

文章编号:1001-9081(2006)06-1383-03

## 高精密点云数据三维人头模型的变形

龚蕾,赵力,李萍

(河南科技大学 电子信息工程学院,河南 洛阳 471003)

(leilei14@163.com)

**摘要:**提出了一种基于高斯变换的计算机三维头像变形算法,可以全自动产生三维头像变形效果,该算法摒弃了其他人脸变形算法中所必需的标定人脸关键点的繁琐工作,提出一种只需要设置一个中心点以及变形参数就可以将三维头像进行变形的办法,实验结果表明,该算法所需用户控制少,方便用户对渐变精细度的控制,运算速度快,产生理想的平滑渐变,能够很好地达到预期变形效果。该工作有助于将人脸变形技术运用于三维动画,人脸识别等领域。

**关键词:**物体编码;点云数据;高斯变换;透视投影

**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** A

## Distortion of 3D head model with high-precision point cloud data

GONG Lei, ZHAO Li, LI Ping

(College of Electronics and Information Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan 471003, China)

**Abstract:** A novel approach for facial transformation based on gauss transform was presented, which provided automatic metamorphosis among face images. It can eliminate Human intervention for feature specification caused by the facial marking. In addition, this method makes it possible to transform the 3D figures based on only one center and a few other parameters. The result of experiments indicates that this algorithm needs less control of users. It is convenient for users to control the definition of the gradual change. This algorithm can get a high operating speed, ideal smooth gradual change, and anticipative effect of distortion. The algorithm is excellently adaptable to the area of cartoon and face distinguishes.

**Key words:** object coding; point cloud data; gauss transform; perspective projection

## 0 引言

在脑与认知科学研究中,物体识别是一个重要的研究方向,它是人类与动物的视觉系统的一项基本功能和最终目标。物体识别的核心问题是物体如何在大脑中表示的,即物体在人类与动物大脑中的编码问题。

对人与动物物体编码的最新研究表明,物体编码是基于局部结构和整体结构的,局部结构是基于图像的而不是基于三维结构的。已有若干物体编码的计算视觉方法和这些发现相符。尽管基于图像局部和整体的方法已被近年的实验证实为人类与动物编码的主要特征,但是人类与动物的物体编码仍存在问题,前人研究实验都是间接验证物体视觉编码,本研究采用心理物理学的方法直接验证人类的视觉系统中物体编码是基于三维物体还是二维图像的。

研究者发现当观察者长期注视一个变形的人类头像后,观察者对人类头像的观察就会发生偏差,因此通过让受试者观察大量的变形头像就可以研究一般物体与头像的编码<sup>[1]</sup>。为了进行该研究,需要一个精密的三维头像模型对其进行量化的变形,来考察受试者的视觉系统中物体编码是基于三维物体还是二维图像<sup>[1,2]</sup>。

## 1 头像产生

人脸造型技术包括建模和渲染两部分,两部分目前都已经有了研究成果。如文献[3]利用一段转头的视频恢复出头部模型,再用纹理映射出真实感图形;文献[4]从一个包含200个3D人脸模型的数据库归纳出一种可变形的一般性模型,再结合特定人的照片形成这个人的脸部3D模型;还可以直接用已有的建模软件(如3DSMAX, Poser等)得到人脸模型,再进行一定的变化和渲染,如文献[11]。但是这些模型的建立精确度都不是很高,本研究中的所用到的高精密的三维头像是COMET VariZoom可变焦数字照相测量系统通过一个简单的计算视觉运算实现的。

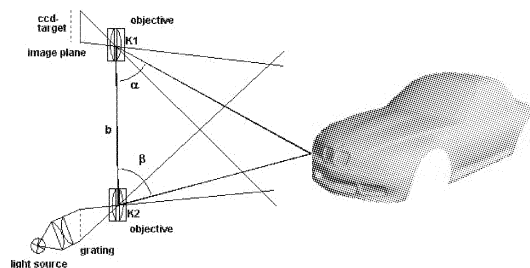


图1 成像原理

COMET VariZoom 可变焦系统,利用白光边缘投影法,这

收稿日期:2005-12-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60475021);河南省杰出青年基金资助项目(0412000400);河南省教育厅自然科学基金资助项目(200410464004)

作者简介:龚蕾(1981-),女,河南洛阳人,硕士研究生,主要研究方向:人工智能、图像处理;赵力(1966-),男,河南洛阳人,教授,主要研究方向:人工智能与模式识别、脑与认知科学;李萍(1972-),女,河南洛阳人,硕士研究生,主要研究方向:人工智能、遥控操作机器人控制系统。

