

自然山区大气景观模拟显示方法初探

骆建宁

朱森良

(宁波师范学院数学系, 宁波 315000) (浙江大学计算机系, 杭州 310027)

摘要 提出了一个模拟大气、云雾等自然环境的照明模型, 对视线距离较大, 视野开阔的自然景物造型, 如山体造型, 更具有真实感效果, 可获得模拟云、雾等天气特征的三维地形风景图。实验效果令人满意, 并具有简单实用之特点。

关键词 等高线图象, 山体照明模型, 真实感显示, HVS

1 引言

自然景物的视觉图象与它们实际的表面色彩纹理是不一致的, 具体来说视觉图象显得灰蒙蒙而模糊, 这就是图象退化现象。引起这种现象的主要原因是由于大气环境对自然物体表面光学特性的影响。退化现象给计算机视觉计算带来很大的困难, 是引起图象低层处理算法不确定性的主要根源之一, 也是计算机视觉重点研究的对象之一。另一方面, 对退化模型的机理研究是计算机图形学中自然景物真实感显示的关键技术之一, 本文试就大气水汽对自然山体的光学影响的机理作一些探讨。

在自然光照物体的图形显示技术方面, 有多种照明模型, 一般都是表现被显示物体表面照度变化及其阴影形状和明暗变化, 但是当这些物体表面的反射光经过大气云雾水汽等阻隔, 必然会引起反射光线的亮度、色饱和度的变化。例如当人们观察一座山时, 由于视线距离远, 视野开阔, 故反射光线的这些变化对山体的真实感显示不容忽视。我们根据长期的野外观察和反复实验总结出了一个模拟带有水汽的自然环境的山体光照模型, 取得了令人满意效果。

整个山体显示系统是将等高线表示的二维平面地形图转换为三维自然环境真实感地形显示。系统基本流程为: 将平面地形图经扫描仪输入到计算机

中, 通过图象处理提取其中的等高线, 生成一幅等高线的二值图象, 经平滑细化处理后对不在等高线上的点进行高度插补, 从而获得一个高度数据矩阵, 即三维数字山体模型, 再使用大气退化模型作三维真实感显示, 生成模仿大气云雾变化的风景图象。下面讨论大气退化模型对图象退化的影响。

2 带有水汽的自然环境下 山体光照模型

我们所看到的自然景物实质上是物体表面反射光在三维空间的分布, 引起反射光的光源是太阳光, 它是从某一方向平行照射的白光, 物体表面的形状、质料引起反射光在空间变化, 从而形成各自特色的物体视觉图象。一般可用光学中的 R、G、B 空间分布来描述。但人们更愿意用色调、亮度、饱和度 (HVS) 来描述, 当考虑物体周围的大气环境时, 由于大气本身是由多种物质组成的, 它对光产生一定的影响, 表现为大气微粒对光的折射、透射和散射, 其影响可分为对照到物体表面的入射光的影响和反射光在到达观察者之前的光路上的变化, 前者引起入射光的衰减和多源化, 后者直接影响自然物体的视觉形象。特别是大气微粒中水汽的作用, 它将使得山体迷糊漂渺, 形成种种奇特的景象。

大气中的水汽对光线有两个影响, 首先它是透明的, 光线能穿过水汽, 但是光强受到一定的衰减;

其次在阳光的照射下,水汽本身要反射一定的光线,这种光线的特点是白色和散射。光线穿过水汽时会带上一些白色光的成份,这恰恰影响物体表面反射光的饱和度,我们可用一个简单的模型来分析它们的影响。

如图1所示,设大气中含水汽的体积元为 dv ,

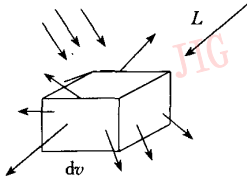


图1
Fig. 1

其中水汽密度为 ρ ,反射光线 L 穿过该 dv 引起强度的衰减可用因子

$$v_1 \rho dv$$

来表示,其中 v_1 为光能量吸收比,可用实验确定, ρ 越大光被阻挡越多。饱和度的变化可用增加的白光成份来表示,该成份可表示为

$$v_2 \rho dv$$

其中 v_2 为水汽微粒的白光反射比。上述2个公式说明了当光线穿过水汽时,它的强度和饱和度会发生一定程度的变化,它们与水汽的光能量吸收比和白色光反射比有关,又与水汽的密度有关。考虑到太阳光照射到物体表面时,其入射光和反射光由于大气水汽的作用,可得出下面3条结论:

