

一种基于 ArcView 的实现林分可视化的方法

章雪莲, 汤孟平, 方国景, 劳振作, 石瑛英

(浙江林学院 环境科技学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 对浙江省天目山国家级自然保护区内的针阔混交林采用相邻网格调查方法, 用全站仪、围尺和生长锥等器材获得每木的空间数据和属性数据。首先, 利用地理信息系统软件 ArcView, 对空间数据进行坐标变换; 然后, 建立样地数字高程模型 (DEM)。实践得知, 经过 ArcView 中的反距离加权法插值, 并利用不规则三角网 (TIN) 模型得到的地形更逼近于地形表面; 再利用 Photoshop 处理实地拍摄的树木照片, 提取树木符号, 导入 ArcView 中实现树木可视化; 最终, 将地形和树木叠加实现林分可视化。图 8 表 2 参 10

关键词: 森林经理学; ArcView; 林分可视化; 坐标变换; 数字高程模型; 树木符号

中图分类号: S758 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2008)01-0078-05

A method of realizing stand visualization based on ArcView

ZHANG Xue-lian, TANG Meng-ping, FANG Guo-jing, LAO Zhen-zuo, SHI Ying-ying

(School of Environmental Technology, Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: Stand visualization is difficult, because the structure of forest is very complex and various. The existing software include SmartForest, stand visualization system (SVS), EnVision and Visual Forest, but they are not perfect. We want realize stand visualization based on ArcView, which is geographic information system (GIS) software, in order to provide technical support for nature reserve protection, restoration and reconstruction. A typical plot of 100 m × 100 m in conifer broadleaved mixed forest of Tianmu Mountain National Nature Reserve, was investigated with adjacent grid, research instrument including total station, steel tape and increment borer were used to get spatial data and attribute data of each tree. First, coordinate transform of spatial data were taken in ArcView. Then, the digital elevation model (DEM) was established. Practice proved that the terrain which created through inverse distance weighted interpolation (IDW) and triangulated irregular network (TIN) model was good. The real tree photos were dealt with Photoshop to draw the tree symbols and realize the tree visualization by loading trees symbol into ArcView. Finally, stand visualization was realized. [Ch, 8 fig. 2 tab. 10 ref.]

Key words: forest management; ArcView; stand visualization; coordinate transform; DEM; tree symbol

森林结构十分复杂, 形态各异, 一直是可视化研究的难题。以森林的基本单元——林分为对象的林分三维可视化研究已有 10 多年的历史^[1], 国外已开发了较多的林分可视化软件, 代表性产品有 SmartForest, 林分可视化系统 (stand visualization system, SVS), EnVision, Visual Forest^[2] 等。国内对林分可视化研究刚刚起步。宋铁英^[3] 较早开展林分可视化研究, 她采用基于树图像的方法, 成功地实现林分三维可视化, 并指出这种方法的不足是树的模型实际上是一个典型树木的二维图像, 没有建立树的三维结构模型, 因此有“众树一面”的问题。权兵等^[4] 借鉴 SVS 对树木用几何模型设计的思想, 并引入了林分生长过程, 实现虚拟地理环境下的林分生长可视化。石松等^[5] 在研究树几何模型

收稿日期: 2007-07-27; 修回日期: 2007-10-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471390); 浙江省自然科学基金资助项目(Y305261); “十一五” 国家科技支撑计划重点项目(2006BAD23B01); 浙江林学院科研发展基金资助项目(2006FR20)

作者简介: 章雪莲, 硕士研究生, 从事森林经理研究。E-mail: shelley0413@163.com。通信作者: 汤孟平, 教授, 博士, 从事森林与环境空间关系研究。E-mail: goodtmp@yahoo.com.cn

中, 用贝塞尔(Bezier)曲线来描述树干与树枝形状, 生成形态各异的树形状。可见, 现有的林分可视化侧重可视化软件开发, 而对本身具有较强可视化功能的地理信息系统(GIS)的应用研究却被忽视了。例如 ESRI 的 GIS 产品 ArcView 软件具有强大而完备的空间分析能力, 可用来分析数据空间关系和解决空间问题, 是实现诸多三维景观可视化模拟的途径之一, 特别是在空间数据的处理、地形的三维实现以及地物符号的叠加等方面具有强大的功能, 且方便灵活, 操作简单, 通用性强。本研究通过对浙江省天目山国家级自然保护区内的森林进行基于单株树木的空间精确定位调查, 利用 ArcView 软件实现林分空间可视化, 以为自然保护区制定科学合理的保护措施提供技术支持。

