

激光扫描三维特征提取的临床应用及主要技术研究**☆

王殊轶, 谭 杰, 王慧芳

Clinical application and main technology of three-dimensional character acquisition using laser scanning

Wang Shu-yi, Tan Jie, Wang Hui-fang

School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China

Wang Shu-yi☆, Doctor, Master's supervisor, Associate professor, School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China
wangshuyi2001@sina.com

Supported by: the Startup Foundation for Doctors of University of Shanghai for Science and Technology*; Leading Academic Discipline Project of Shanghai, No. T0502*

Received: 2010-03-11
Accepted: 2010-03-26

上海理工大学医疗器械与食品学院, 上海市 200093

王殊轶☆, 女, 1972年, 辽宁省鞍山市人, 汉族, 2008年上海理工大学毕业, 博士, 硕士生导师, 副教授, 主要从事医疗器械工程、人因工程、机器视觉研究。
wangshuyi2001@sina.com

中图分类号: R318
文献标识码: A
文章编号: 1673-8225 (2010)30-05646-04

收稿日期: 2010-03-11
修回日期: 2010-03-26
(20100311013/GW·Z)

Abstract

BACKGROUND: Three-dimensional measuring technique is widely used in reverse engineering, quality inspection, virtual reality and other fields, and gradually enters into the medical field at the same time. The data meet clinical requirement and provide accurate simulation about surgery through choosing safe, accurate, rapid and high cost-effective measuring method.

OBJECTIVE: To summarize the clinical application of laser scanning and three-dimensional character acquisition and to analyze the main technologies of application.

METHODS: Literatures about three-dimensional character acquisition using laser scanning and clinical application were searched from Chinese Journal Full-text database, WanFang database and Sciencedirect Database by the first author. These literatures have been published from 2000 to 2009 were selected. The key terms were "laser scanning, three-dimensional reconstruction and clinical application" both in English and Chinese, respectively.

RESULTS AND CONCLUSIONS: Three-dimensional character acquisition using laser scanning was fully capable to meet clinical requirements and has been widely used in the field of orthopedic, plastic surgery, rehabilitation research and so on. Compared with CT, MRI and other traditional methods, it is rapid, accuracy and harmless to human body. Through the researches of main technology of character acquisition using laser scanning, it has been discovered that clinical requirements could be met fully through interrelated technologies. However, there are some problems, such as the segment of data must be given through an interactive or iterative process, cannot be automatically. Development of reverse engineering technology basing on integration, including measuring techniques, reconstruction techniques based on features and integration, collaborative design and digital manufacturing technology based on network, and how to extract characters quickly and accurately, all will be done in the future.

Wang SY, Tan J, Wang HF. Clinical application and main technology of three-dimensional character acquisition using laser scanning. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2010;14(30):5646-5649.
[http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

摘要

背景: 三维测量技术在逆向工程、质量检测、虚拟现实等各种领域的广泛应用, 也逐渐进入到医学领域。选择安全、准确、快速、具有较高性价比的测量方法, 可获得满足临床需求的测量数据, 提供精确的手术模拟效果。

目的: 综述激光扫描与三维特征提取技术在临床中的应用, 并对应用中的主要技术进行分析。

方法: 由第一作者检索 2000/2009 中国期刊全文数据库(http://ckrd.cnki.net), 万方数据库(http://www.wanfangdata.com.cn)及 ScienceDirect 数据库(http://www.sciencedirect.com)中已发表的关于利用激光扫描进行三维特征提取以及在临床中应用的文献, 中文检索词为“激光扫描, 三维重建, 临床应用”, 英文检索词为“laser scanning, three-dimensional reconstruction, clinical application”。

结果与结论: 激光扫描进行三维特征提取完全能够满足临床要求, 并已经广泛用于口腔正畸学、颌面外科、整形设计、矫形设计、康复研究等领域, 并且相比于 CT、MRI 等传统方法, 具有快速、精确, 对人体无伤害的优点; 通过对利用激光扫描进行特征提取主要技术的研究, 发现相关技术可以很好的满足临床要求, 但是也存在一些问题, 比如进行数据分块需要通过交互方式或迭代方式给出, 不能自动分块; 重构物体是由许多面片组成, 这些面片对于造型处理起来也不直观; 发展基于集成的逆向工程技术, 包括测量技术、基于特征和集成的模型重建技术、基于网络的协同设计和数字化制造技术以及如何快速准确的提取特征等都是以后研究的主要内容。

