

利用 SVS 模型实现林分空间格局可视化方法初探

陈东立, 杨李卫

(四川农业大学 都江堰分校, 四川 都江堰 611830)

摘要:利用景观管理系统(Landscape Management System, LMS)软件工具包中的林分可视化系统(SVS)模块对刺槐林分空间格局的可视化过程进行了详细的分析,调整了现实林分空间格局状况,模拟出调整后的刺槐林分空间格局可视化图形。比较了 SVS 与传统林分空间格局测定方法的优劣。从 SVS 模拟调整林分空间格局的结果可以看出,调整后比调整前林冠分布的均匀度提高了 45%。同时指出了引用国外林分空间格局可视化软件时存在的问题及其解决办法。

关键词:林分空间格局;景观管理系统(LMS);林分可视化系统(SVS)

中图分类号:S757 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-7461(2007)01-0152-05

Discussion on Forest Stand Visualization by SVS Model

CHEN Dong-li, YANG Li-wei

(Dujiangyan Campus of Sichuan Agricultural University, Dujiangyan, Sichuan 611830, China)

Abstract: This article provided an overview of the research and development in 3-dimensional visualization of forest landscapes. It focused on past and present developments in stand visualization achieved by the USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, particularly its research product landscape management system (LMS) software package. Using the stand visualization system (SVS) module incorporated in LMS, a locust forest stand was visualized and the process was thoroughly investigated. A modification of the stand spatial structure was simulated and the modified stand was 3-dimensionally visualized. This SVS method was then compared with the traditional measurement of forest stand structure, and pros and cons were discussed with both methods. The results showed that the uniformity of canopy distribution increased by 45% after the stand structural modification. In addition, the paper pointed to the limitations of using foreign stand visualization software and discussed possible solutions to the problem.

Key words: stand spatial pattern; landscape management system (LMS); stand visualization system (SVS)

可视化(visualization)是指在人脑中形成对某物(某人)的图像,是一个心智处理过程,是促进对事物的观察力及概念的建立^[1,2]。在林业生产实践中,随着计算机图形处理功能的日益强大和数学建模理论的发展,林木调查技术的变革,以及森林可持续经营的思想对森林资源信息和利用的要求,促使可视化在林业领域中的研究日渐深入。

1993年, Fridley 等研究提出了森林景观可视化的软件原型 Vantage Point。他采用细腻的立体建模技术实现了各种森林经营作业活动影响的仿真。它使非技术专家在森林经营决策过程中变得更加积极和主动。因此,这种采用计算机可视化的表达方式

在北美地区得到了普及。

美国农业部林务局太平洋西北研究站、华盛顿大学森林资源学院与耶鲁大学全球可持续林业研究所在 Vantage Point 软件的基础上提出了景观管理研究项目,即面向森林生态系统可持续经营管理的景观管理系统 LMS (landscape management system)。景观管理系统(LMS)是一套功能正在逐渐完善的林业计算机应用软件系统^[3,4]。2006年2月发布了 LMS3.0 版^[4], LMS 软件系统主要由五个相互独立、又相互无缝镶嵌的软件模块和两个辅助分析工具组成。包括林分生长模型(FVS)^[5,6]、林分可视化系统(SVS)、环境可视化系统(EnVision)^[7,8]、森林资

源分析(Forest Inventory Wizard for ArcView)、森林火灾与枯落物分析(LMS-FFE Addon)、Inventory-Wizard和LMS-Analyst。

林分空间格局可视化分为林业研究和应用两大方面。在林业研究方面涉及到对生物群落、生态系统、林分结构等的研究;对生态林、水源涵养林、水土保持林等的长期监测和研究;编制林业生产所需各种数表、对林分经营措施效果等的研究。在林业应用方面涉及到种子园的营建;森林资源清查;林分抚育间伐、结构调整;森林病虫害调查、森林火灾预警及灾后调查……。林分空间格局的计算机可视化表达实际上就是对林分空间格局的研究、模拟林分生长变化、模拟林分经营管理的过程。本文利用SVS模型对林分空间格局可视化方法进行了初步研究,以渭河支流赭河的支沟——吕二沟实际调查资料进行模拟分析,将真实的林分空间格局利用计算机可视化手段表现出来,并且预测林分空间格局的动态变化过程,应用林分可视化系统软件模块进行模拟。

