

基于 WF 的杉木人工林交互式疏伐可视化模拟技术

李永亮, 鞠洪波*, 张怀清, 蒋 娴, 刘 海, 覃阳平

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要:以湖南攸县黄丰桥国有林场为试验区,以杉木人工林为试验对象,测定林木胸径、树高、冠幅等测树因子及林木位置信息。利用 WF 技术,在定义林分生长模型、林分结构分析与林分疏伐模型等 5 种活动的基础上,利用人机交互方式,以图形形式建立了林分生长、林分结构与林分疏伐间交互的可视化 workflow 模型,实现了林分交互式疏伐可视化模拟。采用 GDI+ 绘图技术与 MOGRE 渲染引擎技术,实现了林分结构、林分 2 维状态与林分 3 维场景的可视化模拟。结果表明:林分生长、林分结构与林分疏伐间的交互关系得到了直观的可视化模拟,此方法面向经营者具有可操作性强的特点。林分疏伐前后的林分结构、2 维状态与 3 维场景得到了形象与逼真的模拟。应用交互式疏伐可视化模拟技术,可实现林分疏伐过程、效果以及林分未来状态的可视化模拟,实现对林分疏伐的实时监管,提高林分疏伐数字化管理水平。

关键词:林分生长;林分结构;交互式疏伐;WF;可视化模拟

中图分类号:S757

文献标识码:A

Visualized Simulation of Interactive Thinning in Chinese Fir Plantation Based on Workflow Technique

LI Yong-liang, JU Hong-bo, ZHANG Huai-qing, JIANG Xian, LIU Hai, QIN Yang-ping

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Huangfengqiao State-owned Forest Farm in Hu'nan Province was selected as a test zone, and a Chinese fir plantation as the research object. The DBH, height, crown width and location were measured. Based on defining the growth models, analyzing forest structure and establishing thinning models with workflow technique, a visualized workflow model which could express the interactive relationship among stand growth, stand structure and stand thinning was built in graphical form by using human-computer interaction mode based on the workflow technique and realized the visual simulation of the interactive thinning. The stand structure, 2-D state and 3-D scene were simulated by using the GDI+ method and the MOGRE technique. The results showed that the interactive relationship among stand growth, stand structure and stand thinning was intuitively simulated and the operability of this method designed for the manager was better, and that the stand structure, 2-D state and 3-D scene were realistically simulated around thinning time. The visual simulation of the interactive thinning can visually simulate the process and effect of thinning and the future state of stand, and can monitor the thinning in real time and promote the computerized management of thinning.

Key words: stand growth; stand structure; interactive thinning; workflow; visualized simulation

收稿日期:2013-05-16

基金项目:国家高技术研究发展计划(863计划)(2012AA102002);国家自然科学基金项目(31170590);林业公益性行业科研专项(201104028)

作者简介:李永亮(1984—),男,河北赵县人,博士研究生,研究方向:森林可视化模拟技术与林业遥感

* 通讯作者:研究员,研究方向:林业信息技术

可视化模拟技术是研究与实践林分经营管理所采用的新技术手段之一,可为提高林分经营管理水平,加快林业信息化建设进程提供技术保障。林分经营可视化模拟是指将计算机可视化模拟技术与林分经营理论相结合,形象地模拟林分经营活动,以期为相关工作人员提供经营决策支持,缩短林分经营周期,提高林分经营科技含量^[1-2]。Davison^[3]开发的Sylvan森林可视化系统,是以简单的线条为基础建立树木模型,并允许用户进行林分经营措施模拟,此种方法因树木模型缺乏真实感,致使可视性较差,林分经营措施模拟也较为简单。FORRUS-S软件包^[4]、SIBYLA系统^[5]、LMS软件系统的SVS和En-Vision模块^[6-7]、Umeki等^[8]、郝林倩^[9]以及Li等^[10]在考虑林分立地条件、林分生长模型以及林分经营措施模型的基础上,对不同类型的林分经营措施的实施进行了较为全面的可视化模拟。吴学明^[11]通过对林分经营措施进行建模与表达,使得在可视化模拟林分经营措施设计方面,模拟效果的直观性与可视性得到了一定程度的提高。以上成果实现了实时林分现状模拟、专题图分析与数据统计、经营措施设计与效果模拟以及森林景观可视化表达等,但是普遍存在缺少林分(空间)结构信息、缺乏林分经营措施与林分状态交互可视化模拟,使得林分经营可视化模拟的直观性、集成性与应用性并不高。现有成果中林分经营活动数字化管理水平较低,难以实现对林分经营措施的实时指导与监管。鉴于疏伐措施在杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)人工林经营中具有重要的地位,本研究以疏伐为例,利用WF(Windows Workflow Foundation, Windows工作流基础)技术,结合GDI+技术、MOGRE渲染引擎、林分生长模型、林分结构分析与林分疏伐措施原理,建立包含人机交互在内的林分生长、林分结构与林分疏伐交互的可视化模拟模型,实现经营者参与监管的交互式疏伐可视化模拟,以促进林分经营数字化管理技术的发展。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取湖南攸县黄丰桥国有林场为试验区。该林场位于113°04'E~113°43'E,27°06'N~27°04'N,以中低山貌居多,土壤以山地黄壤为主,最高海拔1270m,最低海拔115m,森林覆盖率达90.07%,属亚热带季风湿润气候区,年降水量1410.8mm、平

