

文章编号: 1005-0523(2006)02-0161-03

# 基于相似度的图像变形效果的客观度量方法

范自柱

(华东交通大学 基础科学学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:**给出了评价图像变形效果的新方法. 首先, 计算中间帧之间的相似度, 由这些相似度值生成一条曲线; 然后, 在图像计算机动画领域首次提出图像变形真实感度的概念. 它通过计算曲线与坐标轴, 曲线插值点处的曲率和其他一些衡量标准得到. 试验表明, 它是一有效的度量图像变形效果的客观方法.

**关键词:**图像变形; 图像变形真实感度; 相似度

**中图分类号:**TP391.41

**文献标识码:**A

## 1 引言

图像变形在计算机动画、娱乐等领域倍受瞩目. 其实现方法有很多, 比如网格扭曲<sup>[1]</sup>、特征对<sup>[2]</sup>、视域 morphing<sup>[3]</sup>、能量最小化<sup>[4]</sup>等等. 它们中的大部分方法都取得了令人满意的效果, 但是, 对于同样的源图像和目标图像来说, 变形效果会因采用方法不同而有较大的差异. 如图 1 所示<sup>[5]</sup>, 图 1(a)采用的是交融技术, 效果不太好; 图 1(b)采用网格扭曲技术, 其效果比前面的好. 目前, 图像变形的效果评价方法大都是基于人眼的主观感受, 而它的客观评价方法却没有. 由于主观评价标准因人而异, 对于同一变形过程, 人们给出的评价结果也许有很大的差别. 这样, 不利于图像变形的自动

分析和计算机娱乐动画的自动设计.

有鉴于此, 本文提出了一种图像变形的客观度量方法, 它通过定义图像变形真实感度 (image morphing reality degree—IMRD) 来实现. 与主观评价方法不同, 此法不依赖人眼的主观感觉, 因此它的评价结果更稳定. 要提高图像变形自动设计的效率和获得高质量的结果, 人的主观感觉应该避免. 而且, 对于给定的源和目标图像, 可以通过计算 IMRD 来选择变形的最好算法, 并且如果需要的话, 还可以用它来从大量中间帧中确定其最优序列. 因此, IMRD 技术为自动分析计算机动画效果提供了一个有力的开发工具, 给计算机动画的设计带来极大的方便.

要计算 IMRD, 首先须计算中间帧图像间的相似度, 下面给出其计算方法.



(a) 自交融方法



(b) 网格扭曲方法

图 1 图像变形示例

## 2 图像相似度计算

在定义 IMRD 前, 需要计算一系列中间帧图像的相似度. 为提高计算精度, 相似度的计算需要考虑图像的颜色、形状、物体位置等特征. 本文采用文[6]中方法, 此文先分割图

像, 接着计算颜色、位置和形状相似度, 再对它们进行加权组合为:

$$S_{(I_1, I_2)} = w_1 s_1(I_1, I_2) + w_2 s_2(I_1, I_2) + w_3 s_3(I_1, I_2) \quad (2.1)$$

其中  $\sum_{i=1}^3 w_i = 1$ ,  $w_i (i=1, 2, 3)$ , 为相似度的权值;  $s_{(I_1, I_2)}$  表示两幅图像  $I_1, I_2$  之间的相似度;  $s_1(I_1, I_2)$ ,  $s_2(I_1, I_2)$ , 分别是这两幅图像的颜色、位置和形状相似度.

收稿日期: 2005-10-25

基金项目: 华东交通大学科研基金项目.

作者简介: 范自柱 (1975-) 男, 安徽庐江人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为图形图像处理 and 模式识别.

中国知网 <http://www.cnki.net>

### 3 图像 Morphing 真实感度(IMRD)

根据前面第二小节提及的方法,只要指定相似度的权值,就可以很方便地计算任意两幅图像间的相似度.这样,计算IMRD的过程可以分为两步:首先,计算一系列相邻中间帧之间的图像相似度;然后,由这些相似度值生成型值点,再插值成一条Bézier曲线;最后,计算此曲线在不同点处的曲率和它们的均值以及曲线与坐标轴所围成的面积.IMRD主要由这些值来确定.

