

一种真实感三维地形的实用生成方法

陈长林^①, 魏海平^①, 张 松^②, 王 峰^{①③}

(^①信息工程大学测绘学院, 郑州 450052; ^②北京军区测绘信息中心, 北京 100042; ^③61363 部队, 北京 710054)

【摘 要】建立真实感三维地形, 往往在很大程度依赖于遥感影像, 而且实现起来比较复杂。本文提出了一种构建真实感三维地形的实用方法: 利用电子地图制作纹理, 利用 PhotoShop 为纹理图增加立体效果, 用 OpenGL 为其添加光照信息, 最后将生成的纹理映射到简化的三维地形上。按照此方法制作了河南三维地形仿真系统, 具有较强的真实感和较快的速度。

【关键词】三维地形; 纹理; 真实感地形; 可视化; OpenGL

【中图分类号】P208

【文献标识码】A

【文章编号】1009-2307(2009) 01-0190-03

DOI: 10. 3771/j. issn. 1009-2307. 2009. 01. 066

1 引言

三维地形的可视化是近年来 GIS 领域研究的热点, 尤其是在如何快速有效地构建真实感三维地形这个问题上, 国内外做了大量的研究。目前, 用于地形三维显示的数据按照其功能被划分为地形数据、文化特征数据和纹理数据, 构建真实感三维地形的一般过程是: 利用地形数据(通常是数字高程模型 DEM)建立三维数字地形, 贴上纹理数据(通常是数字正摄影像图 DOM), 最后将文化特征数据(水系、道路等自然和人文要素, 以及地表的土质和植被表现出来)投影到生成的三维地形上^[1]。采用此方法生成三维地形, 主要借助于影像纹理, 使得系统具有很强的真实感。但是用户很可能只关注其中的某些要素, 如道路和水系, 而影像纹理上有太多的信息, 反而影响了有效信息的表达; 另外, 有些系统开发者可能获取不到相应的影像, 这使得真实感三维地形的实现就比较困难。

实际上, 在不用影像数据的情况下, 通过将电子地图制作成纹理, 也可以实现真实感三维地形的构建, 并且可以方便地调整纹理内容。其大致流程如下: ①通过电子地图生成地形表面纹理; ②通过平面处理, 增加地形表面纹理的立体感; ③在三维地形模型的支持下, 增加地形表面纹理的光照信息, 保存后得到立体感、真实感的纹理; ④将纹理映射到简化的地形上, 并增加辅助效果以提高真实感。

采用此方法有如下几个优点: ①纹理的内容和表象可以根据需求方便灵活地进行调整; ②可以保证纹理图像与地形模型精确叠加; ③将光照信息保存在纹理中, 减去了三维地形模型中的大量光照计算, 从而可以有效提高系统运行速度; ④简化了三维地形的生成方法, 使得开发者不需要采用很复杂的技术, 也能实现较大规模、真实感三维地形的实时漫游。

2 数据准备

需要使用的数据有: 河南省 25 万地形图数据和 25 万

DEM 数据。

对于地形图数据, 为了达到视觉的真实感效果, 建议使用的图层有: 植被层、水系层、居民地层、道路层, 其他图层可以根据需要自由选择。

对于 DEM 数据, 实际上有两种用途: 一是与地形图结合生成纹理图, 二是用以构建三维地形模型。为了达到地形细腻逼真, 纹理图的制作必须采用的是密度较高的 DEM 数据, 而为了提高系统的运行速度, 用于构建三维地形模型的 DEM 数据, 可以采用密度较低的 DEM 数据。如果 DEM 数据是由其他数据生成而来, 如等高线, 则可以通过设置不同的边长, 来获取两套不同密度的 DEM 数据。

3 立体真实感纹理的制作

图 1 表示的是立体真实感纹理的制作流程。

3.1 地形表面纹理的生成

选择一张地表土质纹理作为背景图, 这张图不应该是单纯的颜色, 而是带有附加细节纹理, 这样的纹理往往更具有真实感。如果没有现成的纹理图, 可以采用 OpenGL 中的多纹理扩展技术制作一个。

按照 25 万地图数据的分块, 分别生成各个分幅的电子地图; 而对于每一个图幅的数据, 分别生成植被图像, 水系图像, 居民地图像, 道路图像; 还可以增加专题图像, 如三维建筑模型。另外, 在生成道路图像时, 为了能够在三维地形上清晰地看见道路, 可以将其宽度适当增大。

