



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108109118 B

(45) 授权公告日 2021. 10. 15

(21) 申请号 201711354099.5
(22) 申请日 2017.12.15
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108109118 A

(43) 申请公布日 2018.06.01

(73) 专利权人 大连理工大学
地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72) 发明人 林秋华 刘志旋

(74) 专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200
代理人 梅洪玉

(51) Int. Cl.
G06T 5/00 (2006.01)
G06T 3/40 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 106500669 A, 2017.03.15

CN 105004354 A, 2015.10.28

CN 103345737 A, 2013.10.09

CN 102819926 A, 2012.12.12

CN 102565797 A, 2012.07.11

CN 104700367 A, 2015.06.10

CN 101114022 A, 2008.01.30

US 2016191744 A1, 2016.06.30

李峥. 缺少控制点的无人机遥感影像几何校正技术研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 基础科学辑》.2011,

Chabitha Devaraj and Chintan A. Shah. Automated Geometric Correction of Landsat MSS L1G Imagery.《IEEE GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING LETTERS》.2014, 第11卷 (第1期),

冯国瑜 等. 基于相机投影模型的航拍图像几何校正.《现代电子技术》.2007, (第23期),

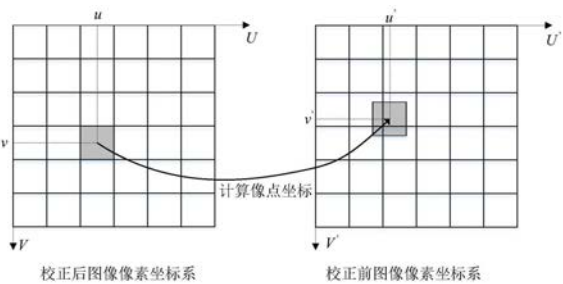
审查员 牛力敏

权利要求书2页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称
一种无控制点的航拍图像几何校正方法

(57) 摘要

本发明涉及一种无控制点的航拍图像几何校正方法,属于数字图像处理领域。本发明利用飞行姿态信息如俯仰角、翻滚角、航偏角,以及航高信息,对航拍图像进行无控制点校正,提供由校正图像坐标计算航拍图像坐标的逆向校正方案,充分利用原始图像的原始像素信息,消除由航拍图像坐标计算校正图像坐标的正向校正法可能出现的0.5个像素偏移以及重复对应等问题,使得校正图像质量更高。采用三次样条插值法对126帧航拍图像进行几何校正,采用SIFT方法对相邻帧图像进行特征提取与匹配,本发明正确匹配特征点对数目提高5.47%,匹配正确率提高2.58%,匹配分数提高17.95%。



1. 一种无控制点的航拍图像几何校正方法,其特征在于,设 (x, y) 表示校正后像素在图像物理坐标系下的坐标,单位:毫米; (u, v) 表示校正后在图像像素坐标系下坐标,单位:像素; (x', y') 和 (u', v') 分别表示校正前对应于 (x, y) 和 (u, v) 的坐标; (C_u, C_v) 表示图像光心在图像像素坐标下的坐标,单位:像素; (d_x, d_y) 表示单位像素的物理长度,单位:毫米/像素;在校正过程中,用校正后的坐标表示校正前的坐标,即用 (u, v) 的表达式表示 (u', v') ;图像校正过程如下:

步骤一,将图像像素坐标转换成图像物理坐标:

$$\begin{aligned} x &\leftarrow (u - C_u)d_x \\ y &\leftarrow (v - C_v)d_y \end{aligned} \quad (1)$$

式中 \leftarrow 表示赋值;

步骤二,进行高度逆校正:

$$\begin{aligned} x_h &\leftarrow \frac{H_0}{H}x \\ y_h &\leftarrow \frac{H_0}{H}y \end{aligned} \quad (2)$$

其中 (x_h, y_h) 表示高度逆校正后的图像物理坐标; H 表示当前图像所在航高; H_0 表示参考高度, $H_0 \in [H_{\min}, H_{\max}]$, H_{\min} 表示 H 的最小值, H_{\max} 表示 H 的最大值;

步骤三,进行航偏角逆校正:

$$\begin{aligned} x_{h\gamma} &\leftarrow \cos(\gamma)x_h - \sin(\gamma)y_h \\ y_{h\gamma} &\leftarrow \sin(\gamma)x_h + \cos(\gamma)y_h \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $(x_{h\gamma}, y_{h\gamma})$ 表示经过高度、航偏角逆校正后的图像物理坐标, γ 表示航偏角;

