文章编号:0494-0911(2007)01-0008-03 中图分类号:P234.1 文献标识码:B

数字近景摄影测量在面部软组织3维测量与重建中的应用

赵国梁[1],张永军[2],范晓枫[3]

(1. 西安科技大学 测量工程系,陕西 西安 710054;2. 邢台市城市规划信息中心,河北 邢台 054000;3. 西安交通大学 医学院,陕西 西安 710049)

Research on Application of Close-range Photogrammetry to Survey and Three Dimensional Rebuilding of the Facial Soft Tissue

ZHAO Guo-liang, ZHANG Yong-jun, FAN Xiao-feng

摘要:以直接线性变换为基础开发数字近景摄影测量系统,利用高分辨率数字相机实现人体颅面软组织的3维测量和重建,精度高,方法简便实用,成本低,重建的面部具有很强的直观性和真实性,为口腔正畸学中面部软组织的诊断和研究提供有效的方法,为进一步利用计算机进行虚拟手术打下坚实的基础,具有广阔的应用前景和推广价值。

关键词:直接线性变换;近景摄影测量;软组织3维测量与重建

一、引 言

在口腔正畸及外科整形中常常需要对病人的颅面进行分析与测量,以诊断其颅颌面是否发育良好及有无缺损畸形,实现人体颅面的3维重建,为利用计算机进行虚拟手术作准备。当前人体颅面影像测量数据获取的方法主要有X光片、激光扫描、CT扫描和摩尔云纹测量等方法。其中利用前三种技术实现人体颅面测量和3维重建技术比较成熟,但其成本高,技术复杂,对人体有一定的危害性。

与其他技术手段相比,近景摄影测量的优点在于它兼有非接触性量测手段,不伤及被测物体。常规的近景摄影测量方法利用专业的摄影经纬仪或立体摄影机配合立体摄影测量仪器进行量测,设备昂贵,技术路线复杂。近年来高分辨率数字相机相继问世,价格低廉,使用方便,某些高档数字相机影像解析力接近于光学相机分辨率,使其在近景摄影测量中得以应用成为可能。本文将高分辨率数字相机应用于近景摄影测量中,以直接线性变换算法为基础开发了数字近景摄影测量系统,将其应用于人体颅面测量和3维重建中,结果证明该方法简捷方便,切实可行,具有推广价值。

二、控制场的建立

在非量测近景摄影测量系统中,采用非量测相机对目标物体进行摄影测量,首先需要在被测物体周围布设一定数量的控制点,以便用直接线性变换法(DLT)解算相机的内、外方位元素。布设3维控制场至少应满足以下条件:

1. 应布设足够数量的3维控制点标志。

2. 控制点一般是均匀分布的,而且在3个坐标方向上,均有足够的延伸。

3. 为摄影机留有足够的拍摄空间。

本实验所使用的3维控制场根据人体面部大小布置如图1所示:控制场内有8个控制点,圆柱体的高度分别为5 cm,10 cm,15 cm,20 cm,以控制面板左下角为坐标原点,建立一个小型的控制网,用测角精度为1″的徕卡全站仪测量控制点3维坐标,精度可以达到±0.1 mm。



图1 近景摄影测量控制场

收稿日期:2006-07-11

作者简介:赵国梁(1976-),男,河南新野人,博士生,主要研究方向为摄影测量与遥感。

万方数据

三、测量原理

直接线性变换法(Direct Linear Transformation,简称 DLT)是建立像点坐标系与相应物方空间坐标之间直接的线性关系的方法,因无需内、外方位元素的初始近似值,故特别适用于非量测摄影测量工作,本系统采用直线线性变换法来解算物方空间点坐标,同时可以求出相机的内外方位元素,以备以后使用。

DLT 解法,原则上也是从共线条件方程式演绎而来。按共线方程式

$$\left.\begin{aligned} & x - x_0 + \Delta x + f\frac{a_1(X - X_S) + b_1(Y - Y_S) + c_1(Z - Z_S)}{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)} = 0 \\ & y - y_0 + \Delta y + f\frac{a_2(X - X_S) + b_2(Y - Y_S) + c_2(Z - Z_S)}{a_3(X - X_S) + b_3(Y - Y_S) + c_3(Z - Z_S)} = 0 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

其中,Δx,Δy 表示像点坐标纠正值;a_i,b_i,c_i($i = 1$,2,3)表示像空间坐标系相对此物方空间坐标系的方向余弦;X,Y,Z 表示目标点物方空间坐标;X_S,Y_S,Z_S 表示摄站点的物方空间坐标。

DLT 的具体解法可见参考文献[1],根据此原理用 VC^{++} 作为开发工具开发了近景相片量测系统,系统界面如图 2 所示。



图 2　近景相片量测系统

四、人体颅面测量数据处理和 3 维重建

由于数字相机属于非量测相机,感光芯片多采用 CCD 或 CMOS 感应器,感光芯片和镜头畸变较大,须进行像差改正,以取得准确的测量数据。像差改正的算法很多,本着简便实用的原则,采用的算法可参阅参考文献[2]。

对人体面部进行近景摄影测量,所用相机型号为佳能 Powershot S70,710 万像素,控制场如图 1 所示,利用自制的滑动架来控制摄影间距,摄影间距为 50 cm 左右,根据需要可自由控制,摄影间距为 1 ~ 1.5 m 之间采用交向摄影和正直摄影方式取得两个立体像对,使用近景摄影测量系统进行相片量测和 3 维重建。

