

文章编号 :1001-1595(2006)04-0347-06

中图分类号 :P23

文献标识码 :A

双目序列影像 3 维运动物体定位跟踪

张春森

(西安科技大学 测量工程系,陕西 西安 710054)

3-D Motion Object Location Tracking Based on Binocular Sequence Images

ZHANG Chun-sen

(Department of Survey, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract :A new method for 3D rigid motion estimation from binocular sequence image of computer system in intelligence vision supervises is proposed in this paper. The appealing feature of this method is that it combines stereo vision and movement vision in computer vision literature, using the ideas in digital photogrammetry theory, fulfilling movement object location, measure and tracking by the object side image analysis method. It includes camera calibration; stereo-movement double matching restrict; calculation of objects movement parameters; pan-tilt unit movement control etc. The experimental result of pan-tilt unit movement control, obtaining object moves with uniform velocity and uniform acceleration in the straight line from the real binocular sequence images by the mentioned method is presented.

Key words binocular sequence image; camera calibration; image matching; motion control

摘 要 :将计算机视觉中立体和运动视觉相结合,通过数字摄影测量方法,对智能视觉监控中计算机系统所获得的双序列图像通过物方“图像”分析法完成对运动物体空间位置的定位、量测及其跟踪,其中包括:摄像机检校、立体运动双匹配约束、运动参数的求解及其云台运动控制等内容。给出采用所述方法,从真实双目序列影像中获取物体以匀速直线运动和匀加速直线运动云台运动控制的实验结果。

关键词 :双目序列影像;摄像机检校;影像匹配;运动控制

1 引 言

智能视觉监控的核心内容之一是通过序列影像处理获取运动目标的 3 维运动信息。从序列影像中恢复物体的运动信息也一直是计算机视觉和摄影测量的重要问题。在现有的智能视觉监控或 3 维运动分析中,几乎所有的研究都集中在基于单序列影像对运动物体的监测与跟踪,即像方运动物体的监测与跟踪。在理论上,单、双序列图像都能完成物体运动参数的估计,但其计算的复杂性及计算结果的精确性存在差别。基于单序列影像的 3 维运动分析中得到的运动信息是相对的,存在一个与深度有关的尺度因子,要想得到绝对移动量,需要一个附加条件^[1-2]。为得到确定的深度信息,传统的方法是借助于其他测距装置,

但不同装置的集成与系统误差的消除却是一件困难的事。双目(立体)序列 3 维运动物体定位跟踪,即物方“图像”序列 3 维运动物体定位跟踪,其核心是 3 维特征对应物体运动分析。该方法不仅计算简单,而且能够得到空间物体运动的绝对量。但由于该问题的复杂性,致使目前国内外对该问题的研究仅停留在采用模拟数据验证算法的有效性方面^[3-6]。将 3 维运动的图像分析与智能视觉监控结合起来研究,目前还没有这方面完整的文献报道。本文尝试将数字摄影测量与计算机视觉中的主动视觉技术相结合,变传统摄影测量被动形式的立体量测为主动形式的跟踪定位。给出了对智能视觉监控中计算机系统所获得的双序列图像,通过物方“图像”分析法,完成对监控运动物体空间位置的定位、量测及其跟踪功能图像分析的

收稿日期:2005-09-13;修回日期:2006-05-24

基金项目:国家自然科学基金项目(40171080) 陕西省教育厅专项科研计划项目(06KJ239)

作者简介:张春森(1963-)男,陕西西安人,博士,副教授,主要从事数字摄影测量计算机视觉和遥感应用技术研究。E-mail:zhchun-sen@yahoo.com

方法与步骤,包括双目视觉系统的建立与检校;运动物体不同时刻特征点物方坐标的对应;物体运动参数的解求;云台(摄像机)运动控制模型与算法等内容。通过对云台运动的控制,实现对作匀速直线运动与匀加速直线运动物体的定位跟踪。

