

计算机生成剪纸风格动画背景*

雷 鸣¹, 姜来生²

(1. 浙江大学 CAD & CG 国家重点实验室, 浙江 杭州 310027; 2. 嘉兴职业技术学院 计算机室, 浙江 嘉兴 314036)

摘要:针对制作手工剪纸动画背景效率低、耗资大的问题,提出了一个计算机生成剪纸风格动画背景的方法。首先对构成手工剪纸动画背景的剪纸图案进行分类,包括种类繁多的树、花、草、山石、建筑等,然后用计算机方法生成这些模型。用户创作时,可从系统的剪纸背景图案库中导入所需模型放入指定位置,再通过少量交互,确定图案的大小方向以及各种其他属性。研究结果表明,采用此系统,通过将各类剪纸图案放入不同的位置,便可灵活且高效地组合出不同的剪纸动画背景图。

关键词:剪纸;模型;背景;动画;非真实感绘制

中图分类号:TH164;TP391

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)09-0112-04

Computer generation of animation background with the style of paper-cuts

LEI Ming¹, JIANG Lai-sheng²

(1. State Key Lab of CAD & CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Department of Computer, Jiaxing Vocational & Technical Collage, Jiaxing 314036, China)

Abstract: Aiming that hand-made Chinese paper cut-out is an inefficient and expensive task, a method was proposed for generating animation background with the style of paper-cuts by computer to emulate hand-made paper-cuts. First the paper-cuts graphics of animation background were classified with the style of paper-cuts, including a variety of trees, flowers, grasses, mountains, bridges, and so on. Then these models were generated by computer. Models could be chosen by users from the library of paper-cuts graphics, and be put into specified location, and their size, direction and other property were adjusted by a few interactions of users. The results indicate that adopting this method, users could build up a variety of animation background with the style of paper-cuts by putting different paper-cuts graphics into different location.

Key words: paper-cuts; model; background; animation; non-photorealistic rendering

0 引 言

中国的动画艺术家在上世纪 50 年代末就开始尝试制作剪纸风格的动画片,并取得了巨大的成功。随着计算机动画技术的飞速发展,利用计算机生成剪纸动画,可以大大降低剪纸动画的制作成本,提高剪纸动画的制作效率。一些国内外学者都开始对计算机生成剪纸动画产生了浓厚的兴趣,并取得了不少研究成果。近十余年发展迅猛的非真实感绘制和非真实感动画技

术为计算机生成剪纸动画带来了希望。

近几年一些学者开始对计算机生成剪纸效果感兴趣。张显权等^[1-4]以手工剪纸动物为对象,分解出构成剪纸的纹样,然后用计算机方法构成动物剪纸纹样库。Liu 等^[5]通过分析手工经多次对折之后剪出的圆形剪纸图案,再将之分解成若干扇形,然后合成新的对称式的剪纸图案。Li 等^[6-8]构造了一个系统用于生成三维剪纸效果。Xu 等^[9]使用图像合成来生成剪纸风格的效果。涂传鹏等^[10]对手工剪纸中的流水纹样进行分类与建模,在生成流水动画时对各种波纹在时空上进

收稿日期:2010-01-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60673007);国家高技术研究发展计划(“863”计划)资助项目(2006AA01Z312);国家科技支撑计划资助项目(2007BAH11B02);浙江省科技计划资助项目(2009R30014)

作者简介:雷 鸣(1985-),男,湖北天门人,硕士研究生,主要从事计算机图形学,非真实感绘制等相关方面的研究。E-mail: leileivi2009@yahoo.com.cn

行有机组合,最后生成涟漪、缓流和激流等流畅的剪纸风格流水动画。

关于计算机生成剪纸风格动画背景图,目前相关文献不多。本研究提出一种计算机生成剪纸动画背景图的方法。首先建立了庞大的剪纸图案库,用户可以直接导入或通过输入少量参数并进行少量的鼠标和键盘交互来自己创作各种剪纸图案。通过将各类剪纸图案放入不同位置,并按意愿进行简单调控,便可组合出一幅幅完全不一样的剪纸动画背景图。系统中还设置了用户作品库以使用户随时保存自己的作品。

1 建立剪纸图案库

首先建立了剪纸图案库,以使用户直接导入,每个剪纸图案的生成方式都有所不同。手工剪纸作品中的松树如图1所示,松树作为较为典型的一种剪纸图案,下面将介绍它的建模过程。



图1 手工剪纸作品中的松树

1.1 树的主干

剪纸图案的建模的核心的算法是样条插值算法。对于树干,首先选取3个初始控制点,分别对应树顶、树底和树的中心。通过插值,可以得到一组控制点,它们就像骨架一样,决定了树干的大致形状。由于松树的主干一般不是绝对竖直的,可对所有控制点的横坐标作少量偏移,得到最终决定树的主干的控制点,如图2所示。

