

# 基于高分七号卫星影像的高程变化信息提取方法研究

叶芬<sup>1</sup>, 张邱阳<sup>2</sup>, 周冰洁<sup>1</sup>

<sup>1</sup>湖南省第一测绘院, 湖南 长沙

<sup>2</sup>西湖管理区不动产登记中心, 湖南 常德

收稿日期: 2022年12月3日; 录用日期: 2023年1月22日; 发布日期: 2023年1月31日

## 摘要

为更加准确及时掌握地形地势变化情况, 该文利用多时相高分七号卫星立体影像获取同一区域不同时相数字地表模型(Digital Surface Model, DSM), 分别采用差值法和比值法提取该时段内高程变化信息, 并对两种提取方法得出的结果进行对比研究。实验表明: 采用差值法提取更为精准, 效果更佳, 其变化信息提取正确率达到80%以上, 提取方法可行、可靠, 可用于实景三维成果的变化发现, 对地形级实景三维的更新维护有重要帮助作用。

## 关键词

高分七号, DSM, 变化信息

# Study on Extraction Methods of Elevation Change Information Based on GaoFen-7

Fen Ye<sup>1</sup>, Qiuyang Zhang<sup>2</sup>, Bingjie Zhou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>The First Surveying and Mapping Institute of Hunan Province, Changsha Hunan

<sup>2</sup>Xihu Management District Real Estate Registration Center, Changde Hunan

Received: Dec. 3<sup>rd</sup>, 2022; accepted: Jan. 22<sup>nd</sup>, 2023; published: Jan. 31<sup>st</sup>, 2023

## Abstract

To more accurately and timely grasp the terrain and terrain changes, this paper used the multi-phase GF7 stereo images to obtain the DSM of the same region at different time phases, respectively used the difference method and the ratio method to extract the elevation change information in this period, and compared the results obtained by the two extraction methods. The expe-

periment results show that the difference method is more accurate and effective, and the accuracy of the change information extraction is more than 80%. The extraction method is feasible and reliable, and it can timely grasp the terrain changes of the target area, which is of great help to the change discovery, update and maintenance of 3D Real Sense.

## Keywords

GaoFen-7, DSM, Change Information

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

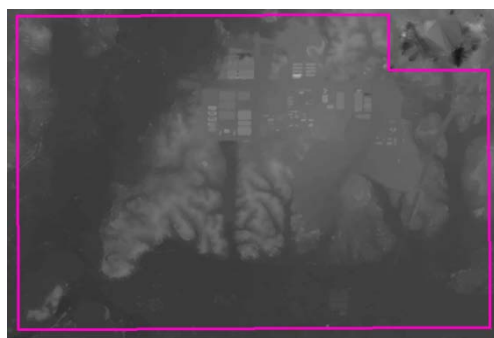
## 1. 引言

实景三维作为真实、立体、时序化反映人类生产、生活和生态空间的时空信息，是国家重要的新型基础设施。实景三维中国也为数字中国提供统一的空间定位框架和分析基础，是数字政府、数字经济重要的战略性数据资源和生产要素[1]。目前大面积的地形级实景三维面临如何维持现势性的问题，需要实现对变化区域的快速提取，以及时更新现有的实景三维数据。

高分七号卫星是我国首颗民用亚米级高分辨率光学传输型立体测绘卫星，具有高空间分辨率、高时间分辨率、高光谱分辨率、高定位精度的对地观测能力[2]。经精度检测，基于高分七号卫星立体影像生产的 DSM 成果，其高程中误差符合规范规定的二级精度指标，且能够较好地反映实地地形地貌特征[3] [4]。利用相同区域多时相的高分七号卫星立体影像生产多期 DSM，可以提取区域内的高程变化信息，为实景三维的更新提供数据支撑。

