

飞行器远程图像距离测量方法研究

邹 强

(中国民航飞行学院 航空工程学院, 四川 广汉 618307)

摘 要: 针对无人飞行器在进行远程空间距离自动检测的过程中, 极易受到机身晃动、翻滚的影响, 造成采集的图像数据误差较大, 测量效果不准的问题. 文中提出一种基于倾斜误差补偿矫正的飞行器采集图像测距方法. 通过建立立体转化坐标系, 在新坐标系下对远程采集的数据进行数据倾斜误差的计算并且进行矫正, 消除飞行器在机身摇摆、方向突变、倾斜过程中造成的图像配准特征误差较大的影响, 提高距离测量的准确度. 仿真实验表明, 该方法能大幅机身颠簸、翻转情况下的距离测量准确度, 取得了令人满意的效果.

关键词: 飞行器; 距离测量; 倾斜补偿

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)05-0193-04

Image Remote Distance Measurement Method of Aircraft

ZOU Qiang

(Aviation Engineering Institute, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China)

Abstract: For unmanned spacecraft in space distance remote of automatic measurement of process, vulnerable to the fuselage of rock, the influence of the tumbling, causing the image data collected much error, and the measurement of the problem of no effect. Is proposed based on a tilt error compensation of aircraft image acquisition range correction method, by establishing three-dimensional coordinate transformation, in the new coordinate system to the distance of the data collected data calculation and tilt error correction, eliminate the aircraft fuselage swing, direction of mutation, tilt caused by the process of image registration error greater influence on the characteristics, improve distance measurement accuracy. Simulation results show that this method can greatly the turbulence, flip cases of distance measurement accuracy, satisfactory results have been obtained.

Key words: aircraft; distance measurement; tilt compensation

1 引言

随着我国航空航天技术的不断发展壮大, 一些基于航空技术的应用也不断的成熟, 基于飞行器采集图像的距离测量技术, 成为了一个热门的学科. 凭借着其高效性和非干扰性的检测手段, 得到了相关学者的重视^[1-2]. 通过飞行器上的相关图像拍摄设备, 对需要进行距离测量的区域进行远目标采集, 利用图像图形学的相关知识, 完成采集图像中, 特征点之间距离测量工作. 飞信器测距技术较为复杂, 需要的知识也较为广泛. 当前较为智能的测距技术多以图像处理 and 模式识别为主, 包括基于图像灰度的距

离测量法; 基于散焦点的图像距离测量法; 基于灰度、梯度变换的距离测量法等^[3-4]. 随着我国相关行业的不断发展, 该项技术引起了更多相关研究单位的重视.

但是, 传统的智能化测距技术在实际的应用中显示出的弊端越来越多, 这些算法大多依靠清晰无歧义的图像作为测距的基础, 依靠标准单位下的坐标特征点, 完成测距工作. 但是, 飞信器在图像远程采集的过程中, 容易受到外界的干扰, 需要发生航姿的改变, 比如侧飞, 翻转等动作, 这就很难保证采集到的图像在标准坐标系下. 另外, 受到天气环境或者气流的影响, 引起飞行器的颠簸、变向会对采集图像

的坐标系造成一定的影响,造成特征点的偏移,形成误差,基于此特征点进行测距的结果就不准确.保证飞信器在受到干扰的条件下,完成准确的距离测量工作,保证结果的准确性,成为一个难题^[5-6].

为了解决这一问题,文中提出一种基于倾斜误差补偿矫正的飞行器采集图像测距方法.通过建立转化坐标系,在新坐标系下对远程采集的数据进行数据倾斜误差的计算并且进行矫正,消除飞行器在机身摇摆、方向突变、倾斜过程中造成的图像配准特征误差较大的影响,提高距离测量的准确度.实验表明,该算法能够在飞信器发生晃动,或者机身严重颠簸的情况下,准确地、完整地计算图像中的相关距离,取得了良好的效果.

