直径分布的研究 [J]. 北京林学院学报, 1985, 7 (1): 30 - 39
- [25] 孟宪宇. 使用 Weibull 函数对树高分布和直径分布的研究 [J]. 北京林业大学学报, 1988, 10 (1): 40 - 47
- [26] 黄家荣. 马尾松人工林直径分布神经网络模型研究 [J]. 北京林业大学学报, 2006, 28 (1): 28 - 31
- [27] 李凤日, 吴俊民, 鲁胜利. Richards 生长函数与 Schnute 生长模型比较 [J]. 东北林业大学学报, 1993, 21 (4): 15 - 23
- [28] 李凤日. 落叶松人工林分动态模拟系统的研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 1995
- [29] 惠刚盈, 盛炜彤. Sboda 树高生长模型及其在杉木人工林中的应用 [J]. 林业科学研究, 1996, 9 (1): 37 - 40
- [30] 汤孟平, 唐守正. 森林收获安排模型研究进展 [J]. 世界林业研究, 2003, 15 (3): 25 - 31
- [31] 唐守正, 张会儒. 相容性生物量模型的建立及其估计方法研究 [J]. 林业科学, 2000, 23: 19 - 38
- [32] 唐守正, 李 勇. 一种多元非线性度量误差模型的参数估计及算法 [J]. 生物数学学报, 1996, 11 (1): 23 - 27
- [33] 唐守正. 多元统计分析方法 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1984
- [34] 曾伟生. 关于加权最小二乘法中权函数的选择问题 [J]. 中南林业调查规划, 1996, 15 (1): 54 - 55
- [35] 张会儒, 唐守正, 王瑛瑜. 与材积兼容的生物量模型的建立及其估计方法研究 [J]. 林业科学研究, 1999, 12 (1): 53 - 59