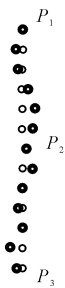


图2 表示树干的控制点

其中,黑色点 P_1 、 P_2 、 P_3 分别为表示树顶、树的中心和树底的控制点,空心点集为经过插值之后的控制点集合,半空心点集为经过偏移后最终的点集合。

有了控制点之后,便可确定树的轮廓。如图3所示, P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 为上述经过偏移后最终的点集合中的前4个连续的点。对于 $(P_1, P_2, P_3 \dots P_n)$ 中的任意一点 $P_i (i=1, 2 \dots n)$, 要获得这样两个点 Q_i, Q_i' , 使得

$\overline{Q_i Q_i'}$ 经过点 P_i 且垂直于 $\overline{P_i P_{i+1}}$ 。其中 $\overline{Q_i Q_i'}$ 的长度决定了树的主干的宽度,可根据树的高度与宽度的比例决定 $\overline{Q_i Q_i'}$ 的长度。

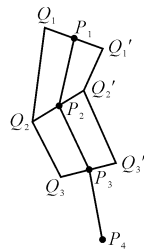


图3 树干的轮廓

找准所有的点集 Q_i, Q_i' 之后,便可对树干进行颜色填充,如图3所示第一个要填充的便是以 Q_1, Q_1', Q_2, Q_2' 为顶点的矩形,后续依次类推。填充颜色可选用手工剪纸中常用的灰色。对于主干中表示树皮的大量白色区域,由于这些白色区域都类似于矩形,可使用同样的方法,找准表示矩形的4个顶点,使用白色填充之便可实现。

1.2 树枝

直接与主干相连的树枝称为第一代树枝,直接与第一代树枝相连的树枝称为第二代树枝,以此类推。首先生成第一代树枝。

第一代树枝的生成方法与树干类似,但由于树枝的形状类似于衰减波,因此,初始控制点的选择也较为复杂。可用一个较为复杂的表达式来选择初始控制点 P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 ,如图4所示,同样经过插值和偏移,得到最终一组控制点用于控制树枝的形状。最后经过与树干相似的填充方法生成第一代树枝。松树树枝的结构如图4所示。

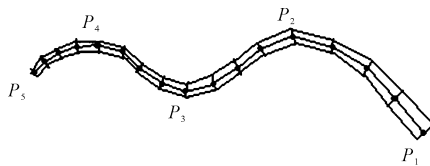


图4 树枝的结构与轮廓

由于剪纸风格树的树枝一般不会超过第三代,此方法最多生成第三代树枝。第二代和第三代树枝的生成方法将在3.1节中介绍。

1.3 松果

松果的形状较为圆润,因此在进行插值的时候可以多设置一些控制点,来消除锯齿的感觉。如图5所示,首先选取7个初始控制点,分别对其作4次插值,所传入的控制点参数分别为 (P_1, P_6, P_5) 、 (P_1, P_2, P_3) 、 (P_5, P_4, P_3) 、 (P_2, P_7, P_4) ,由此得到4组控制点,将其坐标分别保存在4个数组里,分别对应数组 a、b、c、d。

得到了控制点坐标,便可以对图5中灰色区域进行填充来模拟手工剪纸中的松果。现在感兴趣的是数组 b 中的 P_2 和 P_3 之间的部分控制点坐标、数组 c 中

的 P_3 和 P_4 之间的部分控制点坐标,以及整个数组 d ,这 3 个部分便形成了一个多边形,将其合并在一个数组中之后,再进行灰色填充即可。

将松果按照一定的概率和角度嵌入树枝中,每个松果的偏转角与它所连接的树枝的偏转角相关联。如图 5 所示, $\overline{P_3P_6}$ 代表了松果的偏转角,对于每个松果, $\overline{P_3P_6}$ 垂直于它所连接的当前树枝。最后,得到整个松树模型,如图 6 所示。

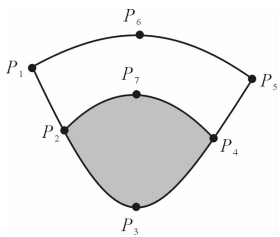


图 5 松果模型

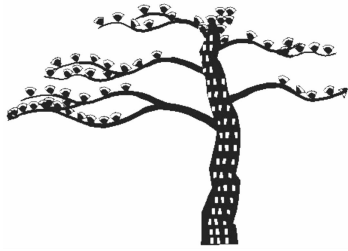


图 6 计算机生成的松树

2 剪纸图案位置分布

在手工剪纸作品中,各种剪纸背景图案之间一般只有连接,没有覆盖。因此,计算机模拟手工剪纸时,也要尽量避免剪纸图案之间互相覆盖。系统中加入了相交判断,来尽量减少剪纸图案之间的覆盖问题;如果不幸生成的剪纸背景图仍有极个别覆盖情况,可使用系统中的鼠标调控功能,通过非常简单的鼠标拖拉即可将图案拖拽到合适位置。