关键词: 激光扫描; 三维特征; 临床应用; 主要技术; 数字化医学

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2010.30.033

王殊轶, 谭杰, 王慧芳. 激光扫描三维特征提取的临床应用及主要技术研究[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(30):5646-5649. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

0 引言

复杂表面三维重建与特征提取在口腔正畸学、颌面外科、整形设计、矫形设计、康复研究等领域都有着重要的意义。用传统的测量方法存在测量手段落后、测量精度不够等问题。

而目前常用的测量方法(MRI、CT 等)还存在对身体造成伤害的风险。三维测量技术在逆向工程、质量检测、虚拟现实等各种领域的广泛应用, 也逐渐进入到整形医疗领域。如何选择安全、准确、快速、具有较高性价比的测量方法, 获得满足临床需求的测量数据, 为患者提供精确的手术模拟效果越来越成为医务人员关注的

问题。本文主要研究了激光扫描与三维特征提取技术在临床中的应用, 并对应用中的主要技术进行了分析。

1 资料和方法

1.1 资料来源 由第一作者检索 2000/2009 中国期刊全文数据库(<http://ckrd.cnki.net>), 万方数据库(<http://www.wanfangdata.com.cn>)及 ScienceDirect 数据库(<http://www.sciencedirect.com>)中已发表的关于利用激光扫描进行三维特征提取以及在临床中的应用的文献, 中文检索词为“激光扫描, 三维重建, 临床应用”; 英文检索词为“lanser scanning, three-dimensional reconstruction, clinical application”。

1.2 入选标准

纳入标准: ①纳入具有原创性、论点论据可靠的研究性论文。②观点明确、分析全面的文章。

排除标准: 与研究目的相关性差及内容陈旧、重复的文献。

1.3 质量评估

数据提取: 初检得到 75 篇文献, 其中中文文献 45 篇, 英文文献 30 篇, 排除与研究目的相关性差及内容陈旧、重复的文献 43 篇, 纳入 32 篇符合标准的文献进行综述。

质量评价: 符合纳入标准的 32 篇文献中, 文献[1-20]探讨了利用激光扫描进行三维测量及特征提取在临床中的应用, 并简要介绍了相关技术; 文献[21-32]探讨了利用激光扫描进行三维特征提取的主要技术的基本原理, 并对实验结果进行了分析。

2 结果

2.1 利用激光扫描进行三维特征获取的基本原理 对于复杂表面, 在对特征信息提取之前必须重构曲面模型, 三维曲面模型的构建分为两步: ①点云数据的获取。②对点云数据进行处理, 提取特征进行模型重建。

点云数据的获取: 三维数据获取是模型重建的基础, 在很大程度上决定了建模的精确度及表面效果, 可以采用激光扫描的方式获取点云数据。

每一个扫描云点的测量都是基于三角测量原理进行的, 并且根据激光扫描的传感驱动进行三维方向的自动步进测量。每扫描一个云点后, 电荷耦合器件 CCD 将云点信息转化成数字电信号并直接传送给计算机系统, 进而得到被测点的三维坐标数据。

曲面重构: 对复杂表面进行扫描后, 将得到的点云文件读入 Geomagic Studio 等三维设计软件, 通过对点云数据进行优化处理, 特征点定位, 多边形的编辑, 曲面网格线的定义, 曲面的拟合等操作, 生成高质量的曲

面模型。

2.2 利用激光扫描进行三维特征获取的主要临床应用 传统的测量方法, 存在测量手段落后、测量精度不够等问题。近年来, 三维测量技术在生物医学, 实物仿形等领域的应用, 为人们提供了更加有效、精确的测量方法。目前常用的三维测量方法(CT, MRI 等)存在对身体造成伤害的危险, 而激光可以有效避免这一问题, 因此利用激光扫描进行三维特征提取越来越受到人们的关注, 并且已经应用在临床医学许多方面, 按照其应用的具体部位可以分为面部, 眼部, 鼻, 耳, 口腔及牙齿, 胸部以及脚等^[1-20]。