3.2 立体感纹理的制作

为了给纹理添加三维效果, 对于生成的水系图像, 居民地图像, 在 PhotoShop 中进行一些效果处理。

1) 水系图像的处理

在 PhotoShop 软件中, 可以通过调整斜面 and 浮雕效果, 使得面状物体有凹下的效果, 具体设置可以参考图 2。

2) 居民地图像

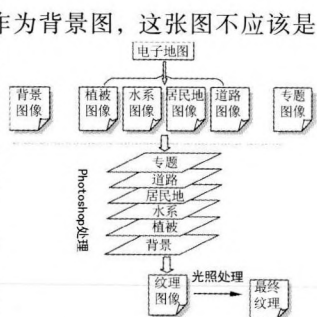


图 1 纹理制作流程

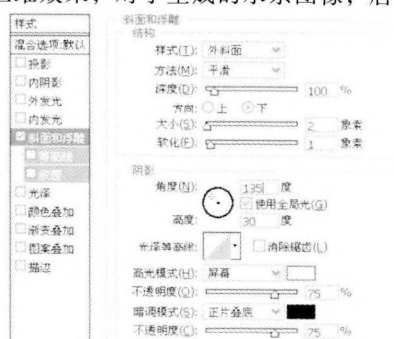


图 2 PhotoShop 参数设置



作者简介: 陈长林(1985-), 男, 解放军信息工程大学测绘学院硕士研究生, 主要研究领域是 GIS 应用开发和软件工程。

E-mail: linchangcheng007@163.com

收稿日期: 2007-09-18

的处理

和水系图像的处理类似,居民地图像的处理也是使用斜面和浮雕,不过前者使用的是外斜面,而这里应该采用内斜面,并且方向是向上的,使得居民地具有凸起的效果。

3) 其他处理

在 PhotoShop 中,将图层的混合模式设置为正片叠底,并且可以根据需要,调整相应图层的透明度。之后按照背景图像、植被图像、水系图像、居民地图像、道路图像、专题图像,由下至上的顺序合并所有图层,保存。

3.3 带光照纹理的制作

为了在纹理上增加光照信息,需要建立一个读取单个 DEM 数据的 OpenGL 工程。前面已经讲到,这里应该采用高精度的 DEM 数据。还有几个关键的问题需要注意,一是投影变换应该采用正射投影,这样模型绘制时不会因为远近产生大小变形;二是在绘制模型时应该采用三角形法,也就是要在 glBegin 函数定义三角形参数 GL_TRIANGLES,采用此种三维绘制方法是可以提高每个高程点的法向量计算的精度,从而得到比较细腻的光照效果^[3]。以下是光照处理几个关键问题:

1) 法向量的计算

在 OpenGL 中光照对物体的作用是通过法线量来实现的。要实现光照的平滑过渡,应该通过相邻平面的法向量进行平均,如直接平均法和面积加权平均。下面给出面积加权平均的实现方法:

$$\text{Normer} = (\text{conV}1 \times S1 + \text{conV}2 \times S2 + \text{conV}3 \times S3 + \text{conV}4 \times S4) / (S1 + S2 + S3 + S4)$$

Normer 为一个点加权后的法向量,conV1...V4 为相邻平面法向量,S1...S4 为相应平面的面积。

上面的计算公式对于 DEM 内部点是完全适用的,对于四条边界,只需要选择两个相邻平面法向量进行计算,而对于四个端点,只有一个所在平面,也就只有一个向量,无需平均。

2) 光照方向

不同的光源位置产生的灰度值不同,从而其阴影效果也不同。光源位置在下方,往往会产生与实际地形相反的视觉感受,如山脉会看成凹下去的。实践发现,比较好的方法应该是采用西北方向,高度角为 45°。

单一的光源方向有时难以很好表达复杂地貌的立体效果,可以配合垂直光源的使用。斜照光源是通过坡面的明暗反差来建立地貌立体,这样产生的结果有可能是高度和坡度相差很大,而山体其阴影的浓淡相差不大,所以一般用综合直照和斜照相结合的方法,以斜照光源为主显示地貌立体和山体及其走向,以直照光源为辅显示坡度的陡缓程度,可以在较高的山体的背光面使用直照光源,使得背光面的阴影不会太过于单一,并根据坡度有不同的浓淡效果提高其立体效果。

3) 阴影程度

为了增强纹理的立体感,可以适当调整法向量的 z 分量,从而调节阴影程度。比例太大会造成山头部分阳面色彩太淡,阴面阴影太深,从而使山体形态过度变形。此外,阴面阴影太深,



图3 最终纹理效果

也可能使得某些地表特征表现模糊。z 分量的大小,需要根据地区不同而定;因为数据一般是分块的,z 分量应该取全局最佳值。

3.4 最终的纹理效果

通过以上的各种处理,可以得到最终纹理,其效果如图 3。

4 三维地形的建立

有了前面的准备,要完成一个三维地形仿真系统,只需要建立三维地形模型,并将纹理映射到地形上(因为各种信息已经保存在纹理上)。在建立过程中,为了提高地形生成速度和提高真实感,可以采用以下给出的几条实用技巧。

