

基于无人机遥感技术的水土保持植被恢复率提取

林成行¹, 朱首军^{1,2}, 周涛², 巴明坤², 赵宇²

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 植被恢复情况是生产建设水土保持监测的主要内容,也是生态环境恢复的重要指标。为高效精准进行植被恢复率计算,应用无人机航测影像数据,利用 ENVI 非监督分类及目视判别手段,在实现影像土地利用分类的基础上提取植被面积,以期为生产建设项目水土保持监测提供可靠的依据。结果表明:(1) 无人机在能见度较高且风速稳定天气条件下,可快速获取小区域地面高分辨率影像。(2) 无人机正射影像图在 Envi 5.1 软件非监督分类的基础上采用目视解释法可实现水土保持土地利用现状分类。(3) 通过对各地物分析剖解,在目视判决准则下可划分植被并提取植被面积。(4) 利用无人机获取试验区域的正射影像图,其水平精度可达 0.2 m。高精度无人机遥感数据可用于小范围生产建设项目水土保持土地利用分类及植被恢复分析。

关键词: 无人机; 遥感; 土地利用分类; 林草植被恢复率

中图分类号: V279⁺.2; P231.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)06-0211-05

DOI:10.13869/j.cnki.rswc.2018.06.031

The Extraction of Vegetation Recovery Rate in Soil and Water Conservation Based on the Technology of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Remote Sensing

LIN Chenghang¹, ZHU Shoujun^{1,2}, ZHOU Tao², BA Mingkun², ZHAO Yu²

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Vegetation restoration is the main aspect of soil and water conservation monitoring, and is the important indicator of ecological environment restoration. Vegetation area was extracted on the basis of image land use classification to efficiently and accurately calculate vegetation restoration rate, provide a reliable basis for soil and water conservation monitoring by using UAV aerial survey image data, unsupervised classification and visual discrimination method of ENVI. The result shows that: (1) UAV can quickly obtain high resolution images of the small areas with high visibility and stable wind conditions; (2) UAV orthophoto map can be used to classify land use status of water and soil conservation on the basis of unsupervised classification of Envi 5.1 software; (3) based on the analysis of objects in various regions, vegetation can be divided and vegetation area can be extracted in visual judgement criterion; (4) the horizontal precision of the orthophoto map of the test area obtained by using the UAV can reach 0.2 m resolution. High precision data obtained from UAV remote sensing can be used for land use classification and vegetation restoration analysis in small scale of soil and water conservation projects.

Keywords: UAV; remote sensing; land use classification; vegetation recovery rate

植被建设工程是生产建设项目水土保持的一项重要措施,也是生产建设项目水土保持监测的重要内

容。监测工作中林草植被恢复率计算,关键就是植被面积的获得。传统的植被面积统计方法一是利用卫星

收稿日期:2018-03-15

修回日期:2018-04-14

资助项目:陕西省水土保持地方标准修编项目“《陕西省水土保持工程施工监理技术规程》编”(K4030216162)

第一作者:林成行(1992—),男,广东省潮州人,硕士研究生,主要研究方向为水土保持工程。E-mail:1014176991@qq.com

通信作者:朱首军(1965—),男,陕西省杨凌人,博士,副教授,硕士生导师,主要从事水土保持工程、小流域综合治理等方面的教学科研工作。E-mail:zhushoujun@nwsuaf.edu.cn

影像提取植被面积,二是用全站仪实地测量,但两者均存在一定的缺陷。卫星影像一般适用于大范围植被面积的提取,对于生产建设项目水土保持的植被计算,其面积较小,影像资料分辨率不高,满足不了水土保持监测工作的精度要求;全站仪实测虽然精度较高,但费时费力。与传统方法相比,无人机具备快速高效、机动灵活、精细准确、适用范围广、影像实时传输等重要特点^[1-2],在小区域快速获取高分辨率影像方面具有明显优势。研究表明,无人机航拍影像可用于植被面积提取,使用无人机技术作为植被面积计算的新手段,可以改变项目监测过程中技术和资料限制,能有效弥补传统计算方法的诸多不足^[3]。因此,可利用无人机影像代替传统的遥感影像应用生产建设项目监测工作中^[4]。

