

# 木本植物三维可视化生长模型与林业生产

苏喜友, 龙 洁<sup>1</sup>

(北京林业大学 信息学院, 北京, 100083)

**摘 要:**为了掌握木本植物三维可视化生长模型与林业生产的关系,通过广泛与特例相结合的比较研究,从3个方面选择其代表软件进行详细阐述,并对当前流行的相关软件进行了比较。三类代表软件包括描述树木生理功能的Green Lab软件、基于GIS的三维树木可视化软件以及以形态模拟为重点的商业软件。提出了树木三维可视化软件研究与林业生产结合的不足,并进一步提出该类可视化软件的林业生产意义及其发展方向。

**关键词:**林业;木本植物;三维可视化

**中图分类号:**S711

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7461(2007)06-0204-05

## 3D Visualization of Arboreous Plant Growth and the Forestry Industry

SU Xi-you, LONG Jie

(College of Information Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In order to describe the relationship between 3D visualization of arboreous plant growth and forestry industry, three most representative growth systems and comparison among the most popular 3D visualization systems of arboreous plant growth based on a wide-special survey are summarized. The Green Lab Represents 3D Arboreous models mainly concerned about the physiological features. The 3D GIS with 3D Arboreous model is now a hot and promising research track. Some commercial softwares such as 3DS MAX has played important roles in 3D visualization of tree shape. Based on wide survey and selected description, disadvantages in the combination of 3D tree visualization and forestry meanings are pointed out and importance of 3D tree visualization as well as its prospective development are analyzed.

**Key words:** forestry; arboreous plant; 3D visualization

木本植物三维可视化生长模型是基于木本植物的生理特征与计算机的高速运算功能,模拟真实的树木生长过程,并在以往研究数据与经验基础上,对当前林业实践进行准确指导、评价、预测的计算机三维模型。木本植物三维可视化软件是结合专家系统、计算机图形学及其软硬件基础、科学可视化、数学、遥感等领域的一门综合性研究。

当前的三维木本植物可视化模型研究主要有两个方向,一是根据掌握的林业数据进行计算机建模,二是根据遥感数据或真实图像进行三维重建。对于基于林业数据的计算机建模,学术界公认的有法国以 de Reffye<sup>[1,2]</sup>为首开发的“AMAP”植物生长软件系统;加拿大以 Prusinkiewics<sup>[3~5]</sup>为领导的虚拟植

物实验室“Plant-Studio”;德国哥廷根大学 Kurth<sup>[6,7]</sup>领导的研究小组“LIGNUM”,中法合作实验室的“Green Lab”(中文名称“青园”)<sup>[8,9]</sup>,对于基于遥感数据的三维重建,这个方向的研究仍是该领域的新尝试,是当前世界范围内对3S技术的应用普及的结果,如VRMap<sup>[10]</sup>等软件,可以快速地利用各类GIS数据、模型数据、科学计算数据,快速建立复杂的三维树模型。

从木本植物的建模效果评价的角度分析,生成视觉效果上逼真的虚拟植物图形技术已经日趋成熟,尤其在以3DS Max为代表的商业软件及其插件中。但是,以植物为对象的建模方法还不完善,形态发生模型与生理生态模型的集成研究很少。本文重

收稿日期:2007-01-12 修回日期:2007-04-05

作者简介:苏喜友(1964-),男,吉林松原人,副教授,主要从事森林资源管理、森林资源信息管理、可持续林业等方面的研究。

点分析三类木本植物可视化软件的特点及其在林业上的应用,提出木本植物三维可视化模型在林业中的研究意义和发展前景。

## 1 三类木本植物可视化软件

### 1.1 中法合作研究所 Green Lab 模型

1.1.1 模型简介 Green Lab 模型主要应用于农林学研究,它是基于植物个体的“功能—结构”动态离散模型方法。该模型研究致力于建立基于植物学原理,并能够表达复杂植物形态的理论模型及其应用软件。

自 1998 年起,法国农业发展国际合作研究中心(CIRAD)、法国国家计算机科学与控制研究所(INRIA)、中国科学院自动化研究所、中国农业大学等单位合作,在著名的虚拟植物模型 AMAP 模型的基础上,开发了基于植物“功能—结构”反馈机制的新一代虚拟植物模型 Green Lab。该模型采用双尺度自动机模拟植物结构的形成,通过模拟植株的生物量生产与基于植株拓扑结构的生物量分配,以及器官生物量积累与器官形态的关系,模拟植物结构发育过程,从而更精确地模拟植物的生长。