步骤四,进行翻滚角逆校正:

$$\begin{aligned} t_{mp} &\leftarrow x_{h\gamma} \cos^2(\beta) / (f_x - x_{h\gamma} \sin(\beta) \cos(\beta)) \\ x_{h\gamma\beta} &\leftarrow f_x t_{mp} \\ y_{h\gamma\beta} &\leftarrow (\cos(\beta) + \sin(\beta)t_{mp})y_{h\gamma} \end{aligned} \quad (4)$$

其中 t_{mp} 表示临时量, $(x_{h\gamma\beta}, y_{h\gamma\beta})$ 表示经过高度、航偏角、翻滚角逆校正后的图像物理坐标, β 表示翻滚角, f_x 表示相机水平方向即图像宽所在方向的焦距;

步骤五,进行俯仰角逆校正:

$$\begin{aligned} t_{mp} &\leftarrow y_{h\gamma\beta} \cos^2(\alpha) / (f_y + y_{h\gamma\beta} \sin(\alpha) \cos(\alpha)) \\ y_{h\gamma\beta\alpha} &\leftarrow f_y t_{mp} \\ x_{h\gamma\beta\alpha} &\leftarrow (\cos(\alpha) - \sin(\alpha)t_{mp})x_{h\gamma\beta} \end{aligned} \quad (5)$$

其中 t_{mp} 表示临时量, $(x_{h\gamma\beta\alpha}, y_{h\gamma\beta\alpha})$ 表示经过高度、航偏角、翻滚角、俯仰角逆校正后的图像物理坐标, α 表示俯仰角, f_y 表示相机垂直方向即图像高所在方向的焦距;

步骤六,将逆校正后的图像物理坐标转换成图像像素坐标:

$$\begin{aligned} u' &\leftarrow \frac{x_{h\beta\alpha}}{d_x} + C_u \\ v' &\leftarrow \frac{y_{h\beta\alpha}}{d_y} + C_v \end{aligned} \quad (6)$$

上述步骤完成从校正后的图像像素坐标 (u, v) 到校正前图像像素坐标 (u', v') 的映射, 再通过对校正前图像像素进行插值, 得到校正后图像对应坐标的像素值, 完成图像校正。

一种无控制点的航拍图像几何校正方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字图像处理领域,特别是涉及一种无控制点的航拍图像几何校正方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着无人机技术的不断成熟,以及无人机灵活机动、拍摄图像分辨率高等优点,无人机在航拍中获得了广泛应用。然而,无人机在飞行过程中易于受到气流波动、机身震动等因素影响,导致飞行姿态信息,包括俯仰角、翻滚角、航偏角,以及航高信息发生变化,获取的航拍图像较地面实物存在一定的几何畸变,即实物的像元在图像中有平移、缩放、旋转、拉伸等情况。为了消除航拍图像中的几何畸变,需要对图像进行几何校正。

[0003] 目前,图像的几何校正方法主要分为两种:基于控制点的方法和无控制点的方法。基于控制点的方法又分为两种:人工布置控制点校正和以现有正射图像作为参考图的校正。首先,人工布置控制点校正方法,需要在无人机飞行沿线布置地面控制点,在获取航拍图像之后进行多项式拟合校正,校正精度高。然而,这种方法需要投入大量的人力、物力和财力,尤其在山地、荒漠等地布置控制点,布置难度较大。其次,以现有正射图像作为参考图的校正方法,需要用到飞行沿线大比例尺的正射参考图像,该正射参考图像在一般情况下也较难获取,进而制约了这种图像几何校正的应用。

[0004] 与上述基于控制点的图像几何校正方法相比,无控制点的方法无需地面控制点或正射参考图像信息,在实际应用中方便实现。李峥提出了一种仅仅利用航拍飞行信息进行图像几何校正的方法(李峥,“缺少控制点的无人机遥感影像几何校正技术研究”,电子科技大学硕士学位论文,2010),只需获取俯仰角、翻滚角、航偏角,以及航高信息,即可进行图像的几何校正。这些航拍飞行信息是无人机的基本传感信息,易于获取。因此,这种方法适合无人机航拍图的几何校正。但是,该方法采用了由航拍图像坐标计算校正图像坐标的正向校正方案,在像素坐标对应上可能存在0.5个像素大小的偏移。

