

利用DEM制作数字正射影像(DOM) 精度分析

万阿芳, 潘紫阳

湖南省第一测绘院, 湖南 长沙

收稿日期: 2023年7月10日; 录用日期: 2023年10月10日; 发布日期: 2023年10月16日

摘要

传统的数字正射影像(DOM)是在数字高程模型(DEM)基础上进行生产的, DOM制作中其数字微分纠正通常要用到DEM实现地形的纠正, DEM的精度会在一定程度上影响DOM精度和效果。随着无人机摄影测量技术的快速发展和DEM成果逐渐丰富, 本文探讨并验证了利用不同精度DEM成果制作DOM成果的不同效果, 为DOM制作中合理有效选择数据源提供了帮助。

关键词

DEM, DOM, 数字微分纠正, 精度

Accuracy Analysis of Digital Orthophoto (DOM) Made by DEM

Afang Wan, Ziyang Pan

The First Surveying and Mapping Institute of Hunan Province, Changsha Hunan

Received: Jul. 10th, 2023; accepted: Oct. 10th, 2023; published: Oct. 16th, 2023

Abstract

The traditional digital orthophoto (DOM) is produced on the basis of the digital elevation model (DEM). In the production of DOM, digital differential correction usually requires the use of DEM to achieve terrain correction, and the accuracy of DEM will to some extent affect the accuracy of DOM. With the rapid development of UAV photogrammetric technology and the gradual enrichment of DEM achievements, this paper discusses and verifies the impact of using different precision DEM achievements on DOM achievements, providing assistance for selecting data sources reasonably and effectively in DOM production.

Keywords

DEM, DOM, Digital Differential Correction, Precision

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

数字正射影像(DOM, Digital Orthophoto Map)是将地表航天影像经垂直投影而生成的影像数据集。传统 DOM 生成方式是利用数字高程模型(DEM)对航飞影像进行数字微分纠正, 经镶嵌、裁剪分幅而成。DOM 具有像片的影像特征和地图的几何精度, 可从中提取自然资源最新信息, 是重要的基础测绘 4D 产品之一, 能为数字政府提供科学高效的决策依据。

自然资源部《实景三维中国建设总体方案(2023~2025 年)》中要求地方层面完成优于 2 米格网 DEM、DSM 制作, 覆盖省级行政区域, 并以 3 年为周期进行时序化采集与表达; 优于 0.5 米分辨率 DOM 制作, 覆盖重点区域, 按需进行时序化采集与表达。可见 DEM 和 DOM 成果是实景三维中国重要构成部分, 随着我国 DEM 成果逐渐丰富, 选择合理有效的 DEM 成果生产制作 DOM, 能较大程度提高生产效率。

文献[1]由于各种传感器的成像方式、成像角度、投影方式等的不同, 地形起伏所引起的投影差也有很大差异。本文基于无人机搭载下视镜头, 利用试验区已有不同格网尺寸和不同高程精度 DEM 成果生产制作数字正射影像(DOM)的分析探讨。

2. 实验原理

2.1. 像点位移原理

航空摄影测量, 影像是地面的中心投影, 当航摄相片有倾角或地面存在高差时, 地面点在水平像片上的构像与地面有起伏时或倾斜像片上构像的像点不同, 这种点位的差异称为像点位移, 见图 1。DOM 制作过程中, 其数字微分纠正通常要用到 DEM 来实现地形纠正, 所以 DEM 精度会在一定程度影响 DOM 的纠正精度。

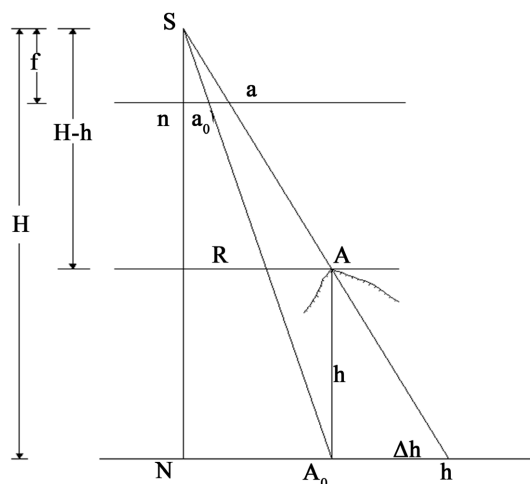


Figure 1. Schematic diagram of image point displacement

图 1. 像点位移示意图

根据航空摄影测量原理, 可得到地面上投影差的计算公式:

$$\Delta h = \frac{a_0 h}{fs}$$

其中, H 为摄影航高, R 为地面点到地底点的水平距离, h 为某点的相对高程(不是相对航高), f 为相机的摄影焦距, s 为摄影比例尺, a_0 成像点距像主点的距离。