该模型能准确描述木本植物的生长形态、几何生理结构,其中包括基于双尺度自动机的枝条生长模拟和花序生长模拟<sup>[11]</sup>等,并实现了具有植物学意义的木本植物三维可视化。

1.1.2 双尺度自动机原理 根据植物的生长特性,用微状态和宏状态两种尺度的状态组合和循环模拟植物的生长过程,生成植物的拓扑结构。其中,微状态代表叶元,作为模拟的最小单位。宏状态代表生长单元。由于生长单元由叶元组成,即宏状态由微状态组成。并且在同一生长单元内的叶元处于相同的生理阶段,因此在同一宏状态内的微状态具有相同的生理年龄。相同生理阶段的宏状态对应相同的生理年龄,用相似的生长参数描述,以减少参数,简化描述复杂性。

1.1.3 Green Lab 的研究对象 目前 Green Lab 还是一个实验室阶段的软件,其研究领域主要集中在植物光合作用模拟、花蕾形态、植物生长寿命、植物生长的确定性与随机性、植物器官机能、木本植物的优化建模、与环境因子的交互、约束条件下的植物收获与预估、植物和立地的计算机可视化等方面。该软件吸收了 AMAP 系统的优点,在软件效率上与 L-System 相媲美,是现阶段国内农林研究方面最优秀、功能最齐备、发展潜力巨大的植物建模可视化软

件。

### 1.2 基于 GIS 的木本植物可视化

1.2.1 GIS 的特点及林业应用 目前国内比较流行的 GIS 平台软件有 ArcInfo、MapInfo、MGE 等。根据 GIS 的特点,它在林业上的应用主要集中在森林资源调查、资源分析及森林经营管理等林业活动中。随着 3D 事业的发展,GIS 对于单株树木的三维可视化研究也开始有所涉及。

#### 1.2.2 基于 GIS 的木本植物三维可视化软件

(1)ERDAS IMAGINE。ERDAS IMAGINE<sup>[12]</sup>是美国 ERDAS 公司开发的遥感图像处理系统。在林业生产和科研中,该软件主要应用在林业资源分类区划中,具有周期短、省时、省力、数据精度高、统计结果准确等优点。

ERDAS IMAGINE 软件中的虚拟信息系统(Virtual GIS)<sup>[13]</sup>主要针对真实三维景观重现和 GIS 分析。该模块能使用户在真实的虚拟地理信息环境中交互处理数据,查询三维环境中数据的像元值及其属性。Virtual GIS 在计算机软硬件的支持下,可以把景观信息(采用地形图生成的 DEM 数据、Ortho 模块生成的正射影像以及 Stereo 模块生成的地物信息等各种专题信息相应的数据资料以及各种文字资料材料)进行有效的融合、管理。此方法生成的三维景观具有空间信息的真实性,但缺少复杂对象的逼真效果,尤其是树木。目前对于木本植物的可视化主要采用在模块中导入专业三维建模软件的树模型方法,并利用 ERDAS 的 C++ 接口等进行编程处理以及后期的图像与矢量分析,应用 LOD 等方法减少系统开销<sup>[14]</sup>。

ERDAS 在林业上的用途主要集中在宏观观测与评价中,对于木本植物的三维形态模拟主要依赖外部软件的支持<sup>[15]</sup>。

(2)VRMap。由北京图灵软件技术开发的三维地理信息系统平台软件 VRMap<sup>[10]</sup>,重点强调了网络化和数据库的应用。VRMap 采用 J2EE 的构架,提高了基于 Web 的三维可视化应用;VRMap 还提供基于 Web 的海量空间数据的存储管理和跨平台数据库。通过与 GIS 数据的结合,该软件能动态地真实再现树木、园林、公路等景观,在数字城市、作战指挥、智能大厦等领域已经发挥了巨大作用。VRMap 在“网络化、海量数据、自主知识产权”等方面的突破进展,为基于 GIS 技术的木本植物三维可视化在国内的发展提供了有效的研究途径。

### 1.3 商业软件中木本植物三维可视化模块

三维可视化软件在生产实践中发挥了重要作用,如 MAYA<sup>[16]</sup>制作的精美电影特技,3DS Max<sup>[17]</sup>游戏模型。在林业方面,可以把木本植物三维可视化软件根据应用范围分为应用于林业研究领域与应用于非林业领域两类,也可以根据软件的存在形式分为独立应用软件与插件式软件。应用于林业研究的以 AMAP<sup>[18]</sup>为代表,应用与非林业研究的以 3DS