小型无人机遥感影像的拼接方法和技术已成熟,高精度的正射影像图广泛用于土地利用分类研究^[5],韩文霆等^[6]以无人机正射影像为研究对象采用面向对象法提取不同土地利用类型。但目前鲜有基于无人机遥感影像的高精度植被面积提取,并且由于无人机电载重有限,只能搭载真彩色数码相机,所获取影像波段较少,影响了植被的识别及分类^[7]。因此本次研

究在正射影像图提取土地利用分类的基础上,采用计算机和人工目视解译结合的方法,将影像上较难被精准分类的植被在高精度的正射影像上直接矢量化,绘制出不同种类植被的分界线,统计出植被的现状信息,最终实现植被面积的提取。

1 材料与方法

1.1 仪器准备

针对小范围区域进行低空快速摄影需求,本次试验采用大疆精灵 4 并搭载 FC330~3.6 相机,获取无人机航摄图像。

1.2 研究区概况

试验区选择渭南市合阳县水土保持示范园,地理范围为东经 110.1389°—110.1429°,北纬为 35.2487°—35.2538°,研究区面积为 11.81 hm²。在水保分析中,常用植被分类包括有林地、灌木林地和草地等。根据研究目标,以绿化率高的地块为依据,选择植被丰富的示范园核心区。植被组成包括乔木林地、灌木林地、草地。其余地类包括交通用地、设施用地及其他土地。具体分类见表 1。

表 1 土地利用类型统计

一级类	二级类	影像特征
林地	常绿乔木林地	色调呈棕色或红色,以片状或条状分布,周围有灌木林地或草地,形状规整,主要树种包括雪松、女贞、广玉兰等常绿乔木树种
	落叶乔木林地	色调呈淡白色或淡灰色、枝干明显、底部有环形树穴,与灌木林地交错或分散在草地上,周围或有枯落叶层,主要树种为槐树、苦楝
	灌木林地	色调呈深棕色或黑色,以片状密集分布,纹理较林地粗糙,周围为草地或有乔木夹杂其中,主要树种为黄杨、紫叶小檗、铺地柏等
草地	高覆盖草地	色调呈绿色,纹理较为光滑
	低覆盖草地	色调呈浅灰色或青色,纹理较为粗糙
交通用地	砌砖步道	色调呈黄褐色,颜色均匀,边界清晰
	水泥步道	色调呈灰黑色,图斑特征明显,较砌砖步道宽
设施用地	广场	色调呈白色或灰白色,以步道作为边界与林地相隔
	台阶	色调呈灰白色,与广场相接,有明显阶梯状纹理
其他土地	沙地	色调呈亮白色,数量较少,分布于林地与空闲地之间
	空闲地	色调呈红褐色,为平整后裸地,有明显边界

1.3 数据处理

(1) 飞行实施。选定天气晴朗且风速稳定的日

子飞行,根据天气状况手动设置飞行参数,飞行参数设置见表 2。

表 2 飞行参数

航拍高度	航拍角度	航向重叠度	旁向重叠度	曝光时间	光圈值	ISO 速度
120 m	镜头 90°向下	65%	60%	1/800 秒	f/2.8	ISO-100

为保证成像质量,防止研究区边缘成像扭曲模糊,本次飞行增加研究区周边辐射区补拍(距离研究区边界约 100 m 范围内区域)。本次试验飞行总时

长 25 min,共获取影像数据 291 张,剔除不合格影像数据 7 张。

(2) 正射影像图制作。无人机航拍正射影像制

作软件采用 Agisoft Photoscan^[8-9],地理坐标系采用 WGS-84,投影坐标系采用高斯投影(Gauss-Kruger)即 Xian 3 Degree GK CM 111 E。