由此可知, 像点位移在以像底点为中心的辐射线上, 与该点相对高程成比例变化, 即与 DEM 精度成比例变化。

2.2. 试验区与试验数据

试验区在湖南省醴陵市, 地处湖南省东部, 罗霄山脉北段西沿, 湘江支流渌水流域, 地貌以山地、丘陵地和岗地为主。选取了 liling0202 分区作为试验区, 面积 94.86 平方公里, 摄影焦距 51.76 mm, 测图航线地面分辨率为 11 cm, 相对航高为 1200 m, 航向重叠率 70%, 旁向重叠率 40%; 构架航线地面分辨率 10 cm, 测图航线设计为南北向飞行, 构架航线设计为东西向飞行。选取已有像控点成果对传统方式生产的 DOM 进行精度验证, 具体如下图 2:

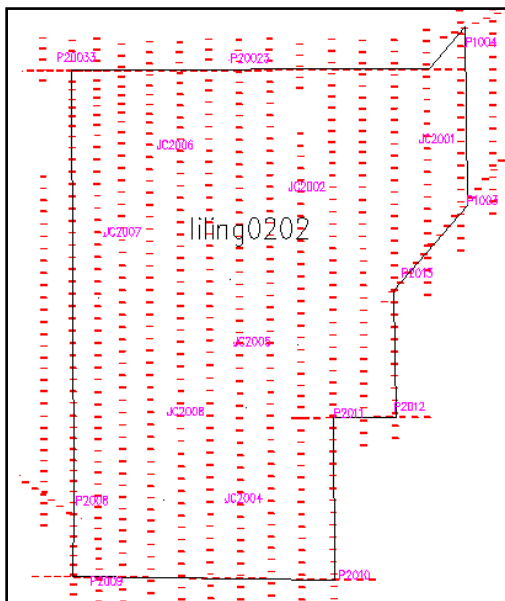


Figure 2. Schematic diagram of the distribution of image control points and detection points within the Liling experimental area
图 2. 醴陵试验区范围像控点及检测点分布示意图

2.3. 实验流程

文献[2]像片控制点是航测内业加密和立体采集的依据, 实验区采用了稀少控制点 GPS 辅助空三加密技术方法。在不规则实验区周边和凸角转折处布设了平高控制点 10 个, 在实验区内部均匀布设平高检查点 7 个, 像控点和检查点均由野外实地像控测量所得。利用 DEM 微分纠正方式获得数字正射影像图, 计算像控点和检查点中误差, 并对试验结果进行分析, 研究控制点区域的 DEM 精度变化对实验区内影像精度的影响。

文献[3]利用 liling0202 分区影像资料及像控点资料, 利用空三加密软件 Inpho 进行空中三角测量, 在全数字摄影测量工作站上恢复立体模型。

1) 影像匹配提取 DSM 成果, 将 DSM 成果导入立体模型, 按照 DOM 生产要求进行编辑生产 2 米格网 DEM。将编辑后的 2 米格网 DEM 成果重采样为 5 米格网 DEM 成果, 对比分析利用这两种格网尺寸 DEM 成果进行数字微分纠正得到的 DOM 平面精度和影像纹理情况;

2) 将按 DOM 生产要求编辑后的 2 米格网 DEM 成果高程整体分别调整+5 米、+4 米、+3 米、+2 米、+1 米、+0 米、-1 米。文献[4]导入控制点成果等检测数据, 对比分析同一点位利用不同高程精度 DEM 成果进行数字微分纠正得到 DOM 平面精度情况, 参考相关规范对检测结果进行评价分析。具体流程如图 3 所示。

