

# 基于颅骨自动配准的颅面复原方法

白如意

(山西大学 工程学院, 山西 太原 030013)

**摘要:** 主要介绍了基于颅骨配准的颅面复原方法, 其中颅骨配准算法采用 ICP+CPD 方法。试验表明, 该方法复原效果良好, 并对缺损颅骨具有一定的鲁棒性。

**关键词:** 三维颅面复原; 颅骨配准

中图分类号: TP391.41

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)02-0044-02

## Craniofacial reconstruction method based on skull automatic registration

Bai Ruyi

(School of Engineering, Shanxi University, Taiyuan 030013, China)

**Abstract:** This article mainly introduces the craniofacial reconstruction method based on skull registration. The skull registration algorithm uses ICP and CPD. Experimental results demonstrate that this method had good recovery effect and is robust in the presence of the partial skull.

**Key words:** 3D facial reconstruction; skull registration

颅面复原是对人类的颅骨进行面部容貌复原的技术, 该技术以法医学、人类学和解剖学中的头骨与面貌相互关系规律为科学依据, 广泛应用于刑侦、考古等领域。三维颅面复原有手工颅面复原和计算机辅助三维颅面复原两种主要方式。手工颅面复原过程就是专家在受害人颅骨石膏模型上, 根据经验及其辅助手段添加橡皮泥等, 逐步再现受害人容颜的过程。手工复原耗时长, 缺乏质感, 且复原效果不理想。随着计算机技术的发展, 出现了借助计算机技术复原颅骨面貌的虚拟三维技术, 即计算机辅助颅面复原技术<sup>[1]</sup>。

### 1 计算机辅助颅面复原技术

计算机辅助的三维颅面复原技术一般要经过复原重建、构建面部表情以及五官组合修饰与添加毛发 3 个过程。复原重建过程包括: 三维颅骨模型的重建, 颅骨模型顶点相应软组织厚度数据的获取, 之后判断人种与骨龄, 将相应人种与骨龄的软组织厚度值添加在重建的三维颅骨模型上进行颅面复原。在构建面部表情过程中, 需要在复原重建的颅面模型上增加纹理、表情以及肌理等非几何信息, 从而得到一个形象更加逼真的三维人脸模型。在上述模型的基础上进行五官组合修饰, 包括二维五官组合修饰和三维五官组合修饰, 为了能使人脸模型更加生动形象, 还需要在模型上添加毛发。

基于颅骨形态的颅面复原技术以颅骨的形状特征

为基础, 以特定人群面部软组织统计厚度为依据, 采用一定的算法适当添加颅骨上的软组织, 从而达到面貌复原的目的<sup>[2]</sup>。目前, 在已知软组织数据的情况下, 颅面复原的方法有很多种, 如对照匹配法, 其代表有 MICHAEL S D 和 NELSON L A 提出的三维体积变形原理<sup>[3]</sup>, 待复原颅骨的软组织厚度值从与其相似的参考颅骨中得到, 如英国 JONES M W 研究的面部重构(FR)系统; 模板法, 该方法在 2000 年由 VANEZIS P 等提出<sup>[4]</sup>, 这种方法得到的复原颅面的头顶和下巴经常是缺失的, 是不完整的; 特征点法, 这种方法最早是由英国 BULLOCK D W 和 ARCHER K M<sup>[5]</sup>等人研究的, 是计算机辅助的以少量特征点及对应软组织厚度值为依据进行的三维颅面复原; 二维凸包法<sup>[6]</sup>, 该方法首先在待复原颅骨的切片上求二维凸包, 然后再添加相应的软组织厚度值, 从而实现颅面复原; 三维凸包和分区法<sup>[7]</sup>, 这种方法结合了变形技术、模板技术和凸包技术, 并且充分体现了以上 3 种方法的诸多优点。颅骨变形技术, 由 MICHAEL S 和 CHEN M 提出<sup>[8]</sup>, 该技术首先根据三维参考颅骨模型做变形, 直到与待复原颅骨模型匹配, 然后将匹配模式应用到参考颅面从而实现颅面复原, 最近, Zhang Yu<sup>[9]</sup>等又提出了新的研究方法, 使用多层变形技术实现基于解剖学结构的颅面复原。

