

# 计算机辅助的颅骨面貌复原技术<sup>\*</sup>

周明全 耿国华 范江波

(西北大学计算机科学系, 710069, 西安; 第一作者 43岁, 男, 副教授)

**摘 要** 介绍利用计算机图形学和人工智能的方法完成颅骨面貌复原的发展、研究问题和构造计算机颅骨面貌复原系统的有关方法。

**关键词** 计算机图形学; 颅骨面貌复原; 人工智能

**分类号** TP391

在法医学中,面貌复原是一门以颅骨为基础,以面部软组织厚度为依据,面向身份认证的科学技术。该技术起源于 19 世纪后半期,最初用于证实一些“名人”的遗骨。后来,由于刑侦工作的特殊需要,面貌复原技术很快在这一领域找到了用武之地。法医工作人员经常要把仅存颅骨、腐蚀或毁损的头颅认证出来,当其他方法不奏效或不实用时,颅骨的面部复原技术往往可以取得满意的结果。近年来,随着计算机图形学的飞速发展,为面貌复原技术提供了良好的可视化开发平台,更由于暴力、空难、战争等因素,计算机辅助的颅骨面貌复原系统亦将被应用。

迄今为止,面部复原应用不外乎是二维或三维的复原技术。二维或三维的面部复原均有手工复原和计算机辅助复原两种方式。二维复原是指通过颅骨的 X 射线图像、描摹图或照片描绘出面部;三维手工复原直接在人的颅骨或颅骨复制品上雕塑出人面孔;三维的计算机辅助复原,则在数字化的颅骨图像上通过计算机图形学的方法,产生逼真的面部轮廓和五官。对于任何一种方法,首先要产生一个基本的面部框架或面部轮廓,然后绘制或雕塑出眼睛、鼻子、嘴、耳朵等面部器官。颅骨的某些特定标志点上的软组织厚度,以及一个指定颅骨上的器官的尺寸、形状和矢量方向都要根据某些数据来重构。传统上,这些数据通过直接研究尸体取得,近年来,随着科学技术的发展,人们多是通过 X 光透视、CT 和核磁共振成像(MRI)技术,利用计算机方法而得到和加工数据。

无论是采用二维描绘还是三维雕塑的方法实现面部复原都有着不容忽视的局限性。其中首要的是受到操作者描绘或者雕塑技艺的局限性。此外,人们对软组织及其下附颅骨之间关系的不完全了解也是造成这种局限性的原因。

计算机辅助的面部复原技术综合了计算机、法学、计算医学、系统工程、数学、艺术等多方面的知识,不仅可以利用更多解剖点的数据,减少主观因素带来的偏差,而且可以大大缩短复原时间,无须对面部器官做太大变动就可产生符合原来颅骨的多幅面部图像,提高认证率。

## 1 传统的复原方法

### 1.1 三维手工复原

当代的面部感知研究表明,个体的面部识别是由面部器官的大小、位置和它们之间相对的比例决定的。在面部识别过程中,这些相对的比例关系比单个器官的特定特征更为重要。人们根据面部明暗度的局部变化形成对面部的印象,而明暗度的变化是由五官的空间结构的排列特点决定的。这些印象是回忆

<sup>\*</sup> 国家“九五”重点科技攻关项目资助课题

收稿日期: 1997-06-26

起某副面孔的基础,无论是不太熟识的还是十分熟悉的面孔。此外,颅骨提供的面部器官的大小、排列情况,是形成面部印象的最终依据。因此,如果一个“平均面部”(average face)被绘制在一个特定的颅骨上,所得的面孔就可以用于识别这副颅骨的主人。这就是二维描绘复原的原理。