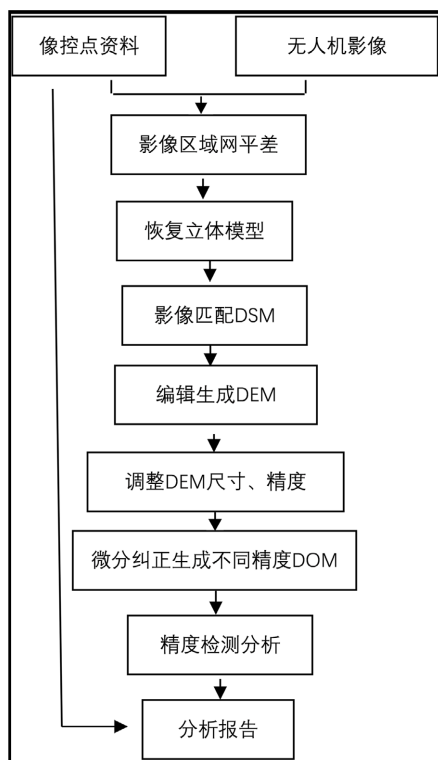


Figure 3. Experimental flow chart

图 3. 实验流程图

3. 精度验证

3.1. 精度评价方法

本文依照《数字正射影像图质量检验技术规程》(CH/T 1027~2012)采用统计精度检测点中误差方式验证数字正射影像成果的平面位置精度。检测点中误差计算按式(1)执行。

$$m_s = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2)}{n}} \quad (1)$$

式中: m_s ——检测点平面位置中误差, 单位为米(m);

ΔX_i 、 ΔY_i ——检测点平面 X、Y 坐标的实测值与解算值的较差, 单位为米(m);

n ——参与评定精度的检测点点数。

根据《基础地理信息数字成果 1:500、1:1000、1:2000 数字正射影像图》(CH/T 9008-2010), 数字正射影像图明显地物点的平面位置中误差不大于表 1。

Table 1. Mean square error of plane position of DOM ground feature points to nearby field control points (Unit: mm)
表 1. DOM 地物点对附近野外控制点的平面位置中误差(单位: 毫米)

比例尺	平地、丘陵地	山地、高山地
1:500、1:1000、1:2000	0.6	0.8

3.2. 精度检测结果

3.2.1. 不同 DEM 格网对 DOM 精度影响

1) 平面位置精度

文献[5]将编辑后的 2 米格网 DEM 成果重采样为 5 米格网 DEM 成果, 利用这两种格网尺寸 DEM 成果进行数字微分纠正得到的 DOM 平面精度见表 2。

Table 2. DOM plane precision testing results (Unit: m)
表 2. DOM 平面精度检测结果(单位: 米)

检测点号	利用 2 m 格网 DEM 制作 DOM 精度	利用 5 m 格网 DEM 制作 DOM 精度
P1004	0.36	0.36
P2011	0.88	1.42
JC2001	0.1	0.1
P2013	0.22	0.22
JC2008	0.12	0.12
JC2002	0.3	0.33
JC2007	0.23	0.1
JC2005	0.26	0.38
JC2004	0.22	0.18
P2008	0.31	0.72
JC2006	0.17	0.18
P2009	0.22	0.15
P2010	0.28	0.28
P2012	0.18	0.18
P1003	0.15	0.55
中误差	0.26	0.35

2) 纹理差异

文献[6]数字正射影像局部变形一般发生在房屋、桥梁、悬崖等高程落差较大及地势陡峭处, 主要原因是中心投影中, 由于地物所处的部位不同, 一些区域影像因像点位移压缩, 而一些因像点位移而扩大, 从而形成变形和拉花。不同格网间距 DEM 制作 DOM 其纹理差异如图 4。

通过比对高程精度不同格网尺寸 DEM 生产 DOM 精度验证结果可以见现, 5 米格网 DEM 生产 DOM

精度略低于 2 米格网 DEM 生产 DOM, 但均能满足 1:2000 DOM 精度要求。但部分房屋(一般面积较小), 5 米格网 DEM 生产 DOM 房屋变形优于利用 2 米格网 DEM。分析其原因, 是因为中心投影差, 较小房屋在较大格网成果下, 房屋因所利用 DEM 高程一致, 投影差一致, 故变形较少; 同样原理, 5 米格网 DEM 生产 DOM 植被拉花现象比利用 2 米格网 DEM 要好。



Figure 4. Texture differences in DOM with different Grid interval DEMs
图 4. 不同格网间距 DEM 制作 DOM 的纹理差异