1 研究区概况

浙江省天目山国家级自然保护区位于浙江西北部临安市境内的西天目山, 距省会杭州 94 km, $30^{\circ}18'30'' \sim 30^{\circ}24'55''N$, $119^{\circ}23'47'' \sim 119^{\circ}28'27''E$ 。主峰仙人顶海拔为 1 506 m。天目山气候属中亚热带向北亚热带过渡型, 受海洋性暖湿气流影响, 季风强盛, 四季分明, 气候温和, 年平均气温为 $8.8 \sim 14.8^{\circ}C$, 年降水量 $1\ 390 \sim 1\ 870\ mm$ ^[6]。天目山是我国东部中亚热带北缘森林的一个代表地段, 对反映南方同类型森林空间特征有显著的代表性。在保护区接近自然状态的林分内开展可视化研究, 通过海量三维空间数据可视化显示, 实现林分可视化, 提取林分空间信息, 为制定生物多样性保护措施提供可视化分析方法^[3,7-9]。

2 调查方法

选择保存较完好的针阔混交林设置样地, 样地大小为 $100\ m \times 100\ m$ 。用相邻格子调查方法^[10], 把样地划分为 100 个 $10\ m \times 10\ m$ 的调查单元。在每个调查单元内, 对高度 $\geq 1.5\ m$ 的木本植物进行每木调查, 记录树木种类, 测定每株树木的胸径、树高、活枝下高和冠幅等因子; 对高度小于 $1.5\ m$ 的木本植物同样进行每木调查, 调查因子中除地径取代胸径外, 其他调查因子相同。采用激光对中全站仪(徕卡 TCR702Xrange)测定每株树木基部三维坐标(x, y, z)。其中: x, y 是平面直角坐标, z 是海拔高度。用围尺测量每株树木的胸径, 用皮尺测量树木冠幅, 用生长锥测定树木年龄等。

3 数据处理

在 Excel 中, 将样地每木调查得到的数据进行录入、整理及核对, 最终将这些数据转化并保存为 *.dbf 格式的文件, 以导入 GIS 软件加以处理(表 1)。

表 1 调查数据表

Table 1 Surveying data

树号	树种	x/m	y/m	z/m	D/cm	...
060001	杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i>	0.00	2.91	600.00	31.30	...
060002	青钱柳 <i>Cyclocarya paliurus</i>	0.00	8.19	600.00	34.20	...
060003	小叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	0.53	8.21	600.00	6.50	...
060004	小叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	1.37	6.12	600.00	9.20	...
060005	小叶青冈 <i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>	2.52	3.29	600.00	6.40	...
...

4 林分可视化技术

林分可视化包括林地可视化和树木可视化。分别建立林地可视化图层和树木可视化图层, 再把 2 个图层叠加, 实现林分可视化。

4.1 坐标变换

由于全站仪测定的 x, y 坐标与 GIS 中的坐标相反, 各点 x, y 坐标作一次关于 $y = x$ 的镜象变换。

设全站仪测定的原始数据矩阵为 A :

$$A = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{bmatrix} \circ$$

其中: x_i, y_i, z_i 是第 i 株树木在 x, y, z 坐标上的取值; n 为株数。对 A 作 $y=x$ 的镜象变换, 得到矩阵 B :

$$B = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 & x_1 & z_1 \\ y_2 & x_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_n & x_n & z_n \end{bmatrix} \circ$$

4.2 林地可视化

选择 ArcView 作为样地数字高程模型 (DEM) 建立工具, 步骤如下。

- 4.2.1 添加数据 利用 ArcView 将处理好的调查数据以 *.dbf 的格式添加到 ArcView 的数据表中。
- 4.2.2 添加主题事件 在 ArcView 软件中, 从视图 (view) 菜单中选择添加主题事件 (add event theme) 命令, 在随即弹出的添加主题事件窗口中应注意 x, y 值互换 (因全站仪测定的 x, y 坐标与 GIS 中的坐标相反), 得到结果如图 1 所示。
- 4.2.3 创建地形 通过实践得知, 直接创建的地形由于未经过插值, 不规则三角网模型 (TIN) 中的三角形过于突兀, 显得粗糙、成块状, 效果很不理想, 需要改进。改进的方法是利用 ArcView 中的反距离加权插值法 (IDW)。首先, 从表面 (surface) 菜单中选择内插栅格 (interpolate grid) 命令, 然后在弹出的对话框中, 设定输出主题的范围、栅格单元大小、行、列等属性, 单击确定进入插值对话框, 插值方式选择 IDW, 单击确定得到高程栅格图层 (图 2)。从图 2 可见, 栅格数字高程模型不能精确地表示地形的结构和细部, 并且数据量很大, 而 TIN 模型能更好地顾及这些特征从而能更精确地表达地形形态。因此, 选中刚刚建立的高程栅格图层, 从主题 (theme) 菜单中选择转换栅格到 TIN (convert grid to TIN) 命令, 将高程栅格数据转换成 TIN 数据, 实现林地可视化 (图 3)。