### 1.2 三维雕塑复原

手工三维雕塑复原应用较为广泛。

雕塑复原技术就是用泥土或其他塑用材料在颅骨或颅骨模型上塑出一个面部,同时雕塑者必须把面部软组织厚度测量数据和法医提供的死者年龄、性别、种族等信息考虑进去。雕塑者可以直接在颅骨上操作,也可以在颅骨模型上操作,而在颅骨石膏模型上直接复原面部有诸多优点。一个逼真的颅骨复制品既保留了原有的信息,又无须担心雕塑时会损坏原有的颅骨,而且石膏模型更结实,便于在其上实现面部复原。颅骨模型以下颌骨定位,石膏或塑料的眼球放入眼眶内。在模型上一些特选的解剖点钻上小洞,将一些小木钉粘入这些小洞。这些木钉垂直于颅骨表面且长度等于该点处的平均软组织厚度。一旦所有的测量标志定位,基本的肌肉和肌肉群就可以用塑土在石膏模型上塑出。需要指出的是,雕塑者制作的不是一个详细的解剖模型,只是顺着颅骨的结构复原一个相应的面部。基本的面部在颅骨模型上建立起来后,再塑出皮下组织、表皮。

## 2 面部复原的知识库

计算机辅助面部复原的基础是有关的知识库。面部软组织厚度的数据是恢复面貌的依据,因此建立一个面部软组织厚度的数据库是必不可少的。根据对颅骨检测获取的信息,比如说男性 20 岁至 35 岁、蒙古人种等已知条件,我们就可以从库中按照有关规则推理出所需的相应数据。软组织厚度的数据只能实现面部轮廓的复原,下一步是实现对面部施加五官的操作。为此,我们还需一个五官的数据库。由于颅骨的某些特征会决定五官的类型,因此还应该建立一个规则库以检测颅骨和五官间的解剖关系。当然,复原的方式、方法不同,数据库、规则库的形式也可能不同。在手工复原中,数据和规则在描绘者的脑子里。在计算机复原中,数据和规则自然地存储在计算机中。

传统的获取数据的方法是用探针对尸体面部直接探测,记录面部的有关标志点软组织厚度的有效数据。这种方法实现起来多有不便,而且,人死后的软组织脱水使得探针所测数据的可靠性大打折扣。现在,用 CT 扫描和核磁共振成像技术,通过计算机的检测获取数据既快又方便,而且来自活的人体的数据更加可靠。

从理论上讲,计算机复原可以采用比手工复原多得多的面部组织厚度数据。我们也正致力于收集更多测量点的更多数据。通过不同年龄、不同种族、不同地区面部软组织厚度样本的数据采集,计算机完全有能力处理为制作一个更精确的面部所需的全部数据。

## 3 二维的计算机复原

二维的计算机复原的原理与二维描绘复原相同。基于颅骨图像的二维解剖描绘复原已有实际的应用。在此我们简单介绍日本 NRIPS(National Research Institute of Police Science)的二维计算机复原系统<sup>[2]</sup>。

该系统包括图像处理和图像编辑两部分。图像处理完成对颅骨形态的测量,产生一个面部框架;图像编辑则把各个面部器官合成在数字化颅骨图像上。为在这个面部框架上复原面部,此系统从数据库选出适合此颅骨形态的面部器官的数据。符合解剖学标准的最合适的面部器官样本被贴在面部框架上。之后,描绘程序可以改变面部图像上皮肤的颜色和明暗。不论在可操作性上还是在易于产生多个版本面部的灵活性上,这样产生的面部比通常的雕塑或绘图方式产生的面部都要好得多。在实践中,该系统能够客观、迅速地产生一系列可能的面部,提高定性认证的准确程度。

图像编辑包括图像编辑器和数据库。在这一阶段,符合解剖学和人体测量学标准,同时适合指定颅

骨形态的面部器官被选出并加在“面部框架”上。面部器官可由系统在输出样本库中检索。根据“检索”菜单的指令, 操作者给每种面部器官的分类项中输入数据, 系统可自动搜索数据库, 提示相应的各个面部器官的文件名, 同时样本显示在屏幕上。操作者依据解剖学和人体测量学的知识, 从所有可选项中选择合适的器官。最后, 调整了大小和方向之后, 最合适的输出样本被准确地贴在“面部框架”上。