2.1 剪纸图案之间的覆盖判断

一幅完整的剪纸背景图包含多种不同的剪纸图案,应该尽量避免它们之间的相交。但直接判断它们的边界是否有相交,计算量过大,为了提高效率,可通过判断剪纸图案所占的大致范围来判断两个剪纸图案是否相交。选择效率最高的一种办法也许是明智之举,把每种剪纸图案的范围看成一个圆。这样大大简化了剪纸图案之间的相交检测。

设剪纸图案 P_i 和 P_j 的圆心分别为 O_i 和 O_j ,其半径分别为 R_i 和 R_j ,若 O_i 和 O_j 之间的距离大于 $R_i + R_j$,则可判断出两个圆不相交,且不覆盖。

2.2 剪纸图案之间的覆盖避免

2.1 节所讲述的方法中,运算效率是首要考虑因素。考虑到难免会有漏网之鱼,可使用系统附加的鼠标调控功能。用户只需简单地选中剪纸图案并拖动一下鼠标,即可将之拖拽到合适位置。

在 2.1 节中,剪纸图案的范围被看成一个圆,同样为了提高效率,在鼠标选中图案时,根据剪纸图案的形

状,可将之分别看成圆或者多边形。例如由于竹子的特征是细高,可将其范围看成矩形;棕榈树的特征是圆滑,可将其范围看成圆等等。

对于一幅完整的剪纸背景图,用户随时可能希望调整其中某个图案的位置以增加美感,因此,加入手工鼠标调控是必要的,它的好处至少包括 3 点:

- (1) 简单的手工调控,高效率地避免相交;
- (2) 随时调整目标图案来增加美感;
- (3) 在现有剪纸图案情况下不需重新布置便可生成多幅新的背景图。

3 剪纸图案的细节调控

剪纸图案千变万化,多样性极强。使用计算机手段模拟手工剪纸最大的优势便在于可以随意调整剪纸图案的形状、大小、角度以及其他参数的设置。

3.1 编辑剪纸图案形状

如图 7 所示,黑色为控制点,每个控制点都可以通过鼠标拖拽实现形状编辑。例如用鼠标选中图 7 中的点 P_1 和 P_2 之后将其分别拖动到 P_3 和 P_4 所示位置,便生成了一棵经过形状调控后的新的松树,如图 8 所示。

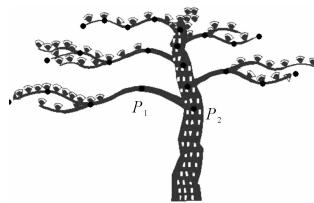


图 7 显示控制点的松树

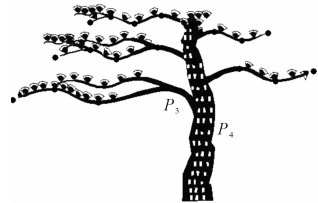


图 8 经过调控后的松树

由图 7 和图 8 可以看出,控制点只用于控制第一代树枝的形状,而并不出现在第二代和第三代树枝中。事实上,此系统中,主干和第一代树枝都是在松树生成的时候确定的,不会随着用户对形状的调控而改变;而第二代和第三代树枝以及松果都是随机生成的。这样既简化了用户的操作,又提高了效率。

3.2 调整剪纸图案坐标和大小

在 2.2 节中讲过,通过鼠标点击选中剪纸图案,可将其拖拽到绘制区内的任何坐标。此功能不仅可以避免覆盖,亦能增加用户创作的美感和灵活性。同时,通过树干高度、宽度、树枝长度、宽度等参数的设定,便可轻易调控所生成剪纸图案的大小。由于部分比较特殊的剪纸树(如迎客松),主干的角度会比较弯曲,因此加入了参数设置,使得用户能容易地调整主干的偏角。

4 动画背景图结果示例

该系统是在 Pentium 2.4 GHz CPU,512 MB 内存,

NVIDIA 5700 显卡, Windows XP 操作系统下实现的, 开发软件为 Visual C++ . Net 2005。

由此系统所实现的剪纸图如图 9 ~ 图 12 所示。通过比较可发现, 用户通过此系统可创作出与手工剪纸作品十分相似的剪纸图案, 且具有更高的制作效率和更大的灵活性。