本次试验主要通过正射影像平面投影进行植被面积提取,需对正射影像平面精度进行验证,由于无人机搭载非量测相机,正射影像的建立是通过软件对航拍影像进行空三解算生成^[10]。其中地面像控点是至关重要的一环,不论是控制点的分布还是数量都将直接影响到正射影像的解算精度。

像控点布设应该考虑点位清晰、周围环境空旷无遮挡,易于辨别,地表起伏不大。试验以制作 1:2000 正射影像图为依据,共选取像控点 5 个,利用 RTK 对其精度进行检查。结果表明,其平面平均中误差为 0.231 5 m,根据《1:500 1:1000 1:2000 地形图航空摄影测量外业规范》(GB/T7931~2008)规定,满足 ≤ 0.5 m 中误差精度要求。

2 结果与分析

2.1 正射影像图裁剪

利用 Envi Classic 影像裁剪功能得到想要的研究区,然后对该研究区进行分析。影像裁剪包括空间裁剪和波谱裁剪,其中空间裁剪又包括按行列号、影像、地理坐标、文件、感兴趣/矢量、滚动窗口的裁剪。试验采用的是按矢量边界进行不规则裁剪。以无人机航拍制作的由 4 个波段组成的正射影像图作为数据源,即原始的遥感图像(图 1),以波段 3,2,1 模拟真彩色图像合成 RGB 进行显示^[11]。图 1 成像效果总体偏暗,这是由于在航拍过程中,考虑到光照变化对成像质量的影响,飞行实施采取低曝光手动相机模式。一是降低了航拍对光照的依赖,二是防止成像过程中由于光照变化导致色彩不均匀现象,三是尽量减少地物阴影的形成,从而提高分类精度。(1) 最优裁剪边界。图像裁剪的意义在于提取研究所需区域,去除非关键区域的影响。裁剪部位需满足以植被为主,同时具备多种地类作为对比。裁剪的界限以明显的地物特征作为识别依据,裁剪的结果应有利于后期地物分类及面积提取。根据研究目的,以道路作为边界,选择植被集中区域作为裁剪对象。(2) 绘制矢量边界。图像的土地利用分类及面积提取是建立在图像包含矢量数据的前提下。裁剪的关键在于利用矢量图层对原有影像进行分割,即对裁剪边界进行矢量化。本次试验通过对正射影像图绘制矢量多边形,并对多边形矢量化,生成矢量化文件。(3) 生成感兴趣

区域(ROI)。将研究对象转化为感兴趣区,有利于减少图像处理时间并提高裁剪精度。若要利用矢量文件完成裁剪,则需要将矢量文件转换为感兴趣区(需要裁剪的区域),最后才能输出裁剪图像(图 2)。