是一种使用投影网格和照相机的三角形测量法,通过白光光源将一系列格删化光束投射到待测量的石膏像上;再用数码相机沿着光束方向将这些投射到物体表面上格删拍下来。通过机械地移动格删,投影的模式也会随之变化。因此,对每一个在数码相机上获得的图片,都会分配有一个确定的编码。进而,如图1所示,对物体每一个点的三维位置,可以从目标镜头 K1 和 K2 之间的距离  $b$  及三角法中的角  $\alpha$  和  $\beta$  计算得到<sup>[13]</sup>。所以物体表面可以通过非接触方式获得数字化点云数据。COMET 测量系统采用单摄像头,消除了同步误差,每次可以测量 130 万个测点,测量精度可达  $\pm 0.02 \text{ mm}$ 。图2为该系

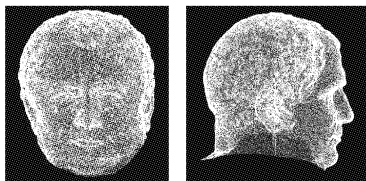


图2 高精密度头像

该头像模型由大量三角面  $\text{facet}[i]$  组成的点云数据构成。每个三角面由三个点坐标和该三角面的法向量表示:

```
4 |float normal x 4 |float normal y 4 |float normal z /
    三角面的法向量
4 |float vertex1 x 4 |float vertex1 y 4 |float vertex1 z /
    三角面的点坐标
4 |float vertex2 x 4 |float vertex2 y 4 |float vertex2 z /
    三角面的点坐标
4 |float vertex3 x 4 |float vertex3 y 4 |float vertex3 z /
    三角面的点坐标
```

## 2 变形算法

### 2.1 以往变形算法的比较总结

人脸变形技术的一般思路是:1)首先在原始人脸中标出点或线段等关键特征,在目标人脸中标出相应的特征。再利用某种变形算法将特征平滑过渡到目标特征,并带动其他非特征部分作相应变换从而得到目标人脸;2)改变控制点的位置仅影响该点附近的一个小区域的图像。根据这些思想,许多研究者提出了一些图像变形算法,应用于面部图像合成变形中。为了准确再现人脸表情变化,变形过程还应考虑人脸及其器官的几何形状和周围肌肉运动的机理。文献[4]提出了基于局部特征的变形算法,首先在局部变形区域内确定特征点和影响半径,然后计算出区域像素点几何位置的变化,最后使用双线性插值原理进行灰度赋值。

文献[5]提出了基于特征曲线的变形算法,将特征曲线和特征向量任意组合,使得曲线弯曲度更自然。文献[6]提出基于网格和区域变形的变形算法。还有其他的变形算法如基于分块的、基于区域边界的、基于 MPEG-4 的变形算法等等,但是这些算法运算复杂,而且都是已知目标图像的控制点再由原始图像变形完成的,我们需要由一个原始图像变形生成几千张目标图像,对于实验所需要的大量的变形图片,以上方法都无法满足要求,这就要求我们再去找更合适的算法。

### 2.2 高斯变换

高斯变换的数学表达为:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (\sigma > 0)$$

其中  $\mu, \sigma^2$  分别称为高斯变换的期望和方差。如果  $X$  为随机变量,则  $P(X)$  为高斯分布的密度函数。如图3所示图像在  $x$

$= \mu$  处达到最大值,而且关于  $x = \mu$  对称; $x = \pm \sigma$  处为其拐点;曲线  $x = \mu$  较远处很快接近于0,并以  $x$  轴为渐近线。 $\sigma$  越大,表示概率分布越分散,其曲率越平滑。 $X$  在  $(\mu - 2\sigma, \mu + 2\sigma)$  中取值的概率约为 95.45%,如图4所示  $x$  几乎总落在  $(\mu - 3\sigma, \mu + 3\sigma)$ 。由于高斯分布自身的特性适合运用于图像变形,所以该研究所用到的三维人头像变形使用了基于高斯变换的变形算法,它不需要复杂的算法检测原始人脸和目标人脸的关键轮廓点,可直接以头像中心点为原点进行方便快捷的变形。