2 传统的飞信器测距原理及缺陷

图像远程测距技术就是一种结合了远程图像遥感处理与人工智能学科的高科技技术,运用飞行器上的远程图像采集设备,对需要进行距离测量的区域进行图像有效采集,采集过程极为快速,通过采集到的特征点配合摄像机标定计算,完成跨区域间的距离测量工作.测距的第一步是完成坐标系的建立,方法如下:

通过对采集图像的远程摄像机进行坐标系的建立,是完成测距工作中最为重要的一部;摄像机标定的过程需要考虑多个坐标系的影响,包括成像坐标系、采集设备坐标系以及物理坐标系等,远程图像采集设备对测量结果的影响极为巨大,因此需要选用性能较好的设备,以保障结果的准确性.

飞行器速度较为高速,因此采用分辨率较高的 CCD 采集设备进行远程区域的采集.并且采用 Tsai 标定方法进行采集设备坐标系的建立,图 1 所示的为采集设备的模型.

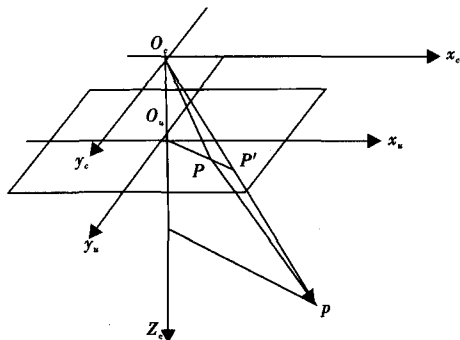


图 1 图像采集设备标定模型

飞行器图像采集设备的坐标系标定中,涉及到三个坐标系,即成像坐标系 $x_u o_u y_u$, 采集设备坐标系

$o_c x_c y_c z_c$ 和物理坐标系 $o_w x_w y_w z_w$. 其中,物理坐标系约束条件较少,可以进行简化运算;而飞行器采集设备坐标系 z_c 轴与成像坐标系的交点,可以假定中心 $o_u(c_x, c_y)$, 其中, o_c 为图像采集设备的轴心,中心与图像轴心的间距为焦距 f .

设外部采集区域中待测点为 p , 按照远程物体成像原理,其特征点设为 $P'(x_u, y_u)$. 然而,实际的采集装备中有畸变,如果只考虑翻转、颠簸误差,可以把特征点转化为 $P(x_d, y_d)$ 或 (x_p, y_p) .

将成像坐标系中的点 $p(x_w, y_w, z_w)$ 变换到物理坐标系下的点为 $P(x_p, y_p)$, 步骤如下:

(1) 利用一个方向旋转矩阵 R 和一个坐标轴平移向量 T , 将特征点 P 的外部坐标系设为 (x_w, y_w, z_w) 变换为远程图像采集设备坐标系中的坐标 (x_c, y_c, z_c) .

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \end{bmatrix} + T \quad (1)$$

(2) 变换远程图像采集设备坐标系中的坐标 (x_c, y_c, z_c) 到坐标模型下的图像中:

$$\begin{cases} x_u = f \frac{x_c}{z_c} \\ y_u = f \frac{y_c}{z_c} \end{cases} \quad (2)$$

(3) 可以用一个二项式对其进行约束:

$$\begin{cases} x_d = x_u(1 + kr^2)^{-1} \\ y_d = y_u(1 + kr^2)^{-1} \end{cases} \quad (3)$$

式中, $r^2 = x_u^2 + y_u^2$, k 为误差系数.

(4) 最后,将图像平面坐标 (x_d, y_d) 变换到图像像素坐标 (x_p, y_p) 中:

$$\begin{cases} x_p = s_x d_x^{-1} x_d + c_x \\ y_p = d_y^{-1} y_d + c_y \end{cases} \quad (4)$$

其中, (c_x, c_y) 为采集的图像像素中心, d_x 和 d_y 分别在 X 轴和 Y 轴的像素偏移数量, s_x 误差的取值范围,一般为在 $0 \sim 1$ 之间的数.