面部: Kau 等^[1]于 2005 年利用激光扫描技术在一个较短时间段内的不同时间点对面部软组织进行了测量, 定量的显示了不同时间面部软组织的变化, 实验结果表明该技术可以用于牙科正畸治疗手术和面部软组织测量中; Stauber 等^[3]于 2008 年利用激光扫描对唇裂患者进行了面部形态学测量, 并对面面对称性进行了分析, 研究结果表明激光扫描可以为唇裂手术提供有效的数据; 形进行了研究, 结果表明三维激光扫描技术可以用于面部美学的精确评估, 根据变化重建软组织轮廓。

眼部: 吴国锋等^[6]于 2008 年通过激光扫描仪对一侧侧眼眶部缺损患者进行数据采集, 三维设计软件数据处理, 建立了患者睁眼面部三维数字化模型, 获得了眼眶部各个标志点、线的测量数据, 能够为单侧眼眶缺损修复提供必要的参考依据。

鼻: Byrne 等^[8]于 2007 年将激光扫描三维重建和快速成型相结合, 制作出了精确的鼻模型并成功用于鼻尖点严重缺失的手术中, 对鼻损伤患者进行了修复。

耳^[9-11]: Ciocca 等^[9]于 2007 年利用激光扫描对患者健康耳的数据采集和三维软件设计出了缺失耳的外形, 并用快速成型做出了贗耳, 此方法相比于传统方法不需要对健康耳进行压痕采集, 也不用准备石膏模型, 可以减小误差; Ciocca 等^[11]于 2009 年利用三维激光扫描和快速成型相结合, 对特-柯二氏综合征患者耳缺失进行扫描和重建, 快速精确制作出了患者满意的贗耳。

口腔及牙齿^[12-18]: 陆尔奕等^[14]于 2008 年应用非接触式三维激光扫描和数字化技术, 在三维扫描和重建的基础上, 测量分析与平衡颌相关的项目和指标, 为临床应用中空全口义齿排牙和选磨提供了理论依据; 黄成才, 冯海兰^[15]于 2009 年利用激光扫描仪, Geomagic Studio8 和 Rapidform2006 软件对患者的新、旧上颌全口义齿组织面模型进行分析, 研究结果显示, 从三维角度分析牙槽嵴整体形态的变化更有意义, 从三维角度证实上颌牙槽嵴颊侧吸收比例比舌侧大, 前牙区牙槽嵴的吸收比例比后牙区大, 为临床制作全口义齿时减小侧向力和前牙区受力提供理论依据; 吴江等^[16]于 2009 年利用 LSH600 激光扫描设备和 Surfacar 软件对全口义齿钛基托的适

合性进行了研究, 结果显示该方法具有速度快, 可靠性高的优点, 可以较全面的反映义托的适合性。

胸部: Tepper 等^[17]于 2006 年将激光扫描和三维重建技术应用到重建乳房的手术中, 测得了乳房的表面形态数据, 可以用于乳房增大和乳房整形手术以及手术后的分析; Patete 等^[18]于 2009 年利用手持式三维激光扫描仪对乳房进行了测量和重建分析, 研究表明此方法可以为乳房整形和重建手术提供术前设计, 手术模拟和术后评价。

脚: 刘国忠, 王伯雄, 史辉等^[19]于 2009 年利用三维足型测量系统对足部参数进行了自动提取, 避免了人工贴点或手动识别特征点的过程, 测得了足部特征参数, 这表明激光扫描可以用于足型普查和足部畸形矫正。

2.3 利用激光扫描进行三维特征获取的主要技术 如何尽可能的取得患者满意的效果是临床医生更重视的问题, 这取决于临床医生运用何种技术, 利用激光扫描进行三维特征提取的主要技术有: 三维数据的快速获取, 数据处理等。

数据获取: 在三维重建之前, 首先要获得被测对象的数据资料, 如何快速准确的获得所需数据是进行三维重建的前提, 利用三维激光对被测对象进行扫描是目前常用也是主要的数据采集方法, 目前常用的激光扫描设备主要有以下几种: 日本 Konica 公司生产的 VIVID900 非接触式三维数字化仪(采用安全激光, 对身体无伤害), 可以在 2.5 s 内完成扫描, 测量精度可达 0.05 mm; 德国 Techmath 公司生产的 Vitus 非接触式激光三维人体扫描仪, 测量精度为 0.05 mm; 其他设备还包括法国 Telmat 公司生产的 SYMCAD 非接触式三维人体扫描仪; 美国 Polhemus 公司生产的 FastSCANTM 手持式激光扫描仪等。