发明内容

[0005] 考虑到航拍图像原有信息的真实性,本发明给出由校正图像坐标计算航拍图像坐标的逆向校正方案,能消除正向法可能出现0.5个像素大小的偏移问题,使得校正图像质量更高。

[0006] 本发明的技术方案:

[0007] 一种无控制点的航拍图像几何校正方法,设 (x, y) 表示校正后像素在图像物理坐标系下的坐标,单位:毫米(mm); (u, v) 表示校正后在图像像素坐标系下坐标,单位:像素(pixel); (x', y') 和 (u', v') 分别表示校正前对应于 (x, y) 和 (u, v) 的坐标。 (C_u, C_v) 表示图像光心(即摄影中心)在图像像素坐标下的坐标,单位:像素(pixel); (d_x, d_y) 表示单位像素的物理长度,单位:毫米/像素(mm/pixel)。在校正过程中,用校正后的坐标表示校正前的坐标,即用 (u, v) 的表达式表示 (u', v') 。图像校正过程如下:

[0008] 步骤一,将图像像素坐标转换成图像物理坐标:

$$\begin{aligned} x &\leftarrow (u - C_u)d_x \\ y &\leftarrow (v - C_v)d_y \end{aligned} \quad (1)$$

[0010] 式中 \leftarrow 表示赋值;

[0011] 步骤二,进行高度逆校正:

$$\begin{aligned} x_h &\leftarrow \frac{H_0}{H}x \\ y_h &\leftarrow \frac{H_0}{H}y \end{aligned} \quad (2)$$

[0013] 其中 (x_h, y_h) 表示高度逆校正后的图像物理坐标; H 表示当前图像所在航高; H_0 表示参考高度, $H_0 \in [H_{\min}, H_{\max}]$, H_{\min} 表示 H 的最小值, H_{\max} 表示 H 的最大值。

[0014] 步骤三,进行航偏角逆校正:

$$\begin{aligned} x_{h\gamma} &\leftarrow \cos(\gamma)x_h - \sin(\gamma)y_h \\ y_{h\gamma} &\leftarrow \sin(\gamma)x_h + \cos(\gamma)y_h \end{aligned} \quad (3)$$

[0016] 其中 $(x_{h\gamma}, y_{h\gamma})$ 表示经过高度、航偏角逆校正后的图像物理坐标, γ 表示航偏角。

[0017] 步骤四,进行翻滚角逆校正:

$$\begin{aligned} t_{mp} &\leftarrow x_{h\gamma} \cos^2(\beta) / (f_x - x_{h\gamma} \sin(\beta) \cos(\beta)) \\ x_{h\gamma\beta} &\leftarrow f_x t_{mp} \\ y_{h\gamma\beta} &\leftarrow (\cos(\beta) + \sin(\beta)t_{mp})y_{h\gamma} \end{aligned} \quad (4)$$

[0019] 其中 t_{mp} 表示临时量, $(x_{h\gamma\beta}, y_{h\gamma\beta})$ 表示经过高度、航偏角、翻滚角逆校正后的图像物理坐标, β 表示翻滚角, f_x 表示相机水平方向(图像宽所在方向)焦距。

[0020] 步骤五,进行俯仰角逆校正:

$$\begin{aligned} t_{mp} &\leftarrow y_{h\gamma\beta} \cos^2(\alpha) / (f_y + y_{h\gamma\beta} \sin(\alpha) \cos(\alpha)) \\ y_{h\gamma\beta\alpha} &\leftarrow f_y t_{mp} \\ x_{h\gamma\beta\alpha} &\leftarrow (\cos(\alpha) - \sin(\alpha)t_{mp})x_{h\gamma\beta} \end{aligned} \quad (5)$$

[0022] 其中 t_{mp} 表示临时量, $(x_{h\gamma\beta\alpha}, y_{h\gamma\beta\alpha})$ 表示经过高度、航偏角、翻滚角、俯仰角逆校正后的图像物理坐标, α 表示俯仰角, f_y 表示相机垂直方向(图像高所在方向)焦距。