目前, 研究比较广泛的复原方法采用颅骨变形技术,

《微型机与应用》2014 年 第 33 卷 第 2 期

## 图形、图像与多媒体

Image Processing and Multimedia Technology

即以颅骨配准为基础实现颅面复原。基于颅骨配准的计算机辅助三维颅面复原方法过程如图 1 所示。用体变形函数  $T$ , 使含有颅骨  $S_2$  的参考头部模型  $F_2$  发生形变, 直到参考头骨近似地匹配目标颅骨  $S_1$ , 即  $T(S_2) \approx S_1$ , 因此可以得到  $T(F_2)$  与未知的目标头部模型很相似。该方法中最重要的就是对参考颅骨与目标颅骨进行配准, 得到变形函数  $T$ , 因此, 颅骨配准对颅骨面貌复原有着重要的意义。

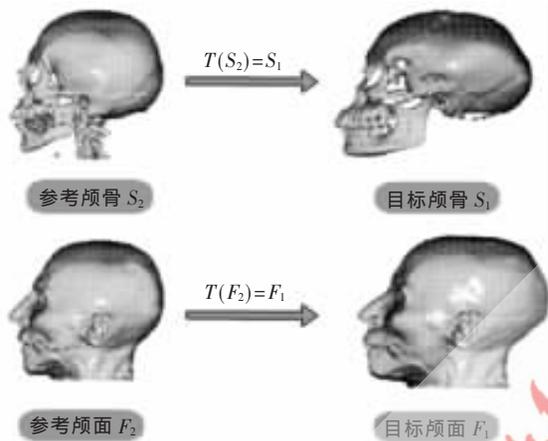


图 1 基于颅骨配准的颅面复原

## 2 基于 ICP+CPD 颅骨自动配准的颅面复原方法

通过分析目前国内外流行的三维点云配准算法<sup>[10-11]</sup>, 比较了这些算法的复杂性、精确性和鲁棒性后, 确定了用 ICP 和 CPD 作为颅骨配准的基础算法<sup>[12]</sup>能有效提高颅骨配准的准确性并对缺损颅骨具有一定的鲁棒性。

基于以上颅骨自动配准算法, 将参考颅骨到目标颅骨的变形函数应用于参考颅面, 最终得到待复原颅骨的复原颅面, 如图 2 所示。但是, 在刑侦事件中发现的待复原颅骨大都不完整, 其中有些部位是缺损的, 这就要求颅面复原的方法有一定的鲁棒性, 在颅骨某些部位不完整时, 也能得到比较准确的结果。本文实验了在待复原颅骨嘴部缺损的情况下颅面复原的结果, 如图 3 所示。