由于扫描精度与距离成反比, 也由于激光源与扫描角度的制约, 在进行数据采集时应合理设置扫描距离和扫描角度, 比如 VIVID900 扫描距离可为 600~2 500 mm; 测量精度也随着入射光线与曲面法线所成角度的增大而降低, 该角度一般不宜大于 45°, 当超过 45°时, 会出现盲区, 使得测量失效而无法捕捉到数据, 所以在测量时, 应不断调整被测实物与测量头的角度, 分片采集实物表面的数据。

数据处理: 激光扫描获取的点云数据非常密集, 多达几万甚至几十万, 几百万个, 无法直接用 CAD 软件将点云重构生成三维 CAD 模型, 需要在三维反求软件里对点云数据进行编辑、过滤、优化和去噪声等处理, 将杂乱的离散点云数据整理为有序的、曲率变化小的点云数据, 然后对经过优化的数据进行分块、特征提取、曲面拟合等操作, 生成高质量的曲面模型。数据处理常采用人机交互的方式, 用到的工程软件主要有 Geomagic

Studio、Surfacer、Rapidform RF4 等。数据处理主要包括以下方面:

数据优化: 在数据采集过程中, 由于环境变化和其他人为因素, 难免采集到一些噪声点, 同时测量过程中由于操作误差等原因还可能产生跳点, 这些点都要在模型建立之前进行剔除, 对于偏离较大的点及孤立的点可以根据目测直接手动删除, 对于无法目测删除的可以采用数据平滑和滤波等方法进行过滤, 数据点过滤的原则是在扫描线曲率较小时减少点数, 曲率较大时保留较多的点数, 常用方法有空间滤除法、自适应滤除法、高斯滤波法和卡尔曼滤波法等。

数据分割: 通常, 一个物体表面是由多个单一曲面构成的, 包括二次曲面和自由曲面等, 因此在模型重构时用一张曲面来拟合所有的数据点是绝对不可能的, 需要将整个点云数据进行分割, 每一片点云用特定的曲面来拟合, 然后应用曲面求交或曲面间过渡的方法将不同的曲面片拼合起来构成一个整体, 所以数据分割技术是曲面重构的关键技术之一, 目前主要有两种点云数据的

分割方法: 基于边界的方法和基于面的方法。基于边界的方法就是通过计算点云数据的方向主曲率, 高斯曲率及平均曲率, 利用曲率极值作为边界点特征, 进一步将边界拟合为边界曲线, 利用边界曲线将点云数据进行分割; 基于面的方法也叫基于区域的方法, 是将具有相似几何特性的空间点化为同一区域, 根据其分割过程的不同分为从下至上和从上至下两种。

特征点定位: 对经过数据优化后的点云数据进行特征点定位是三维重建与测量的关键, 特征点定位的精度将直接关系到测量和建模的精度。关鹏、张立明^[21]提出了一种新的三维人脸特征点定位方法, 利用矩阵特征分解求解每个特征点的基准平面, 运用 Bezier 曲面来表达特征点附近的局部三维表面结构, 采用局部搜索和全局形状模型的约束相结合得到三维人脸特征点的精确定位。结果表明, 此方法比其他基于曲率分析的方法具有更精确的定位精度。

数据拼合: 在三维建模的过程中往往要将从各个不同视角测得的点云数据进行多视角定位, 统一到一个整体坐标系下, 这就需要对点云进行拼合, 对同一物体的多视点云拼合方法有两种处理方法: 一是对点进行处理, 即直接对点云进行拼合, 再重建出原型; 二是对各视图进行局部构造几何形体, 最后拼合这些几何形体。三维点云数据的对齐方法: 在不同视图中建立用于对齐的三个基准点, 通过对齐这三个基准点, 就能实现三维测量数据的多视角统一, 把数据的对齐问题转换为坐标的变换问题。在 Geomagic, Surfacer 等软件中都可以通过 1 点定位, 2 点定位和 3 点定位来完成数据的拼合, 王树杰等^[22]在 Surfacer 平台上通过三点定位法对牙颌模型进行数据拼合, 准确地表示出缺失牙上下颌的咬合关