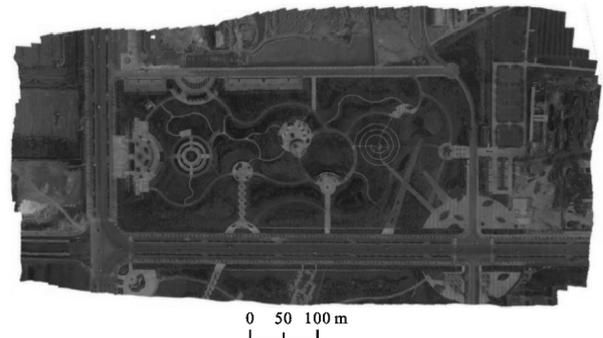


图 1 原始正射影像图

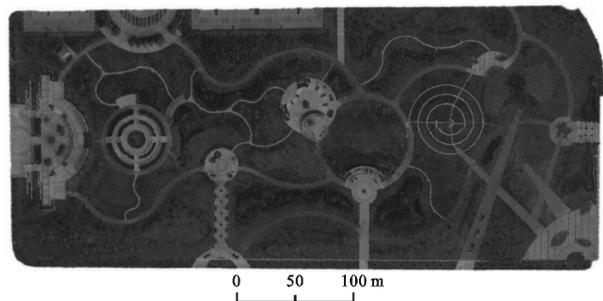


图 2 裁剪后正射影像图

2.2 非监督分类及分类结果合并

(1) 非监督分类。非监督分类是目视判别的基础,以颜色参数作为鉴别依据,呈现出图像光谱的异质性。本次非监督分类采取 IsoData 算法(迭代自组织数据分析技术),计算正射影像图数据空间中均匀分布的类均值,然后用最小距离技术将剩余像元进行迭代聚合,每次迭代都重新计算均值,且根据新均值,对像元进行再分类。对于小范围区域的非监督分类效果以分辨率 ≤ 0.5 m 为优,采用 0.2 m 分辨率正射影像即可识别大部分地类^[12],且可在较高精度下提取植被面积。具体参数设置见表 3。

表 3 IsoData 算法参数设置

分类数量	5~15
迭代次数	20
阈值	5%
最小像素	1
最大分类标准差	1
最小分类距离	5
最大合并数	2

(2) 分类结果合并。分类数量设为 5~15 时,分类像素较小,图像像元较为零碎,同一类型地类存在多种分类结果,见图 3。由于非监督分类在图像识别过程中仅依

靠影像上不同类地物光谱信息进行特征提取,对于细小像元颜色差异较为敏感。一般情况下,同一地类在成像上存在多种光谱信息,这是造成识别困难的重要原因。对多种分类结果进行合并,有利于缩小分类结果差异,提高目视识别判读准确性^[13]。

对分类结果(图 3)进行合并,同一类型地类归为单一地类。如乔木林地、灌木林地、草地可合并为绿地,其余合并地类(表 4)包括步道、广场以及空闲地。分类图像经合并后已可以较为清晰分辨出地物轮廓,合并结果如图 4 所示。

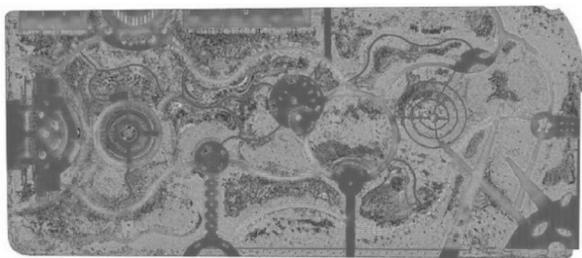


图 3 非监督分类结果

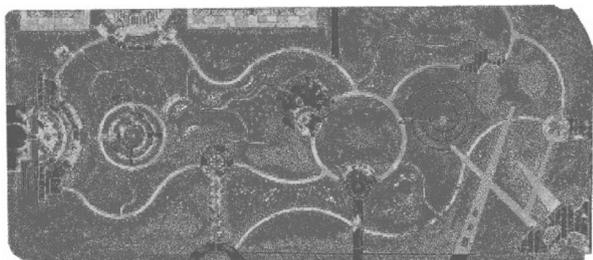


图 4 土地利用分类结果合并

表 4 土地利用分类结果合并过程

非监督分类	图例	合并结果	地类类型
灌木		→ 绿地	植被
乔木		→ 绿地	植被
草地		→ 绿地	植被
草地		→ 绿地	植被
水泥步道		→ 步道	交通用地
砌砖步道		→ 步道	交通用地
广场		→ 广场	设施用地
空闲地		→ 空闲地	其他土地
草地		→ 绿地	植被

2.3 分类结果编辑及输出

分类结果中植被总体呈现为绿色,但由图 4 仍可以看出少数非植被地类掺杂其中,这在分类过程中属于错分、漏分的像元,表现为色彩斑驳且不均匀。这是由于原始影像在经过分类结果合并后,土地利用分类结果存在同物异谱及异物同谱现象,分类结果(如绿