(1)大气粒子对太阳光线的阻挡,引起照射在物体表面的入射光强度减弱,这种减弱与大气微粒特别是水汽的密度有关。

(2)光路上的水汽对物体表面反射光能量的吸收,引起反射光强度衰减,衰减的总和可由空间水汽分布函数在光路上的线积分求得。

(3)水汽微粒在太阳光照射下产生白色光的散射,从而使水汽微粒相当于一个发白光的光源,这些白光连同山体的反射光一起进入了人眼,所以反射光的色饱和度由于混入了白光而降低,产生山体被云雾遮挡而白茫茫的景象。

对于黑白灰度图象,其色调为单色,强度和饱和度均反映在灰度的变化上。

综上,可推导出相应的山体反射光线的亮度计算公式,从而获得一个模拟自然环境中水汽的山体照明模型:

设观察者所看到的山体表面上一点 P 处的亮度为 $I(P)$,它是由山体表面形状、光照、大气环境等诸多因素影响的结果,可用下面公式来表示:

$$I(P) = \frac{c_1 + c_2 I_2 \cos(\vec{n}, \vec{l})}{\int_s v_1 \rho ds + 1} + \int_s v_2 \rho ds \quad (1)$$

其中, c_1 为天空环境光照射在山体上的漫反射光强度,它与环境光强度、天气、山表面性质有关。

$c_2 I_2 \cos(\vec{n}, \vec{l})$ 为太阳光照射下山表面的反射光强度。 I_2 为到达山体表面的太阳光光强, \vec{l} 为太阳光方向,它们与天气及一天中的时间有关, \vec{n} 是 P 点处山表面的法向, c_2 是山表面对阳光的漫反射比。

$\int_s v_1 \rho ds + 1$ 项为 P 点的反射光到达人眼所经过的光路上的衰减程度,它大于等于1。其中 $\int_s v_1 \rho ds$ 是光路中水汽微粒对反射光的衰减程度,它是一个线积分, s 为光路, v_1 为单元水汽微粒对光线的衰减度, ρ 是水汽在空中的分布函数。

最后, $\int_s v_2 \rho ds$ 项为水汽微粒对照射在它上面的光产生的散射光强度,即光路 s 上水汽产生的白光的光强,其中 v_2 为单元水汽微粒散射的白光光强。

水汽在空中的密度分布函数 $\rho(x, y, z)$ 的取值较为复杂,它与天气情况密切相关,不同的分布函数可产生各种雾气或云层遮挡山体的情形。为了模拟真实性,同时考虑简单易实现,我们仅考虑水汽沿大地的分布情形,其分布可描述为如下的数学模型:

设 z 坐标轴为山的高度方向,则

$$\rho(x, y, z) = \begin{cases} \cos^n\left(\frac{z - h(x, y)}{g(x, y)} \cdot \frac{\pi}{2}\right) & (|z - h(x, y)| \leq g(x, y)) \\ 0 & \text{其它} \end{cases} \quad (2)$$

其中 $h(x, y)$ 是水汽层中心高度,若取 $h(x, y)$ 为常数,则水汽层为水平位置状态。 $g(x, y)$ 是水汽层半厚度, n 为水汽的集中程度,当 n 值越大,则水汽微粒越向中心高度集中,即偏离中心高度处,水汽微粒减少速度越快,反之 n 取值越小,减少速度越慢。在水汽层外面即当 $|z - h(x, y)| > g(x, y)$ 时,水汽密度分布为零。

3 实验结果

本系统已在 SUN SPARC 工作站上实现,对于水汽分布函数 $\rho(x, y, z)$,由于分布情况较为复杂,

因此除了可采用式(2)给出的水汽分布模型外,也可采用人机交互方式确定水汽分布,如将山的高度等分为若干个等分点,输入每个高度等分点的水汽分布量,以适应多变的自然环境。根据式(1)给出的照明模型,我们作了一些模拟试验,依据不同天气调节式(1)中的有关参数及水汽分布 ρ 产生相应的效果,其结果如下:

图2是某一山体在无大气水汽影响下的三维立体显示结果,它采用普通的光照模型(Lambert)。

图3是薄雾天气,此时 ρ 的分布基本上呈均匀状态,且 v_1 、 v_2 值较小,透过薄雾山表面形状隐约可见。



图2
Fig. 2



图3
Fig. 3

图4是阴天浓雾天气,由于阴天浓雾太阳的入射光 I_2 较弱,大气中水汽的分布比较均匀,而且从地表向上基本上呈线性减少分布,因此远视时山体色调较深从上到下色彩逐渐变淡发白,山体模糊朦胧。