MAX 为代表。

1.3.1 AMAP 该软件拥有一个庞大的植物数据库,还包括一个植物生长引擎和可以应用 GIS 的三维地形编辑系统。应用 AMAP 软件,可以制作具有林学意义的各种植物模型,并且可以调节有关树干、树叶、四季色相变化等各种参数,可以通过制作地形,生成完整的自然景观动画(图 1)。

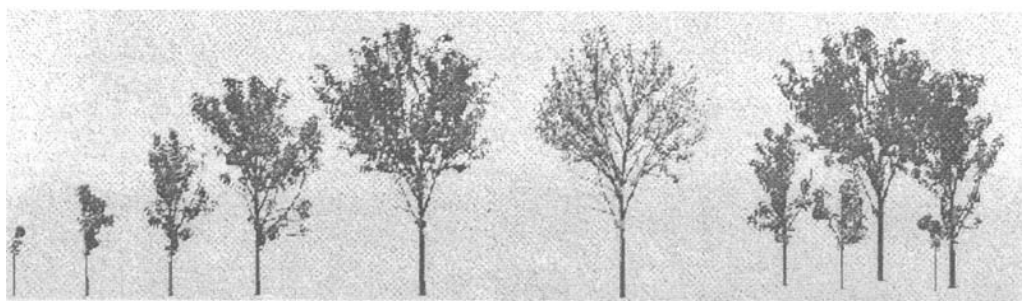


图 1 AMAP 系统模拟的树木生长过程

Fig. 1 The arboreal growth process simulated by AMAP

万方数据

1.3.2 其他三维形态模拟软件 3DS Max 支持大量以其插件形式存在的木本植物三维模型库,如 Archvision 公司的 RPC<sup>[19]</sup>、Onyx 公司的 TreeStorm<sup>[20]</sup>、IDV 公司的 SpeedTreep<sup>[21]</sup>。插件形式软件增加了木本植物建模的灵活性,可以通过多种途径对木本植物三维模型进行修改和编辑。

Bryce<sup>[22]</sup>又名“山水大师”,以其高效逼真的山水形态模拟而著称。Bryce 有专门的三维树木设计模块,可以对树种、树枝密度、树叶密度、颜色等进行详细设置。

Lightware 的插件 TreesDesigner<sup>[23]</sup>也是有效绘制 3D 树木的插件。

但是,目前流行的商业软件主要以木本植物形态和编辑的有效性为目的并进行评价。因此,由这些软件生成的三维木本植物模型并不直接具有林业研究意义,也不能对林业生产提出直接的建议。

## 2 木本植物可视化软件的比较

由于木本植物生理模型与形态的复杂性,当前流行的三维木本植物可视化软件多数只具备少量的或根本不具备林业研究意义,这些软件主要应用在城市规划设计或森林景观的形态模拟方面。表 1 和表 2 列举了目前主要的木本植物三维可视化软件的

功能及其特点<sup>[24]</sup>。表 1 列举了独立运行的软件,表 2 列举了以插件形式存在的软件。

## 3 对林业生产的意义

### 3.1 操作简便,结果直观

尽管三维可视化技术具有开发成本高、研究难度大的问题,但是其简易直观的效果,一直是可视化领域的研究者追求的目标。对于具有林业研究意义的三维可视化木本植物系统,一旦模型具备了真实的生长特征,如光合作用能力、水分需求等生理学特征后,基本不需要使用者具有很高的林业基础就能进行生产与实践的指导。

### 3.2 虚拟现实的作用

三维可视化木本植物模型在城市规划、室内装修等领域也有广泛的应用价值。树模型结合虚拟现实技术,研究者可以在规划期间对完成效果进行真实的三维漫游,从木本植物的生理价值和形态价值两方面对设计草图提出建议。对于四维的三维空间漫游,研究者甚至可以根据树木的生理模型判断森林在未来 5 a 或 10 a 的生长状态。同时,木本植物模型还具有不限地域的特点,可以根据当地的气候条件,利用木本植物生理模型,引种合适的树种,节省研究时间和经费。

表 1 主要树木三维可视化软件及其特点  
Table 1 The main characters of leading arboreal plants software