2 双目视觉系统及摄像机检校

图 1 所示是根据实验要求建立的双目立体视觉系统,系统由双摄像机、云台、影像传输、系统控制等部分组成。为完成运动物体定位跟踪,该系统的计算机通过 RS-232 接口及解码器对固定于基线架上云台的水平摆动和俯仰运动进行控制。同时,通过视频控制线对分别固定于两个云台之上摄像机镜头的光圈、聚焦、变焦等进行控制。云台控制器同时完成对上述两者的控制。在对运动物体定位跟踪时,摄像机随云台左右、上下摆动完成对运动目标的捕捉。

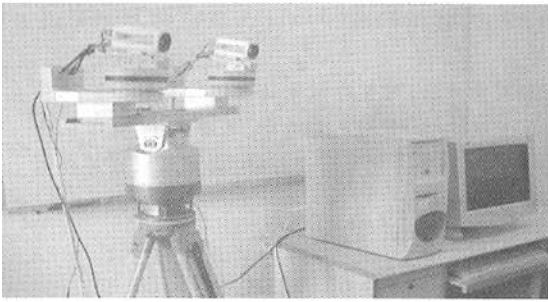


图 1 双目视觉系统

Fig.1 Binocular vision system

摄像机检校是双目视觉 3 维定位中必不可少的,检校的精度和可靠性直接影响立体视觉系统的空间定位精度。实验系统采用普通视频 CCD 摄像机,在运动物体定位跟踪的过程中,普通视频摄像机存在光电扫描误差、镜头畸变差大、图像分辨率低、有效焦距及主点不定等问题。本文利用场景物方空间已知几何关系的点线,对定位跟踪过程中的双目摄像机实施实地检校(The in-situ calibration)的方案,通过序贯(分步)DLT 算法得到内、外方位元素及镜头光电畸变误差,在对摄像机进行检校的同时,解求运动物体特征对应点的场景物方坐标。图 2 为实地检校的场景。检校模型是考虑了各项畸变改正的直接线性变换(DLT)^[7]。

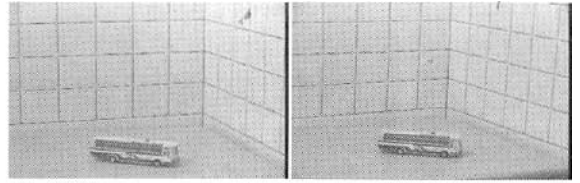


图 2 实地检校场景

Fig.2 Scene of in-situ calibration

3 运动立体双匹配约束

3.1 物体特征点提取及其初始匹配

从图像中提取特征点是基于特征图像匹配的第一步,本文采用计算机视觉界中应用较为广泛的 Harris 算子。实验表明该算子具有简单、稳定,对噪声、光照等情况不敏感,可以定量提取,且所得特征点分布合理的特点。

初始匹配的目标即确定一个候选匹配对集合 T ,本文采用相关系数法^[8]:即对每个特征点 $m_1 \in$ 图像 a , $m_2 \in$ 图像 b 。设它们的图像坐标分别为 (u_1, v_1) (u_2, v_2) ,如果 m_1, m_2 的坐标相差不超过某一阈值,分别计算以 m_1, m_2 为中心的 $(2n+1) \times (2n+1)$ 窗口的灰度相关系数。给定一对点,如果认为是候选匹配点,则相关系数必须大于某一阈值。这样就建立了图像 a 某一特征点与图像 b 中若干特征点的候选匹配关系。将该点对加入到候选匹配对集合 T 中。

3.2 基于松弛法的立体-运动双匹配约束

松弛法^[9,10]是指让 T 中的候选匹配对通过迭代,使得“连续性”和“惟一性”得到最大的满足。连续性指正确匹配对的邻域内通常存在着大量其他的正确匹配对;惟一性则是指同一特征点最多只能存在于一个匹配对中。或可表述为候选匹配若为正确匹配,则其周围存在较多相容的候选匹配;候选匹配若为错误匹配,则其周围存在较少相容的候选匹配。对每一对候选匹配定义其初始匹配概率后,根据相容性修正匹配概率。迭代处理,一直到除最可能的匹配点对以外其余所有点对的匹配概率均小于给定的阈值^[9,10]。

