

doi:10. 3969/j. issn. 1671-3168. 2023. 04. 003

基于高分辨率航空遥感影像的林分因子智能识别技术研究

李琦¹, 辛亮², 孟陈³

(1. 上海市林业总站, 上海 200072; 2. 上海市测绘院, 上海 200063; 3. 景遥信息技术有限公司, 上海 201109)

摘要: 森林资源监测的数字化和智能化是未来发展的主要趋势。基于高分辨率航空、多光谱遥感数据和数字地表模型 (DSM) 等数据, 利用计算机深度学习方法, 研究乔木林小班的郁闭度、平均树高、总株数 3 项主要林分调查因子的数字化智能提取方法。结果表明, 郁闭度判读的平均准确率可达到 98.6%; 平均树高判读的平均准确率可达到 90%; 株数判读的平均准确率可达到 82.36%。

关键词: 智能识别技术; 高分辨率航空遥感影像; 林分调查因子; 自动判读

中图分类号: S771.8; TP75; TP18 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2023)04-0024-04

引文格式: 李琦, 辛亮, 孟陈. 基于高分辨率航空遥感影像的林分因子智能识别技术研究[J]. 林业调查规划, 2023, 48(4): 24-27. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.003

LI Qi, XIN Liang, MENG Chen. Intelligent Recognition Technology of Forest Stand Factors Based on High-resolution Aerial Remote Sensing Images[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(4): 24-27. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.003

Intelligent Recognition Technology of Forest Stand Factors Based on High-resolution Aerial Remote Sensing Images

LI Qi¹, XIN Liang², MENG Chen³

(1. Shanghai Forestry Station, Shanghai 200072, China; 2. Shanghai Surveying and Mapping Institute, Shanghai 200063, China; 3. Jingyao (Shanghai) Information Technology Co., Ltd., Shanghai 201109, China)

Abstract: The digitization and intelligence of forest resource monitoring is the main trend in future development. Based on high-resolution aerial, multispectral remote sensing data, and digital surface model (DSM) data, this paper studied the digital intelligent extraction method for three main forest stand survey factors, namely canopy density, average tree height, and total plant number, in the subcompartment of arboreal forest by using computer deep learning. The results showed that the average accuracy of canopy density interpretation reached 98.6%; the average accuracy of average tree height interpretation reached 90%; the average accuracy of plant number interpretation reached 82.36%.

Key words: intelligent identification technology; high-resolution aerial remote sensing images; forest stand survey factors; automatic interpretation

森林是陆地生态系统中的重要主体, 为人类提供赖以生存和发展的重要物质基础, 对人类生存和

经济社会可持续发展起着不可替代的作用^[1]。上海市是最早进行城市森林规划和建设的城市之

收稿日期: 2022-03-08; 修回日期: 2022-06-20.

基金项目: 上海市绿化和市容管理局科学技术项目 (G201209).

第一作者: 李琦 (1969-), 男, 浙江金华人, 高级工程师. 主要从事森林资源监测工作.

—^[2-3]。城市森林在固碳^[4-5]、生物多样性保护^[6]和缓解城市热岛^[7-8]等方面均具有重要作用。森林资源监测是对森林资源的数量、质量、空间分布、利用状况等现状及其动态消长变化进行观测、分析和评价的一项林业基础性工作,为实现森林资源科学管理和合理利用提供重要的基础数据保障。森林资源监测的主要工作内容之一,即是对森林资源的树种、胸径、树高、郁闭度、株数等林分因子状况进行调查。传统的人工调查方式存在着诸多不足之处,主要表现在两个方面:(1)大量的监测数据需要调查人员实地获取,工作任务繁重,人力成本高,监测效率较低;(2)监测数据的精度依赖于调查人员的专业素质和工作责任心,主观因素影响较大,监测成果的质量不稳定。随着科学技术水平的发展,无人机、激光雷达等新装备以及遥感信息自动识别、计算机深度学习等新技术已逐步在森林资源监测领域得到重视和广泛研究^[9-15]。

2020年以来,上海市林业总站联合上海市测绘院、国家林业和草原局华东调查规划院等多家单位,基于高分辨率航空遥感影像、多光谱遥感影像、数字地表模型(DSM)等数据,利用计算机深度学习方法,开展了以乔木林小班郁闭度、平均树高、总株数3项主要林分调查因子为重点研究内容之一的自动估测方法研究,以实现减少外业实地调查工作量,提高监测效率和调查精度,提升上海市森林资源监测智能化水平的目标。

1 研究区域概况

上海市地处长江入海口,位于长江三角洲以太湖为中心的碟形洼地东缘,地势低平。是一座具有世界影响力的现代化国际大都市。据上海市2020年度森林资源监测成果显示,全市森林总面积为117 258 hm²,森林覆盖率为18.49%。其中,乔木林面积为104 028 hm²,占森林总面积的75.87%。上海市森林资源具有典型的城市森林特点,全部为人工林,混交林分占比超过50%,林分组成较为复杂,其功能以生态防护或景观游憩为主,生态公益林面积占比超过80%。由于境内水网密布,道路纵横,城镇化水平高等因素影响,森林资源小班的尺度较小,细碎小班多,分布零散。全市共有各类森林资源小班约35万个,其中0.5 hm²以下小班约28.5万个,占比达81.81%。四旁树的分布在全市占有较大比重。