名称	主要特点	优点	缺点
XFrog	1. 独立的植物建模, 由德国 Green-works 的 Bernd Lintermann 开发 2. 运行于 Win32 平台 3. 文件格式为 .xfr 和 .kfr	1. 精简的 L-system 应用 2. 大量自定义参数 3. 植物形态的通用性 4. 植物生长向性模拟 5. 模型可导入 Rayshade, Maya 6. xfr 格式可直接读入 VTP	1. 大量的模型训练工作 2. 生长和结构基于数学, 而非植物生理 3. 叶片脉络模拟不清晰 4. 圆柱体模拟树枝缺少真实性
Speed Tree	3DS Max 的插件	1. 动态层次细节技术 2. 自行设置树木参数 3. 模拟树在风中动态效果	注重形态模拟, 多应用于游戏软件
VLAB (Linux) &L-Studio (Windows)	Prusinkiewicz 博士开发	1. Prusinkiewicz 博士在 L-system 领域的领先研究 2. 支持 2 个操作系统	渲染度一般, 形态模拟较差, 界面不够友好。
Virtual Gardening and Virtual Bonsai	JFP 公司开发的独立软件, 用于模拟花园景观和盆景树	1. 精美的输出画面 2. 基于 OpenGL 的实时交互操作	不能用于真实树木的模拟
Arbaro	用 Java 编写的免费开源树木模拟软件	输出 obj 文件	仅限少量树种, 逼真性不够
Treemagik	Aliencodec 公司开发的树木模拟软件	1. 输出多边形数量少, 有每枝纹理 2. 多种输出格式 3. 价格便宜	1. 限制输出大小 2. 基于虚拟模型 3. 用户界面不够友好 4. 受限的输出功能
Forester Arboretum	生成 POV-Ray, .x, and .obj 格式的树模型	—	1. 输出文件大, 为 2~20 M 以上 2. 只有 5 个示例树种
Tree Professional	基于 Onyx 运算的树模型库 Tree Still, Tree Storm	1. 独立的树木设计界面 2. 与 3DS Max 集成 3. 功能齐备, 如修枝等操作	1. 渲染速度慢 2. 不如 XFrog 树模型精美

万方数据  
表 2 插件形式的树木三维可视化软件及其特点  
Table 2 The main characters of leading arboreal plants software's plugins

名称	主要特点	优点	缺点
Trees Designer	1. LightWave 的插件 2. 独立的树叶生成模块	1. 枝条开叉处理平滑, 优于同类产品 2. 输出无限制	树枝角度真实感弱
DPIT Nature Spirit	Cinema 4D 的插件	—	模拟结果真实感弱
Maya Paint Effects	包含于 Maya 正式软件中的插件	快速创造丛林效果, 用户自定义树木模型	—
Digital Landscapes	1. JFP 公司产品的插件(NT/Irix) 2. 基于 Norishige Chiba 博士研究	1. 精美的输出效果 2. 高效的布景控制	仅作为插件
Bionatics (基于 AMAP)	具有 3 种输出结果: natFX (Maya/MAX 插件)、EASYNat (3ds VIZ Plug-in) 和 REALnat (billboard generator)	与 AMAP 同等大型的植物数据库	1. 价格昂贵 2. 对模型的使用限制严格 3. 仅限使用软件提供的植物模型
Digimation —Tree Factory	树木模型逼真	1. 作为 3D Max 的插件 2. 用户界面友好、易操作	1. 仅限模拟结构简单的树模型 2. 输出效果不佳
Tree Druid	1. Carrara 三维软件的插件 2. 可以作为独立的 app	包含 36 个树种模型	旧版本的树木模型逼真性弱

3.3 GIS 对空间信息的准确与宏观把握

三维可视化木本植物模型与 GIS 的结合, 可以看作是树木生理研究与空间数据的结合。由于目前还没有将具有完整生理数据的三维木本植物模型应用到 GIS 森林监测与评价系统中, GIS 在林业上的

应用还停留于森林的宏观监测方面。随着三维木本植物模型的简化和 GIS 宏观监测技术的发展, 空间信息与树木生理信息的结合研究将成为新的研究方向, 并为林业生产实践提供更真实、直观的引导资料。