均气温17.8℃、平均日照时间1612h、无霜期292天左右。所选模拟试验对象为1块面积为1600m²的典型杉木人工同龄纯林,东西坡向,坡度35.2°,海拔324m,林龄13a,林木总株数309株。对样地内每株林木进行胸径、树高、冠幅、活枝下高及冠高等林木测树因子测定,并采用全站仪测定每株林木的相对位置坐标。林木空间相对位置如图1所示,图中空心三角形位置代表林木位置坐标。



图1 林木空间相对位置示意图

1.2 研究方法

1.2.1 WF技术 WF是开发Windows平台上基于工作流的应用程序的一套编程模型、引擎和工具^[12-13]。WF包含有许多组件:可组成工作流框架的大量类库、提供工作流实例执行环境的运行时引擎、用于特定目的的运行服务以及可视化流程设计工具,为建立工作流可视化模型提供了充足的技术条件。

本研究以此种技术为基础,通过建立面向经营者的可视化流程编辑窗口、自定义活动、定义工作流引擎以及工作流跟踪服务来构建林分经营者与林分经营软件,林分生长模型、结构分析与经营措施模块之间交互的可视化工作流平台。

1.2.2 林分生长模型与测树因子估计模型 在本研究中,样地林木个体信息较完整,故选用吕勇^[14]基于生长量修正法建立的杉木人工林单木胸径连年生长量模型来对林分疏伐前后的林木生长状况进行预估,其表达式如下:

$$dD/dt = 1.56364RS^{0.51489}RD^{0.02685}(0.13278SI^{0.88556}D^{0.2302} - 0.0158SI^{0.73315}D) \quad (1)$$

杉木人工林树高估计模型可表达为^[15]:

$$H = 0.4921SI^{0.5309}D^{2/3} \quad (2)$$

杉木人工林冠幅面积估计模型可表达为^[16]:

$$CW = D/(2.8617 - 0.03498D) \quad (3)$$

式中: SI 为地位指数; D 为胸径; H 为树高; CW 为冠幅面积; RS 为相对植距; RD 为相对优势度 (RS 、 RD 的具体定义可参看文献[14])。

以式(1)对林木胸径变化进行估算,再结合式(2)与式(3)对林木树高与冠幅面积(以冠幅为直径所构成圆的面积)进行估计,即可对林木测树因子(胸径、树高、冠幅)信息进行提取,为实现林分交互式疏伐可视化模拟提供林分疏伐前后基础的林木个体生长信息。

1.2.3 林分空间结构参数

1.2.3.1 角尺度 将任意两株最近相邻木较小的夹角定义为 α 角,并将标准角 α_0 (72°) 大于 α 角的个数占参照木最近 4 株相邻木 4 个夹角的比例定义为角尺度,可由式(4)表示^[17]。角尺度有 5 种取值结果:0、0.25、0.5、0.75、1,分别对应很均匀、均匀、随机、不均匀以及很不均匀分布这 5 种不同的林木空间分布格局。

$$w_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 z_{ij} \quad (4)$$

式中:当标准角大于第 j 个 α 角时 z_{ij} 为 1,否则 z_{ij} 为 0; w_i 为林木角尺度。

1.2.3.2 大小比数 若以胸径大小为比较指标,大小比数即为大于参照木胸径的相邻木的个数占参照木最近 4 株相邻木的比例,可由式(5)所示^[18]。大小比数同样有 5 种取值结果:0、0.25、0.5、0.75、1,分别对应优势、亚优势、中庸、劣势、绝对劣势地位这 5 种不同的林木个体生长优势程度,以此来反映林木间的竞争态势。