1 研究方法

1.1 SVS模型结构及主要功能

万方数据

R. J. McGaughey 对树木和林分空间格局可视

化进行了长期深入的研究^[10],目前生产上应用的林分可视化系统SVS(stand visualization system)为3.36版^[11]。林分可视化系统是以林分个体因子汇总表产生三维图形方式,展示林木个体和林分空间格局^[12,13]。这种产生的抽象化的可视化图形可以很好地让管理者了解和明了林分空间格局的现实状况和动态变化。以此为依据分析经营措施、调节经营过程、实施经营技术、获得经营效果。

林分可视化系统以立地条件及林木个体生长模型为源核驱动力进行转换、分析,用三维可视化图形表达的方式展示现实林分空间格局;用不同年度的分析预测展示随时间变化的动态林分空间格局^[14]。林分空间格局可视化系统利用的两种原始数据分别为:林分因子表和植物形态定义库。林分因子表描述林分条件,如立地条件、植物种、乔木、灌木、地被物、大小(年龄、胸/地径、高、冠幅、冠长等)、每一个体的具体位置(以临时样地坐标原点为基准)、立木、倒木、伐桩及人工建筑物构筑物等。植物形态定义库利用SVS内嵌的Tree Designer工具模块按照林木个体特征进行设计及存贮^[15]。对已经定义好的植物种形态,可直接在SVS中以代码形式调用。SVS模型结构及主要功能如图1。

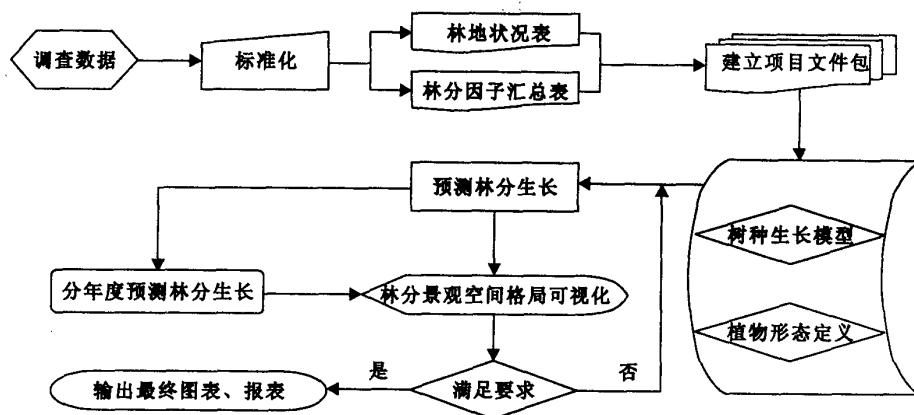


图1 SVS模型结构及主要功能

Fig.1 Structure and main function in SVS model

1.2 研究区基本情况

吕二沟是渭河支流赭河上的一条支沟,位于我国甘肃省天水市南郊,流域面积12.01 km²。流域走向自南至北,整个流域呈一狭长带状,南北长6.94 km,东西宽度约为1.73 km。流域内海拔最低点1175 m,最高点为1707 m,相对高差532 m。计有大小支沟51条,沟壑密度3.82 km·km⁻²,流域平均比降为7.24%。形态系数0.249。其出口于天水市秦城区南山石马坪处。根据1989年流域土地利用现状调查资料,吕二沟流域内有耕地376.37

hm²,林地347.33 hm²,牧草地234.93 hm²,农地、林地、牧地比约为1.6:1.5:1。根据1991年采用1:1万地形图实地调绘的结果,流域内累计保存各种水保措施有效面积7.481 km²,占流域面积的62.3%,其中林草措施面积占总实施面积的76.1%。林草措施中人工林地占52.0%,其中60%以上为刺槐(*Robinia pseudoscacia* L.)林地^[16]。