#### 3.1 Bézier 曲线的生成

设一般图像变形动画的播放频率是  $n f/s$ , 在计算相似度时,除了源和目标图像外,需要选择  $n-2$  幅中间帧图像来计算.源和目标图像分别为  $I_0, I_{n-1}$ , 其他帧记为  $I_k (k=1, 2, \dots, n-2)$ . 对于每两幅相邻中间图像,计算它们之间的相似度值,记为  $s_k (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$ . 由这些值可以生成型值点  $p_k (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$ , 则  $p_k$  的坐标应是  $(t_i, s_i) (i=0, 1, \dots, n-2)$ . 用它们可以求出一条Bézier曲线的控制顶点,其过程如下<sup>[7]</sup>:

假设已经给定插值点为  $p_k (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$ , 要求的控制顶点是  $b_k (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$ .  $t_i (0 < t_i < 1)$  是Bézier曲线基函数的参数,它可以定义为:

$$t_i = \frac{i}{n-2}, i=0, 1, \dots, n-2 \quad (3.1)$$

其中,  $t_0=0$ , 和  $t_{n-2}=1$ , 根据Bézier曲线性质,有下式成立:

$$B_{n-2}\left(\frac{i}{n-2}\right) = p_i, i=0, 1, \dots, n-2 \quad (3.2)$$

因此,求Bézier曲线控制顶点  $p_k (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$  的方程可以定义为:

$$\begin{cases} b_0 = p_0 \\ \sum_{i=0}^{n-2} \binom{n-2}{i} b_i \left(\frac{n-j-2}{n-2}\right)^{n-2-j} \left(\frac{j}{n-2}\right)^j = p_j \\ j=1, \dots, n-3 \end{cases} \quad (3.3)$$

由上述方程确定控制顶点后,过插值点  $p_k (k=0, 1, 2, \dots, n-2)$  的Bézier曲线可以最终确定下来.在通常情况下,  $n=24$  就可以满足一般要求.

#### 3.2 IMRD 定义

由前面的讨论,设用  $n-1$  个控制点生成一条Bézier曲线,这条曲线的大部分位于直线  $f(t)=1$  下,只有很少一部分在此直线上(如下图中的区域  $S_1$ ),它们可以通过计算曲线与直线的交点求得.曲线的位置与图像变形的效果有密切关系,如果所有的相似度值越高,曲线就越接近直线,那么变形的效果也就越好.它们的这种度量关系可以用曲线与  $t$  轴之间的面积来刻画.

由于位于  $f(t)=1$  之上的曲线部分很少,为使IMRD的值在0和1之间,它们可以忽略不计.要计算面积,需要确定曲线与直线的交点.设它们对应的参数是  $t_j (j=1, 2, \dots, m)$ , 记Bézier曲线的表达式为  $B(t)$ , 那么此面积可以定义

为:

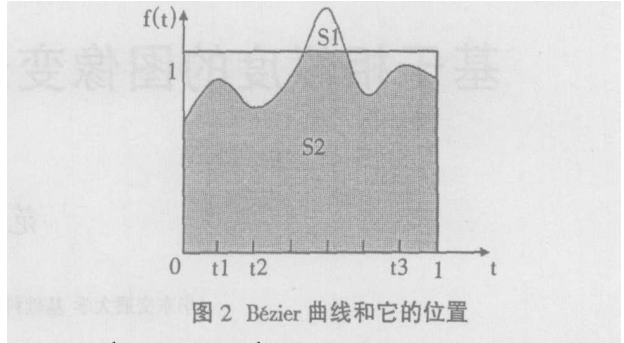


图2 Bézier曲线和它的位置

$$s_a = \int_0^1 B(t) dt - \sum \int_{t_{p_i}}^{t_{p_{i+1}}} B(t) dt \quad (3.4)$$

其中,参数  $t_{p_i}$  和  $t_{p_{i+1}}$  之间的曲线是直线  $f(t)=1$  之上的部分.确定某区间上曲线的位置是随机抽取  $t_{p_i}$  和  $t_{p_{i+1}}$  之间的参数  $t_r$ , 计算  $B(t_r)$ , 若  $B(t_r) > 0$ , 曲线在直线上;如果  $B(t_r) < 0$ , 则在直线下方.显然,由图2和式(3.4)可得:  $0 \leq s_a \leq 1$ .

然而,面积并不是图像变形效果的唯一度量标准.除了面积,中间帧图像过渡的光滑度也需要考虑,而每个曲线参数点的曲率是计算光滑度的有用工具.计算出所有指定参数点的曲率后,曲线的平均曲率可以定义如下:

$$s_c = \frac{1}{(n-3) C_{\max}} \sum_{i=1}^{n-3} c_i \quad (3.5)$$

其中,  $C_{\max} = \max_{1 \leq i \leq n-3} c_i \cdot c_i$ .  $c_i$  表示参数点  $t_i$  处的曲率.如图2所示,  $t_0$  和  $t_{n-2}$  点处的曲率可以忽略.由上面的讨论,IMRD可以最终定义为  $S_{rd}$  如下:

$$S_{rd} = \frac{S_a}{S_a + S_c} \quad (3.6)$$

在上式中,  $S_{rd}$  随  $S_a$  的增加而增加,随  $S_c$  的减少而变大,这与人眼的评价规律一致.