同时时间、不同序列间的双目立体匹配与不同时间、同序列前后图像间的运动匹配,在基于物方“图像”序列 3 维运动分析中是同时存在的。从图像处理的方法来说,这两种匹配的的目的是相同的。在保证运动物体 3 维特征点对应的过程中,既可采取先运动后立体的匹配策略也可采取先立体后

运动的匹配策略。然而不同的匹配顺序对最终获得的运动物体任意 3 维特征点整体的对应将产生不同的效果。在实际操作过程中,由于运动图像序列相邻像幅运动间隔较近,获得的图像相似。这样,同一摄像机的运动匹配解决特征对应问题相对容易;与此对应,不同摄像机间通常具有一定的基线,虽然视点间的距离大,可使立体视觉间的 3 维重建精度高,但却使立体匹配困难,特别当存在大视差、图像变形时,情况更是如此。“立体-运动双匹配约束”,是指为保证运动物体任意特征点运动前后物方坐标点整体的对应,立体-运动两种匹配必须受限同时满足的一种约束匹配。双匹配约束过程如图 3 所示,其中, t_i 时刻立体视觉的左右图像分别用 I_i 和 I'_i 表示,图像平面 I_i 与 I'_i 上的对应特征点分别用 m_i 和 m'_i 表示,与 m_i 、 m'_i 对应的运动物体 3 维特征点用 M_i 表示, $R_{i,i+1}$, $t_{i,i+1}$ 为描述运动物体自 t_i 时刻到 t_{i+1} 时刻的旋转与平移量, R_{LR} , t_{LR} 为描述立体视觉左右摄像机间的旋转与平移量。特征点 m_i 与 m'_i 间的匹配为立体匹配;特征点 m_i 与 m_{i+1} 或 m'_i 与 m'_{i+1} 间的匹配为运动匹配;特征点 M_i 与 M_{i+1} 间的对应为运动物体任意 3 维特征点的对应。图 3 中 $i = 3$ 。

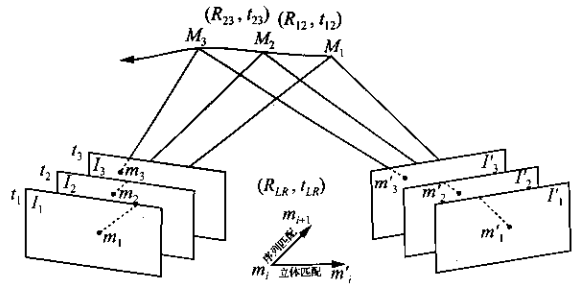


图 3 立体-运动双匹配约束示意图

Fig. 3 Stereo-movement double matching restrict of binocular sequence image

为完成双匹配约束,首先对不同时刻同一序列(前后)运动图像进行特征提取,在两图像的特征点之间建立起原始匹配表,找出某一特征在另一图像上所有可能的候选匹配特征。根据上文所述的匹配方法和一些假设,在一定范围内考虑到周围特征匹配的相容性,找出最佳候选特征作为最终的匹配结果,确定序列图像中提取特征点的对应关系,完成双图像序列(其中之一)的运动匹配。这时只要图像序列采样密度合适,就能保证获得可靠的运动序列图像特征匹配;其次,根据上

述运动匹配获得的匹配对应点坐标分别和与之对应的、同一时刻的不同序列图像进行(左右图像)立体匹配。为提高计算速度与匹配精度,在进行运动匹配前,采取通过图像差分检测出动态运动物体,将匹配对象限制在运动物体上(摒弃运动物体静止背景部分)的策略。图 4 为通过上述算法得到的不同序列对应影像对匹配结果示意图。

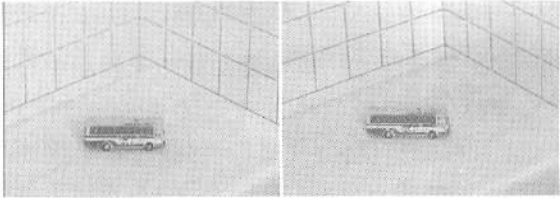


图 4 不同序列对应影像匹配结果示意图

Fig. 4 The matching result of different sequence corresponding image

4 空间点解求及 3 维运动参数确定

通过特征点提取及影像匹配等步骤获得运动物体上任意特征点的左右像点坐标后,即可求得该物方特征点的空间坐标(X, Y, Z)。3 维运动参数的确定即由此 3 维空间点序列对物体的运动参数进行估计。