3 飞行器图像测距原理

传统的方法在克服飞行器颠簸、旋转的时候,很难适应图像坐标系的偏差,因此需要进行一定的补偿.下面分别介绍:

当采集到的飞行器测距图像是根据点一线的对称性. 首先把图像变换的参数进行相应地空间转换. 由于在飞行器测距图像空间中,可以先确定图像的中心坐标,设为 (x, y) . 过该点的方程可以表示为:

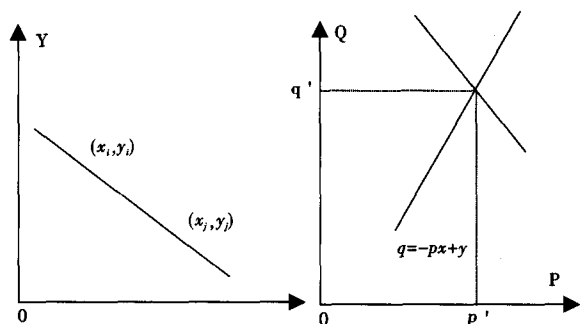
$$y = px + q \quad (5)$$

上式也可做如下的变换:

$$q = -px + y \quad (6)$$

式中,可以把 x, y 看成采集图像中的可变参数,可以把以上的公式看成参数空间 PQ 中,过点 (p, q) 的一条直线。

由图2可以看出,在飞行器采集图像进行空间转换中,参数方程中该直线是能相交的。这也是对称性的一个很好的体现。因为这个特点,当采集的飞行器远程图像的边沿像素时,如果要确定该直线参数空间方程,可以将其转换为参数空间模型中,可以在此参数模型中对数据进行累加处理。



(a) 图像空间

(b) 参数空间

图2 图像空间和参数空间的对称性

飞行器采集图像偏差检测步骤为:

设远程偏移图像在参数空间模型 PQ 中二维求和线性组合 $A(p, q)$ (如图2所示)。其中,直线方程中的截距存在于一定的取值区间中,设为: $[p_{\min}, p_{\max}]$ 和 $[q_{\min}, q_{\max}]$ 。

(1) 第一步将组合 A 的每个数据取值为0。

(2) 对远程飞行器采集的图像参数模型中采集的边界点,让 p 从 $p_{\min}$ 到 $p_{\max}$ 的范围内变化,由公式(2)可以计算出对应的 q 值。

(3) 对集合数据 $A(p, q)$ 进行叠加处理: $A(p, q) = A(p, q) + 1$ 。

(4) 计算出 $A(p, q)$ 的极大值,可以计算出飞行器采集图像中的直线,当中最大值 $A(p, q)$ 中的 p, q 值,可以计算出相应的参数空间方程。

根据直线方程的公式: $y = px + q$, 如果图像是垂直的,在参数方程中,代表斜率的参数会区域无限大。也可以运用极坐标来对这种方向进行表述。如图3所示。

$$\rho = x \cos\theta + y \sin\theta \quad (7)$$

其中 x, y 是飞行器采集图像像素的 Y 坐标, ρ 是坐标中心到图像中心的距离, $\theta (0 \leq \theta < 2\pi)$ 表示

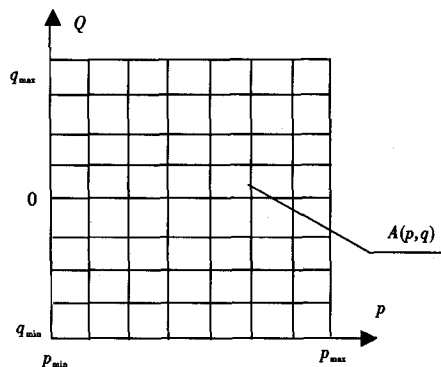


图3 参数空间里的累加数组

图像中与 X 轴的偏移角度。

将上式中,可以计算出参数方程中,图像的偏移角度,进而进行合理的补偿,计算方法如下:

$$\rho = x_0 \cos\theta + y_0 \sin\theta = A \sin(\alpha + \theta) \quad (8)$$

$$\text{其中, } \alpha = \arctan\left(\frac{x_0}{y_0}\right), A = \sqrt{x_0^2 + y_0^2}.$$

通过上述原理,飞行器采集图像的偏移问题就被转化为计算参数方程中计算相应校对的问题。计算出参数空间中角度的极大值,就能准确计算出飞行器测距图像中的偏移角度,进而进行补偿,保证图像测距的准确。

