

Study on Image Error Analysis and Improvement Method of UAV

Naiqiang Li, Chanjuan Liu

Survey Engineering Institute of Jiangsu Province, Nanjing Jiangsu
Email: 27810915@qq.com

Received: Sep. 1st, 2018; accepted: Sep. 14th, 2018; published: Sep. 21st, 2018

Abstract

In recent years, one of the developing trends of remote sensing is unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing. Unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing technology has become a powerful means to improve the potential of Surveying and mapping results, and is a shortcut to enhance the ability of Surveying and mapping emergency support. It is an important way to obtain remote sensing data, and it can obtain large scale and high resolution images, and has the advantages of strong image timeliness, strong pertinence, high flexibility in executing tasks and low running cost. The geometric position, size, shape and azimuth of the image in the image can be changed by the geometric position of the image pixel, such as the extrusion, extension, offset and distortion that occur in the image pixel of the unmanned aerial vehicle (UAV). It's getting rid of it. In this paper, the causes of UAV image errors, the principles of geometric error correction, and the resampling of digital images are discussed in detail.

Keywords

Unmanned Aerial Vehicle, Image, Error, Analysis, Correction

无人机影像误差分析和改善方法研究

李乃强, 刘婵娟

江苏省测绘工程院, 江苏 南京
Email: 27810915@qq.com

收稿日期: 2018年9月1日; 录用日期: 2018年9月14日; 发布日期: 2018年9月21日

摘要

近年来, 遥感的发展趋势之一就是无人机遥感, 无人机遥感技术已经成为提高测绘成果现势性的有力手

段, 是增强测绘应急保障能力的捷径。它能够获取大比例尺高分辨率影像, 并具有影像时效性强、针对性强, 执行任务灵活性高, 运行成本低等优点, 是获取遥感数据的重要途径。无人机影像成像过程中所产生的图像像元的几何位置相对于参照系统(地面实际位置或地形图)发生的挤压、伸展、偏移和扭曲等变形, 使图像中地物的几何位置、尺寸、形状、方位等发生改变, 图像的几何畸变可通过几何校正消除。本文详细阐述无人机影像误差成因分析、几何误差校正原理、数字影像重采样等研究内容。

关键词

无人机, 影像, 误差, 分析, 校正

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由于无人机航测遥感系统具有灵活、成本低、大比例尺高精度的特点, 在小区域和飞行困难地区快速获取高分辨率影像方面有明显优势, 因此, 无人机航测遥感技术已经成为提高测绘成果现势性的有力手段, 是增强测绘应急保障能力的捷径[1]。无人机影像由于受飞行高度、相机视角的影响, 单张无人机影像所覆盖的区域面积不大, 在特定任务中需要对多张影像进行拼接, 有效覆盖所有工作区, 影像匹配从提出到现在, 经过了很多次的改进和发展, 无论是匹配点精度还是匹配速度都有了量和质的飞跃, 但是由于无人机影像具有像幅小、重叠度变化大、旋偏角大、影像畸变大、噪声和遮挡严重等不好的特性, 需要寻找一种对各种畸变、噪声都具有良好鲁棒性的一种算法, 而基于特征匹配的影像拼接算法能很好的满足, 因而被广泛的应用[2]。

本文按照国家相关规范, 详细介绍智慧城市时空大数据与云平台的建设目标与任务、技术路线、关键技术等方面内容。

2. 无人机影像误差分析

根据摄影测量原理, 影像几何误差可分为传感器内部变形造成的误差和传感器外部变形导致的误差[3]。所谓传感器内部变形可能是由于产品质量、技术参数、性能达不到预期设定, 与标准数值出现些许偏差所造成的变形, 这个情况由传感器型号、批次、内部结构不同而不同, 而传感器的外部变形则是由于传感器自身以外原因造成的差别, 比如搭载传感器的飞机的位置、航行轨迹、姿态变化、传感器介质排列不均匀、地球自转、地球曲率、地形高差等因素所导致的变形, 传统的框幅式相机, 主要的变形来自镜头畸变, 传感器内方位元素发生变化所导致的变形可以通过系统误差改正, 外方位元素数值与标准坐标出现偏差, 也能导致影像发生变形, 这种变形就是地物点的像点坐标误差, 可以用传感器的构像方程进行解析[4]。前面提到了造成无人机影像的误差的种种原因, 下面就其中集中主要原因进行分析。