$$u_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 k_{ij} \quad (5)$$

式中:当参照木比相邻木 j 小时, k_{ij} 为 1,否则 k_{ij} 为 0; u_i 为林木大小比数。

本研究拟采用角尺度、大小比数为实现林分交互式疏伐可视化模拟提供林分空间结构分析功能,以及为实施疏伐木选择提供技术参考。

1.2.4 林分疏伐 本研究通过自定义林分疏伐措施活动,将疏伐强度、疏伐木选择确定方法作为此活动的属性,进行林分疏伐措施可视化模拟。其中,通过胸径、树高、大小比和角尺度等指标确定疏伐木,来避免随机选择疏伐木带来的不利因素,实现林分结构参数影响下的林分疏伐措施可视化模拟,为进一步实现林分交互式疏伐可视化模拟提供林分疏伐模型。

本研究具体技术路线如图 2 所示。

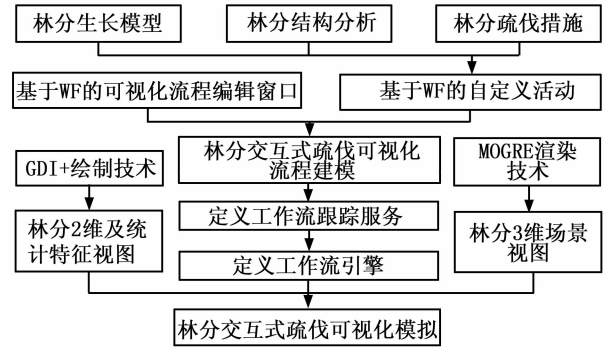


图 2 技术路线图

2 结果与分析

2.1 自定义活动

利用 WF 技术定制的活动(继承自 Activity 类)包括:数据文件(DataFile)、林分结构(StandStructure)、林分生长(StandGrowth)、疏伐(Thinning)与查看效果(SeeTheEffect)等 5 种活动。设定各个活动的属性如表 1 所示。

表 1 自定义活动属性

序号	活动名	属性
1	DataFile	样地调查数据表名
2	StandStructure	径阶分布结构、树高分布结构、大小比数、角尺度
3	StandGrowth	林分生长模型、预估林龄
4	Thinning	疏伐强度、疏伐木选择指标(胸径、树高、大小比数、角尺度)
5	SeeTheEffect	林分 2 维视图、林分 3 维视图、林分结构视图

经定义活动属性、设置活动图标(设置 Toolbox-Bitmap 属性)与重写 Execute 方法之后,将其置于面向用户的可视化流程编辑窗口中,效果如图 3 所示。



图 3 自定义活动效果

由图 3 发现,林分疏伐涉及到的具体措施以活动属性的方式得到了有效的封装,实现了自定义活

动的可视化模拟;经营者可以通过设置活动属性,实现有针对性的活动定制;此种方法可为后续开展流程建模提供灵活的活动模块。

2.2 交互式疏伐可视化流程建模

利用 WF 技术,通过拖拽自定义活动的方法,实现林分交互式疏伐可视化流程建模。此流程可根据经营者需求,自由定制,针对本研究,特制定以下流程:

数据文件(DataFile):试验数据;

林分结构(StandStructure):径阶分布结构、树高分布结构、大小比数、角尺度4个指标设定为 True;

查看效果(SeeTheEffect):林分2维视图、林分3维视图、林分结构视图指标设定为 True;

疏伐活动(Thinning):胸径:11 cm,树高:7 m,大小比数:1.0,角尺度:1.0(满足胸径小于11cm、树高小于7 m、大小比数为1.0、角尺度为1.0中的一项即可定义为疏伐木),疏伐强度设定为30%(株数百分比)。此疏伐强度为最大疏伐强度,当以上4个参数确定的疏伐强度小于此设定强度时,可顺利执行疏伐;当其大于此设定强度时,则按胸径-树高-大小比数-角尺度顺序来确定疏伐木,达到所设定的疏伐强度即止;