1.3 林分空间格局研究资料获取

2004年7月对吕二沟流域进行了土地利用、林分因子及侵蚀状况调查。其中针对吕二沟刺槐林分

最多、分布最广的特点,进行了典型单株木调查及样地调查。典型单株木调查选取林分中胸径、树高、冠幅、冠高比等特征值平均的样木,调查胸径、树高、冠幅、冠高比、平均分枝角、最大分枝角、最小分枝角、分枝状况、叶态叶形、叶枝干色泽等作为树种个体形态特征数据。样地调查取了林分立地条件及林分树木生长状况的详细资料,实测了样地内林木个体的样地坐标位置。对收集和调查的资料进行整理、分类,标准化处理,建立空间信息库、属性信息库。

2 结果与分析

2.1 植物个体形态定义

利用 SVS 的 Tree Designer 工具模块(图 2)按照林木个体特征进行设计和存贮。采用树种代码、立木等级、树冠等级、分枝高度、分枝角变化、树冠顶部

坐标、树干颜色、树枝颜色、叶片颜色 1、叶片颜色 2、整体形态特征和受害状态代码等参数控制树木真实形态特征的表达^[17]。根据调查的刺槐单株个体的形态特征,在 Tree Designer 中设计了相应的个体形态特征,保存在树种形态数据库中。在 SVS 林分景观空间格局模拟时,只需调用相应形态代码即可。

2.2 现实林分空间格局可视化

SVS 的主要功能如下:显示通过林分因子表所表示的林分可视化信息,表达风格比较真实;显示出表示林分空间格局丰富性的整体信息;可以采用不同的植物形态特征、颜色或者其它方式区分林分组成成分之间的差异;可以对林分进行俯视、侧视和透视显示;允许用户通过改变控制参数来调整所有的显示方式;允许用户根据林冠层中的树种、植物类型和植物组成对植物的形态特征进行定义;可以用表格和图形的方式生成林分培育措施实施前后的汇总信息;可以显示某一株树被用户所选选中时相应的信息;允许用户通过“标记”林分组成成分和指定一种作业方式来设计森林培育措施^[18]。

利用 SVS 的应用工具软件将林分调查的基础数据表(表 1)(植物种、胸径、树高、冠高比、冠径、个体树干位置坐标等)转换为可视化的林分因子列表。首先,利用表格处理软件将基础数据表(林分样地调查表及林分立地条件表)转化为以逗号分隔的文字型表格形式,通过 LMS 中 New Portfolio 模块同时导入已经转换好的表格:林分立地条件表(表 2)和林分因子汇总表,建立森林景观可视化项目文件,输出、保存,保存的林分因子列表文件后缀为 *.lms。然后在 LMS 中打开建立好的林分因子列表文件。执行 Visualize Stand…… 命令启动 SVS 模块,则进入林分可视化系统操作界面,即可展示出林分的三视图。在此操作界面中,很容易进行林分空间格局各种因子可视化的浏览及调整浏览方式。