[0023] 步骤六,将逆校正后的图像物理坐标转换成图像像素坐标:

$$\begin{aligned} u' &\leftarrow \frac{x_{h\gamma\beta\alpha}}{d_x} + C_u \\ v' &\leftarrow \frac{y_{h\gamma\beta\alpha}}{d_y} + C_v \end{aligned} \quad (6)$$

[0025] 上述步骤完成从校正后的图像像素坐标 (u, v) 到校正前图像像素坐标 (u', v') 的映射,再通过对校正前图像像素进行插值,得到校正后图像对应坐标的像素值,即可完成图像校正。

[0026] 本发明的有益效果:本发明由校正图像的整数坐标计算其在原航拍图像中的亚像素坐标,而该亚像素坐标易于通过原始图像的原始像素信息经插值算法获取高精度结果。

相比之下,由原航拍图像的整数坐标计算其在校正图像中的亚像素坐标,该亚像素坐标需要经过四舍五入变到整数坐标上,一方面增加了坐标误差,另一方面存在重复对应问题。考虑到三次样条插值方法即考虑了亚像素坐标周围像素的灰度值,又考虑了灰度值变化的影响,采用了三次样条插值法进行了本发明逆向校正和原方法正向校正的实验对比,对126帧航拍图像进行几何校正,然后采用SIFT方法对相邻帧图像进行特征提取与匹配,本发明方法在提取的特征点个数上平均下降8.87%,而经Kd-tree匹配得到的匹配点对数目提高了3.19%,经错误剔除算法RANSAC后得到的正确匹配特征点对数目提高了5.47%,匹配正确率提高了2.58%,匹配分数提高了17.95%。

附图说明

[0027] 图1是本发明逆向校正方法示意图。

[0028] 图2是一幅航拍图像的校正前后示意图,图2(a)是原始航拍图像;图2(b)是校正后图像。

具体实施方式

[0029] 下面结合技术方案和附图,进一步说明发明的具体实施方式。

[0030] 现有一幅航拍图像,见图2(a),图像宽 $W_{in}=1200$ 像素、图像高 $H_{in}=1200$ 像素。已知俯仰角 $\alpha=-5.49104$ 度、翻滚角 $\beta=23.65296$ 度、航偏角 $\gamma=152.12839$ 度、以及航高 $H=245$ 米。图像光心 $(C_u, C_v)=(1288.00, 1029.00)$,单位:像素;单位像素的物理长度 $(d_x, d_y)=(0.00345, 0.00345)$,单位:毫米/像素;焦距 $(f_x, f_y)=(4.968, 4.968)$,单位:毫米。校正之后采用三次样条插值方法计算具体的像素值。图像校正过程如下:

[0031] 步骤一,采用公式(1)将校正图像的像素坐标 (u, v) 转换成图像物理坐标 (x, y) ;

[0032] 步骤二,采用公式(2)将图像物理坐标 (x, y) 进行高度逆校正,参考高度取 $H_0=H=245$ 米,得到高度逆校正后的图像物理坐标 (x_h, y_h) ;

[0033] 步骤三,采用公式(3)将图像物理坐标 (x_h, y_h) 进行航偏逆校正,得到 $(x_{h\gamma}, y_{h\gamma})$;

[0034] 步骤四,采用公式(4)将图像物理坐标 $(x_{h\gamma}, y_{h\gamma})$ 进行翻滚角逆校正,得到 $(x_{h\gamma\beta}, y_{h\gamma\beta})$;

[0035] 步骤五,采用公式(5)将图像物理坐标 $(x_{h\gamma\beta}, y_{h\gamma\beta})$ 进行俯仰角逆校正,得到 $(x_{h\gamma\beta\alpha}, y_{h\gamma\beta\alpha})$;

[0036] 步骤六,采用公式(6)将图像物理坐标 $(x_{h\gamma\beta\alpha}, y_{h\gamma\beta\alpha})$ 转换成图像像素坐标 (u', v') ,完成从校正后的图像像素坐标 (u, v) 到校正前图像像素坐标 (u', v') 的映射;