## 2. 数据准备

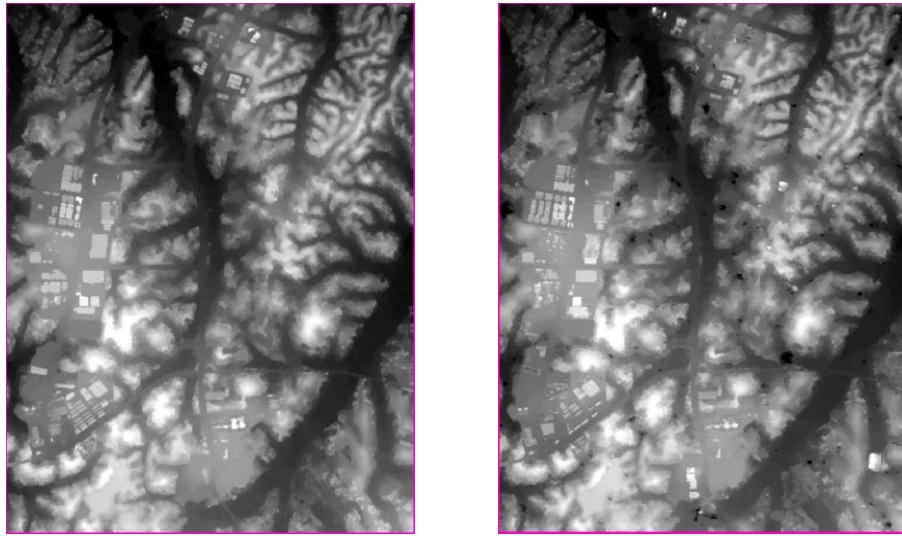
经分析高分七号卫星影像覆盖范围及时间，选取高分七号卫星影像不同时期多次覆盖、无云雾遮挡、地物丰富程度较高且有一定变化的位于长沙市、株洲市的平地、丘陵地两区域作为试验区，而山地由于人工活动范围较小，可以提取的高程变化信息较少，不具备代表性，故不单独展开分析。选取 2020 年 8 月、2021 年 12 月和 2022 年 7 月获取的四景高分七号卫星立体影像作为影像数据源。利用航天远景 Photo Matrix 软件，经点云提取、滤波等过程处理，得到试验区内不同时相的网格间距为 2.0 m 的高精度 DSM 数据，结果如图 1 所示。



(a) 研究区 1 (平地) 2020 年 8 月 DSM



(b) 研究区 1 (平地) 2021 年 3 月 DSM



(c) 研究区 2 (丘陵地) 2021 年 3 月 DSM

(d) 研究区 2 (丘陵地) 2022 年 7 月 DSM

**Figure 1.** Different time phase of DSM in the study**图 1.** 研究区范围内不同时相 DSM

### 3. 变化信息提取

#### 3.1. 变化信息初步提取

利用基于像素的变化检测技术对多期 DSM 进行运算, 并提取变化范围, 其中比较常见的有差值法和比值法[5]。

差值法简单来说, 就是将两幅配准的 DSM 相同位置的像素进行差值运算, 得到一幅包含变化信息的新影像。再设定阈值, 超过阈值表示高程发生变化, 未超过阈值表示高程未发生明显变化。差值计算需要将影像转换为多个单分量, 再进行逐个像素做差值计算, 如公式(1)所示:

$$Dx_{ij}^k = x_{ij}^k(t_2) - x_{ij}^k(t_1) \quad (1)$$

式中,  $Dx_{ij}^k$  为计算结果;  $x_{ij}^k(t_1)$  为  $t_1$  时刻获取的 DSM;  $x_{ij}^k(t_2)$  为  $t_2$  时刻获取的 DSM;  $i, j$  为像素坐标;  $k$  为波段。

比值法是对相同位置的像素进行比值运算, 并与 1 相比较, 计算结果越接近 1, 说明该位置高程变化程度越小, 反之, 变化程度越大, 如公式(2)所示:

$$Dx_{ij}^k = \frac{x_{ij}^k(t_2)}{x_{ij}^k(t_1)} \quad (2)$$

为避免在配准这程中, 由平移、旋转发生边缘像素过大或过小, 在计算比值时, 一般将公式(2)修改如下:

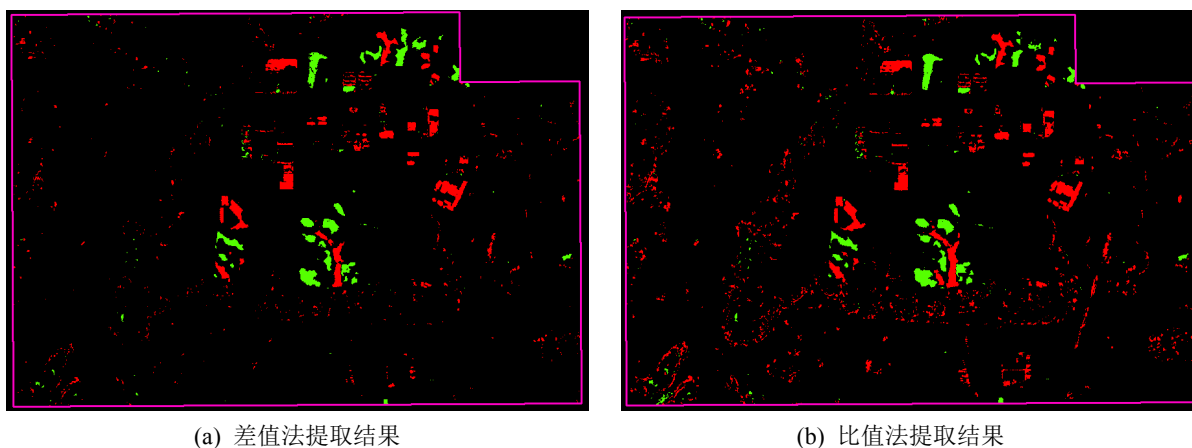
$$Dx_{ij}^k = \frac{x_{ij}^k(t_2) + 1}{x_{ij}^k(t_1) + 1} \quad (3)$$

