

文章编号:1673-8411(2019)01-0046-07

# 基于无人机低空遥感的广西甘蔗灾害监测应用研究

孙明<sup>1</sup>, 谢敏<sup>2</sup>

(1. 广西壮族自治区气象减灾研究所 / 国家卫星气象中心遥感应用试验基地, 南宁 530022;

2. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

**摘要:** 广西的甘蔗种植面积和蔗糖产量一直稳居全国首位, 每年的极端天气事件, 给广西甘蔗生产带来极大的损失。针对传统的灾情调查方法费事、费力, 遥感调查手段时效性滞后等问题, 本文从低空无人机遥感技术应用的角度, 以广西扶绥县甘蔗双高基地为研究区, 进行连续的甘蔗灾情观测, 利用 Pix4D Mapper 软件进行航拍影像拼接及正射校正, 基于遥感影像分类的方法, 对受灾区域进行灾情提取和分析。研究结果表明, 基于低空无人机的灾情调查手段, 能够迅速准确地获取灾情信息, 是广西甘蔗灾情监测的一个新的热点和趋势, 能够有效提升广西甘蔗灾害的预警监测水平。

**关键词:** 无人机; 低空遥感; 广西; 甘蔗; 灾害

中图分类号: P49

文献标识码: A

## Study on Monitoring and Application of Sugarcane Disaster in Guangxi based on UAV

Sun Ming<sup>1</sup>, Xie Min<sup>2</sup>

(1. Institute of Meteorological Disaster Reduction of Guangxi Zhuang Autonomous Region/Remote Sensing Application and Validation Base of National Satellite Meteorological Center, Nanning 530022;

2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022)

**Abstract:** The planting area and sucrose yield of sugarcane in Guangxi have been ranking first in China. However, the extreme weather events every year bring great losses to sugarcane production.

The traditional method of disaster investigation is laborious and time-consuming. Hence, this paper takes the sugarcane base in Fusui County as the research area and carries out continuous observation of sugarcane disaster from the perspective of remote sensing technology application of low altitude UAV. Pix4D Mapper software is used for aerial image mosaic and orthophoto correction. Based on remote sensing image classification method, disaster situation extraction and analysis are carried out in disaster-stricken areas. The results show that the disaster investigation method based on UAV can get disaster information quickly and accurately, which is a new hot spot and trend of sugarcane disaster monitoring and can effectively improve the level of early warning and monitoring of sugarcane disaster in Guangxi.

**Keywords:** UAV; low altitude remote sensing; Guangxi; sugarcane; disaster

甘蔗产业是广西特色优势产业之一, 种植面积和蔗糖产量一直稳居全国首位, 目前广西甘蔗种植面积占全国 70% 以上, 在我国食糖市场中占有重要的地位, 同时对广西经济社会发展和农民

群众脱贫致富发挥了十分重要的作用。广西有超过一半的县(市)种植甘蔗, 有 450 多万贫困人口靠种蔗脱贫, 2000 多万蔗区人口直接从种植甘蔗中增加收入, 糖业的税收占全区财政收入的

收稿日期: 2019-01-06

基金项目: 由国家公益性行业(气象)专项重点项目(编号: GYHY201406030)和广西重点研发计划(桂科 AB17292051)共同资助。

作者简介: 孙明(1986-), 男, 汉族, 江苏靖江, 硕士研究生, 工程师, 主要从事生态遥感应用研究, E-mail: msunics@163.com。

通信作者: 谢敏(1985-), 女, 汉族, 广西北海, 硕士研究生, 工程师, 主要从事气候变化研究, E-mail: xm409680373@126.com。

13-17%<sup>[1]</sup>。近年来, 极端气候事件频繁发生, 台风、暴雨以及寒冻害等时常发生, 甘蔗是受害最严重的作物之一, 给蔗农生产带来了不可估量的损失。对甘蔗生产造成严重影响的气象灾害主要有低温霜冻冷害、干旱、台风以及洪涝, 及时、准确地获取甘蔗灾情信息, 对于甘蔗的灾损评估具有十分重要的意义。

传统的灾情调查需要组织相关领域的专家, 进行实地调查、拍照、归类并根据经验进行灾情损失评估, 工作强度大、时间周期长, 而且调查范围有限, 无法深入调查甘蔗灾损严重区域。利用遥感手段进行灾情调查, 往往滞后性比较严重, 受天气因素的影响, 无法第一时间获取灾区卫星影像资料, 影响灾情评估的准确性。近年来, 由于无人机平台技术的成熟、微型传感器的不断研发以及航片处理商业软件的普及, 无人机低空遥感系统逐渐成为低空遥感手段中最受研究者青睐的工具<sup>[2-3]</sup>。