1) 数据简化

采用密度较低的 DEM 来构建三维模型,可以有效地提高地形的生成速度。实际上,由于各种信息已经保存在纹理图像上,数据的适量简化并不会导致地形显示变得粗糙。

2) 数据调度

地形数据和纹理数据本身已经是分块的,当对该地形实时显示时,可以根据视点所能看到的地形区域,动态地选择各单元地形文件及相应纹理的调用,并重新构成一个完整的地形,而不需要将所有数据全部调用。

3) 多分辨率纹理

前面生成的纹理具有较高的分辨率,可以保证地形的真实感,但高分辨率的纹理将占用大量内存,耗费系统资源,影响地形的显示速度。当某个区域离视点较远的地方,其地形范围较小,不应该再以高分辨率的纹理进行映射,而是应该随着区域的变小,选择适当大小的纹理^[2]。在 OpenGL 中,可以采用 Mipmap 纹理映射技术,它是用来实现多分辨率纹理的一种有效的方法,可以有效提高系统的速度,并且在视觉上避免产生晃动、闪光和闪烁。

4) 真实感的增强

为了增加三维效果和方便用户察看,可以在相应地区的上方加上地名标注。预先将这些地名标注制作成图片,生成三维地形的时候再将其加载并显示到相应的位置。

还可以采用天空盒技术,为其增加天空背景,使得系统更接近于现实世界。

5 实验结果

按照本文上述介绍的方法,可以简便地构建真实感三维地形,并且可以实现较大规模地形的实时漫游。图 4 为采用本文所述方法制作的河南三维地形仿真软件的运行界面,此系统在 P4 1.6MHZ, 256M 内存条件下运行顺畅。

不足之处:本文提出的方法,是通过已有地形图数据生成纹理,并不能像高分辨率影像那样表达地表的细节信息,也就不能满足大比例尺地形显示的需要,因此此方法只适用于中小比例尺的地形三维可视化;由于所有的参数信息都固化在了纹理当中,不能方便的进行调整,也不适合于做深层次的分析;在可视范围发生变化时,由于需要动态载入相应的数据,系统会有轻微延时。



图4 三维系统截图

参考文献

- [1] 刘少华. 大规模三维地形场景实时漫游系统的构建[J]. 计算机仿真, 2005, 22(6): 178-182.
- [2] 臧新锐. 虚拟环境中大范围三维地形模型简化方法研究与实现[J]. 遥感信息, 2007, (1): 81-83.
- [3] 林勇. OpenGL 技术及地形三维可视化实现[J]. 海洋测绘, 2006, 26(3): 68-71.
- [4] 陈健松. 基于地形的三维场景绘制方法[J]. 计算机工程与应用, 2006, 42(8): 31-33.

(下转第 146 页)

4.4 结论

根据协调发展度以及土地集约利用的特点,可以建立协调发展度与协调等级以及集约利用水平之间的对应关系如表5。

表5 协调发展度与协调等级的对应关系

协调发展度 D	0 ~ 0.39	0.4 ~ 0.59	0.6 ~ 0.79	0.8 ~ 1.0
协调等级	不协调	初步协调	基本协调	高度协调
土地集约利用程度	粗放利用	集约利用起始	初级集约利用	集约利用

并根据上述协调发展度的结果,分析1997~2004年海南省土地集约利用水平的动态变化发展趋势,如图1所示。

从上述评价结果和上图,可以分析出,海南省1997~2004年,土地利用程度和土地投入产出水平两个子系统均呈现持续上升趋势,而通过该两个子系统综合评价指数T的修正对两者协调度C的修正,可得出其协调发展度D呈现持续上升趋势,其数值在0.4~0.59之间,根据协调发展度与协调等级

的对应关系,可知海南省1997~2004年的土地利用程度和投入产出水平的协调程度处于初级协调状态,也即海南省的土地利用基本处于集约利用的起始阶段,其水平也在逐渐提高,并有待进一步的发展。2001年以来,由于全省加大了闲置土地处置力度,开发区的清理整顿工作逐步取得成效,关停了一批不合法和不实的开发区,全面禁止了圈地行为,杜绝了花园式工厂、星级标准政府办公楼、超大规模广场等土地利用的铺张浪费行为,使海南省的土地利用逐步走向节约和集约化利用的发展轨道上来。所以2001年以后,海南省节约和集约用地水平提高速度较前几年有所增快。