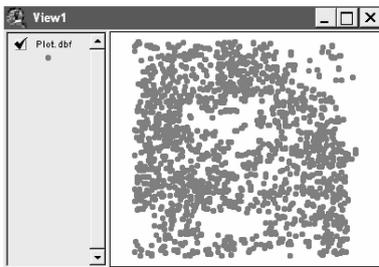


图 1 添加 x 和 y 数据
Figure 1 Add x and y data

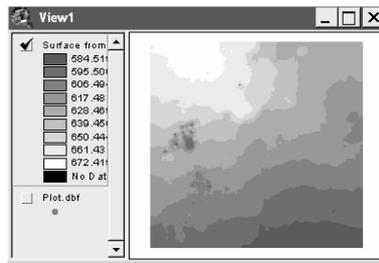


图 2 高程栅格数据
Figure 2 Raster data of elevation

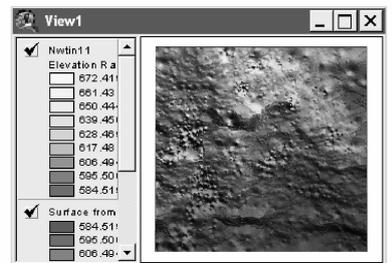


图 3 插值生成的 TIN
Figure 3 TIN of interpolation formation

4.3 树木可视化

树木可视化的关键技术之一是确定树木符号。为了达到可视化的真实性, 采用实地拍摄的树木照片, 经过 Photoshop 软件处理, 从照片中去除背景, 提取树木符号。

- 4.3.1 树木照片拍摄 由于树木种类比较多, 本研究选取 15 个较典型树种进行模拟, 其中包括 4 个优势树种。考虑到这些树种在林分中的实际比例, 在野外拍摄过程中要求保持一定比例关系, 具体的比例 $C = \text{树高} / \text{拍摄点到树木的距离}$ 。 C 值由拍摄第 1 个树种的树木照片时确定, 用皮尺测量拍摄点到树木的距离为 15.0 m, 用测高器测得树高为 7.2 m。因此, $C = 7.2 / 15 = 0.48$ 。对其他树种, 则需要先测树高, 再按已得 C 值确定拍摄距离 (表 2), 最后拍摄树木照片。

- 4.3.2 树木照片处理 ①利用 Photoshop 打开待处理的照片, 用套索工具将目标树木选中, 并将它从原图中分离出来并放在新的图层上, 然后将原图层锁住并隐藏; ②在目标树木图层下方新建一层, 设

置背景色为黑色，与目标树木背景形成鲜明的对比，然后根据需要可选用套索、魔棒、钢笔和橡皮等工具去除树木背景；③在 ArcView 中，树木符号插入时是以树木符号中心点作为高程点插入，显然不符合实际，需要进行调整，将中心点移到树木符号根部。调整方法有 2 种：①改变高程值，将数据表中每株树木的高程值加上该树木树高的一半作为新的高程值；②对树木图片进行调整，在 Photoshop 中，用标尺量取树木高度，宽度，将其画布尺寸放大 1 倍，然后将目标树木移到画布顶部中间即可。调整后，结果保存为 *.gif 格式(图 4)。

4.3.3 树木符号的导入 以榿树 *Torreya grandis* 为例。前述已将数据导入 ArcView 中，并建立地形。在此基础上，激活该视图窗口，单击选中 *.dbf 格式的树木点数据主题。利用查询工具，将树种为榿树的数据点提取出来，并添加到视图中。在目录表中双击榿树主题图例，进入图例编辑器，图例类型(legend type)选择分级符号(graded symbol)；并以胸径进行分类，分类等级数设为 64，等级范围设置为 4~72(图 5)；双击符号(symbol)按钮进入对话框，单击导入按钮，导入事先作好的树木符号(图 6)；然后选择榿树符号，并去除其背景。最后单击应用，得到榿树可视化效果(图 7)。其他树种树木符号导入及可视化过程与上述相同，这里不再赘述。

