

文章编号:1671-6833(2003)01-0070-03

# 基于位图的大规模地形景观生成技术研究

涂 超

(华侨大学信息科学与工程学院, 福建 泉州 362011)

**摘 要:** 方便、有效地建立地形模型及其纹理是地形景观研究的重点. 通过采用基于位图建立地形景观的方法将位图中的灰度值与地形高程之间建立起映射关系, 结合图像处理技术, 自动创建出光滑的地形模型, 并可自动生成能表现多种地表特征的纹理, 最终生成效果逼真的地形景观. 此方法简单、方便, 可随心所欲地建立和修改地形景观, 适用于游戏制作、虚拟场景的构建等领域.

**关键词:** 地形模型; DEM; 高斯滤波

**中图分类号:** TP 391

**文献标识码:** A

## 0 引言<sup>[1]</sup>

当前地形模型生成的方法大致有基于分形的全自动生成(地形完全由分形算法生成)或半自动生成(给定一个初始模型, 其细节由分形算法生成)、基于曲面片拟合的地形仿真、基于真实数据的地形生成等三种方法. 基于分形的方法很难创建符合实际地形的模型; 基于曲面拟合的方法其曲面的参数化描述很困难; 而对于普通用户, 基于真实数据生成地形又存在数据很难获取的问题. 针对以上问题, 在此将研究如何基于位图来生成地形景观的方法. 此方法就是利用任意尺寸的手绘或实拍的位图, 结合图像处理技术, 来自动创建从视觉上与实际地形吻合的地形模型, 并可自动创建能表现多种地表特征的纹理, 最终生成效果逼真的地形景观. 采用该方法具有以下优点: ①由于是基于位图来生成模型, 因此可通过有关的绘图和图像处理软件来处理位图图像, 使生成的地形模型完全符合用户的需求; ②通过位图生成地形, 可大大缩短生成的周期, 易于编辑和修改; ③通过观看位图就可了解整个地形的全貌. ④依据高程位图, 对多幅纹理位图综合处理, 可动态生成能逼真反映各种地表特征分布状况的地表纹理.

## 1 地形模型的形式

创建地形景观, 首先须考虑地形模型的生成,

建立与实际地形吻合的地形模型是成功创建地形景观的关键. 地形模型是一个覆盖了纹理的三维多边形网格, 其每个顶点都位于一个规则网格之上. 地形的高程值被存储在一个称为高程场的二维数组中, 这就是DEM模型<sup>[2]</sup>代表一块方形网格地形, 网格交叉点对应地面某一点的高程值, 各点的 $x, y$ 值可从方形区域的行列号和间距值中推算出来. 地形的纹理也可按高程的值来进行分层设色处理.

## 2 算法的基本原理

基于位图生成地形的关键在于如何合理地将位图的值转换为可利用的高程数据. 最简单的方法是<sup>[3]</sup>: 对于位图上某点 $(x, y)$ 处的值, 将其乘以一个缩放因子以得到一个与实际应用相符的高程值, 其公式为: 高程场数组 $(x, y) = \text{位图}(x, y) \cdot \text{缩放因子}$ . 采用8位的地形位图更为简单, 只需取位图的值为调色板的索引即可, 对于地形高程的取值范围大于256个值的情况, 可将一个24位位图的RGB值作为地形高程的索引.

由于涉及采用位图来生成不同比例尺寸的地形模型, 上述的位图值与高程场1:1对应的生成方法无法用来生成大规模的地形模型. 因此, 需对位图进行“放大”以提供足够的数据量. 有两种基本方法可用来放大从图像中所获取的数据, 它们都是利用二维缩放因子(scale X, scale Y)的方法.

收稿日期: 2002-10-10; 修订日期: 2002-12-11

基金项目: 华侨大学科研基金资助项目

作者简介: 涂 超(1966-), 男, 湖北省武汉市人, 华侨大学副教授, 博士, 主要从事地理信息系统、虚拟现实方面的研究.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

缩放因子是根据位图的尺寸和所需建立的地形模型的尺寸来设置的.

方法1:从位图中的某一点 $(x,y)$ 取值,用该值填充一个以 $(x \cdot \text{scale } X, y \cdot \text{scale } Y)$ 为左上角点的矩形区域,其尺寸分别为 $\text{scale } X$ 和 $\text{scale } Y$ .这是一种常用的位图放大方法.