林分生长(StandGrowth):文中式(1)、(2)、(3),模拟林龄为未来4年。

具体流程视图如图4所示。

由图4可知,经营者可以根据经营目标,将各个活动利用拖拽创建、直接修改、复制与移除的方法,灵活进行林分交互式疏伐可视化流程建模,此种利用图形形式定制林分经营活动流程的方法,具有可视性高、可操作性强的特点。

2.3 workflow跟踪服务

基于 WF 技术建立的工作流模型,需要通过定义 workflow 引擎,对流程进行解析,实现流程的流转。

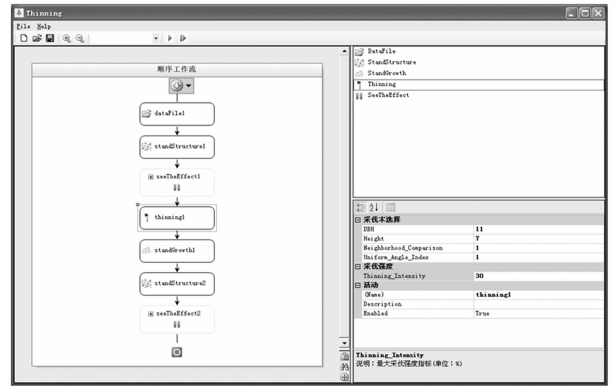


图4 交互式疏伐可视化流程建模

而自定义活动属性的获取,需要创建自定义跟踪服务。本研究针对每一个活动分别添加了跟踪服务,获取流程执行中各活动的属性,并以 XML 文件作为数据中间存储介质,来实现林分数据表数据的修改,为实现林分结构视图、林分2维视图与3维视图提供正确的活动信息。具体方法与过程可描述如下:

(1)实现跟踪通道,处理跟踪数据。包括:重写 send 方法,将跟踪信息存储到 XML 文件当中;重写 Instance Completed Or Terminated 方法。

(2)实现跟踪服务,与运行时交互。包括:返回跟踪通道实例;为 workflow 运行时提供跟踪配置(定义跟踪自定义活动的属性)。

(3)解析存有跟踪信息的 XML 文件,经修改林分数据表,实现可视化流程到数据表的信息传递。

2.4 模拟过程与效果

workflow 启动执行后,将按所定制的顺序进行执行,依次执行数据文件、林分结构分析活动,在执行到第一个 See The Effect 活动时,workflow 会暂停执行,根据查看效果(See The Effect)活动的属性设置,将对未疏伐前林分结构、林分2维3维情况进行查看,其结果分别如图5、6所示。

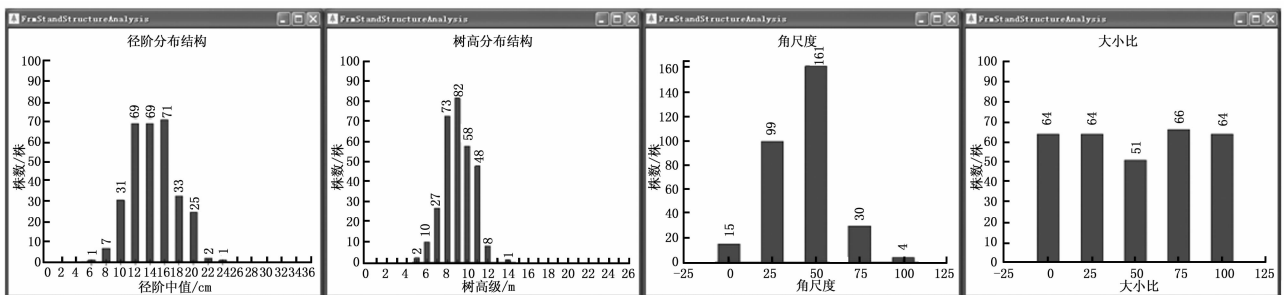


图5 林分结构特征(疏伐前)

图5 树高分布结构图中,树高级6 m代表树高大于6.0 m小于6.9 m,同时包括6.0 m与6.9 m在内,其他树高级的含义类似;为便于绘制统计图,角尺度统计图中,角尺度0代表0,25代表0.25,50代表0.5,75代表0.75,100代表1.0,大小比统计图的大小比数类似。