地)识别差异较大,很难接近实际分类效果。这里的原因有自动分类算法的问题,也有实际光谱的问题。所以,分类合并结果还应该在人机交互下目视识别进行修改^[14],最终才得到想要的结果。

对于上述分类结果,利用目视判别准则,对局部错分、漏分的像元,可以进行手动修改。本次试验以明显的绿地界限对相邻地类进行区分(图 5),并将一定范围内像元并入其他一种地类中,逐步细化分类过程中的差异。试验区域分类样本主要为四大类,即植被、设施用地、交通用地和其他土地。在目视判读过程中,除了考虑地物的光谱特性,还要考虑地物所处的位置、形态特征等因素,从而避免误判或由界线不清造成的不利影响,得到较准确的判读结果。

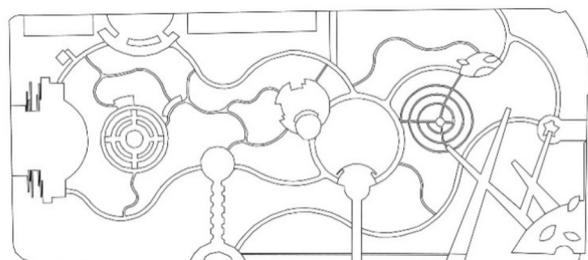


图 5 目视识别及勾划

2.4 数据统计与计算

(1) 数据统计。在分类结果编辑时,集中的植被基本可以正确划分,非成片植被利用不规则条状或点状图形进行划分。对于数量较少的零碎植被,在不影响总体植被面积的前提下,可纳入相邻地类。其余地类依据地物特征进行划分。根据分类编辑结果及实测结果(图 6)统计出各种地类的面积以及所占比例,见表 5。

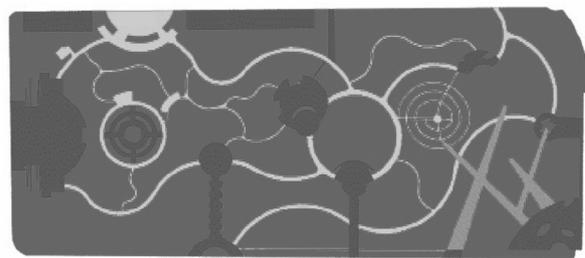


图 6 利用目视解释编辑分类结果

表 5 分类编辑结果统计

统计方法	地类	植被	交通用地	设施用地	其它土地
分类统计结果	图例				
	面积/m ²	89970	9725	18550	2913
	百分比/%	74.26	8.03	15.31	2.40
实测结果	面积/m ²	86870	9898	18392	2980
	百分比/%	73.53	8.38	15.57	2.52

(2) 林草植被恢复率计算。可恢复植被面积是通过分析论证确定的可以采取植物措施的面积,不含国家规定的应恢复农耕的面积。即本次研究区域可恢复植被面积应不包括原有硬化面积及小部分水域面积,在计算时不考虑原占地类型为农地以及无法实施植物措施的区域。本次可恢复植被面积主要通过现场核查、实地调查得出。

林草植被恢复率是指项目建设区内,林草类植被面积占可恢复林草植被面积的百分比。项目建设区内可恢复林草植被的面积为 93 223 m²,植被实际恢复面积 86 870 m²,详细结果见表 6。

表 6 林草植被恢复率计算结果

可恢复植被 面积/m ²	林草植被 恢复率/%	实测林草植被 恢复率/%	误差/ %
93223	96.51	93.19	3.32

3 结论与讨论

3.1 结论

(1) 本文以合阳县水保示范园作为监测项目典型案例,从无人机航拍、遥感数据分析、水土保持基本信息提取 3 个方面,分析该技术的操作性及效果。监测结果与实际计量结果相比,误差小于 10%,满足水土保持监测相关要求。此外,除植被面积,其余地类面积计算同样适合于生产建设项目水土保持监测过程。