3.2.2. 不同 DEM 高程精度对 DOM 精度影响

通过对调整 DEM 精度对同一检测点 DOM 进行平面精度检测, 其对应纠正精度详见表 3。

Table 3. Mean square error of plane position of DOM by different elevation accuracy DEMs (Unit: m)
表 3. 不同高程精度 DEM 制作 DOM 平面位置中误差(单位: 米)

DEM 高程精度	DOM 平面位置精度
+5 米	1.51
+4 米	1.23
+3 米	0.93
+2 米	0.59
+1 米	0.35
DEM 准确	0.18
-1 米	0.29

对应精度分布图见图 5。

通过分析 DEM 不同高程精度制作 DOM 验证结果可以看出, 几种成果的高程中误差呈规律变化, 且抬高和降低相同高度 DOM 平面位置程反方向相同距离偏移。当高程差大于 3 米, 所生成 DOM 中误差已超过 1:2000 DOM 平地、丘陵地中误差值。分析原因, 一方面是无人机影像具有较高的影像分辨率, 摄影比例尺较大, 成像点距像主点的距离较大; 另一方面由于低空无人机航飞有较大基高比, 无人机 DEM

高程精度对 DOM 精度影响比大飞机航测影响大。同时本次精度验证的检测点均布设在明显目标点上, 并且在获取 DEM 数据时, 采用了高精度密集匹配技术, 具有较高的像点量测精度, 低空无人机航空摄影测量下, DEM 高程精度对 DOM 影响变大。所以, 在利用低空无人机进行大比例尺 DOM 生产中, DEM 精度应控制在高差 3 米内。

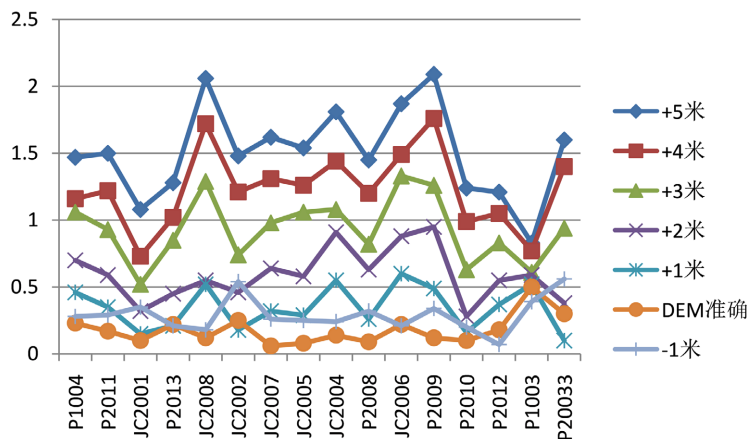


Figure 5. Distribution of DOM plane accuracy by different elevation accuracy DEMs
图 5. 不同高程精度 DEM 制作 DOM 平面精度分布情况

4. 结论

利用低空无人机航空摄影测量方式生产 DOM, DEM 精度对 DOM 成果质量影响较大。上述分析和结论是在理想条件下实现的, 在实践应用中, 应综合分析考虑生产方式、像控点精度和数据源精度, 大比例尺的 DOM 生产要充分考虑房屋、桥梁等的投影差问题, 应根据成果要求选取相应精度和格网间隔的 DEM 成果。

参考文献

- [1] 蒋春花, 张启华, 焦洋. 浅析影响 DOM 平面精度的因素[J]. 现代测绘, 2013, 36(5): 44-45.
- [2] 廖玉祥, 吴洪宪. 不同像控布设方案在航片 DOM 生产中的应用研究[J]. 地理空间信息, 2022, 20(6): 106-109.
- [3] 薛民. 基于 INPHO 软件的 DOM 生产方法探究[J]. 测绘与空间地理信息, 2021, 44(11): 213-214.
- [4] 郭林凯. 利用倾斜摄影进行 TDOM 制作的研究[J]. 测绘通报, 2017(2): 79-81+97.
- [5] 蔡金霖. 利用倾斜摄影三维场景模型获取真正射影像的简易方法探讨——以南宁师范大学明秀校区为例[J]. 大众科技, 2021, 23(7): 4-7.
- [6] 王慧. 浅谈像素工厂制作 DOM 及影像变形处理方法[J]. 测绘与空间地理信息, 2022, 45(3): 206-208.