4 实验结果及仿真

为了验证本文算法的有效性,本文采用对比实验的手段,实验环境设置为无人飞行器翻转采集图像进行多点测距,测距图像中采用偏移图像进行实验,实验具体流程图如图4所示。

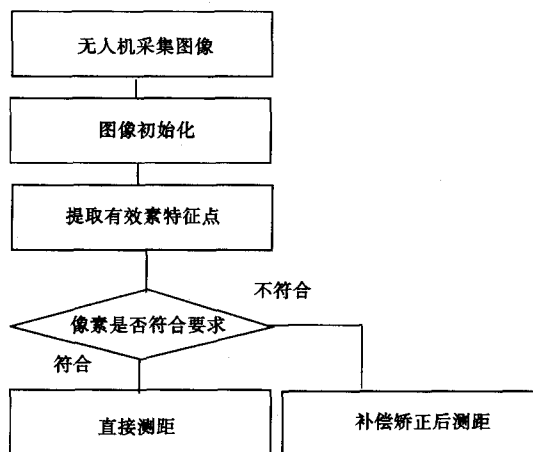


图4 实验流程图

为了创建飞行器偏移颠簸的实验环境,采用恶劣天气环境下,无人飞行器采集的远程图像,并对其中的相应测距点进行距离测量,实验直观图如图5

所示.



图 5 无人机采集图片

对同一固定地点进行距离测量,并且对该地点进行距离扩张,分别用不同的方法计算相同点的距离,得到的结果准确性趋势如图 6 所示.

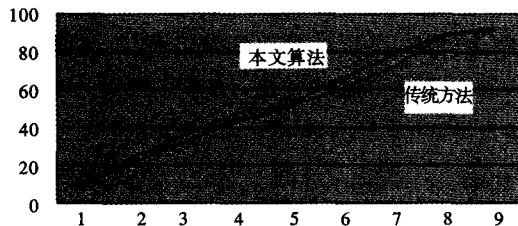


图 6 两种方法的统计趋势

图 6 中横坐标为离测量图像中采集特征点的数量,纵坐标为计算距离的准确度,通过对比可以看出,对远程的图像进行测距结果统计显示,本文算法比传统算法测距结果更为准确.两种方法的实际统计结果如表 1 所示.

表 1 两种方法性能对比

	平均采集距离	测距准确度
传统方法	500 米	56%
本文方法	500 米	63%

通过上述实验结果可知,传统飞行器远程采集图像测距方法,由于很难克服飞机震动、翻转带来图像偏移影响,当飞机在采集图像过程中图像偏移了原坐标轨迹,本文算法能够斜误差补偿矫正的飞行器采集图像测距方法,通过建立转化坐标系,在新坐

标系下对远程采集的数据进行数据倾斜误差的计算并且进行矫正,算法的测距精度更高.

5 结束语

本文提出一种基于倾斜误差补偿矫正的飞行器采集图像测距方法.通过建立转化坐标系,在新坐标系下对远程采集的数据进行数据倾斜误差的计算并且进行矫正,消除飞行器在机身摇摆、方向突变、倾斜过程中造成的图像配准特征误差较大的影响,提高距离测量的准确度.实验表明,该算法能够在飞行器发生晃动,或者机身严重颠簸的情况下,准确地、完整地计算图像中的特征距离,取得了良好的效果.此优化方法具有很高的应用价值和发展前景.

参考文献:

- [1] 韩亚丽 张宇波. 二维几何图形测量中的边缘定位算法研究[J]. 计算机仿真, 2011, (04): 37-39.
- [2] Jarvis R A. A perspective on range finding techniques for computer vision[J]. IEEE Tans PatternAnal, Machine Intell PAMI-5, 1983; 122-139.
- [3] Haritaoglu I, Harwood D, Davis L W. Real-Time surveillance of people and Their activities[J]. IEEE Trans PatternAnalysis and Machine Intelligence, 2000, 22 (8).
- [4] 王立新, 刘彤宇, 李阳. SSDA 图像匹配算法的研究及实现[J]. 光电技术应用, 2005, 20(3): 53-55.
- [5] 苏涛, 吴顺君, 李真芳, 等. 高性能 DSP 与高速实时信号处理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002: 100-206.
- [6] 路晓菊, 张太猛, 张亚歌, 等. 一种基于局部特征的拓片图像边缘检测算法[J]. 微电子学与计算机, 2010 (06): 97-100.

作者简介:

邹 强, 男, (1970—), 硕士, 讲师. 中国航空学会会员. 研究方向为航空电子、通信与信息处理、仿真等.