(2) 无人机航拍结合 Envi 分类方法可将复杂繁琐的室外工作转变为高效便捷的室内工作,实现水土保持基本信息获取、分析的自动化,使监测工作精度和效率的提高成为可能,极有可能成为今后水土保持监测工作技术发展方向。

(3) 分类方法采用非监督分类,分类过程中存在同物异谱及异物同谱现象,增加了土地利用分类识别难度,导致需要进行大量的人工目视识别和分析,才能得到可靠的分类结果。

(4) 相比较无人机在水保方面应用的前期类似试验,本文一是在利用正射影像土地利用分类的基础上,对水保难以提取的植被面积进一步细化且提高了精度,二是将以往用于大范围区域的非监督分类用于小范围水土保持监测的信息获取。

3.2 讨论

(1) 提取植被恢复率与实际相比,误差为 3.32%。

比较图 6 与原正射影像图发现,在实际植被中,树冠覆盖面积与周围地类存在重叠现象(如树冠投影覆盖了道路),而分类过程中未对此部分面积进行筛选剔除,这是造成误差的重要原因。如何细化分类方法、提高分类精度将是下一步试验的关键所在。

(2) 本次试验无人机飞行参数设置比较单一,缺少其他天气因素作为变量参考。针对此问题,考虑后续试验增加多组飞行参数作为对比分析。同时 Envi 影像处理的主要功能在水土保持应用方面仍有待挖掘。

参考文献:

- [1] 马泽忠,王福海,刘智华,等. 低空无人飞行器遥感技术在重庆城口滑坡堰塞湖灾害监测中的应用研究[J]. 水土保持学报,2011,25(1):253-256.
- [2] 张养安,宋晓强,段怡红. 水土保持规划中低空遥感数据的获取及应用[J]. 水土保持通报,2017,37(5):338-341.
- [3] 汪小钦,王苗苗,王绍强,等. 基于可见光波段无人机遥感的植被信息提取[J]. 农业工程学报,2015,31(5):152-158.
- [4] 喻权刚. “3S”技术在黄土高原水土保持动态监测中的研究与实践[J]. 水土保持研究,2004,11(2):33-35.
- [5] 魏子寅. 基于无人机正射影像进行土地利用/土地覆盖分析[D]. 呼和浩特:内蒙古师范大学,2013.
- [6] 韩文鑫,郭聪聪,张立元,等. 基于无人机遥感的灌区土地利用与覆被分类方法[J]. 农业机械学报,2016,47(11):270-277.
- [7] 李宗南,陈仲新,王利民,等. 基于小型无人机遥感的玉米倒伏面积提取[J]. 农业工程学报,2014,30(19):207-213.
- [8] Agisoft PhotoScan User Manual[M]. Sankt Petersburg, Russia: Agisoft LLC, 2018.
- [9] 杨超,苏正安,马菁,等. 基于无人机影像快速估算矿山排土场边坡土壤侵蚀速率的方法[J]. 水土保持通报,2016,36(6):126-130.
- [10] 张雅文,许文盛,韩培,等. 无人机遥感技术在生产建设项目水土保持监测中的应用[J]. 中国水土保持科学,2017,2(15):132-139.
- [11] 于海洋,张飞,曹雷. 精河县土地利用/覆被变化及土地生态安全研究[J]. 水土保持研究,2017,24(6):348-353.
- [12] 韩沐汶,庄逐舟,马超,等. 基于生态绿当量的生态移民区生态效益评价[J]. 水土保持研究,2014,21(6):211-217.
- [13] 史俊凤. 生产建设项目水土保持监测的 RS 与 GIS 的应用研究[D]. 北京:北京林业大学,2016.
- [14] 赵庚星,林戈. 黄河口耕地遥感动态监测及其生态环境安全分析[J]. 水土保持学报,2004,18(2):37-40.