2.1. 镜头畸变

镜头畸变是光学透镜固有的透视失真的总称, 这种失真是透镜的固有特性(凸透镜汇聚光线、凹透镜发散光线), 镜头畸变主要有枕形畸变和桶形畸变。

枕形畸变, 又称枕形失真, 它是由镜头引起的画面向中间“收缩”的现象。与枕形失真相对的是桶形失真。桶形畸变, 又称桶形失真, 是由镜头中透镜物理性能以及镜片组结构引起的成像画面呈桶形膨

胀状的失真现象。

2.2. 地形起伏引起的像点位移

当地形不是完全水平时, 无论拍摄相片是水平还是倾斜状态, 都会因地形起伏而产生像点位移, 这是中心投影与正射投影两种投影方法在地形起伏的情况下产生的差别, 因此, 也把因地形起伏造成的像点位移称为投影差。同时, 因地形起伏引起的像点位移也同样会引起像片比例尺及图形的变化, 而且由于像底点不在等比线上, 因此, 综合考虑像片倾斜和地形起伏的影响, 像片上任何一点都可能存在像点位移, 且位移的大小随点位的不同而不同, 由此导致一张像片上不同点位的比例尺不相等。

2.3. 地球曲率引起的像点位移

地球曲率简单的说就是表面的弯曲程度, 它引起的像点位移可以类似的看作不同参考平面的地形起伏导致的像点位移。按照地形起伏投影误差的公式, 合理替换其中的参数, 就可以对地球曲率引起的像点位移进行计算[5]。

2.4. 大气折射引起的像点位移

地球周围的大气层从地面一直延伸到几千公里高度, 从下到上可分为对流层、平流层、电离层和磁层四层, 光线和其他粒子在大气层中传播时, 由于在各层中的传播速度和路径发生变化而产生的效应称为大气折射。所测得的目标角度、距离、高度都存在大气折射误差。大气折光造成的像点位移, 大气折射引起的像点位移相对较小。地球自转也会对搭载的动态传感器的图像产生像点位移。此外, 如果投影方式不是中心投影, 会产生由投影方式导致的影像畸变。

3. 几何误差校正

几何校正的目的是为了确保不同影像之间的几何一致性, 在同一个指定的投影参考坐标系中, 表达所获取的地理信息, 使针对于影像的拼接、几何量测、综合制图和属性分析都能顺利进行。

几何校正分为几何粗校正和几何精校正两种, 系统误差畸变有一般的规律性, 其大小可以大致预测, 并且通过数学模型进行误差改正, 随机误差畸变大小不能用数学模型代替, 但是大量的误差值可能会呈现某个数学分布, 在改正的过程中往往采取数学模型去无限逼近, 最大可能的消弱随机误差造成的失真, 这种校正后得到的新的数字影像灰度值和点位都会出现偏差, 需要进一步对新的影像做重采样, 输出后得到全新的影像。

3.1. 数字影像的几何校正原理

遥感影像的几何变形不外乎三种, 平移、旋转、尺度伸缩, 相应的数学模型:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X + X_0 \\ Y + Y_0 \end{bmatrix} \quad (1.1)$$

式中, (X, Y) 为基准图坐标中的网格单元位置, X_0, Y_0 则是 X, Y 方向上的平移量, θ 为对应的旋转角, ρ 为伸缩比例因子, (x, y) 为畸变图像中像元的网格单元位置。

令: $a_{11} = \rho \cos \theta, a_{12} = \rho \sin \theta, a_{21} = -a_{12}, a_{22} = a_{11}, a_{23} = a_{11}Y_0 - a_{12}X_0$, 则由(1.1)式可得:

$$\left. \begin{aligned} x &= a_{11}X + a_{12}Y + a_{13} \\ y &= a_{21}X + a_{22}Y + a_{23} \end{aligned} \right\} \quad (1.2)$$