利用无人机遥感对甘蔗进行监测, 相较于遥感具有如下优势<sup>[4]</sup>: (1) 应急响应能力快。无人机重量轻、体积小、运载方便, 能在灾害发生后快速地到达目标监测地区; (2) 应急状态下作业能力较强。灾害发生的环境较危险, 救援人员无法到达, 无人机能在此条件下对该区域的灾情信息进行采集; (3) 能够云下获取数据信息。无人机拥有光学遥感无法比拟的特质, 能不受云层遮挡的影响获取数据<sup>[5]</sup>; (4) 能保障人员安全作业。无人机由于没有飞行人员, 采用地面控制方式, 因此在执行任务时, 保障了人员的安全; (5) 能低成本地获取影像。由于无人机的购置、运行成本较载人飞机、卫星低, 日常维护简单, 使得遥感数据的获取成本大大降低<sup>[6]</sup>。无人机技术的飞速发展对甘蔗灾情调查提供了信息化的监测方法, 基于无人机遥感的甘蔗灾害监测现已成为发展的热点和新的趋势。

我国目前农作物灾害监测大多停留在传统的人工阶段, 该方法劳动强度大, 效率低, 由于受到主观因素影响, 导致监测结果存在很大的不确定性。基于无人机获取的高分辨率影像具有监测农业和环境变化的潜力<sup>[7]</sup>。无人机在农田上空精确抽样, 通过高光谱图像分析, 能够宏观、微观地分析作物病虫害。但无人机在病虫害监测方面应用较少, 与元素含量监测类似, 其搭载高光谱或红外多光谱成像相机有难度。因此, Techy等<sup>[8]</sup>采用载荷为4.5kg的无人机搭载计算机以及自动驾驶仪, 远距离追踪并调查马铃薯病原体的传播。使用多光谱图像同时可以检测玉米杂草密度<sup>[9]</sup>, 进行农田杂草管理<sup>[10]</sup>。Lucieer等<sup>[11]</sup>通

过无人机影像建立数字表面模型确定积雪变化对基地植被健康状况和空间分布的影响。此外, 无人机高时空分辨率遥感能够很好地提高农田水分胁迫的管理<sup>[12-13]</sup>。基于无人机的灾害监测能够提高灾害监测能力, 提供灾情数据, 提升预警监测水平。

本文从低空无人机遥感技术应用的角度, 以崇左市扶绥县甘蔗双高基地为研究区, 以迅速获取整体受灾信息为目标, 利用无人机系统对广西甘蔗灾情进行调查, 实时获取无人机应急影像中重点受灾地物信息, 实现低成本、高效的无人机低空遥感应用。

## 1 研究区概况

### 1.1 双高基地简介

扶绥县渠黎镇笃邦糖料蔗“双高”基地位于“甜蜜之光”崇左扶绥现代特色农业(核心)示范区(图1), 面积540km<sup>2</sup>。其中420km<sup>2</sup>于2015年严格按照广西壮族自治区“双高”糖料蔗基地建设要求进行标准化种植, 聘请甘蔗生产专家, 为基地建设提供全程技术跟踪服务。是全区建设面积最大、标准最高、效果最好的糖料蔗“双高”基地。基地全面应用耕、种、管、收全程机械化, 水肥药一体化和精准定向施肥等现代农业先进技术, 真正实现经营规模化、种植良种化、生产机械化、水平现代化。

### 1.2 气候特点

扶绥县地处低纬度, 属亚热带季风气候区, 年平均气温21.3~22.8℃, 历年最低气温-0.6℃, 最高气温39.5℃, 日平均气温≥10℃的年累积积温为7502℃, 年总辐射量108.4kCal·cm<sup>-2</sup>, 年



图1 研究区位置图

平均日照1693h, 无霜期长达346d。全年降水量1050~1300mm。县域主导风向为东北风和东南风, 气候条件适宜发展特色农业、亚热带经济作物和林木, 是全国重要的蔗糖生产基地<sup>[14]</sup>, 影响扶绥的气象灾害主要有: 干旱、寒冻害、台风以及暴雨洪涝。