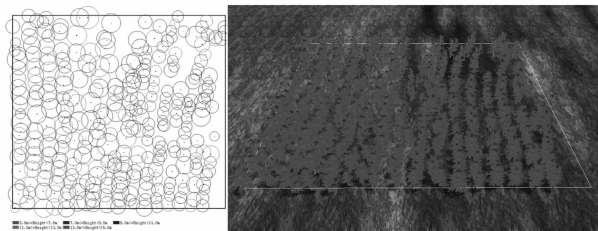


图6 林分2维3维视图(疏伐前)

图6 左图为林分2维视图,右图为林分3维视图。(左图中,黑色实心圆的直径代表林木胸径,空心圆直径代表林木冠幅大小,以不同的冠幅颜色区分不同的树高级(下同))。

当工作流在暂停状态被唤醒继续执行后,将首

先根据疏伐活动的属性设置情况进行疏伐活动,根据疏伐木确定方法,依次依所定制的规则进行选择,疏伐后林分结构特征如图7所示(其中角尺度、大小比图如图8中所示),本例中,最终疏伐强度为26.9%;下一步将执行林分生长活动,利用生长模型对疏伐后林分未来4年内的生长状况进行估计;再次经林分结构分析活动后,进行第二个 See The Effect 活动,工作流再次被暂停。至此可获得林分疏伐后未来4年的林分结构、林分2维3维情况,分别如图8、9所示。

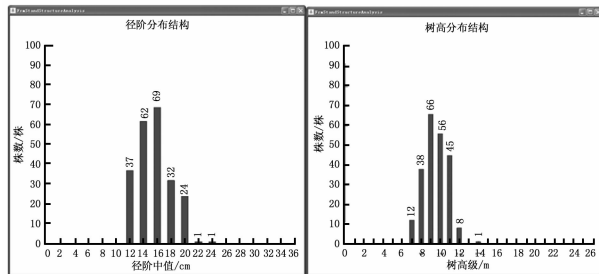


图7 林分结构特征(疏伐后)

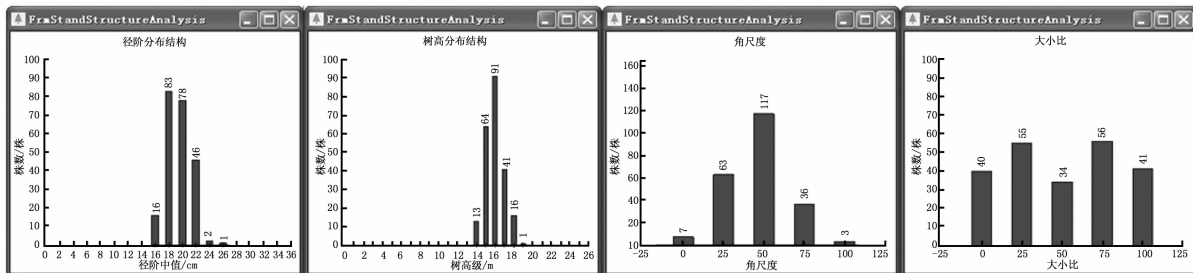


图8 林分结构特征(疏伐后4年)

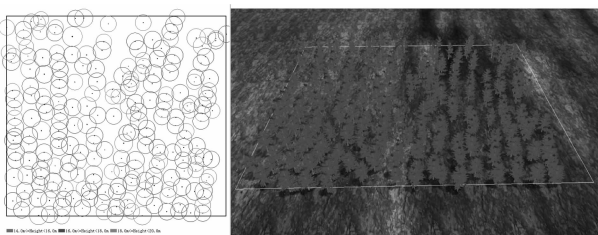


图9 林分2维3维视图(疏伐后4年)

综合以上内容发现,经营者可对经营流程中林分生长、林分结构和林分经营措施进行实时灵活的监管,实现了人机交互,以及林分生长、林分结构与林分经营措施间交互的可视化模拟,可提高经营者对林分经营的数字化管理水平;结合 GDI +、MOGRE 技术,可增强林分结构分析与林分2维状态的可视性及林分3维状态的逼真程度。

3 结论与讨论

(1)基于 WF 技术的自定义活动方法可以有效地可视化模拟林分疏伐中涉及到的活动。通过将活动内容以属性方式封装到自定义活动中,实现了各种活动的图形化表达,增强了活动的直观性与可视化性。此种方法是面向经营者的,便于林分经营者根据经营需求自由添加与修改活动,具有极强的可操作性与适应性,可为建立林分交互式疏伐 workflow 模型提供服务。