设定阈值后可提取变化范围, 应用窗口法确定像素平均值, 并判断像素变化。

$$Dx_{ij}^k \leq T_l \text{ 或 } Dx_{ij}^k \leq T_h \quad (4)$$

式中  $Dx_{ij}^k$  为两幅 DSM 相同位置的像素比值;  $T_l$ ,  $T_h$  分别为低、高阈值。

差值法与比值法提取结果如图 2 所示，绿色表示该处高程降低，红色表示高程升高。



**Figure 2.** Preliminary extraction results of elevation change information  
**图 2.** 高程变化信息初步提取结果

从两种提取方式的结果可以看出，差值法与比值法均可实现 DSM 变化信息的自动提取，两种方式都产生了一定程度的噪声，影像提取结果，其中比值法提取结果的噪声更大。若需进行高程变化区域判定，还需进行一定的噪声剔除，以达到应用效果。

### 3.2. 伪变化剔除

通过与遥感影像的比对，发现基于像素的变化检测技术容易受到不同时相 DSM 的位置精度影响，可以看出有大量小面积图斑被作为变化信息被提取出来，如图 3 所示，而这些细小图斑实际变化较小，统计意义不大，故设定面积阈值筛选剔除小面积图斑，剔除小面积图斑后的高程变化信息如图 4 所示。



**Figure 3.** Comparison between change extraction results and images  
**图 3.** 变化信息提取结果与影像比对

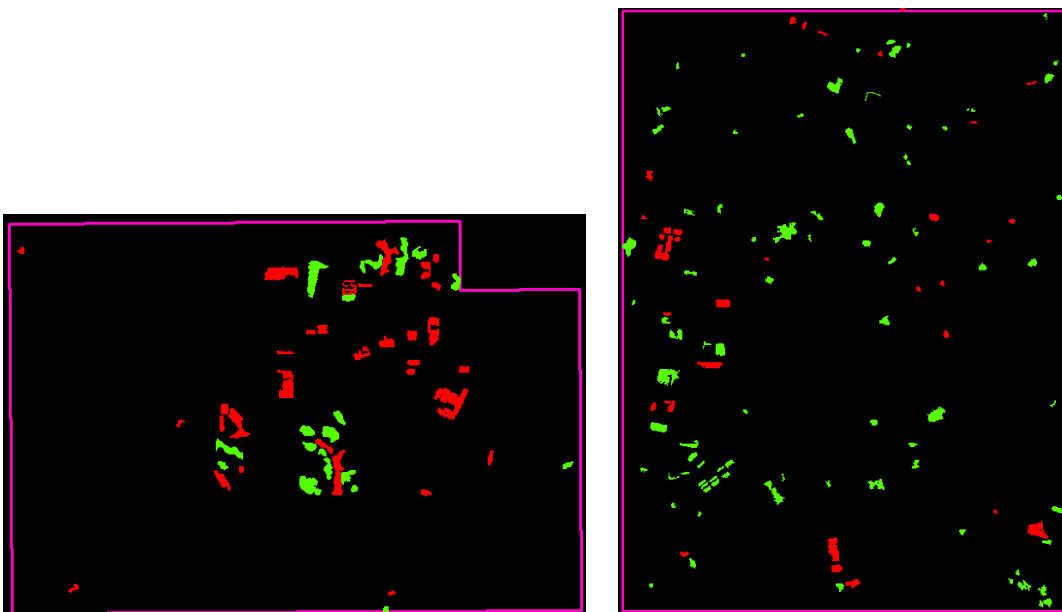


Figure 4. Elevation change information after removing small area polygon  
图 4. 剔除小面积图斑后的高程变化信息