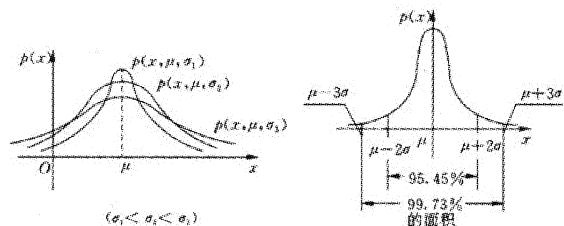


图3 高斯分布

图4 高斯分布的概率

### 2.3 透视投影

本研究对三维头像变换是利用了透视投影,投影变换按照投影中心与投影平面的距离是否有限而分为透视投影和平行投影。平行投影即将投射中心  $S$  移到无限远,所有的投射射线相互平行。当投影中心到投影平面的距离是有限的,投影变换称为透视投影,如图5所示。

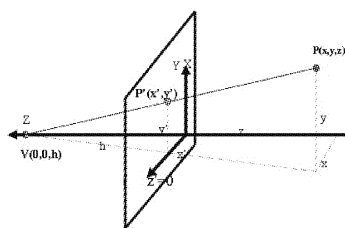


图5 透视投影原理

#### 2.3.1 透视投影算法

如图5,在透视投影下由相似三角形原理,三维人头模型的点  $(x, y, z)$  与二维图形上的点  $(x', y', z')$  的关系为:  $x'/x = y'/y = h/h - z$

所以  $x_i = x' = x/(1 - z/h), y_i = y' = y/(1 - z/h),$

$z_i = z' = 0$

其中  $h$  为透视点离三维人头的距离。我们对投影上的二维图像进行高斯变换<sup>[1]</sup>:

$$x_i = (1 - w)x_i + wx_c$$

$$w = \alpha \exp\left\{-\frac{[(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2 + (z_i - z_c)^2]}{2\sigma^2}\right\} \quad (\sigma = 0.2 * \text{头部宽度})$$

(其中  $x_k$  为三维头像上的点;  $x_i$  为投影到  $z$  平面上的点;  $x_c, y_c, z_c$  是中心原点)

经过多次试验修改,确定了  $\sigma$  值为脸部宽度的 1/5,当  $\sigma$  为此值的时候可以保证距离脸部中心点近的地方变形较大,距离较远的脸的轮廓部分变形却很小,几乎是不变的。如图6中的图像,我们可以看出三维头像的鼻子部位随着  $\sigma$  值从 -1 到 1 变化时产生的变形图像。

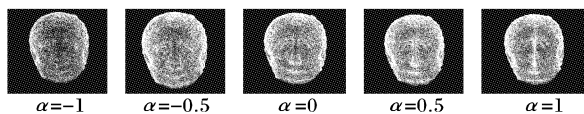


图6 随着  $\alpha$  值变化产生的变形图像

## 3 人头模型的处理实验结果

我们需要以  $\sigma = 0.02$  进行变换进行实验,这样我们有  $51 \times 51$  个变换过的三维人头模型。因为点云数据形式的图像(如图6)不利于眼睛直接观测变形实验效果,因此我们必需对这些点云数据模型进行渲染处理,图7第一行的图像就是

图6的渲染效果。现存的软件很多都可以进行二次开发,但是在进行对比后认为3Dmax实现批处理功能效果最好,所以用3Dmax提供maxscript语言进行二次开发,当 $\sigma = 0.5$ 时产生如下 $5 \times 5$ 图像。

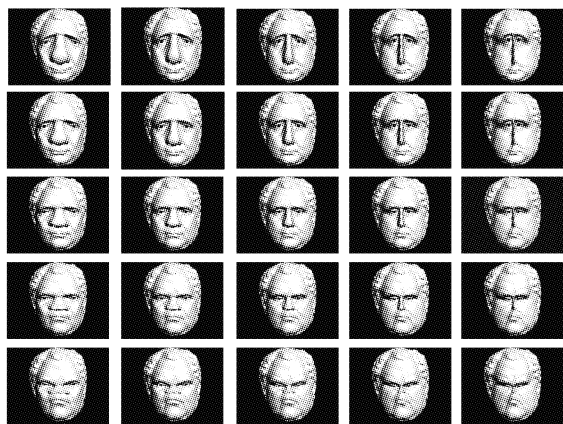


图7 点云数据图像渲染效果

#### 4 结语

本文的算法克服了基于特征曲线和基于网格扭曲等传统图像变形算法的缺点,采用高斯变换算法对图像变形,使变形函数仅依赖于三维头像的表面轮廓,变形信息整体化,且保证区域间变形的连续性。实验表明,该算法所需用户控制少,方便用户对渐变精细度的控制,运算速度快,能产生理想的平滑变形效果。用本算法来进行三维头像生成及表情合成的效果比较自然,且过程简单。只需要将中心点及变形参数确定即可,其简单、精确、快速等优点使得本算法在三维动画、人脸识别等领域有着广阔的应用前景。

#### 参考文献:

- [1] WEBSTER M, MACLIN OH. Figural after-effects in the perception of faces[J]. Psychonomisc Bulletin and Review, 1999, 6(4): 647-653.