刚体在 3 维空间的运动可分解为旋转和平移。设运动刚体上任意特征点 P_i 在 t 时刻的 3 维坐标为 $P_i(X, Y, Z)^T$,经时间 Δt 运动至特征点 $P'_i(X', Y', Z')^T$, ($i = 1, 2, \dots, n$), P_i 与 P'_i 的对应关系为如下刚体运动方程。

$$P'_i = RP_i + T \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

其中, R 为 3×3 旋转正交矩阵; T 为平移向量即 $T = (\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)^T$ 。这样,从序列影像中确定运动物体的 3 维运动参数即确定上述方程中的旋转矩阵 R 与平移向量 T 。根据方程(1),假定物体上运动前后有三个特征对应点,则有

$$R \begin{bmatrix} P_1 - P_2 \\ P_2 - P_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P'_1 - P'_2 \\ P'_2 - P'_3 \end{bmatrix} \quad (2)$$

方程(2)是一个关于 R 的线性方程,有惟一解的条件是系数矩阵的秩不小于 2。设 3 维特征点集 $\{P_i\}$ 和 $\{P'_i\}$ 的重心为

$$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad \bar{P}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P'_i \quad (3)$$

则有
可得

$$\bar{P}' = R \bar{P} + T$$

$$(P_i' - \bar{P}')^T R = (P_i - \bar{P})^T \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4)$$

解出旋转矩阵 R 后, 平移分量即可按下式计算

$$T = \bar{P}' - R\bar{P} \quad (5)$$

旋转矩阵 R 是一个 3×3 的正交矩阵, 本文采用反对称矩阵分解法, 计算该 3 维运动旋转矩阵。

5 云台运动控制模型与算法

这里需要建立的模型是初始位于视场中心的物点坐标 (X, Y, Z) , 经过时间 T 后运动到 (X', Y', Z') 时, 如何使云台(摄像机)经过水平摆动与俯仰运动, 使物点坐标 (X', Y', Z') 再次成为视场中心的变换关系。

首先确定摄像机随云台水平左右摆动的关系, 设云台的水平摆动量对应于围绕其旋转轴旋转 $(-\varphi)$ 角, 根据对称性, 摄像机(云台)摆动角 $(-\varphi)$ 等效于将物体旋转 φ 角, 此时原始物体点 (X, Y, Z) 与摄像机运动后的该点位置 (X', Y', Z') 的关系为

$$\begin{bmatrix} X' - X_C \\ Y' - Y_C \\ Z' - Z_C \end{bmatrix} = R^{-1} \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} R \begin{bmatrix} X - X_C \\ Y - Y_C \\ Z - Z_C \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中 (X_C, Y_C, Z_C) 为摄像机投影中心在固定物方坐标系中的坐标, R 为关于摄像机外方位的旋转矩阵(由摄像机检校获得)。

设两个时刻物点 (X, Y, Z) 和 (X', Y', Z') 在摄像机坐标系下的坐标为 (u, v, w) 和 (u', v', w') , 有

$$\begin{aligned} (u, v, w)^T &= R \begin{bmatrix} X - X_C \\ Y - Y_C \\ Z - Z_C \end{bmatrix} \\ (u', v', w')^T &= R \begin{bmatrix} X' - X_C \\ Y' - Y_C \\ Z' - Z_C \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (7)$$

这样式(6)可表示为

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (8)$$

类似地, 可以导出摄像机云台俯仰运动的变换关系式, 设云台的俯仰量对应于围绕其旋转轴旋转 $-\omega$ 角, 由对称性可知, 云台的俯仰运动等价于物体旋转了 ω 角。有俯仰运动变换关系表达式

$$\begin{bmatrix} X' - X_C \\ Y' - Y_C \\ Z' - Z_C \end{bmatrix} = R^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} R \begin{bmatrix} X - X_C \\ Y - Y_C \\ Z - Z_C \end{bmatrix} \quad (9)$$