复原过程中, 面部上会出现一些正常面部上不会出现的现象, 比如露出的白骨和器官样本之间不一致的肤色。可用电子绘画程序重新“润色”复原面部。先给空白部分填上皮肤的颜色, 再在各个器官之间平衡皮肤的颜色; 最后, 依据颅骨的起伏, 调整皮肤表面的明暗程度。这样产生的面部既符合客观实际又真实, 比通常的雕塑和描绘方式复原的效果好得多。而且, 可以很容易地为一副颅骨描绘好几幅可能的合成图像。另外, 画眼影, 把单眼皮换双眼皮, 发型的变换和化妆等都可实现。复原完成后, 可用与重迭相同的方法进行颅骨和面部图像间解剖关系的检查。最后的复原图像可以彩色的图片输出。

## 4 计算机三维复原

计算机辅助的三维复原系统是目前研究的热点。具有立体效果和面貌逼真的三维图像给人们提供了更加丰富的信息。三维面貌复原包括三维颅骨数据的获取、三维知识库的建立、三维显示技术。在计算机复原系统上, 首先要将颅骨图像三维数字化, 然后, 把一个从数据库中检索出来的早已数字化的面部, 像面罩一样盖在空间的颅骨上, 同时调整面部软组织厚度以适合其下覆颅骨的特征。最后, 通过三维的显示手法, 在计算机的屏幕上给出具有光照效果的、可从多角度观察的复原体面貌图像。

### 4.1 数据的取得

一系列颅骨表面坐标点的测量数据对于计算机复原是不可或缺的。获得这些三维数据可有多种方法, 目前已知的有以下两种方法:

第一, 人们用一种电子机械空间数字化仪获取数据。该仪器包括一个活动手臂, 手臂上的 3 个关节轴上各安装一精确的电位计。电位计的模拟输出电位被转化为数字值, 并存贮在计算机内。为取得一系列的三维数据, 技术人员必须重复地在颅骨上人工移动手臂的尖端进行定位。这种方法比较简单、直观, 但是非常费时并且很有可能造成人为的偏差。

第二, 伦敦大学开发了一系统用于人面部三维数据的全自动收集<sup>[4]</sup>。该系统包括一计算机控制的旋转平台、激光扫描仪和一台接在计算机上的视频相机。该系统可以 0.5 mm 的分辨率在 30 s 内记录 20 000 个表面坐标点。数字化的视频信号经简单的三角变换可计算出所需的表面坐标点的数值。这种方法人工干预的成分很少, 可以最大限度地减少人为的失误。

### 4.2 面部复原

不论是人工数字化仪采集的还是激光扫描仪采集的颅骨的数据集, 最初以一个有明有暗的表面的形式显现在屏幕上。通过依照有关规则调用知识库的有关数据, 即颅骨的标志点和相应的软组织厚度值, 明暗的表面上就“长”出了一层相应厚度的“肉”。经过平滑处理, 一个没有眼睛、耳朵、鼻子、嘴巴的面罩就出现了。

尽管这个面罩看起来不像一个真人, 它却具有人的面部基本的形状。为使这个面罩更逼真, 可以加上五官, 但是如果所加的面部器官不是复原对象原有的器官, 所产生的面部可能比那个光滑无器官的面罩更加难以辨认。因此, 为了选取更合适的面部器官, 如果可能的话, 多获取一些复原对象的种族、体格、性别等信息是非常必要的。

通过计算机根据颅骨的五官对应特征点调整面部器官的大小和空间位置之后, 才能把数字化的面部“盖”在面罩上, 这就要求选择和缩放面部器官数据以匹配被复原的颅骨的尺寸。这样, 面部轮廓就被有效地“移植”到颅骨表面上了, 并经软件调整后以适合选定的坐标点。这样, 一个可视的面部轮廓就产生了。