方法2:将位图的数据放大为一个任意网格平面上的顶点的高程值,以此网格平面作为模型的控制网格,而位图的数据为网格的控制点.我们所要做的就是从位图中取得一个值,并将其乘以一个比例矢量 $(\text{scale } X, \text{scale } Y, \text{scale } Z)$ .对于位图上某一点的 $(x,y)$ 的值,对应的高程值可由以下公式计算:

$[x,y,\text{hit map}(x,y)] = [\text{scale } X * x, \text{scale } Y * y, \text{scale } Z * \text{hit map}(x,y)]$ .

3 图像处理算法的应用

经过以上计算,地形模型的全部原始数据就都产生了,但此时所生成的模型经过渲染后显示的地形十分粗糙,且人工痕迹很明显.要修正这些问题,必须使高程呈线性变化,即图像中的灰度呈现渐进的变化,需考虑采用图像处理中的一些基本的滤波算法,以实现高程场的光滑处理<sup>[4]</sup>.

多数图像处理操作都可用线性系统来表示:  
输入的位图图像 $f(x,y) \rightarrow$ 线性处理函数 $g(x,y) \rightarrow$ 输出的图像 $h(x,y)$

此处 $f(x,y)$ 和 $h(x,y)$ 为位图图像的输入和处理后的输出, $g(x,y)$ 为施加在 $f(x,y)$ 上的线性处理函数,以生成 $h(x,y)$ . $h(x,y)$ 为一个 $N \times M$ 的图像的离散点,图像表示如下:

$$h[i,j] = f[i,j] \cdot g[i,j] = \sum_{k=-1}^1 \sum_{l=-1}^1 f[k,l] \cdot g[i-k,j-l],$$

式中 $f$ 和 $h$ 为图像.

3.1 滤波算法基础

最简单的滤波就是均值滤波,是局部的平均化处理,即将每一点的值都用其邻近点的平均值来取代它,作用的面积由一个定义的模板来确定.例如,对于一个 $3 \times 3$ 的模板,某点 $(i,j)$ 的值:

$$h[i,j] = \frac{1}{9} \sum_{k=-1}^{+1} \sum_{l=-1}^{+1} f[k,l],$$

此时, $g[i,j] = 1/9$ ,其权值的和为1(即 $9 \times 1/9 = 1$ ).若模板包含 $N$ 个点,则 $g[i,j] = 1/N$ .

3.2 高斯滤波

高斯滤波与均值滤波相似.在高斯滤波中,模板中点的值是由高斯函数来计算.一维高斯滤波

函数为

$$G(x) = e^{-x^2/2\sigma^2}.$$

此处高斯的扩展参数 $\sigma$ 确定了高斯的作用宽度.

二维高斯滤波函数为

$$G[i,j] = e^{-(i^2+j^2)/2\sigma^2}.$$

在实际应用中,二维滤波常作为图像光滑滤波器使用.高斯滤波的特性确定了它很适合用来进行光滑处理.首先,高斯函数是一个对称函数.即进行光滑时,无须在意方向.对于要求沿任意方向光滑(即事先无法确定方向)的区域尤其有用.另外,高斯函数是利用周围点值的加权平均值来代替原始的值,周围点的权值随其距中心点的距离的增加而单调递减.

滤波器的中心在点 $(i,j)$ 处.该点进行以下修改:①将中心点及其周围点乘以相应的滤波权值,然后累加起来.②将所求的和除以滤波器权值之和,得到点新的灰度值.这保留了图像的局部特征.③模板的宽度与光滑度紧密相关,若宽度增加,则光滑度也增加.可通过它调整光滑度与图像模糊度之间的平衡关系.

光滑算法需根据对原始图像的缩放比例来进行设定以取得满意的效果.放大比例越高,则所需的光滑度越大,但过高的光滑度会带来局部细节的丢失.因此,对地形模型进行光滑处理时,需考虑两者间作用的平衡.

4 基于位图创建地形纹理<sup>[5]</sup>

我们制作地形模型时,常采取事先在一些专用的软件(如Photoshop)中制作一幅位图的方式来创建地形模型的纹理.但此类位图无法与地形高程值的分布精确对应,效果往往不尽如人意.另外,此类纹理无法随地形高程值的变化而改变.实际上这种在整个地形上应用单一纹理的方式不能满足用户的视觉要求,可考虑采用多重纹理根据地形高程的分布进行融合来生成地形模型的纹理贴图.由于最终的地表纹理是在程序运行时创建,此类纹理生成方法称作为过程纹理创建方法,它完全依靠地面的高程值来调整地表的纹理分布状况,表现不同的地表特征,如白雪覆盖的山顶、绿草殷殷的草地、海边沙滩以及蓝色的海面等等.