假设云台运动是先左右摆动然后俯仰运动, 那么物点坐标是先与表示左右摆动的矩阵式(6)相乘, 然后与俯仰矩阵式(9)相乘, 即

$$\begin{bmatrix} X' - X_C \\ Y' - Y_C \\ Z' - Z_C \end{bmatrix} = R^{-1} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega & \sin \omega \\ 0 & -\sin \omega & \cos \omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \varphi & 0 & \cos \varphi \end{bmatrix} R \begin{bmatrix} X - X_C \\ Y - Y_C \\ Z - Z_C \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \\ -\sin \omega \sin \varphi & \cos \omega & \sin \omega \cos \varphi \\ -\cos \omega \sin \varphi & -\sin \omega & \cos \omega \cos \varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (11)$$

对于采样频率较高的视频图像而言, 通常可使物方点 (u, v, w) 与 (u', v', w') 在水平、竖直方向的变化量(平移量) d_u, d_v 较小, 即可保证水平摆动角 φ 与俯仰旋转角 ω 为小角度 ($\leq 3^\circ$)。

这样式(11)可简化为

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & \varphi \\ 0 & 1 & \omega \\ -\varphi & -\omega & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (12)$$

有关系式

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} w & 0 \\ 0 & w \\ -u & -v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi \\ \omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} u \\ v \\ w \end{bmatrix} \quad (13)$$

由关系式(13)即可估计出使运动物体始终位于摄像机视场中心, 云台左右平移和上下俯仰运动的控制量, 完成运动目标定位跟踪。

6 真实数据实验结果

在室内利用为本研究所建立的双目立体视觉系统, 借助已存在的物方控制场, 对做近似匀速直线运动的模型小车等距离(时间)间隔(2.5 cm)地获取从 $t_1 \sim t_9$ 时刻 9 个不同位置的立体图像对; 对做近似匀加速直线运动的模型小车等时间(不等距离)间隔地获取 $t_1 \sim t_7$ 时刻 7 个不同位置的

立体图像对 ,以此作为本研究的实验图像。完成上述两种运动方式 ,运动物体的实时定位跟踪 ,并给出运动物体的 3 维空间坐标。

6.1 匀速直线运动

1. 左右摄像机分别在 t_1, t_2, t_3 时刻(等时间间隔)获取做匀速直线运动物体的图像序列 ,假设初始时刻 t_1 运动物体分别位于左右摄像机的视场中心。通过对双目立体视觉系统的在任检校 ,运动物体图像任意特征点的运动、立体匹配等步骤 ,获取运动物体对应的 3 维特征点。依此作为序列图像不同帧的特征值 ,采用线性外推方法给出运动物体 t_4 时刻物体位置的预测估值(表 1)。

表 1 运动物体预测估值

Tab.1 The estimate value of the motion object /dm

	X	Y	Z
t_4	- 0.540	0.519	0.038
t_7	- 0.583	0.433	0.016
t_{10}	- 0.611	0.466	0.020

2. 根据计算所得 t_1 时刻运动物体特征点 3 维坐标及 t_4 时刻物体位置的预测估值 ,左右摄像机外方位元素(在任检校获得) ,计算使 t_4 时刻运动物体再次分别成为左右摄像机视场中心 ,左右摄像机(云台)水平(pan)或垂直方向($tilt$)的旋转量。表 2 为计算所得结果。

表 2 匀速直线运动第一次摄像机运动量

Tab. 2 The value of video camera motion at first time with uniform velocity /rad

第一次运动	pan	$tilt$
左摄像机	0.033	- 0.018
右摄像机	0.030	- 0.017

3. 由左右摄像机 t_4, t_5, t_6 时刻获取做匀速直线运动物体的图像序列对 ,通过与 1 相同的步骤和方法给出运动物体 t_7 时刻物体位置的预测估值(表 1)。

4. 根据计算所得 t_4 时刻运动物体 3 维特征点坐标及 t_7 时刻物体位置的预测估值 ,左右摄像机外方位元素 ,计算使 t_7 时刻运动物体再次分别成为左右摄像机视场中心 ,左右摄像机(云台)水平(pan)或垂直方向($tilt$)的旋转量。表 3 为计算所得结果。