用该技术形成的面部本身可能没有足够细节信息以供有效认证。交互的对基本的面部器官的修改, 比如鼻子、嘴、嘴唇、眼睛和眼眉以及头发颜色的调整, 对于产生一张可供辨认的面部往往达到事半功倍。

的效果。用交互计算机图形技术可以缩放、平移面部器官至面部适当的位置。类似技术已经成功地用于许多其他二维系统。虽然面部三维复原过程计算机化非常复杂,但其能够高效地完成面部原复的优点弥补了额外工作所带来的损失。最后,为了在各个不同的位置观察,可以旋转复原的结果,并对光线做全面地控制。在将复原结果与已有照片作比较时,这一切将会起到特殊作用。

#### 4.3 讨 论

与其他复原技术一样,三维复原也永远不可能 100% 真实,因为面部上可变的细节太多了。嘴巴、鼻子、眼睛和耳朵的复原上有许多显而易见的困难;头发的颜色、眉毛的形状、男子面部的须发对于面部有很大影响;伤疤、痣、皱纹、纹身、佩带的首饰、眼镜,以及许多不能从颅骨上推断出的信息也都能影响复原的面部。与原人一模一样的面部几乎不可能产生,三维复原技术也只能产生一个近似的面部。一个复原的面部图像即使不完全像原人,只要它的真实程度能在公众中产生一定的反响,有助于对死者身份的认证,我们就可以说这是一次成功的复原。

### 5 结 语

事实证明,计算机辅助的基于颅骨的面部复原是可行的。这种技术不仅可以利用更多解剖点的数据,而且它比手工复原技术快得多并且更灵活。而且无须对面部器官做太大变动就可产生符合原来颅骨的多幅面部图像。为了提高认证率,我们可以产生一系列可能的面部。同时,这样也可以避免主观因素带来的偏差。添加了描绘程序以后可能得到其他的特征或信息,使其性能进一步提高。

用三维计算机图形技术产生更加真实准确的面部和在一定程度上加快复原进度是我们不懈努力的目标。然而,还有许多非计算机方面的难题尚未攻克:首先,我们需要更多的面部测量点的软组织厚度数据;其次,不论手工或计算机复原,准确地复原鼻子、耳朵、眼睛和发型上都存在一些问题;最后为使复原的面部更逼真,艺术加工必不可少。我们可能还会考虑用计算机面部表情的合成和动画辅助面部复原。最终,该技术除了应用于法学领域,还有望在考古学、艺术、外科领域找到用武之地。

本课题的研究与开发得到公安部科技司、公安部第二科研所的大力支持,在此表示感谢。

#### 参 考 文 献

- 1 Phillips V M, Smuts N A. Facial reconstruction: utilization of computerized tomography to measure facial tissue thickness in a mixed racial population. *Forensic Science International*, 1996, 83: 51~ 59
- 2 Miyasaka S, Yoshino M, Imaizumi K, et al. The computer-aided facial reconstruction system. *Forensic Science International*, 1995, 74: 155~ 165
- 3 Shahrom A W, Vanezis P, Chapman R C, et al. Techniques in facial identification, Computer-aided facial reconstruction using a laser scanner and video superimposition. *Int J. Legal Med*, 1996, 108: 194~ 200
- 4 Vanezis P, Blowes R W, Linney A D, et al. Application of 3D computer graphics for facial reconstruction and comparison with sculpting techniques. *Forensic science international*, 1989, 42: 69~ 84

责任编辑 曹大刚

## Computer-aided Forensic Facial Reconstruction

Zhou Mingquan Geng Guohua Fan Jiangbo

(Department of Computer Science, Northwest University, 710069, Xi'an)

**Abstract** Facial reconstruction in the method of computer graphics and artificial intelligence is one of the major issues of computer application in forensic area. The development of facial reconstruction and the methods related to computer aided facial reconstruction system based on skull are presented.

**Key words** computer graphics; facial reconstruction based on skull; artificial intelligence