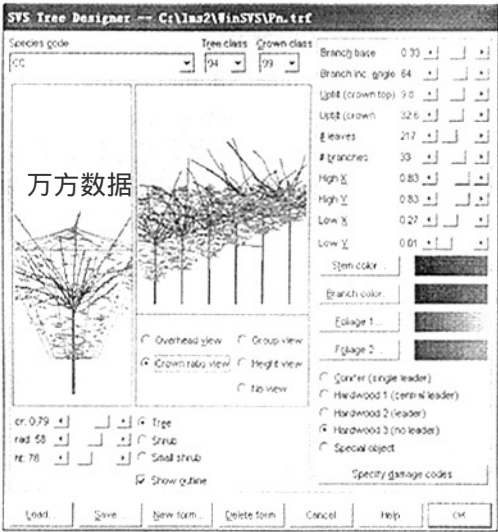


图 2 植物个体形态定义模块
Fig.2 Windows of tree designer

枝的倾斜角、树冠底部枝的倾斜角、枝/叶的数量、轮生枝/枝的数量、树顶部 X 及 Y 坐标、树基部 X 及 Y

表 1 吕二沟刺槐林样地调查表

Table 1 Data of Locust on stand in Lvergou

序号	胸径 /cm	树高 /m	枝下高 /m	冠干比 /%	冠 幅/m				树基坐标/m	
					E	W	S	N	X	Y
1	7.5	9.5	5.0	0.47	0.5	0.5	0.5	0.5	2.8	2.0
2	10.0	9.5	5.0	0.47	1.0	1.0	1.0	1.5	3.4	2.0
3	7.5	9.5	5.0	0.47	1.0	1.0	0.0	2.0	7.4	1.2
4	11.0	10.5	8.0	0.24	3.5	0.5	1.6	1.0	9.8	1.8
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
64	6.5	5.5	4.0	0.27	1.2	0.5	0.0	2.0	16.8	12.8
65	12.0	11.5	7.0	0.39	1.2	0.8	0.5	3.0	18.7	13.3
66	11.0	10.0	7.0	0.30	1.0	1.2	1.0	2.0	18.9	13.4
67	13.0	9.5	7.0	0.26	2.5	2.0	0.0	3.0	18.9	12.5

注:林龄 25 a。样地面积 20 m×20 m。2004 年 7 月调查。

表2 吕二沟刺槐林分立地条件表
Table 3 Site condition of stand in Lvergou

林分	样地	地位指数	年龄/a	坡度	坡向	海拔/m	面积/hm ²
	1	120	25	7	358	1367.6	0.01

SVS 是一个通过林分因子表来表示林分条件,并通过它生成描述林分空间格局的 3D 图形表达。SVS 生成的可视化图形提供了一种真实、直观的表现林分空间格局的方法,对于林分经营作业计划和经营管理方案的制定与实施有很大的帮助。

SVS 所需要的原始数据包括林木组成表和林木形态特征定义表。林木组成表描述林分中每株林木的树种、大小和位置;林木形态特征定义表定义每株林木的外貌特征和生长等级等属性。吕二沟刺槐林林分样地数据,经过 SVS 的应用工具软件处理,转化为描述现实林分空间格局的可视化林分因子列表后,在 SVS 操作窗口中直观地表达出来(图 3)。可展示林分空间格局的三维透视图:反映林冠状况的

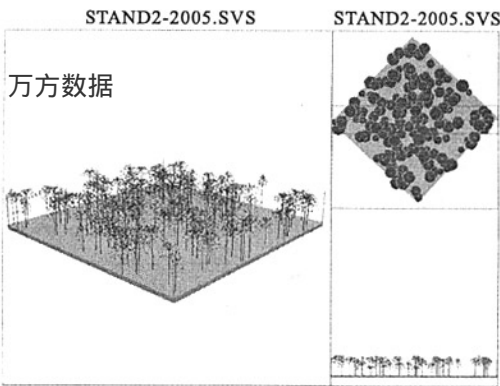


图3 刺槐林分空间格局可视化

Fig.3 The visualization of stand spatial pattern of locust
俯视图、描述立木形态的剖面图、林分胸径分布图、林分树高分布图、林分树干与冠高累计图等。