## 2 飞行平台及数据处理

### 2.1 飞行平台

研究区航拍影像由大疆精灵 3Advanced 四旋翼无人机获取。大疆精灵 3Advanced (图 2) 集成了精准的飞控系统, 硬件系统主要包括: 机体、云台系统、影像系统、遥控器等。遥控器的最大控制距离为 5km, 设有专用的一键录制视频和拍照、调整摄像角度、飞行方向和一键返航等功能。精灵 3Advanced 重量约 1280g, 最大上升速度  $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 最大下降速度  $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , 最大水平飞行速度  $57.6\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ , 最大飞行时间约 23min, 装备的航拍相机有效像素 1240 万像素, 镜头视场角  $94^\circ$ , 图传距离最大 5km。其特点是体积小、稳定性高、飞行准备时间短, 采集影像较快, 形成影像成果时间较短, 生成的影响空间分辨率能控制在 8cm 左右 (航高 200m)。



图 2 DJI 精灵 3 Advanced

### 2.2 航线规划

使用大疆创新公司开发的 DJI GS Pro 软件作为无人机航线规划软件平台。DJI GS Pro 是专门为行业应用领域设计的 iPad 应用程序, 可创建多种类型的任务, 使飞行器按照规划航线自主飞行。DJI GS Pro 适用于 iPad 全系列产品及 DJI 多款飞行器、飞控系统、相机等设备。可广泛应用于航拍摄影、安防巡检、线路设备巡检、农业植保、气象探测、灾害监测、地图测绘、地址勘探等方面。

航线规划参数设置必须注意以下几点:

(1) “相机朝向”设置为“平行于主航线”。默认的“垂直于主航线”会让飞机横向飞行, 如

果使用的是精灵系列无人机, 脚架设计低于镜头较多, 横向飞行时遇到较大的横风时会拍摄到脚架, “平行于主航线”则不会出现该问题。

(2) “拍照模式”设置为“等时间间隔拍照”。不建议使用默认的“航点悬停拍照”, 因为该模式拍摄每张照片时无人机都要经历“减速”、“悬停”、“拍照”、“加速”的过程, 非常耗电, 航拍效率极低。经实测即使阴天情况下无人机以  $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  的速度匀速飞行, 航高在 120m 以上, 运动过程中拍摄的照片仍然清晰可用, 因此不用悬停后再拍摄。

(3) “飞行高度”可以滑动下方的滑块调整, 随着高度的升高, 分辨率数值也会随之变大, 因此可以根据成果分辨率的要求调整此次飞行高度, 分辨率与飞行高度的比例关系和当前机型对应的相机参数有关, 主要是相机分辨率和焦距这两个参数。处于安全考量, 大疆将飞行高度最大值限定为 200m。

(4) “飞行速度”不能直接调整, App 会根据航线重叠度、飞行高度、相机参数等多种因素综合决定。

(5) “预计飞行时间”不可调整, 也是 App 根据区域大小、飞行高度、航线重叠度等参数自动解算。从安全性角度考虑, 根据精灵 3 电池的最大续航时间, 我们一般将飞行时间控制在总飞行时间的 60% 左右, 即 15min 左右为宜。

“高级设置”中需设置如下选项:

(1) “主航线上重叠率”设置为 80%。对于正射影像成果, 一般航向和旁向重叠率达到 60% 即可。为了得到更好的效果, 设置成 80%。

(2) “主航线间重复率”设置为 70%。

(3) “主航线角度”可根据实际情况灵活调整。为了让飞行更省电, 原则上应该让无人机尽量多处于匀速飞行状态, 因此航线应尽量规划好, “折返跑”次数越少越好。

(4) “任务完成动作”设置为“自动返航”。默认的“悬停”是个比较危险的设置, 悬停意味着需要手动将无人机从测区边缘飞回来, 如果无人机任务完成的时候刚好处于无信号连接状态, 则需要无人机自动启动“失控返航”, 风险较高。设置为“自动返航”后, 调整返航高度约等于之前设定的“飞行高度”, 默认的 50m 高度太低。经实测无人机返航会按照“飞行高度”和“返航高度”中较高者进行返航, 养成设置合理的“返航高度”良好习惯很重要。