图 9 手工(左)与计算机(右)生成的剪纸竹子对比

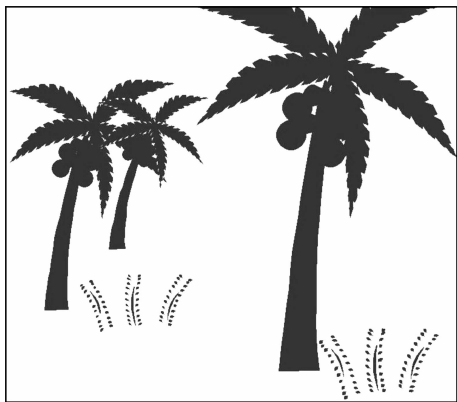


图 10 用户创作的剪纸背景图(1)

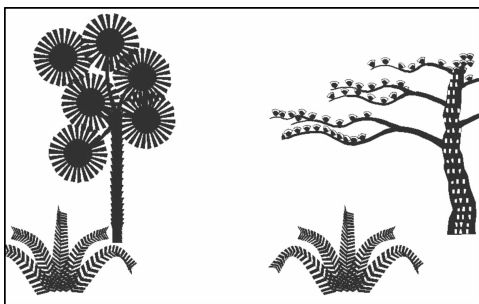


图 11 用户创作的剪纸背景图(2)

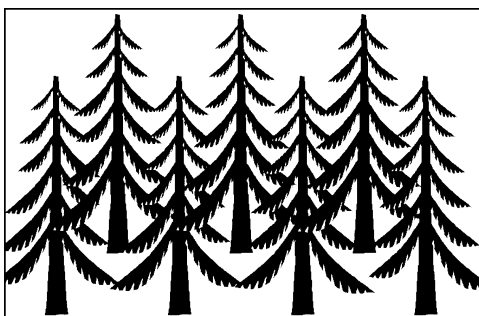


图 12 用户创作的剪纸背景图(3)

5 结束语

本研究提出了如何用较为简单的数学算法模拟手工剪纸动画片中常见的背景图案, 并将之组合在一起形成一幅完整的背景图。与手工剪纸相比, 该系统的创作具有更高的制作效率和更大的灵活性。用户可以按照意愿随时对设计进行编辑修改, 而不需要重新创作一幅新的背景图。用户也可以将自己创作的作品保存在用户作品库中。该系统使得手工剪纸动画中种类繁多、形状复杂的背景图变为只需用户少量交互就可以生成, 并具有极大的灵活性, 这对于制作剪纸动画片具有很重要的意义。它不仅大大降低了剪纸动画片的制作成本, 提高了制作效率, 更为中国学派的动画在国际动漫节中重振雄风带来了希望。

接下来可以在现有系统的基础上继续开展如下工作:

(1) 彩色剪纸。为了实现彩色剪纸效果, 需要建立相应的渲染模型来对剪纸图案进行渲染。

(2) 创建更为庞大的剪纸动画背景图案库。笔者只对现有的部分手工剪纸动画背景图进行了模拟。今后可对其他不常见的剪纸动画背景图案进行建模, 甚至对手工剪纸动画片中未曾出现的剪纸图案进行建模。

参考文献 (References):

- [1] 张振赢, 王毅刚, 叶乐晓. 投影显示中光笔交互技术的研究[J]. 机电工程, 2009, 26(6): 77 - 79.
- [2] 许育燕, 张森林. 纹理映射技术在织物场景仿真系统中的应用[J]. 机电工程, 2008, 25(3): 103 - 106.
- [3] 张显全, 于金辉, 蒋凌琳. 计算机辅助生成剪纸形象[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(6): 1378 - 1382.
- [4] 张显全, 于金辉, 蒋凌琳. 基于纹样的计算机剪纸系统[J]. 计算机工程, 2006, 32(11): 248 - 25.
- [5] LIU Y X, HAYS J, XU Y Q, et al. Digital Papercutting [C]. Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH. Los Angeles: [s. n.], 2005.
- [6] LI Y, YU J H, SHI J Y. 3D paper-cut modeling animation [J]. The Journal of Computer Animation and Social Agent, 2007, 18(4/5): 395 - 404.
- [7] LI Y, YU J H, ZHANG H X. Generating 3D paper-cutting effects [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006, 3942: 1062 - 1065.
- [8] LI Y, YU J H, SHI J Y. A 3D paper cutting oriented mesh trimming algorithm [J]. Journal of Software, 2006, 17 (Suppl): 169 - 175.
- [9] XU J, CRAIG K, MI X F. Compute-generated Papercutting [C]//Proceedings of the 15th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications. Hawaii: [s. n.], 2008: 343 - 350.
- [10] 涂传鹏, 于金辉. 计算机生成剪纸风格流水动画[J]. 计算机辅助设计与计算机图形学报, 2009, 21(7): 949 - 953.