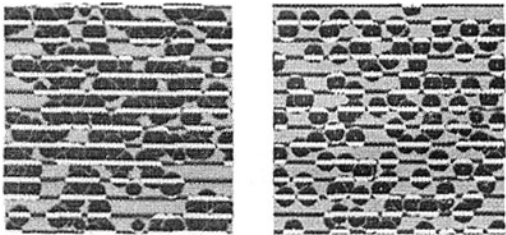
2.3 林分空间格局调整的可视化

林分空间格局的调整是对林分个体组成在数量上(单位面积)以及在质量上的调整。在 LMS(景观管理系统)中,有交互式的林分空间格局调整工具(treatment),方便林分调整措施的设定。对于一个特定的林分空间格局的调整包括疏伐作业和种植作业两大方式。利用 Treatment 工具可以对这两大作业进行方便地设计。在疏伐作业设计时,可以有不同的选择方式对伐除的林木进行选择:百分比、每公顷保留株数、单株树木基础营养面积、林分密度指数;伐除大于或小于某一胸径或树高的林木、按比例伐除某一径阶的林木、伐除某径阶区间的林木等。种植作业设计时,可针对更新的林分情况进行设计:

树种、直径、树高、冠幅、单位面积株数等。
由于林冠形态特征和生物量分布具有明显的空间变化,因此,林冠穿透降水或林冠截留势必具有相应的空间变异性^[19]。单位面积林木株数一定的情况下,其林木空间分布格局的均匀度和冠干比,也就决定了林冠形态特征和生物量的大小,直接影响到林冠穿透降水或林冠截留的特性。吕二沟刺槐林分空间格局可视化分析显示:林分林木株数 11 200 株·hm⁻²、林冠盖度 74%、平均冠幅 5.8 m、冠干比 0.41。在这些因子不变的情况下,利用 Treatment 工具的交互式操作对林分的林木均匀度作调整,采取疏密补稀的作业方式进行调整,其调整的结果见图 4。林分空间格局的林冠分布的均匀程度用下式计算:

$$R = \sum_{i=1}^n (C_{ai} - C_{bi}) / (C_{ai} + C_{bi}) \quad (1)$$

式中:以基线测定法测定林冠有无落在测线上,C_{ai}第 i 条基线上有林冠遮蔽的线段总和;C_{bi}第 i 条基线上没有林冠遮蔽的线段总和;i = 1,2,…… n。当 R 越趋近于 0,则组成林分空间格局的个体分布越均匀。调整前 R = 4.53;调整后 R = 2.49。调整后比调整前林冠分布的均匀度提高了 45%。



A 调整前 B 调整后
图4 林冠均匀度调整

Fig.4 Crown cover regulation of uniformity

3 结论与讨论

林分空间格局可视化的实现,是对传统的数学表达式及二维平面描述方法的完善及创新。使得专业或非专业人员在分析表述的结果均能容易接受和理解。传统的林分样地调查结果分析方式只能是用二维的图表展示样地特征,用手工绘出二维的胸径分布和树高分布曲线;按着调查的每株树木的树基坐标在方格坐标纸上绘出平面树冠投影图。但是很少能够绘出林分空间格局的立面图、三维透视图等。另外在计算树冠投影面积、平均胸径、平均树高、平均冠幅、平均枝下高等传统分析的方法非常繁琐、手段落后,而在 SVS 中就显得十分方便、快捷和精准。

林分空间格局可视化直观地展示林木个体和林分空间格局。这种产生的抽象化的可视化图形可以很好地让管理者了解和明了林分空间格局的现实状况和动态变化。以此为依据分析经营措施、调节经营过程、实施经营技术、获得经营效果。采用吕二沟刺槐林分调查资料,建立了现实林分空间格局可视化图形,经分析林分空间格局不能满足最大程度的截留降雨。为了调整林分空间格局,在 SVS 中利用 Treatment 工具对现实林分空间格局进行模拟调整,调整后的林分空间格局的个体分布比调整前均匀度提高了 45%。通过实际例子的分析,人们在对林分空间格局实施经营过程之前,就能清楚地了解当实施了相应的经营措施之后,林分空间格局的变化状况。实现对林分经营做到胸有成竹,有的放矢。