### 2.3 航拍数据预处理

无人机遥感影像数据处理原理是通过数字摄影测量的方法进行计算, 即对不同位置获取的具



有一定重叠度的2张影像,通过建立起摄影瞬间投影中心、影像和地物质之间的共线方程,根据地面控制(ground control point, GCP)点的实际坐标,算出与影像连接点(tie point, TP)对应的地物三维坐标<sup>[15]</sup>。常用的无人机遥感影像处理软件主要有:DP-Grid, PixelGrid, DPMatrix, MAP-AT, FlightMatrix, GodWork, Heli-Mapping, Cloud-AT以及GEOWAY for UAV等国内软件以及Inpho, Pix4Dmapper, LPS, IPS, ENVI OneButton等国外软件<sup>[16]</sup>。本文运用Pix4Dmapper软件进行无人机航拍影像的拼接工作, Pix4Dmapper是目前市场上独一无二的集全自动、快速、专业精度为一体的无人机数据和航空影像处理软件。无需专业知识, 无需人工干预, 即可将数千张影像快速制作成专业的、精确的二维地图和三维模型。利用Pix4Dmapper软件进行图像处理主要过程如下:

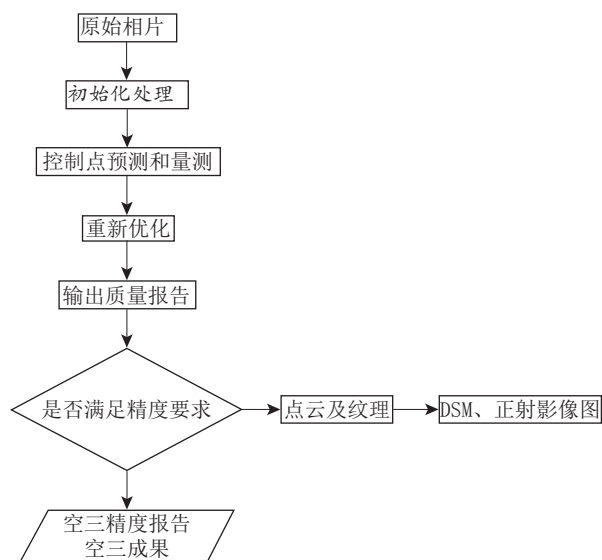


图3 Pix4Dmapper 软件图像处理流程

## 2.4 甘蔗及灾情信息提取

无人机原始航拍影像经过pix4Dmapper预处理后,输出具有地理坐标的航区影像,含有红光、绿光和蓝光三个波段。由于研究区内地物类型单

一、甘蔗分布均匀、田块较为平整、规则,航拍影像空间分辨率高,本文主要以人工目视解译为主,辅以监督分类和非监督分类等传统分类方法,对航拍区的甘蔗信息以及灾害信息进行高精度的提取和统计。

## 3 实例应用

### 3.1 暴雨洪涝灾害监测及损失评估

2016年6月4日~7日,广西境内出现一次较强的降雨过程,其中桂林、柳州、河池、百色、贺州、来宾、南宁、贵港、梧州等市的部分地区出现大雨到暴雨,局部大暴雨到特大暴雨或短时雷雨大风等强对流天气,广西其他地区中雨,局部暴雨。受此影响,扶绥双高基地甘蔗出现大面积的雨水浸泡,2016年6月8日,我们利用四旋翼无人机对双高基地甘蔗受淹区域进行航拍灾情调查,对甘蔗受损区域进行灾损面积估算。

无人机飞行航高设定为200m,对应地面像元分辨率0.15m,航片经Pix4Dmapper软件拼接处理后,形成幅宽1.2kmx1.2km的蔗区航拍正射影像(图4a);图中,绿色植被以甘蔗为主,局部区域有林地;暴雨后的淹没区在航拍图中呈淡黄色显示;利用ENVI软件的非监督分类,提取航拍区域内甘蔗种植信息以及雨水淹没区域(图4b和图4c),经统计:样区范围内甘蔗种植面积达到106km<sup>2</sup>,其中,甘蔗受灾区域面积达到7km<sup>2</sup>,占监测区甘蔗总面积的6.4%。

### 3.2 甘蔗定期定点观测

技术人员通过对扶绥甘蔗双高基地进行定点定期的航拍监测,形成甘蔗生长期内的完整影像图集,探索航拍影像在甘蔗长势监测中的应用,同时,也可以为灾情监测提供灾前灾后的影像数据集。

图5为2016年度的定期航拍影像,日期分别为:2016.05.17、2016.08.05、2016.09.29、2016.10.21及2016.11.17,共五幅影像。观测区域在暴雨过后形成大范围的积水区,通过后期持续的观测发