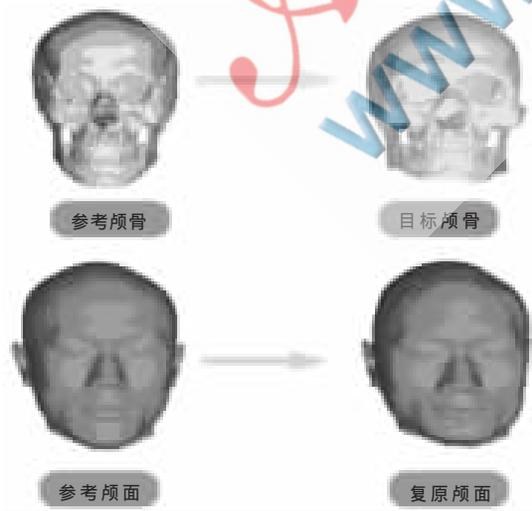


图 2 基于颅骨自动配准的颅面复原

实验结果表明, 本文采用的复原方法中无论待复原颅骨是否完整都能得到较好的结果。

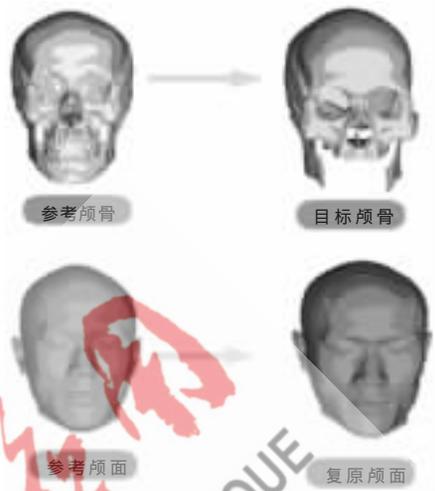


图 3 待复原颅骨缺损的颅面复原

图 4 所示是分别基于 TPS 与 ICP+CPD 两种颅骨配准方法得到的颅面复原结果。可以看出, 基于 TPS 的复原结果中头顶复原效果不好, 基于 ICP+CPD 的复原结果由于采用了光滑区域的特征点而得到了比较好的效果。

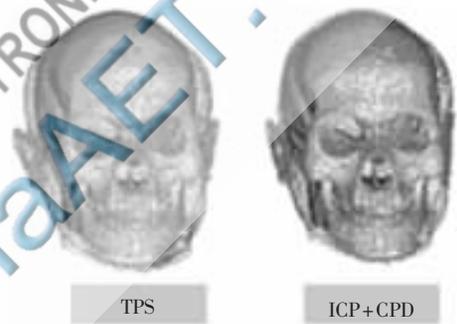


图 4 颅面复原实验结果比较

计算机辅助颅骨面貌复原在人类学研究、法医学研究和刑事侦察等中都有重要的研究价值。本文首先根据颅骨形态学结构, 采用 ICP 和 CPD 算法对参考颅骨与目标颅骨进行自动配准, 得到参考颅骨到目标颅骨的变形关系, 最后将变形关系作用于参考颅面, 从而实现颅面复原。

目前对颅骨特征点的标定主要是手动标定, 自动标定方式还不够成熟, 因此, 颅骨特征点的自动标定方法是今后研究的重点。在颅骨配准算法方面, 目前使用较多的是 ICP 和 TPS, 今后可以考虑使用性能更好的配准算法, 以提高配准的效率及复原的准确率。

## 参考文献

- [1] 王扬扬, 李一波, 姬晓飞. 三维颅面复原技术研究综述[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2005, 22(3): 39-43.
- [2] 王银燕, 梁荣华, 吴福理, 等. 基于 RBF 插值的颅面复原算法[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(增刊): 404-410.
- [3] NELSON L A, MICHAEL S D. The app location of volume

- deformation to three dimensional facial reconstruction: a comparison with previous techniques[J]. Forensic Science International, 1998,94(3):167-181.
- [4] VANEZIS P, VANEZIS M, MCCOMBE G, et al. Facial reconstruction using 3-D computer graphics[J]. Forensic Science International, 2000,108(20):81-95.
- [5] ARCHER K M. Craniofacial reconstruction using hierarchical B-spline interpolation[D]. BC Canada: The University of British Columbia, 1997.
- [6] 周明全, 耿国华, 范江波. 计算机辅助的颅骨面貌复原技术[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1997,27(5):375-378.
- [7] 李一波, 刘敏, 王庆军, 等. 基于分区和凸包的 3 维相貌复原[J]. 中国图象图形学报, 2005,10(5):654-657.
- [8] MICHAEL S, CHEN M. The 3D reconstruction of facial features using volume distortion[C]. Proceeding of 14th Euro-graphics UK Conference, London, 1996:297-305.
- [9] Zhang Yu, SIM T, SUNG E. Anatomy-based human face reconstruction using multi-layer deformation[A]. Conference Proceedings WSCG'2005, Plzen, Czech Republic, 2005.
- [10] 谢冬香, 刘先勇. 一种快速的三维点云自动配准方法[J]. 微型机与应用, 2013,32(6):47-49.
- [11] 董琳, 何扬. 基于 EM-ICP 的三维人脸简化点云并行配准算法[J]. 微型机与应用, 2013,32(16):38-41.
- [12] 白如意, 周明全, 邓擎琼. 基于 ICP 与 CPD 的颅骨自动配准算法[J]. 计算机技术与发展, 2011,21(2):120-122.

(收稿日期: 2013-10-24)

## 作者简介:

白如意, 女, 1987 年生, 硕士, 助教, 主要研究方向: 计算机科学与技术(图形图像处理)。

电子技术应用  
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE  
www.ChinaAET.com