表 3 匀速直线运动第二次摄像机运动量

Tab.3 The value of video camera motion at second time with uniform velocity /rad

第二次运动	pan	$tilt$
左摄像机	0.032	- 0.001
右摄像机	0.029	- 0.001

5. 按照与 1、2 或 3、4 相同的步骤通过左右摄像机 t_7, t_8, t_9 时刻匀速直线运动物体的图像序列计算运动物体 t_{10} 时刻物体位置的预测估值(见表 1)及使 t_{10} 时刻运动物体再次分别成为左右摄像机视场中心 ,左右摄像机(云台)水平或垂直方向的旋转量见表 4。

表 4 匀速直线运动 第三次摄像机运动量

Tab.4 The value of video camera motion at third time with uniform velocity /rad

第二次运动	pan	$tilt$
左摄像机	0.034	- 0.001
右摄像机	0.033	- 0.001

6.2 匀加速直线运动

设物体以加速度 $a = 2\text{ cm/s}^2$ 作匀加速直线运动 ,初始速度为 0。左右摄像机分别在 t_1, t_2, \dots, t_7 时刻(等时间间隔)获取影像序列 ,采用二次外推的方法给出运动物体 t_4, t_6, t_8 时刻位置的预测值。通过计算控制所建双目视觉系统云台上摄像机的水平左右摆动(pan)或上下仰俯运动($tilt$)的旋转量 ,能够保证运动目标再次处于视场中央 ,即满足摄像机跟踪的要求。匀加速直线运动物体的跟踪结果如表 4 所示 ,其中 X, Y, Z 分别为 t_4, t_6, t_8 时刻运动物体相对于 t_1 时刻位置重心坐标的估计值 , $S_{估}$ 为由 X, Y, Z 计算得出的相对于 t_1 时刻位置的估计位移量 , $S_{真}$ 为 t_4, t_6, t_8 时刻运动物体相对于 t_1 时刻位置的实际距离 , ΔS 为 $S_{估} - S_{真}$ 。表 6 ,表 7 分别为对作匀加速直线运动物体跟踪时 ,两次左右摄像机水平左右摆动及上下仰俯运动的旋转量结果。

从上述实验结果可以直观看出 :对于做匀速直线运动的物体 ,物体在相等的时间内运动距离相等 ,三次计算的左右摄像机(云台)水平或垂直方向的旋转量基本相同 ;对于做匀加速直线运动的物体 ,表 5 中 , ΔS 为 $S_{估} - S_{真}$ 之值 ,平面跟踪误差在毫米级上。在跟踪过程中 ,从所获得的双目序列图像中可以看出 ,通过对云台水平左右及上下仰俯运动的控制 ,能够保证运动目标再次处

于视场中同一位置 ,即满足摄像机跟踪的要求 ,从另一个方面也说明了计算结果的正确性。

表 5 匀加速直线运动跟踪结果
Tab.5 The tracing results of the linear motion with uniform acceleration /dm

	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>Z</i>	<i>S</i> _估	<i>S</i> _真	ΔS
<i>t</i> ₄	- 0.753	0.568	0.017	0.944	0.900	0.040
<i>t</i> ₆	- 2.026	1.609	0.014	2.589	2.500	0.089
<i>t</i> ₈	- 4.050	3.074	- 0.001	5.085	4.900	0.185

表 6 匀加速直线运动第一次摄像机运动量
Tab.6 The value of video camera motion at first time with uniform acceleration /rad

	水平角 <i>pan</i>	垂直角 <i>tilt</i>
左摄像机	0.032	- 0.001
右摄像机	0.029	- 0.001

表 7 匀加速直线运动第二次摄像机运动量
Tab.7 The value of video camera motion at second time with uniform acceleration /rad