(a) 洪涝航拍影像图



(b) 甘蔗分布图



(c) 雨水淹没区

图4 航拍样区甘蔗灾情监测图

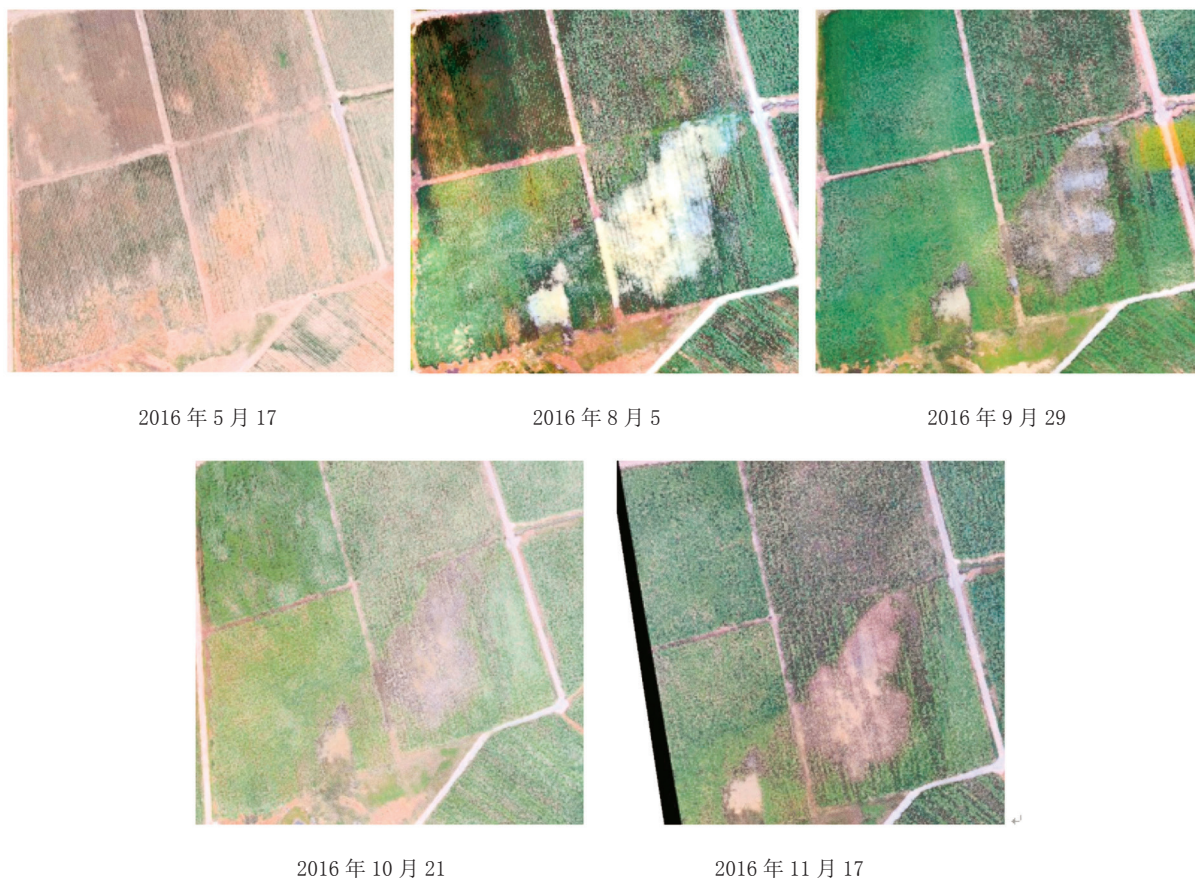


图5 扶绥县甘蔗双高基地暴雨灾情定期观测图

现, 该区域甘蔗受积水影响, 甘蔗大面积受损, 11月17日的观测影像中, 受灾区域逐渐形成裸地, 甘蔗绝收。

### 3.3 台风灾害监测及灾后恢复调查

#### 3.3.1 台风灾害监测

2016年10月18日-20日, 台风“莎莉嘉”对广西造成极大的影响, 是1949年以来10月份在广西沿海登陆的最强台风, 具有正面袭击广西、风雨范围广、局地降雨强度大的特点。极强的降雨过程导致局部地区发生渍涝灾害。为及时了解“莎莉嘉”对甘蔗种植生产的影响, 台风过后的21日上午立即对“甜蜜之光”部分园区进行了无人机遥感监测: 累计飞行6架次, 航拍区域范围2200m\*1000m, 正射影像总面积约220km<sup>2</sup>(图6); 为了高精度地提取甘蔗倒伏区域分布信息, 我们通过目视解译的方法, 分析正射影像图中甘蔗及其受灾区域的面积分布信息: 甘蔗面积总面积172km<sup>2</sup>, 调查区甘蔗以轻度-中度倒伏(蔗茎与地面夹角大于50度)为主, 倒伏面积113km<sup>2</sup>, 约占调查区甘蔗面积的65.8%, 由甘蔗倒伏细节图(图7)分析可知, 此次台风在当地主风向为北风。通

过获取的无人机影像结合地面调查, 对台风引起的甘蔗倒伏情况有了初步的了解。