为检验系统的稳定性和可靠性,分别使用近景摄影测量系统和激光扫描仪对人体软组织进行 3 维坐标测量,把激光扫描仪测量结果作为真值,与本系统进行对比测量,本系统误差统计如表 1 所示。

表 1　系统的误差统计　　m

No.	点数	M_x	M_y	M_z
1	10	0.251	0.432	0.680
2	15	0.345	0.442	0.690
3	20	0.225	0.345	0.550
4	25	0.200	0.304	0.443

表 2 数据是对多名志愿者 30 处标志点进行 3 次测量所得出结果,由此可知结果是比较稳定的,满足了本次试验要求误差在 ± 1 mm 之内的要求。

表 2　系统的稳定性检验　　mm

方向	X	Y	Z
中误差	0.250	0.671	0.443
误差范围	0.082 ~ 0.488	0.335 ~ 0.766 4	0.089 ~ 0.751

使用近景摄影测量系统进行 3 维重建的方法是:沿同名核线将影像的灰度予以重新排列,形成核线影像,沿核线进行 1 维影像匹配,采用的方法是最小二乘影像匹配,确定同名点及其像点坐标,读取 6 个控制点坐标数值,另外可选用多余点作为检核点,用直接线性变换求出所要求测量点的 3 维坐标,再按 DEM 生成的相关算法生成以文本形式存在的 3 维数据,由于不规则三角网能够比较真实地反映面部软组织特征,故采用不规则三角网生成 DEM 数据,利用 OpenGL 和 VC 混合编程读取 DEM 数据,生成面部软组织的 3 维模型,实现 3 维模型重建,3 维重建结果如图 3 所示。对 3 维模型添加光照和纹理映射之后,可以在 3 维模型上对任一点的坐标、两点间距离、某一区域面积进行量取和查询,如图 4 所示。

五、结束语

随着高分辨率数字相机的出现和价格的逐步降低,利用数字相机代替传统光学相机进行摄影测量工作是大势所趋,本次试验利用经过像差纠正过的数字相机进行近景摄影测量,取得了比较满意的效果,节约了成本,但要进一步地提高精度,还需寻求

万方数据

更加高效简捷的像差改正算法。

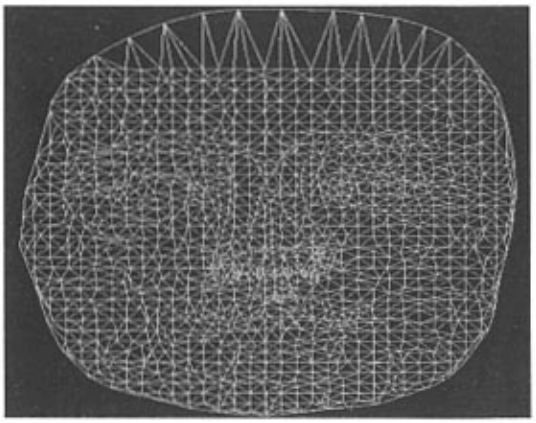


图 3 面部软组织 3 维重建

利用数字近景摄影测量的方法实现对人体面部软组织进行 3 维测量和 3 维重建,具有非介入性,被拍摄者不会遭受损害,也不会与任何测量仪器接触,价格低廉,建立的面部具有很强的直观性和真实性,表明本系统具有很强的应用前景,为口腔正畸学提供面部软组织的诊断和研究提供了有效的方法,为进一步利用计算机进行虚拟手术打下坚实的基础。



图 4 坐标量测与查询

参考文献:

[1] 冯文灏.近景摄影测量[M].武汉:武汉大学出版社,2002.141-152.

[2] 常本义.关于非量测数字相机内方位元素和像差的测定与改正[J].西安测绘研究所学报,1999,(2):9-13.

[3] 李志林.数字高程模型[M].武汉:武汉大学出版社,2000.29-134.

[4] 王邦康,等.X 线头影和模型视频立体测量的建立[J].中华口腔医学杂志,2000,35(3):230-232.

《自适应动态导航定位》一书已由测绘出版社出版

[本刊讯] 由杨元喜教授著作的《自适应动态导航定位》一书近日由测绘出版社出版。该书首先分析了函数模型误差补偿和随机模型误差补偿法,讨论了 Kalman 滤波的残差向量、新息向量及状态预报值残差向量的解析关系及协方差矩阵之间的关系,分析了基于新息向量、残差向量和状态预报值残差向量的自适应协方差估计存在的问题,对抗差滤波、Sage 自适应滤波进行了综合比较与分析。创建了一套全新的动态自适应抗差滤波理论体系,研究了相应解的性质,构造了三段函数、两段函数和指数函数三种动态自适应因子,讨论了 Sage 滤波与自适应滤波组合的导航解算方法。基于方差分量估计的自适应滤波理论,构造了最优自适应滤波理论,建立了卫星轨道的自适应定轨理论与方法,提出了一种综合 Sage 滤波和自适应抗差滤波的新的轨道计算方法,最后对组合导航理论进行了探讨。



该书可作为导航定位和大地测量专业高年级本科生与研究生的教材或参考书,也适合从事导航定位、卫星轨道测定等工程技术人员参考。

该书 B5 开本,324 页,定价 48 元。

(本刊编辑部)

万方数据