	水平角 <i>pan</i>	垂直角 <i>tilt</i>
左摄像机	0.034	- 0.001
右摄像机	0.033	- 0.001

对于定位精度 ,通过对由“ 双序列图像计算物体 3 维运动参数(*R* , *T*)”得到的 *T* 值在 *X* , *Y* , *Z* 方向的计算值 ,与通过线性(二次)外推(滤波估计)对运动物体空间位置预测估计进行比较 ,其误差量均在毫米级精度 ,说明两种方法求解数据的一致性。对于前者 ,作者在“ 基于立体视觉的空间运动分析”^[11]一文的实验中得出 :通过双序列图像计算物体 3 维运动参数(*R* , *T*) ,其中的运动参数 *T* 在 *X* 与 *Y* 方向的平均偏移误差是真实值的 15% 左右 ,由于实验条件的限制 ,无法对旋转参数 *R* 和 *Z* 方向平移量(Δz)的真实值进行精确测定 ,只能通过 *X* 与 *Y* 方向的平均偏移误差间接反映旋转矩阵的误差量。由于目标是在 *XY* 平面上作近似直线运动 ,实验结果旋转角与 Δz 值近似为零。 φ , ω , κ 的实验结果也近似地反映了该现象。

7 结 论

本文将数字摄影测量与计算机视觉中的主动视觉技术相结合 ,变传统被动形式的立体定位测量为主动形式的定位跟踪。得出了一套完整的双目(立体)序列影像物方运动物体定位跟踪的方法和步骤。有效地解决了运动物体 3 维特征点的对应 ,云台运动控制等问题 ,实现了对作匀速直线运

动与匀加速直线运动物体的实时定位跟踪。通过对该问题的研究讨论希望摄影测量能在智能视觉监控这一领域中 ,发挥出它的独特作用。完成以任意运动方式运动物体的定位跟踪 ,及进一步提高系统的可靠性是本研究今后的课题。

参考文献 :

[1] MA Song-de ,ZHANG Zheng-you. Computer Vision : Fundamentals of Computational Theory and Algorithms[M]. Beijing : Sciences Press ,1998.151-173.(马颂德 ,张正友.计算机视觉—计算理论与算法基础[M].北京 :科学出版社 ,1998.151-173.)

[2] HARTLEY R , ZISSERMAN A. Multiple View Geometry in Computer Vision [M]. [s. l.] :Cambridge University Press 2000.238-241.

[3] ZHANG Zheng-you. Motion and Structure of Four Points from One Motion of a Stereo Rig with Unknown Extrinsic-Parameters[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence ,1995 ,17(12) :1 222-1 227.

[4] HO P K , CHUNG R. Stereo-Motion with Stereo and Motion in Complement[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence ,2000 ,22(2) :215-220.

[5] ALTUNBASAK Y , TEKALP A M , BOZDAGI G. Simultaneous Stereo-motion Fusion and 3-D Motion Tracking[A]. Proc Int Conf Acoust Speech and Sign Pro[C]. Detroit :MI ,1995.

[6] DORNAIKA F , CHUNG R. Cooperative Stereo-Motion : Matching and Reconstruction[J]. Computer Vision and Image Understanding ,2000 ,79(3) :408-427.

[7] FENG Wen-hao. Close-Range Photogrammetry[M]. Wuhan : Wuhan University Press ,2002.141-152.(冯文灏.近景摄影测量—物体外形与运动状态的摄影法测定[M].武汉 :武汉大学出版社 ,2002.141-152.)

[8] ZHANG Jian-qing , et al. Photogrammetry[M]. Wuhan : Wuhan University Press ,2003.108-110.(张剑清 ,等.摄影测量学[M].武汉 :武汉大学出版社 ,2003.108-110.)

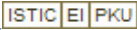
[9] ZHANG Z , ZHANG J , WU X , ZHANG H. Global Image Matching with Relaxation Method[A]. Proceedings of the International Colloquium on Photogrammetry , Remote Sensing and Geographic Information Systems[C]. Wuhan [s. n.] ,1992. 175-188.

[10] ZHANG Z , DERCHER , FAUGERAS O , LUONG Q T. A Robust Technique for Matching Two Uncalibrated Images Through the Recovery of the Unknown Epipolar Geometry [J]. Artificial Intelligence ,1995 ,78(1-2) :87-119.