LMS 软件包适合与美国不同地区的森林景观模拟。但它也给了适用范围之外的研究和实际应用的方便接口,如修改已有的植物个体形态、建立新的植物个体形态,并可存入形态库方便调入使用;可修改植物生长模型以适应林分景观的动态变化预测等。但要适应我国的使用,还有很多方面需要改进和完善。还需要建立自己的植物形态库、不同树种生长过程模型、林分立地条件划分标准的统一等。

参考文献:

- [1] Visvalingam M. Visualization in GIS, cartography and vice[A]. In: Hearnshaw H M, Urwin D J, eds. Visualization in Geographical Information System[C]. 1994. 18-25.
- [2] Wood M, Brodrie K. Visc and GIS: Some fundamental considerations[A]. In: Hearnshaw H M, Urwin D J, eds. Visualization in Geographical Information System[C]. 1994. 3-8.
- [3] James B McCarter, Jeremy S Wilson, Patrick J Baker, et al. Landscape management through integration of existing tools and emerging technologies[J]. Journal of Forestry, 1998, 96(6): 17-23.
- [4] Kevin R Ceder. Using Silviculture to Sustain Wildlife Habitat: Assessing Changes and Trade-offs in Forest Habitats Using a Habitat Evaluation Procedure within the Landscape Management System [D]. Master Thesis of College of Forest Resource of University of Washington. 2001.
- [5] Michael H McClellan, Frances E Biles. Performance of the SEA-PROC Prognosis Variant of the Forest Vegetation Simulator[M]. Pacific Northwest Research Station, USDA, Forest Service. 2003.
- [6] USDA Forest Service, Forest Management Center[M]. FVS Software Documents. 1999.
- [7] David J Buckley, Craig Ulbricht, Dr Joseph Berry. The Virtual Forest: Advanced 3-D Visualization Techniques for Forest Management and Research[M]. The ESRI 1998 User Conference, San Diego, CA, USA. 1998.
- [8] Douglas H Deutschman, Catherine Devine, Linda A Buttel. The role of visualization in understanding a complex forest simulation model. 2000.
- [9] 权兵, 唐丽玉, 陈崇成, 等. 虚拟地理环境下的林分生长可视化研究[J]. 福建林学院学报. 2004, 24(3): 224-228.
- [10] Robert J McGaughey. Visualizing forest stand dynamics using the stand visualization system[A]. In: Proceedings of the 1997 AC-SM/ASPRS Annual Convention and Exposition[C]; April 7-10, 1997; Seattle, WA. Bethesda, MD: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing. 1997, 4: 248-257.
- [11] Stand Visualization System - A product of the USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station [DB/OL]. 1999. <http://faculty.washington.edu/mcgoy/svs.html> or <http://forsys.cfr.washington.edu/svs.html>. 1999.
- [12] Baker P J, J S Wilson. A quantitative technique for the identification of canopy stratification in tropical and temperate forests [J]. Forest Ecology Management. 2000, 127: 77-86.
- [13] Mcuillan A G. Honesty and foresight in computer visualizations [J]. Journal Forestry, 1998, 96: 15-16.
- [14] Kurth W. Morphological models of plant growth: Possibilities and ecological relevance[J]. Ecological Modelling, 1994, 75/76: 299-308.
- [15] Fisher J B. How predictive are computer simulations of tree architecture[J]? Int J Plant Sci, 1992, 153(3): S137-S146.
- [16] 黄河水利委员会天水水土保持科学试验站. 黄土丘陵沟壑区第3副区水土流失原型观测及规律研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社. 2004, 125-148.
- [17] 廖邦洪, 陈东立. 北美地区森林景观可视化的研究与应用[J]. 世界林业研究, 2005, (5): 57-64.
- [18] Wykoff W R, Crookston N L, Stage A R. User's guide to the stand prognosis model[M]. Gen. Tech. Rep. INT-133. Ogden, UT: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 1992. 112.
- [19] 余新晓, 张志强, 陈丽华, 等. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社. 2004, 24.