系,重建牙颌的实体模型。

曲面重构:曲面重构是逆向工程中的一项关键技术,其目的是对于通过测量等技术所获得的设计曲面的离散型值数据,寻找一种数学描述形式,将设计曲面进行精确表示。目前常用的曲面有 B-Spline, Bezier, NURBS 等,常用曲面拟合方法有插值和逼近,配合逆向工程软件系统提供的曲面分析工具(曲率云图法、反射光线法、高亮度线法等),进行曲面位置、连续性、光顺性等检测来控制曲面的质量。伏艳等人基于 NURBS 曲面的曲面重构法,针对牙颌点云数据的特点,采用最小二乘法和 NURBS 曲面相结合,精确、快速的求出了牙颌的表面,并对其进行了误差分析,参数修改。利用该技术再现牙颌的三维视图,使得医生做手术更加准确,同时还可以在计算机上预演手术过程,使手术更安全,同时对口腔内科、外科、正畸、修复等各专业都具有重要的临床意义^[23-32]。

3 结论

激光扫描进行三维特征提取完全能够满足临床要求并已经广泛用于口腔正畸学、颌面外科、整形设计、矫形设计、康复研究等领域,并且相比于 CT, MRI 等传统方法,具有快速、精确,对人体无伤害的优点;通过对利用激光扫描进行特征提取的主要技术的研究,发现相关技术可以很好的满足临床要求,但是也存在一些问题,比如进行数据分块需要通过交互方式或迭代方式给出,不能自动分块;重构物体是由许多面片组成,这些面片对于造型处理起来也不直观;以及如何快速准确的提取特征等都是以后研究的主要内容。

4 参考文献

- [1] Kau CH, Richmond S, Zhurov AI, et al. Reliability of measuring facial morphology with a 3-dimensional laser scanning system. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2005;128(4):424-430.
- [2] Paton N, Yang Y, Sitoh YY, et al. Validation of three-dimensional laser scanning for the assessment of facial fat changes. HIV Med. 2007;8(8):498-503.
- [3] Stauber I, Vairaktaris E, Holst A, et al. Three-dimensional analysis of facial symmetry in cleft lip and palate patients using optical surface data. J Orofac Orthop. 2008;69(4):268-282.
- [4] Kovacs L, Zimmermann A, Wawrzyn H, et al. Computer aided surgical reconstruction after complex facial burn injuries—opportunities and limitations. Burns. 2005;31(1):85-91.
- [5] Lin SJ, Patel N, O'Shaughnessy K, et al. A new three-dimensional imaging device in facial Aesthetic and reconstructive surgery. Otolaryngol Head Neck Surg. 2008;139(2):313-315.
- [6] 毕云鹏,赵铭民,吴国锋,等.单侧眶部缺损患者面部三维数字化重建及眼部测量[J].临床口腔医学杂志,2008,24(4):195-197.
- [7] 齐向东,秦建增,赵卫东,等.软组织激光全息扫描鼻眶窝的三维数字图像分析[J].中华整形外科杂志,2004,20(4):252-255.
- [8] Byrne PJ, Garcia JR. Autogenous nasal tip reconstruction of complex defects. Arch Facial Plast Surg. 2007;9(5):358-364.
- [9] Ciocca L, Mingucci R, Gassino G, et al. CAD/CAM ear model and virtual construction of the mold. J Prosthet Dent. 2007; 98(5): 339-343.
- [10] 张海林,王晓军,贾懿,等.应用逆向工程技术构建三维耳廓模型[J].中国美容医学,2007,16(5):649-652.