在式(1.2)中, 假设影像中各个像元的伸缩比例是相同的, 这种假设只在影像变形很小的时候适用。因此, 为了能更加真实的描述影像的变形, 用一个多项式来描述变形, 这就是所谓的多项式校正模型, 即:

$$\begin{cases} x = a_{10} + a_{11}X + a_{12}Y + a_{13}X^2 + a_{14}XY + a_{15}Y^2 + \dots \\ y = a_{20} + a_{21}X + a_{22}Y + a_{23}X^2 + a_{24}XY + a_{25}Y^2 + \dots \end{cases} \quad (1.3)$$

3.2. 直接线性变换法

直接线性变化法(DLT), 是建立像点的“坐标仪坐标”和相应的物方空间坐标直接的线性关系, 直接线性变换方程与共线方程是等价的, 实际上就是共线方程的变形推导。共线方程总共有 3 个内方位元素和 6 个外方位元素, 直接线性变换模型有 11 个变换参数, 传感器的内、外方位元素隐含其中, 表明它的变换参数存在一定的相关性, 比例尺一致性和坐标轴正交性两个约束条件在计算过程中是不能忽略的, 解算 DLT 算法时, 一般采用附有限制条件的间接平差模型, 将附有限制条件的间接平差模型进行线性化, 组成误差方程, 列出控制点的误差方程和法方程, 最后利用最小二乘原理求解 DLT 的变换系数。

3.3. 多项式法

多项式法直接对数字影像变形进行数学模拟, 回避了数字影像获取的几何过程。它把影像的总体变形当成是平移、缩放、仿射、旋转、弯曲、偏扭以及更高级别的基本变形的综合作用。多项式纠正法的原理直观, 计算过程简单, 就在实践工作中, 特别是对数字影像的处理中最常用到。多项式纠正法对于平坦地区的影像具有很高的纠正精度, 完全能够符合要求, 但是在实际环境中, 地形起伏不可避免, 这就要求我们对多项式模型进行改进, 达到较高的纠正精度。改进后的多项式加入了地形起伏的影响, 加入了地面点的高程值, 甚至可以直接利用通过数字高程模型(DEM)插值得到的匹配点的高程近似值。

只要选择了合适的改进多项式模型, 就可得提高几何纠正精度。通过列误差方程, 并对多项式模型做线性化计算, 构建法方程式, 求解法方程向量, 最后作最小二乘逼近, 解算出多项式的系数。再利用该数学模型进行灰度内插, 获得纠正影像。线性变换至少需要三个控制点, 二次变换则需要六个控制点, 以此类推。为了保证控制点的可靠性, 必须要有一定数量的多余控制点。地面控制点应尽可能均匀分布在整幅影像内, 否则容易造成纠正结果出现精度不一样的状况, 造成新的几何变形。地面控制点选取的时候要遵循的原则:

选择分辨率高又易于识别的目标, 如道路交叉点、大型建筑物规则角点、河流交汇处、独立山顶等, 便于获取准确的地理坐标和目视判读, 多项式纠正法是实际应用中适用最多的方法之一。

4. 数字影像的重采样

影像经过几何纠正后必须进行重采样, 因为改正后的影像矩阵已经发生了很大变化, 像素点在改正后的影像上会不规则、不均匀的分布, 不能直接套用改正钱像素点的灰度值。当欲知不位于矩阵(采样)点上的原始函数 $g(x, y)$ 的数值时就需进行内插, 此时称为重采样, 意即在原采样的基础上再一次采样[6]。

重采样就是先将已知坐标系统变换到另一个坐标系统, 然后估计函数在新坐标系统下的数值。根据选择插值函数的不同, 常用的重采样方法有: 最邻近内插法、双线性内插和双三次卷积法。

4.1. 最邻近像元法

最邻近像元法(Nearest Neighbor)的基本思路是每个输出像元的像素值都以输入像元最邻近的灰度值代替。也就是取像元 $P(x, y)$ 最近的像元 N 的灰度值作采样值。最邻近像元法的计算公式如式(1.4)所示:

$$\begin{aligned}
 I(P) &= I(N) \\
 x_N &= INT(x + 0.5) \\
 y_N &= INT(y + 0.5)
 \end{aligned}
 \tag{1.4}$$