提取结果中存在狭长的连续噪声区域，如图 5 所示在 2021 年与 2022 年正射影像作为底图下，建筑物边缘狭长的伪变化区域。

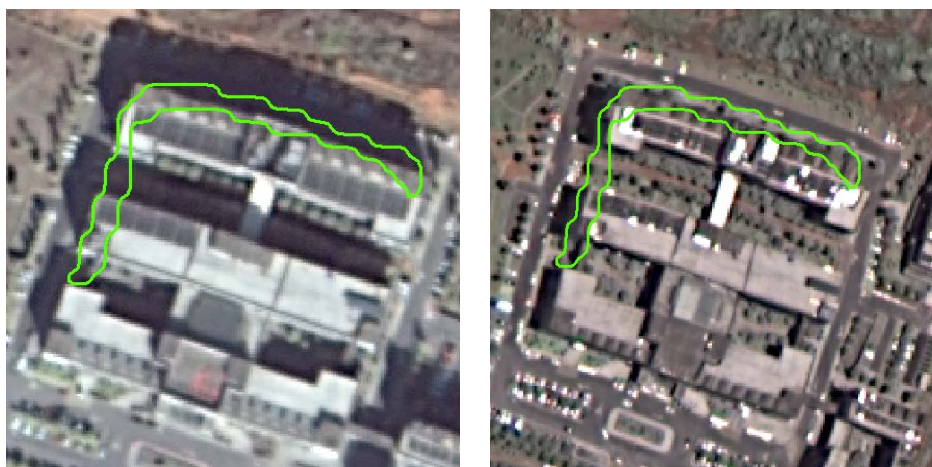


Figure 5. Narrow pseudo change polygon  
图 5. 狭长伪变化图斑

与真实的变化区域相比，狭长噪声区域的图形一般更加复杂，其面积较小而周长较长[6]，故定义图形复杂度公式：

$$a = \frac{C^2}{S} \tag{5}$$

其中  $a$  表示图形复杂度， $C$  表示图形周长， $S$  表示图形面积， $a$  越大则表示图形越复杂，剔除复杂度  $a$  较大的伪变化区域，得到变化区域如图 6 所示。