- [2] ZHAO L, CHUBB C. The size-turning of the face-distortion after-effect[J]. Vision Research 41(2001) 2979-2994.
- [3] CHIEN FH, ICHEN L, MING O. High Resolution Calibration of Motion Capture. Data for Realistic Facial Animation [A]. 计算机图形图像和视觉的融合及应用[C]. CHINA GRA PH'2000, 151-155.
- [4] VOLKER BLANZ, THOMA SVETTER. A Morphable Model for the Synthesis of 3D Faces [A]. Computer Graphics Proceedings Annual Conference Series [C]. SIGGRA PH'1999, 187-194.
- [5] CHEN S. Human face image warping based on local constraints [J]. 2004 7th International Conference on Signal Processing Proceedings, ICSP, 2004: 899-902.
- [6] BIRKHOLZ. Herman Image warping with feature curves [J]. Spring Conference on Computer Graphics, SCCG 2003-Conference Proceedings, 2003: 199-202.
- [7] WU H. Image metamorphosis based on field morphing and mesh warping[J]. Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 2002, 4875(1): 347-353.
- [8] BLANZ V, VETTER T. A Morphable Model For The Synthesis of 3D Faces [J]. SIGGRAPH'99: 187-195.
- [9] 张静波, 张桂林. 基于特征网格的面部图像变形算法[J]. 中国图象图形学报, 2003, 7(A)3: 256-270.
- [10] 王奎武, 董兰芳, 王洵, 等. 基于 MPEG-4 的人脸变形算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2002, 14(1): 22-25.
- [11] 晏洁. 显示具有真实感的三维成人脸图形的两种方法[J]. 计算机工程, 1998, 24(1): 49-52.
- [12] <http://www.amac.com.cn/steibichler/COMET> [EB/OL], 2005-11.
- [13] [http://202.101.244.105/yzhkch/txx/jxnr\\_5\\_3.htm](http://202.101.244.105/yzhkch/txx/jxnr_5_3.htm) [EB/OL], 2005-11.
- [14] <http://www.thshx.com/xueshengpindao/shuxueshihua/shuxuequwei/200505/339.html> [EB/OL], 2005-11.

(上接第1382页)

看出,对于具有复杂边缘的图像,失调必须控制得更小才能获得较满意的效果,否则会由于超调而产生边缘误判。边缘识别阈值控制着边缘识别的多少,越小的 $\varepsilon$ 得到的边缘越精细,反之则将得到更加粗略的主体边缘。预测稳定性阈值控制着边缘的连续性, $\lambda$ 越小边缘之间的间隔将会变大,也即很多的细节边缘将会被忽略。

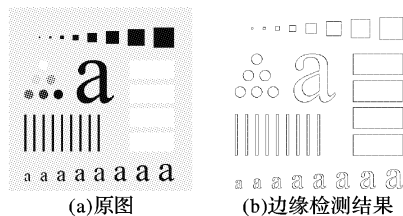


图3 对简单边缘检测的验证

#### 6 结语

从对算法的验证可以看出,LMS预测的方法能够很好的检测出图像边缘,且对图像的预测比均值预测法更加准确,且没有均值预测对图像边缘造成的模糊。对算法在边缘处的行为加入算法收敛程度(即稳定性阈值 $\lambda$ )的判断,确实能够达到对边缘进行单像素识别的目的。综合调整 $\varepsilon, \lambda$ 的取值可以

达到对各种无噪声污染的图像边缘的较精确识别。该算法的主要缺陷是对噪声和奇异像素点比较敏感,会造成在这些地方的振荡和伪边缘判断。



图4 对lena图像的边缘检测验证

#### 参考文献:

- [1] HEYKIN S. 自适应滤波器原理[M]. 第4版. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] GONZALAZE RC, WOODS RE. 数字图像处理[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [3] 王晖, 卢健. 基于预测的边缘检测方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2005, 30(1): 23-26.
- [4] 何仁贵, 黄登山, 陈金兵. 基于灰色预测模型的图像边缘检测[J]. 西北工业大学学报, 2005, 23(1): 15-18.
- [5] 段瑞玲, 李庆祥, 李玉和. 图像边缘检测方法研究综述[J]. 光学技术, 2005, 31(3): 415-419.