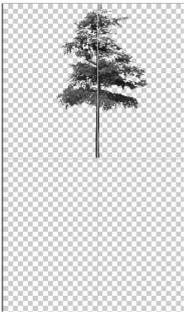


图 4 树木符号图片

Figure 4 Photo of tree symbol

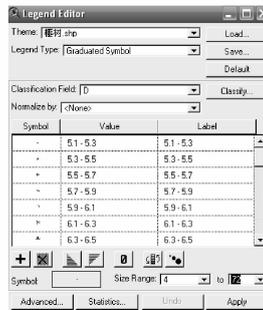


图 5 图例编辑

Figure 5 Edit legend



图 6 添加树木符号

Figure 6 Add trees symbol

表 2 树高与拍摄距离

Table 2 Tree height and shooting distance

树种	树高/ m	拍摄距 离/m	C 值
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i>	7.2	15	0.48
榿树 <i>Torreya grandis</i> *	3.8	7.9	0.48
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> *	10.3	21.5	0.48
枫香 <i>Liquidambar formosana</i> *	6.0	12.5	0.48
短尾柯 <i>Lithocarpus brevicaudatus</i> *	3.2	6.7	0.48
山合欢 <i>Albizia kalkora</i>	3.5	7.3	0.48
榿木 <i>Loropetalum chinensis</i>	3.2	6.7	0.48
石楠 <i>Photinia serrulata</i>	3.8	7.9	0.48
马银花 <i>Rhododendron ovatum</i>	1.0	2.1	0.48
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	5.0	10.4	0.48
响叶杨 <i>Populus adenopoda</i>	6.0	12.5	0.48
浙江柿 <i>Diospyros glaucifolia</i>	2.2	4.6	0.48
榆树 <i>Ulmus pumila</i>	6.5	13.5	0.48
冬青 <i>Ilex chinensis</i>	3.8	7.9	0.48
日本珊瑚树 <i>Viburnum awabuki</i>	2.8	5.8	0.48

说明：* 为优势树种。

4.4 林分可视化实现

将林地可视化图层与 15 个树种(表 2)的树木可视化图层进行叠加，实现林分可视化(图 8)。林分中树木的分布、树种间的关系以及地形的起伏等林分和林地特征清晰可见。

5 结论与讨论

通过研究，得出从样地调查、坐标转换到 ArcView 实现林分可视化的一整套技术体系。其中林地的三维表现是林分可视化的重要内容之一，通过实践比较，反距离加权插值法创建出的 TIN 符合地形实际情况，效果较直接法好。同时树木符号的确定是林分可视化的关键技术，由于 ArcView 系统自带树木符号较少，需要添加与此软件相匹配的树木符号，用 Photoshop 去除树木照片的背景，提取树木符号，然后导入到 ArcView，此方法表现树木效果较逼真，但要注意在野外拍摄树木照片时，树高与



图7 榧树的可视化效果

Figure 7 Visualization of *Torreya grandis*

图8 林分可视化

Figure 8 Stand visualization

拍摄距离之间需要保持固定的比值，避免树木之间的比例关系偏离实际。

上述基于 ArcView 实现林分可视化的方法，成本低，效率高，操作方便，通用性强，可为自然保护区制定科学合理的保护措施提供技术支持。但必须指出，该方法存在一定的局限性，虽然 ArcView 可以实现一定的三维显示功能和交互式设计，但功能有限，难以进行复杂建模，真实感较差，且对于整个林分来说，数据庞大，难以顺畅地实现林分内实时漫游、动态景观等。随着 GIS 的不断发展，这一方面的缺陷会得到进一步解决。

参考文献:

- [1] 郝小琴. 林业科学与科学可视化[J]. 林业科学, 2001, 37(6): 105-108.
- [2] BUCKLEY D J, ULBRICHT C, BERRY J. *Advanced 3-D Visualization Techniques for Forest Management and Research* [M]. San Diego: The ESRI User Conference, 1998: 27-31.
- [3] 宋铁英. 一种基于图像的林分三维可视模型[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(4): 93-97.
- [4] 权兵, 唐丽玉, 陈崇成. 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.
- [5] 石松, 於其之, 陈崇成, 等. 贝塞尔曲线在虚拟森林景观单树几何模型构建中的应用[J]. 地球信息科学, 2004, 6(3): 90-93.
- [6] 丁炳扬, 潘承文. 天目山植物学实习手册[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2003: 1-6.
- [7] 黄燕. 三维地形地貌的可视化研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2002.
- [8] 岳为, 崔永庆. 科学计算可视化中的体绘制技术[J]. 黑龙江大学自然科学学报, 1997, 14(1): 51-53.
- [9] 宋仁波. 落叶松人工林树冠的三维图形模拟[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2003.
- [10] 汤孟平, 周国模, 施拥军, 等. 天目山常绿阔叶林优势种群及其空间分布格局研究[J]. 植物生态学报, 2006, 30(5): 743-752.