#### 3.3.2 灾后恢复调查

为进一步了解甘蔗倒伏后的恢复情况及其可能影响, 技术人员于2016年11月3日, 再次对重点倒伏区域进行了无人机遥感监测, 此次监测面积约167km<sup>2</sup>。通过前后两期影像对比分析可知, 受灾区域倒伏的甘蔗已基本恢复直立状态(图8-9), 由于此次台风影响时间短, 只要继续加强田间管护, 台风对甘蔗的生长发育影响有限。

## 4 结论与讨论

(1) 利用大疆四旋翼无人机搭载CCD数码相机, 对甘蔗常见的暴雨和台风灾害进行监测和损失评估, 取得了较好的实际应用效果, 能够有效提升广西甘蔗灾害的预警监测水平。

(2) 目前, 无人机平台的载荷往模块化、小型化的方向发展, 单一的无人机平台可以按照实际需求, 搭载不同的载荷模块; 在后续的研究中, 我们利用大疆四旋翼无人机平台, 搭载多光谱相机, 对扶绥双高基地甘蔗进行了逐月定



点观测, 构建了甘蔗的无人机航拍植被指数数据集, 探讨无人机在甘蔗寒冻害和病虫害等方面的应用。

(3) 四旋翼无人机平台受制于动力、气动布局等因素, 具有航程短、速度慢、飞行时间短等缺点, 无法满足大面积的灾情监测需求; 近年来, 由于技术的进步, 复合四旋翼无人机逐渐兴起,

它综合了四旋翼飞行器的垂直起降能力和固定翼飞机的效率、速度和航程优势, 可以做到任意地点完成自动起飞和降落、自动规划航拍飞行路线, 单次飞行可以观测数十平方公里的区域, 满足大范围范围的灾情监测与评估, 是未来无人机灾情监测的发展趋势。