(2)可视化模拟林分交互式疏伐的实现为提高林分经营活动数字化管理水平提供了技术参考。林分(空间)结构信息的获取在林分疏伐中是至关重要的,以林分结构参数来指导疏伐木的选择可以避免常见方法中的盲目性。林分结构、林分生长与林

分疏伐间具有交互关系,不考虑林分结构与生长,只对林分疏伐措施进行简单模拟,不足以体现林分疏伐效果。利用 WF 技术,利用人机交互方式,建立林分结构、林分生长与林分疏伐间交互的可视化工作流程模型,实现交互式疏伐可视化模拟,可以直观地模拟林分疏伐措施对林分状态的影响以及其效果,切实提高了疏伐监管水平和整个过程的可视化程度。此种方法具有很强的扩展性,容易移植到其他的经营措施模型中,可为提高数字化管理林分经营活动水平提供技术支持。

(3) 可视化模拟技术在森林经营管理各个环节当中,具有良好的研究与应用前景。其利用可视模式使得林分生长数据信息、林分结构状况与林分经营措施模型不再抽象,而变得易于理解和接受。由此,可为开展森林经营管理领域的深入研究提供新的技术手段、可为突破森林经营管理研究难点提供新契机、可为森林经营管理实际生产实践提供新平台、也可为切实推进林业信息化进程提供新动力。

参考文献:

- [1] Tyrväinen L, Gustavsson R, Konijnendijk C, *et al.* Visualization and landscape laboratories in planning, design and management of urban woodlands[J]. *Forest Policy and Economics*, 2006, 8(8): 811 - 823
- [2] 刘 海,张怀清,林 辉. 森林经营可视化模拟研究[J]. *世界林业研究*, 2010, 23(1): 21 - 27
- [3] Davision M. The sylvan display program[D]. Columbia: University of Missouri, 1995
- [4] Chumachenkoa S I, Korotkov V N, Palenova M M, *et al.* Simulation modelling of long-term stand dynamics at different scenarios of forest management for coniferous-broad-leaved forests[J]. *Ecological Modelling*, 2003, 170(2-3): 345 - 361
- [5] Faberka M, ĎURSKÝ J. Algorithms and software solution of thinning models for SIBYLA growth simulator[J]. *Journal of Forest Science*, 2005, 51(10): 431 - 445
- [6] Wilson J S, Mcgaughey R J. Presenting landscape scale forest information: what is sufficient and what is appropriate[J]. *Journal of Forestry*, 2000, 98(12): 21 - 28
- [7] Roth P A, Finley J C, Zobrist K W, *et al.* Computer technology helps family forest owners in Pennsylvania and Washington[J]. *Journal of Forestry*, 2006, 104(3): 132 - 135
- [8] Umeki K, Lim E M, Honjo T. A GIS-based simulation program to predict multi species size structure dynamics for natural forests in Hokkaido, northern Japan[J]. *Ecological Informatics*, 2008, 3(3): 218 - 227
- [9] 郝林倩. 杉木人工林的三维可视化建模及其生长经营模拟研究[D]. 福州:福建农林大学, 2009
- [10] Li Y L, Zhang H Q, Jiang X, *et al.* Visual simulation of techniques and effects of thinning of Chinese fir plantations with different planting densities[C]. 2012 IEEE 12th International Conference on Computer and Information Technology, Chengdu, China, 2012, 94 - 100
- [11] 吴学明. 杉木人工林林分经营过程可视化模拟技术研究[D]. 长沙:中南林业科技大学, 2012
- [12] 杨利国. 基于 WF 工作流程技术研究及应用[D]. 武汉:武汉理工大学, 2008
- [13] 黄新星. 基于 WF 的工作流管理信息系统应用研究[D]. 武汉:武汉科技大学, 2010
- [14] 吕 勇. 杉木人工林生长率模型的研究[J]. *林业科学*, 2002, 38(1): 146 - 149
- [15] 吕 勇,李际平,张晓蕾. 会同杉木人工林的树高分布模型[J]. *中南林学院学报*, 1999, 19(1): 68 - 70
- [16] 沈国舫. 森林培育学[M]. 北京:中国林业出版社, 2001
- [17] 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): 37 - 42
- [18] 赵中华,袁士云,惠刚盈,等. 经营措施对林分空间结构特征的影响[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2008, 36(7): 135 - 142