4.2. 双线性内插法

双线性内插的基本思路是利用周围四个邻近像元的灰度值进行内插, 得到一个新的像素灰度值。它的计算过程如公式(1.5)所示,

$$I = (1 - \Delta x)(1 - \Delta y)I_{11} + (1 - \Delta x)\Delta yI_{12} + \Delta x(1 - \Delta y)I_{21} + \Delta x\Delta yI_{22} \tag{1.5}$$

式中, $\Delta x = x - INT(x)$, $\Delta y = y - INT(y)$, I_{ij} ($i, j = 1, 2$) P 点四个角点的灰度值。

4.3. 双三次卷积法

双三次卷积法的基本思路是移输入像元为中心, 利用四周较大邻域内的 9 个、16 个或者 36 个像元的灰度值内插出一个新的灰度值作为输出像元的像素。Rifaman 提出了三次样条函数, 当它作为卷积核对 P 点进行重采样时, 需要 P 点周围 16 个像元的原始像素值来计算 P 的灰度值。卷积核函数公式(1.6)所示。

$$h(x) = \begin{cases} |x|^3 - 2|x|^2 + 1, & 0 \leq |x| < 1 \\ -|x|^3 + 5|x|^2 - 8|x| + 4, & 1 \leq |x| < 2 \\ 0, & |x| \geq 2 \end{cases} \tag{1.6}$$

综合看来, 最邻近插值法的作用效果是使得像素点的灰度值改变较大, 丢失了部分高程信息, 生成的图像视觉效果较差; 双线性内插法相对而言保持了像素点之间的灰度值连续性, 信息丢失量减少, 但是影像轮廓比较模糊, 计算量相对增大。三次卷积法更加严密, 变换模型精度高, 完好的保存了绝大部分图像信息, 但是相应的计算量成倍增加, 影响影像处理效率, 为了兼顾算法效率和重采样输出图像效果, 在实际工作中, 通常采用双线性插值法[7]。

5. 结语

无人机摄影测量技术的优点显而易见, 主要有灵活机动、云下摄影影像分辨率高、大比例尺、操作简便、运行成本低等, 但目前无人机技术尚且属于发展阶段, 技术手段并不是十分完善, 还存在一些弊端制约着它的发展, 无人机体积小、重量轻, 在操控系统的控制下自动飞行, 稳定性不及传统飞机, 可能会导致拍摄的照片偏移范围超过规范要求, 几何畸变略大, 而且, 传感器这一核心硬件也可能出现参数异常的情况, 增加一些图像畸变。为了提高后期影像匹配精度, 加快图像处理速度, 需对这些误差进行分类处理, 并用统一的标准去评判校正的效果, 本文对无人机影像几何校正、质量改善方面提出的解决思路可供同类项目参考、借鉴。

参考文献

- [1] 王一, 胡莘, 赵莹芝. 全局一致性优化的无人机大倾角影像相对定向[J]. 测绘科学技术学报, 2017, 34(4): 382-386.
- [2] 赵俊峰, 代亚贞, 范玉茹. 无人机影像快速拼接改进[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(9): 182-185.
- [3] 郭忠磊, 赵志勇, 滕惠忠, 申家双, 张靓. 无人机影像自检校光束法区域网平差精度分析[J]. 海洋测绘, 2016, 36(2): 75-78.
- [4] 杜娟, 薛武, 赵蓓蕾. 大规模无人机遥感影像快速区域网平差[J]. 现代防御技术, 2018, 46(4): 107-112, 168.

- [5] 李炜宏. 浅析控制点布设对无人机影像空三精度的影响[J]. 中国新技术新产品, 2018(14): 5-6.
- [6] 李大军, 孙涛, 郭丙轩, 牛科科, 梁跃刚. 一种基于倾斜影像的多片测图技术[J]. 测绘通报, 2018(7): 83-87.
- [7] 张明娟. 无人机像控布设对影像精度的影响[J]. 青海国土经略, 2018(1): 67-69.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org