图5是模拟雨后天气,此时水汽往往集中在山脚,因此呈现山体悬浮在白雾上的景象。此时单元水汽微粒的 v_2 较大。

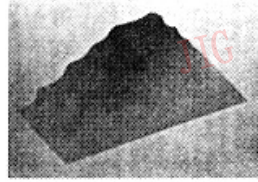


图4
Fig. 4

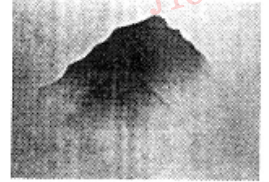


图5
Fig. 5

本文仅对自然环境中水汽的作用作了简单的模拟显示,从上述初步试验中我们可以发现,利用文中的模型基本上可以反映出水汽作用对自然物体的退化作用,说明该模型原理是正确的,且计算比较简单,可以用来作为野外自然风景的真实感显示。自然环境对景物影响是复杂的,利用本文的基本原理加上色彩、纹理等因素,进一步模拟山上的土壤、植被、人文景观等,产生出更鲜明、更丰富多彩的三维地形地貌立体造型,这是下一步的计划。

参考文献

- 1 吴金通,何志均,朱森良. 自然光照物体的生成. 计算机学报, 1990, 13(4): 282~288.
- 2 朱森良. 计算机视觉. 杭州: 浙江大学出版社, 1997.
- 3 孙家广,杨长贵. 计算机图形学. 北京: 清华大学出版社, 1995.



骆建宁,讲师,浙江大学计算机系访问学者,主要研究方向为计算机图形学、曲线曲面造型、模式识别。



朱森良,教授,博士生导师,主要研究方向为计算机视觉、人工智能。

Research on the Display Method Simulating Natural Mountain Landscape

Luo Jianning

(Department of Mathematics, Ningbo Normal College, Ningbo 315000)

Zhu Miaoliang

(Department of Computers, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract This paper gives an illumination model to simulate atmosphere, cloud and fog in natural environment. For some natural landscape with a long distance of vision and a wide field of vision, such as mountain modeling, it has more realistic effect and can get 3-D topographic landscape map with weather features of cloud and fog. The results of the experiments show that our model is satisfactory, practical and effective.

Keywords Contour image, Mountain illumination model, Realism display, HVS

康柏 1997 年销售额与利润再创新记录

销售量增长 43%；净收入增长 60%；EVA 增长 151%

美国康柏电脑公司近日宣布,截止至 1997 年 12 月 31 日,康柏第四季度全球销售收入达 73 亿美元,较 1996 年第四季度增长了 23%。与 1996 年第四季度相比,其净收入增长了 37%,达 6.67 亿美元,以 1998 年 1 月 20 日股票作一拆二折算之前,每股增涨了 0.84 美元(拆股之后每股增涨了 0.42 美元)。

与 1996 年的 200 亿美元相比,康柏 1997 年全球销售总额增长到 246 亿美元。除已用于研究与开发的不可再生、不可减费用,以及与收购相关的合并成本 2.52 亿美元或每股 0.32 美元(拆股后为 0.16 美元)外,1997 年净收入增长了 60%,达 21 亿美元或每股 2.69 美元(拆股后为 1.35 美元)。去除不可再生投资后,净收入为 19 亿美元或每股 2.37 美元(拆股后为 1.19 美元)。

康柏总裁兼首席执行官 Eckhard Pfeiffer 先生说:“这些数据反映出康柏在第四季度及过去的一年中表现十分出色,我们将继续在所有业务领域保持良好的势态。在提高利润率的同时,康柏销售量的增长是业界比率的 2.5 倍(根据 IDC 97 年 12 月 15 日

对 PC 的估算)。对于一个资产达 246 亿美元的公司来说,这一增长是十分显著的。”

康柏高级副总裁兼首席财政官 Earl Mason 先生说:“康柏的收入进一步提高,同时第四季度毛利率增长达 27.6%,从而继续显示出康柏的财务状况正在持续增长,我们对资产的着重管理使我们的现金余额比去年增长了 66%,达 68 亿美元,并且第四季度投资回报率从 49%增长到了 90%。”

对于前景展望,Pfeiffer 说:“尽管亚洲经济状况还不明朗,但 1998 年我们的前景将十分乐观。我们坚信康柏会更好确定自己的位置,并继续加快扩大市场份额与提高利润率的速度。更多的用户将依赖康柏,而康柏也将提供最具创新性、经济有效而又灵活的产品以适应用户的计算需求。康柏的企业计算业务,包括服务器、工作站、集群技术、主要的与次要的存储产品,以及大型并行容错解决方案,占我们第四季度业务量的 37%。通过与天腾的成功合并,我们能够继续吸引世界一流的合作伙伴,使之成为推动康柏企业业务发展的强大动力。”