[0037] 步骤七,对校正前图像像素进行三次样条插值,得到校正后图像对应坐标的像素值,完成图像校正,得到图2(b)。

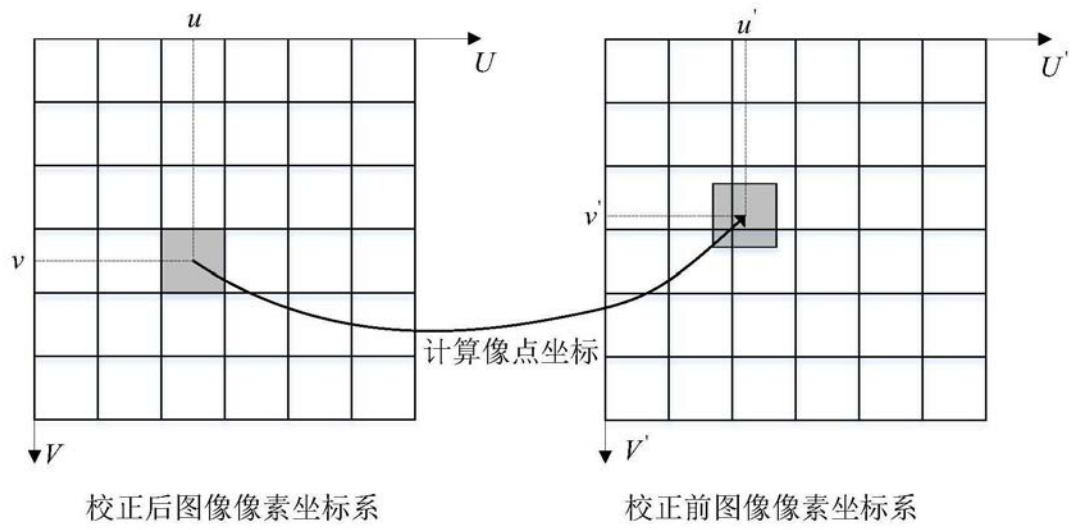


图1

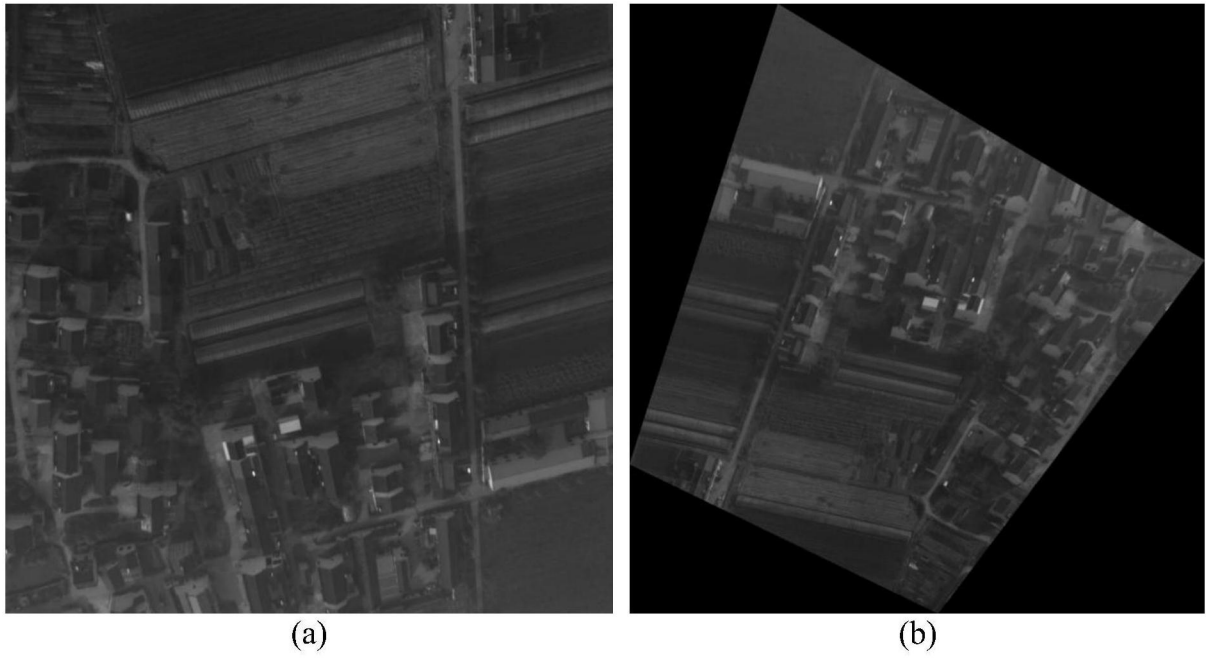


图2