## 4 发展与展望

随着计算机软硬件水平的飞速发展和人们对生存环境的关注,各行各业对于各自领域内的三维可视化技术越来越关注。除了技术上的降低成本和研发更多的树种生长模型外,木本植物三维可视化的研究领域也将随之不断拓宽。除了对林业生产实践的指导,在城市规划与建设、室内装饰、计算机游戏、生态环境建设与评价等方面都将发挥巨大作用。此外,有效的木本植物可视化模型,结合考古学和木本植物基因研究,甚至可以完整的还原远古时期的木本植物,推动物种的多样化和持续性。总之,随之林业知识的积累和计算机软、硬件水平的不断发展,木本植物可视化研究将不断开辟新的研究领域,促进人类的现代化进程。

### 参考文献:

- [1] de Reffye P, Houllier F. Modeling plant growth and architecture: Some recent advances and applications to agronomy and forestry[J]. *Current Science*, 1997, 73 (11): 984-992.
- [2] de Reffye P, Edelin C, Françon J, et al. Plant models faithful to botanical structure and development[J]. *Computer Graphics*, 1988, 22(4): 151-158.
- [3] Prusinkiewicz P, Lindenmayer A. The Algorithmic Beauty of Plants[M]. New York: Springer-Verlag, 1990.
- [4] Prusinkiewicz P. A look at the visual modeling of plant using L-system[J]. *Agronomic*, 1990, 211-224.
- [5] Mech R, Prusinkiewicz P. Visual models of plants interacting with their environment[J]. *Computer Graphics*, 1996, 30(3): 397-410.
- [6] Kurth W, Sloboda B. Growth grammars simulating trees: an extension of L-system incorporating local variables and sensitivity[J]. *Silva Fenn*, 1997, 31: 285-295.
- [7] Perttune J, Sievanen R, Nikinmaa E. Lignum: A model combining the structure and functioning of trees[J]. *Ecol. Model.*, 1998, 108: 189-198.
- [8] de Reffye P, Yan H P, Leroux J, et al. Study on plant growth behaviors simulated by the function- structural plant model-Greenlab[J]. *Plant Growth Modeling and Applications Proceedings*, 2003, 118-128.
- [9] 王江, 胡包钢, 腾军. Marc Jaeger, "GreenLab 模型下的虚拟植物器官造型工具软件"[J]. *中国图形图像学报*, 2003, 8(A): 847-851.
- [10] 北京灵图软件技术有限公司, 三维 GIS 平台 VRMAP 3.0. 1. [EB]. <http://www.lingtu.com>, 2007.
- [11] 赵星, Dereffye P, 熊范纶, 等. 基于双尺度自动机模型的植物花序模拟[J]. *计算机学报*, 2003, 26(1): 116-124.
- [12] Leica Geosystems L L C. Leica Geosystems Geospatial Imaging[EB]. <http://gi.leica-geosystems.com>, 2007.
- [13] Leica Geosystems LLC. Leica geosystems geospatial imaging: Imaging VirtualGIS[EB]. <http://gi.leica-geosystems.com>, 2007.
- [14] 赵星, Dereffye P, 熊范纶, 等. 虚拟植物生长的双尺度自动机模型[J]. *计算机学报*, 2001, 24(6): 608-617.
- [15] 张维胜, 赵革, 王超, 等. 基于 ERDAS 的三维虚拟地理环境开发方法研究[J]. *技术装备*, 2005, 3(7): 6-8.
- [16] Autodesk Inc., autodesk MAYA [EB]. <http://usa.autodesk.com>, 2007.
- [17] Autodesk Inc., Autodesk 3ds max [EB]. <http://usa.autodesk.com>, 2007.
- [18] Daniel Barthélémy, UMR AMAP [EB]. <http://amap.cirad.fr>, 2005-10-10.
- [19] Randall Stevens, ADT users. <http://www.archvision.com>, 2007.
- [20] Onyx computing, Inc., cnyx computing [EB]. <http://www.onyxtree.com>, 2007.
- [21] Interactive data visualization Inc (IDV), speedtree [EB]. <http://www.speedtree.com>, 2007.
- [22] DAZ productions, Inc., DAZ productions [EB]. <http://www.daz3d.com>, 2006.
- [23] Pawel OLAS, light wave plug-in: tree designer 1.5 [EB]. <http://www.polas.net>, 2007.
- [24] Virtual terrain project, plant life for virtual terrain [EB]. <http://vterrain.org/plants>, 2006.

## 更正启事

本刊 2007 年第 5 期 102 页表 1 中, 序号 70~72 应为栗腹鸫、白脸鸫、白尾鸫, 序号 74 改为红胸滨鹑, 拉丁学名为 *Calidris ruficollis*。