[11] ZHANG Chun-sen , et al. Stereo Vision Based 3D Motion Analysis[J]. Optical Technique ,2004 ,30(3) :273-276.(张春森 ,等.基于立体视觉的空间运动分析[J].光学技术 ,2004 ,30(3) :273-276.)

[12] ZHANG Chun-sen. Research of 3-D Motion Object Tracking Location Based on Stereo Sequence Images[D]. Wuhan : Wuhan University ,2004.(张春森.序列立体图像 3 维运动物体定位与跟踪[D].武汉 :武汉大学 ,2004.)

(责任编辑 :雷秀丽)

作者：[张春森](#)，[ZHANG Chun-sen](#)
作者单位：[西安科技大学, 测量工程系, 陕西, 西安, 710054](#)
刊名：[测绘学报](#) 
英文刊名：[ACTA GEODAETICA ET CARTOGRAPHICA SINICA](#)
年, 卷(期)：2006, 35(4)
被引用次数：2次

参考文献(12条)

1. [马颂德;张正友](#) [计算机视觉—计算理论与算法基础](#) 1998
2. [HARTLEY R;ZISSERMAN A](#) [Multiple View Geometry in Computer Vision](#) 2000
3. [ZHANG Zheng-you](#) [Motion and Structure of Four Points from One Motion of a Stereo Rig with Unknown ExtrinsicParameters](#)[外文期刊] 1995(12)
4. [HO P K;CHUNG R](#) [Stereo-Motion with Stereo and Motion in Complement](#)[外文期刊] 2000(02)
5. [ALTUNBASAK Y;TEKALP A M;BOZDAGI G](#) [Simultaneous Stereo-motion Fusion and 3-D Motion Tracking](#) 1995
6. [DORNAIKA F;CHUNG R](#) [Cooperative Stereo-Motion:Matching and Reconstruction](#)[外文期刊] 2000(03)
7. [冯文灏](#) [近景摄影测量—物体外形与运动状态的摄影法测定](#) 2002
8. [张剑清;潘丽;王树根](#) [摄影测量学](#) 2003
9. [ZHANG Z;ZHANG J;WU X;ZHANG H](#) [Global Image Matching with Relaxation Method](#) 1992
10. [ZHANG Z;DERCHE R;FAUGERAS O;LUONG Q T A](#) [A Robust Technique for Matching Two Uncalibrated Images Through the Recovery of the Unknown Epipolar Geometry](#)[外文期刊] 1995(1-2)
11. [张春森](#) [基于立体视觉的空间运动分析](#)[期刊论文]-[光学技术](#) 2004(03)
12. [张春森](#) [序列立体图像3维运动物体定位与跟踪](#)[学位论文] 2004

本文读者也读过(4条)

1. [张春森](#). [张剑清](#). [贺少军](#) [基于立体视觉的空间运动分析](#)[期刊论文]-[光学技术](#)2004, 30(3)
2. [张剑清](#). [张春森](#). [贺少军](#). [ZHANG Jianqing](#). [ZHANG Chunsen](#). [HE Shaojun](#) [双目序列影像三维运动参数确定](#)[期刊论文]-[武汉大学学报（信息科学版）](#) 2006, 31(1)
3. [杨芸碧](#) [一种计算双目定位系统标定的方法及其稳定性分析](#)[期刊论文]-[考试周刊](#)2010(32)
4. [张春森](#). [ZHANG Chun-sen](#) [三维运动分析中的运动—立体双匹配约束](#)[期刊论文]-[光学精密工程](#)2007, 15(6)

引证文献(2条)

1. [田鹏辉](#). [隋立春](#). [杨耘](#) [静止背景下运动目标的检测](#)[期刊论文]-[测绘通报](#) 2012(11)
2. [周春霖](#). [朱合华](#). [赵文](#) [双目系统的岩体结构面产状非接触测量方法](#)[期刊论文]-[岩石力学与工程学报](#) 2010(1)

引用本文格式：[张春森](#). [ZHANG Chun-sen](#) [双目序列影像3维运动物体定位跟踪](#)[期刊论文]-[测绘学报](#) 2006(4)