- [11] Ciocca L, De Crescenzo F, Fantini M, et al. CAD/CAM bilateral ear prostheses construction for Treacher Collins syndrome patients using laser scanning and rapid prototyping. Comput Methods Biomech Biomed Engin. 2009;1. [Epub ahead of print]
- [12] Sohmura T, Nagao M, Sakai M, et al. High-resolution 3-D shape integration of dentition and face measured by new laser scanner. IEEE Trans Medical Imaging. 2004;23(5):633-638.
- [13] 韩彦峰,高勃,吴江,胡江.三维激光扫描并重建基牙预备体的精确度分析[J].第四军医大学学报,2007,28(5):429-431.
- [14] 陆尔奕,张富强,陈晓军,等.全口义齿平衡颌相关项目的三维测量分析[J].上海交通大学学报,2008,28(2):173-177.
- [15] 黄成才,冯海兰.上颌全口义齿组织面变化的模型分析[J].中华口腔医学杂志,2009,44(4):232-237.
- [16] 吴江,赵湘辉,沈丽娟,等.激光扫描测量全口义齿基托适合性的可行性研究[J].临床口腔医学杂志,2009,25(6):343-349.
- [17] Tepper OM, Small K, Rudolph L, et al. Virtual 3-dimensional modeling as a valuable adjunct to aesthetic and reconstructive breast surgery. The Am J Surg. 2006;192(4):548-551.
- [18] Patete P, Riboldi M, Spadea MF, et al. Motion compensation in Hand-held laser scanning for surface modeling in plastic and reconstructive surgery. Ann Biomed Eng. 2009;37(9):1877-1885.
- [19] 刘国忠,王伯雄,史辉,等.三维足型测量系统足部参数自动提取方法[J].中国生物医学工程学报,2009,28(1):77-82.
- [20] 石更强.利用激光扫描和计算机辅助设计/制造技术进行膝关节骨骼的仿生构建[J].中国组织工程研究与临床康复,2009,13(30): 5819-5822.
- [21] 关鹏,张立明.基于贝塞尔曲面的三维人脸特征点定位方法[J].复旦大学学报,2008,47(1):117-123.
- [22] 王树杰,隋桂芝,解则晓.牙颌模型的三维激光测量及模型重建[J].机械科学与技术,2006,25(9):1088-1091.
- [23] 伏艳,李忠科,刘志勤.基于反求工程的牙颌模型的建立[J].电脑知识与技术:学术交流,2006,17(6):116-126.
- [24] Esme DL, Bucksch A, Beekman WH. Three-dimensional laser imaging as a valuable tool for specifying changes in breast shape after augmentation mammoplasty. Aesthetic Plast Surg. 2009; 33(2):191-195.
- [25] Lee HY, Hong K. Optimal brassiere wire based on the 3D anthropometric measurements of under breast curve. Applied Ergon. 2007; 38(3):377-384.
- [26] Wettstein R, Kalbermatten DF, Rieger UM, et al. Laser surface scanning analysis in reconstructive rhinoplasty. Aesthetic Plast Surg. 2006;30(6):637-640.
- [27] Ghoddousi H, Edler R, Haers P, et al. Comparison of three methods of facial measurement. Int J Oral Maxillofac Surg. 2007; 36(3):250-258.
- [28] Li JX, Ke YL, Li A, et al. PDGI-based regular swept surface extraction from point cloud. Chin J Mech Engineer. 2006; 19(3): 322-329.
- [29] 曲学军.基于表面法矢的散乱数据分割与几何特征提取[J].机械工程学报,2007,43(9):228-234.
- [30] 于景华,胡志勇,侯国华,等.基于Imageware的点云分割[J]. Machine Building Automation 2009,38(1):113-115.
- [31] 许志龙.逆向工程中多视角点云数据拼接技术[J].组合机床与自动化加工技术,2006,48(7):26-28.
- [32] 姚运萍,卢允娥,王蕾.逆向工程中散乱点云的边界线自动提取方法[J].组合机床与自动化加工技术,2008,50(4):47-49.

关于作者: 第一作者构思并设计本综述,所有作者共同起草,由第一作者对文章负责。

基金资助: 上海理工大学博士启动基金,上海市重点学科资助项目(T0502)。

利益冲突: 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

伦理批准: 没有与相关伦理道德冲突的内容。

此问题的已知信息: 三维激光扫描已逐渐应用到医疗领域,能够完全满足临床要求,相比传统方法,三维激光扫描具有诸多优点。

本综述增加的新信息: 对激光扫描进行三维特征提取在临床方面的应用进行较全面的概括,并对其中的主要技术做了分析研究。

临床应用的意义: 利用激光扫描进行三维测量和特征提取可以有效的避免 CT、MRI 等方法对身体造成的伤害,并且具有快速、准确等优点,本文的研究结果可为整形设计、面瘫、脸部外科手术评估、康复研究等提供参考。