要实现过程纹理的创建,需要将想要表现出来的各种地表特征都单独建立一幅位图(至少应有两幅位图).若有多种地表特征,则需建立更多幅位图.另外,也要用到生成地形模型的地形高程

分布图,此图为一幅像素取值为 0~256 的灰度图,像素的值对应地形的高程值.首先对每一幅地表特征纹理图,分别读其在某一坐标 $(x,y)$ 处的像素值;然后从地形高程分布图中读出坐标 $(x,y)$ 处的像素值,计算出其对应的高程值.到此,我们已从各个地表纹理图中取得了地形图上各坐标点的多个像素值(分别代表不同的特征),并且从高程图中获得了对应地形图上该坐标点的实际高程值.现在,我们可基于地形模型表面各点的高程来将地形划分成具有不同地表特征的区域.

设定地形模型上的最低点的高程值为 0,最高点的高程值为 256,对地形进行了划分.区域 1(雪地):256—192;区域 2(岩石):192—128;区域 3(草地):128—64;区域 4(沙地):64—0.

那么,我们就将地形表面划分为 4 种不同特征的区域,每一特征的高程范围大小为 64.其中雪地和岩石特征用于山峰,草地用于平原,沙地用于海滩.由于过程纹理是多个纹理的融合,必须求出各个纹理所占的百分比,然后将各个纹理融合在一起.如在雪地区域中的颜色分布也是一个从白色(雪的颜色)向灰色(岩石的颜色)逐渐淡化的过程.某一纹理的百分比的分布为其高程范围的最高值对应 100%,最低值对应 0%.如雪地纹理,当某一点的高程为 256 时,其在该点的地表纹理中所占的百分比为 100%,若高程低于或等于 192,则所占的百分比为 0%(即不可见).

设某纹理所对应的高程范围的上限值为  $h_{\max}$ ,地表某一点的高程为  $h$ ,则此纹理在该处地表纹理中所占的百分比  $p$  可按以下步骤求出:①  $p = (64.9 - \text{abs}(h_{\max} - h)) / (64.9)$ ;②如果  $p < 0.9$  则  $p = 0.9$ ;③否则如果  $p > 1.9$  则  $p = 1.9$ ;

④返回  $p$  值.

到此,我们可获得各个特征纹理在地表纹理中所占的比重.我们可将过程纹理的实现步骤总结如下:①对每一幅地表特征纹理图,分别读其在某一坐标 $(x,y)$ 处的像素.②读出高程图在坐标 $(x,y)$ 处的像素,计算出其对应的高程值.③计算各纹理在地表纹理中所占的比重,据此将多个纹理进行融合,生成最终的地表纹理.

## 5 结论

对于追求视觉效果三维应用来说,使用基于位图来创建地形景观的方法简单、方便、快捷,可随心所欲地建立和修改地形景观,以实现自己想要的场景效果.基于位图创建地形景观的方法适用于游戏制作、虚拟场景的构建等方面,对非测量专业人员来说不失为一种好的选择.对于需要建立精确地形,以便进行基于三维地形的分析的应用来说,则最好考虑采用基于真实数据生成地形的的方法.

## 参考文献:

- [1] 齐敏,郝重阳,佟明安.三维地形生成及实时显示技术研究进展[J].中国图形图像学报,2000,(4):269~275.
- [2] 徐青.地形三维可视化技术[M].北京:测绘出版社,2000.39~68.
- [3] 孙家广.计算机图形学[M].北京:清华大学出版社,1998.301~308.
- [4] 荆仁杰,叶秀清,徐胜荣,等.计算机图像处理[M].杭州:浙江大学出版社,1990.
- [5] 唐荣锡,汪嘉业,彭群生.计算机图形学教程[M].北京:科学出版社,1994.265~281.

## Research on Generation of Large-scale Landscape Using Bit maps

TU Chao

(College of Information Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362011, China)

**Abstract**: Landscape is very important in three dimension application. How to construct terrain models and their texture is a research keystone. By establishing mapping relation between grey value of bit map and height of terrain, and combining technique of image processing, the method of constructing landscape using bit maps can construct slick terrain model. In order to generate realistic landscape, the method can automatically build texture that can represent multi-characteristic of the earth's surface. The method is simple and convenient and can construct and rework landscape at one's will. The technique can be used in many fields, such as making games, constructing scene of virtual reality etc.

**Key words**: terrain model; DEM; Gauss filter