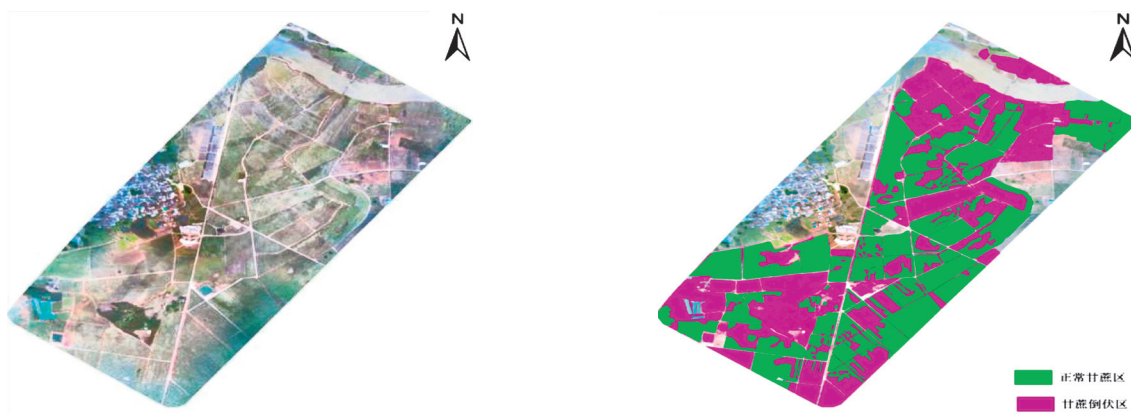


图6 航拍影像图及其地物类型识别图

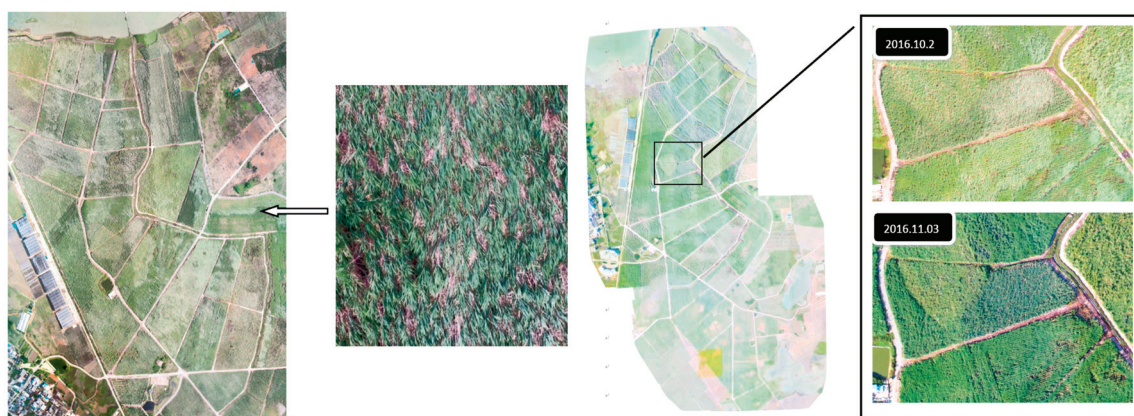


图7 甘蔗倒伏细节图

图8 2016年11月3日甘蔗倒伏恢复调查对比影像



图9 甘蔗倒伏恢复调查局部对比影像

## 参考文献:

- [1] 李代峰. 广西甘蔗种植现状和发展对策. 南宁: 广西大学, 2009.
- [2] Tao F L, Yokozawa M, Zhang Z, et al. Remote sensing of crop production in China by production efficiency models: models comparisons, estimates and uncertainties[J]. *Ecological Modelling*, 2005, 183(4): 385-396.
- [3] Blaes X, Vanhalle L, Defourny P. Efficiency of crop identification based on optical and SAR image time series[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 96(3/4): 352-365.
- [4] 徐鹏杰, 邓磊. 遥感技术在减灾救灾中的应用[J]. *遥感技术与应用*, 2011, 26(4): 512-519.
- [5] 雷添杰, 李长春, 何孝莹. 无人机航空遥感系统在灾害应急救援中的应用[J]. *自然灾害学报*, 2011, 20(1): 178-183.
- [6] 尹鹏飞, 尹球, 陈兴峰, 等. 无人机航空遥感技术在震后灾情调查中的应用[J]. *激光与光电子学进展*, 2010, 47(11): 130-134.
- [7] Gomez-Candon D, Castro AID, Lopez-Granados F. Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agricultural purposes in wheat[J]. *Precision Agriculture*, 2014, 15(1): 44-56.
- [8] Techy L, Schmale IDG, Woolsey CA. Coordinated aerobiological sampling of a plant pathogen in the lower atmosphere using two autonomous unmanned aerial vehicles[J]. *Journal of Field Robotics*, 2010, 27(3): 335-343.
- [9] Armstrong JQ, Dirks R D, Gibson KD. The use of early season multispectral images for weed detection in corn[J]. *Weed Technology*, 2009, 21(4): 857-862.
- [10] Torres-Sanchez J. Configuration and specifications of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for early site specific weed management[J]. *PlosOne*, 2013, 8(3): 134-149.
- [11] Lucieer A, Turner D, King D H, et al. Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to capture micro-topography of Antarctic moss beds[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2014, 27(4): 53-62.
- [12] Zarco-Tejada P J, Gonzalez-Dugo V, Berni J A J. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2012, 117(1): 322-337.
- [13] Gago J, Douthe C, Coopman R E, et al. UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture[J]. *Agricultural Water Management*, 2015, 153: 9-19.
- [14] 刘远国, 郑传伟. 影响扶绥县甘蔗种植的主要气象灾害及防御对策[J]. *安徽农学通报(下半月刊)*, 2011, 17(14): 259-261.
- [15] 张祖勋, 张剑清. 数字摄影测量学[M]. 2版. 武汉: 武汉大学出版社, 2012.
- [16] 金鼎坚, 支晓栋, 王建超, 等. 面向地质灾害调查的无人机遥感影像处理软件比较[J]. *国土资源遥感*, 2016, 28(1): 183-189.