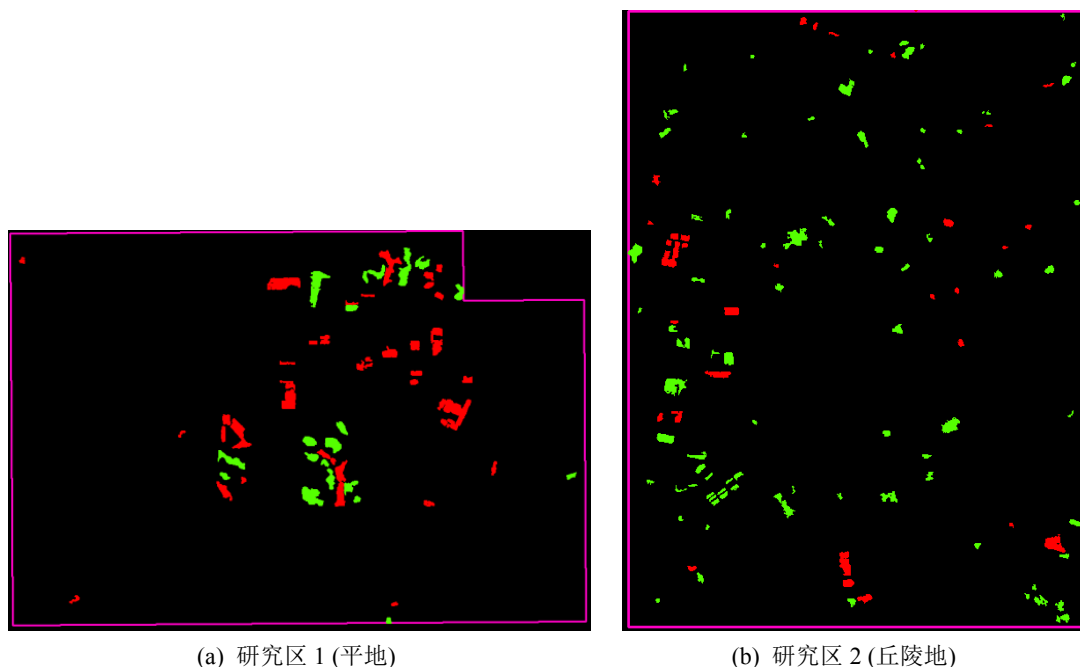


Figure 6. Eliminate complex pseudo change polygon  
图 6. 剔除复杂伪变化图斑

### 3.3. 结果分析

研究区 1 (平地)内共提取 58 个变化区域, 其中高程升高 38 处, 高程降低 20 处。研究区 2 (丘陵地)内共提取 114 个变化区域, 其中高程升高 32 处, 高程降低 82 处, 但研究区 2 内水域较多, 而水域匹配的 DSM 精度较差, 对识别为变化区域的水域有 41 处(高程降低 30 处, 高程升高 11 处), 予以人工剔除, 不做精度评价。由于数据噪声的剔除, 许多信息丢失, 故本文不对变化图斑的边界精度做评价, 只对变化提取的正确性做可靠性评价, 并定义可靠性公式:

$$P = \frac{T}{T+F} \times 100\% \quad (6)$$

其中  $P$  表示正确率,  $T$  表示正确提取图斑数量,  $F$  表示错误提取的图斑数量。

通过人工在立体环境下对提取的变化图斑进行验证, 判断图斑是否真实发生高程变化, 并统计提取图斑正确率, 如表 1、表 2 所示。

Table 1. Date statistics of study 1 (flatland)

表 1. 研究区 1 (平地)数据统计情况

变化区域类别	高程升高	高程降低
提取图斑总数	38	20
正确提取图斑数量( $T$ )	36	19
错误提取图斑数量( $F$ )	2	1
提取正确率( $P$ )	94.7%	95.0%

**Table 2.** Data statistics of study 2 (hilly land)**表 2.** 试验区 2 (丘陵地)数据统计情况

变化区域类别	高程升高	高程降低
提取图斑总数	21	52
正确提取图斑数量( $T$ )	20	43
错误提取图斑数量( $F$ )	1	9
提取正确率( $P$ )	95.2%	82.7%

经检验, 本方法变化信息提取的正确率较高。因本方法人工干预极少, 还是会产生少量错误判断。通过立体环境下及正射影像对比提取错误图斑前后时相的地物特征, 发现提取错误图斑集中在纹理单一的地物, 如厂房的彩钢屋顶, 在阳光照射下几乎没有纹理特征, 如图 7 所示, 故匹配生成的 DSM 精度较差。

**Figure 7.** Error polygon**图 7.** 错误图斑

但本方法与人工目视判别变化区域相比, 工作效率得到了极大提升, 短时间内即可获取目标区域的变化信息, 掌握该区域的变化情况, 对维持实景三维的现势性有重要帮助。

#### 4. 结束语

与人工实地踏勘发现变化区域相比, 利用本方法提取高程变化信息, 在保证变化提取正确率的前提下, 能够节省大量人力、时间成本。但本方法对水域、厂房屋顶等纹理单一的地物生成的 DSM 精度较差, 需要人工干预, 才能正确判别其是否发生变化。

与利用不同时相正射影像提取变化区域相比, 本方法在纹理相似, 但高程发生变化区域, 例如本方法对地下采矿导致地表高程变化、人工堆掘地的高程变化更为敏感; 本方法在高程变化较小, 例如地面硬化, 但高程变化不大的区域识别则较为困难。

故在对实景三维成果的变化发现与更新维护中, 结合使用基于多时相高分七号卫星立体影像、多时相正射影像等多种变化信息提取方法并辅以人工判别, 才能保证变化信息提取的完整性。

---

## 参考文献

- [1] 张帆, 黄先锋, 高云龙, 等. 实景三维中国建设技术大纲(2021 版)解读与思考[J]. 测绘地理信息, 2021(6): 171-174.
- [2] 程小河, 段文华. 基于高分七号卫星影像的空三加密优化方案探索[J]. 地理空间信息, 2021(4): 1-3.
- [3] 李国元, 唐新明, 陈继溢, 等. 高分七号卫星激光测高数据处理与精度初步验证[J]. 测绘学报, 2021(10): 1338-1348.
- [4] 赵文普, 刘钰, 吴晓春, 等. 利用高分七号卫星开展 1:10000 立体测图精度验证[J]. 测绘科学, 2022(1): 165-171.
- [5] 谢珍莲. 基于 DSM 自动提取变化信息的方法研究[J]. 经纬天地, 2021(2): 38-41.
- [6] 范红娜. 基于 DSM 多尺度采样的建筑物变化检测与语义识别方法[D]: [硕士学位论文]. 新市: 辽宁工程技术大学, 2021.