### 4 实验结果

本文实验中,式(2.1)中的  $w_i (i=1, 2, 3)$  分别取为 0.2, 0.2, 0.6. 由于形状特征对于图像变形的效果比较重要,所以它的相似度权值要大一些.如图1和图3所示,本文选取4个变形示例<sup>[2,8]</sup>,它们分别是:图1(a)的小孩脸部变形利用自交融技术;图1(b)的男人脸部变形采用的是网格扭曲方法;图3(a)的明星变形技术是基于特征对的;图3(b)实现的是多边形三角化技术.下面的表1和表2,是利用IMRD分析得到的结果,我们从中可以看出自交融的效果是四种方法中最差的一种,而三角化技术的效果最好.表1中,利用自交融技术小孩脸部变形所得的是0.49,而表2中是0.69.网格扭曲方法和基于特征对技术的IMRD几乎一样.对于同样的源和目标图像,变形效果因所采用方法不同而有较大差异,两表中的小孩变形就是明显的例子.另一方面,对于同一种方法,由于图像中的物体形状不同,它们的IMRD值也有差别.

表1 4种方法计算的IMRD(a)

类别	小孩 (自交融)	男人 (网格扭曲)	明星 (特征)	大象 (三角化)
$s_a$	0.62	0.84	0.87	0.93
$s_c$	0.43	0.21	0.13	0.15
$s_{st}$	0.22	0.25	0.37	0.11
$s_{RD}$	0.49	0.65	0.64	0.78

表2 4种方法计算的IMRD(b)

类别	小孩 (三角化)	男人 (特征)	明星 (网格扭曲)	大象 (自交融)
$s_a$	0.90	0.88	0.85	0.51
$s_c$	0.18	0.17	0.13	0.35
$s_{st}$	0.22	0.25	0.37	0.11
$s_{RD}$	0.69	0.68	0.63	0.53



(a) 基于特征对的图像 morphing



(b) 三角化 morphing

图3 图像变形效果评价示例图

## 5 总结和展望

本文利用图像相似度和曲线插值理论首次提出了变形概念,它可以通过计算面积,曲率等度量标准来确定.变形为电影娱乐,广告等提供了一个自动分析的工具,而且它能够有效克服人眼的主观感觉的不足.本文中的算法成功地对图像变形客观效果实行了评价,并取得了很好的结果,实验证明它是一种可行的方法.

### 参考文献:

- [1] Wolberg G. Digital image warping. IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, Calif (1990)
- [2] Beier T, Neely S. Feature-based image metamorphosis [J].

Computer Graphics, 1992, 26(2): 35-42.

- [3] Seitz SM, Dyer CR. View morphing [J]. (Proceedings of SIG-GRAP '96) Comput Graph, pp 21-30.
- [4] Lee S, Chwa K-Y, Hahn J, Shin SY. Image morphing using deformation techniques [J]. J Visualization Comput Anim (1996)7:3-23
- [5] George Wolberg. Image morphing: a survey [J]. The Visual Computer (1998) 14:360-372.
- [6] 王涛, 胡事民, 孙家广. 基于颜色-空间特征的图像检索 [J]. 软件学报, 2002, 13(10): 2031-2036
- [7] 关履泰, 等. 计算机辅助几何图形设计 [M]. 北京: 高等教育出版社, Springer 出版社, 1999.
- [8] Marc Alexa, Daniel Cohen-Or, David Levin [J]. As-Rigid-As-Possible Shape Interpolation Proc. SIGGRAPH 2000, pp: 157-164.

## Evaluation of Objective Effect Image Morphing Based on Similarity

FAN Zi-zhu

(School of Natural Science, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** A novel method to evaluate image morphing reality is presented in this paper. First of all, similarity values among a series of frames of image morphing are calculated. Then they are interpolated to be a curve. Finally, image morphing reality degree (IMRD) is defined for the first time in the research field of image morphing by computing the area between the curve and one coordinate axis, curvatures of the curve at different points, and so on. Experimental results show IMRD is an effective method to evaluate objective effect of image morphing.

**Key words:** image morphing; image morphing reality degree (IMRD); similarity