5 结束语

该模型合理的关键在于,选取的评价指标能够真实合理的反映城市土地的投入产出水平和土地利用程度,根据

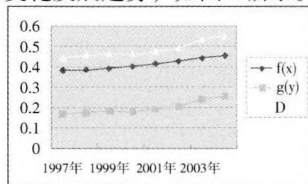


图1 海南省1997~2004年土地集约利用协调程度动态变化趋势

城市土地集约利用的概念,城市土地集约利用是为了使城市土地投入产出比和土地利用率达到最佳,我们可以认为,当城市土地投入产出水平与土地利用程度和谐程度达到一定的水平时,其集约利用水平也同样的达到了相应的水平。

在“海南省节约和集约用地研究”专题中,选取土地投入、产出效益以及土地利用强度三方面的评价指标,对各指标赋予权重,采用综合分值方法计算,其评价结果与协调度模型进行评价结果基本吻合,说明该模型在研究城市土地集约利用方面具有一定的应用价值。

城市土地集约利用评价的关键在于指标体系的选取以及评价标准的确定,在实际应用中,要根据地区的需要,并结合收集资料的情况,制定指标体系,并确定评价标准。

利用协调度模型进行城市土地集约利用评价中,鉴于各城市区域特点不同、发展水平不同,城市土地利用状态究竟是粗放、集约还是过度,很难有明确的标准,其权重的确定本身就是一个非常模糊的概念,权重的确定人为因素较大,会致使评价结果受到影响,因此,可以邀请熟悉当地情况的专家针对各项指标对评价的重要性程度进行打分来确定其权重以减少评价时出现的误差。

参考文献

- [1] 杨士弘. 城市生态环境学 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 114-117.
- [2] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例 [J]. 热带地理, 1999, 19(2): 171-177.
- [3] 许伟. 城市土地集约化利用及其评价研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2004-11.
- [4] 罗荣桂, 王志凌, 李涛. 企业集约化经营的多维灰色评价及其实证分析 [J]. 武汉工业大学学报, 1999, 21(5): 70-73.
- [5] 仇方道, 殷钰. 县域经济与环境协调发展研究——以江苏省新沂市为例 [J]. 徐州师范大学学报(自然科学版), 2003, 21(1): 61-64.
- [6] GBJ137-90. 城市用地分类与规划建设用地指标 [S]. 北京: 中国计划出版社: 1991-03-01.
- [7] GB-50188-93. 村镇规划标准 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社: 2006-05.

A study on intensified utilization and evaluation of urban land based on coordination degree model

Abstract: In this paper, a coordination degree model is used in the research of intensified utilization and evaluation of urban land. At the first, the author introduces the basic elements of coordination degree and coordinated development degree, and the composite index in assessing intensified utilization of urban land, and then sets forth the basic process of intensified utilization and evaluation of urban land. And then Regarding Hainan as study example, this dissertation expatiates the intensified utilization and evaluation of Hainan which based on coordination degree model, results the coordination degree between land input-output level and land utilization efficiency and intensive degree, analyzes the intensified utilization level from 1997 to 2004. Finally, this dissertation brings forward some advantages and disadvantages.

Key words: coordination degree; coordinated development degree; urban land; intensified utilization

FAN Min^{①②}, LIU Yao-lin^{①②}, WANG Han-hua^{①②} (① School Of Resource And Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China; ② Key Laboratory of Geographic Information System, Ministry of Education, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

(上接第191页)

- [5] 靳海亮. 基于VC和OpenGL的地形三维可视化 [J]. 微计算机应用, 2006, 27(5): 577-581.
- [6] 涂震飏. 一种面向大场景3维显示的地形建模方法

[J]. 测绘学报, 2004, 33(1): 71-76.

- [7] 杨明辉, 等. 摄影地形测量数据的融合和可视化 [J]. 测绘科学, 2007, 32(1).

A practical method of realistic 3D terrain generation

Abstract: To build realistic 3D terrain, it often depends mostly on remote sensing image, and its realization is also comparatively complex. This thesis presented a practical method to build realistic 3D terrain: create texture making use of digital map, add 3D effect on the texture by PhotoShop, add light information to it by OpenGL, and project it to the simplified 3D terrain at last. Following this process, we developed a HeNan 3D Terrain Simulation System, which had a comparative reality and speediness.

Key words: 3D terrain; texture; realistic terrain; visualization; OpenGL

CHEN Chang-lin^①, WEI Hai-ping^①, ZHANG Song^②, WANG Feng^{①③} (① Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China; ② The Center of Surveying and Mapping of Beijing, Beijing 100042, China; ③ PLA 61363, Beijing 710054, China)