2 研究方法

2.1 数据源

根据上海市森林资源分布特点,本研究以2020年度森林资源监测成果数据库中乔木林小班为研究对象,基于小班现状分布及其边界范围开展郁闭度、平均树高、总株数3项主要林分调查因子的自动估测技术研究。研究采用的影像数据主要包括上海市2019年11月至2020年2月大飞机DMC III(digital mapping camera)航空遥感影像,分辨率为0.1 m,波段为RGBN(红、绿、蓝、近红外)4个波段;以及依据航空摄影测量影像通过空三解算的数字地表模型(DSM)数据(分辨率为0.1 m)。正射影像和DSM模型经布设于地面的检查点核验,平面、高程精度分别为 ± 0.12 m和 ± 0.19 m。辅助数据源为2020年第三季度高景一号卫星影像,分辨率为0.5 m。

2.2 技术路线

基于现有乔木林小班边界范围,利用本市高精度四波段航空影像提取小班内植被覆盖范围,然后利用DSM数据进行切片处理,剔除低矮植被后提取出乔木分布和冠幅信息,进而获取小班郁闭度、平均树高、总株数等林分调查因子信息(图1)。

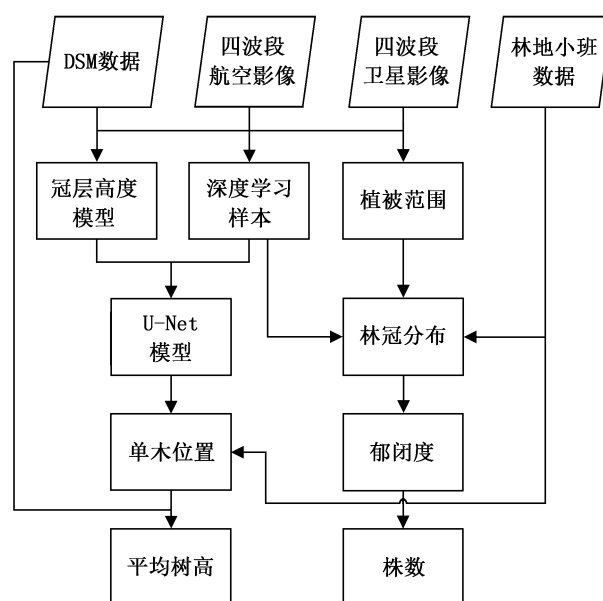


图1 技术路线

Fig. 1 Technical route

2.3 研究方法

2.3.1 郁闭度判读

郁闭度是指林木冠层的投影面积与该林分林地

总面积的比值。郁闭度准确判读的关键在于乔木层林冠范围的准确识别与提取。本研究采用归一化植被指数算法进行小班郁闭度的自动判读。

归一化植被指数是一种常用的植被提取算法,利用归一化植被指数算法可以提取小班内所有的植被信息,然后利用 DSM 点云数据,通过设置高度阈值剔除草地、农用地、绿化地表等低矮植被信息,即可获得较为准确的乔木冠层信息。由于上海市航空影像的获取时间为冬季,基于光谱信息的冠幅提取方法对落叶树种并不完全适用,判读精度不足。因此,本研究中同时利用了植被生长状态较好的夏季卫星影像来进行弥补,由于卫星传感器无法获取立体影像对,基于 DSM 数据的林冠提取方法并不适用,因此,在已有数据的基础上,通过制作林地样本,利用计算机深度学习技术提取乔木冠幅信息,进而获得了较为真实的小班郁闭度。随机选取 46 个乔木林小班,利用判读数据与人工在航片上区划产生的数据进行精度比对,结果显示,郁闭度判读的平均准确率可达 98.6%。

2.3.2 平均树高判读

平均树高是反映林分中所有林木高度平均水平的测树因子,是森林资源调查中重要的调查因子之一。基于遥感影像开展林分平均树高估测的研究方法很多^[13-15],本研究主要利用数字地表模型(DSM)点云技术进行判读。

DSM 是指包含了地表建筑物、桥梁和树木等高度的地面高程模型,能够真实地表达地面起伏情况,近年来在城市规划、林业等部门已得到较广泛应用。由于 DSM 数据记录了地表不同位置的高程信息,因此对 DSM 数据进行切片处理可得到不同高度平面上的地物信息。本研究通过 DSM 与数字高程模型(DEM)的差值得到乔木林冠层高度模型(CHM),然后利用判读获取的小班内所有乔木的单木位置,在 CHM 中自动提取小班内每株乔木的高度数据,最后汇总计算得到小班的平均树高。随机选取 46 个乔木林小班,利用判读数据与小班实地调查数据进行精度比对,结果显示,平均树高判读的平均准确率可达到 90%。

2.3.3 株数判读

根据遥感影像进行单株定位和识别是本项研究的重点和难点。最终研究确定的方法是:将遥感获得的可见光、多光谱影像和冠层高度模型(CHM)作为输入源,人工标记常绿、落叶和常绿落叶混交 3 种林分的单株乔木样本,并通过构建全卷积深度学习

U-Net 神经网络进行株数判读。U-net 神经网络通过波段组合、归一化、图像增强、交叉熵函数和 Adam 优化等算法,能够获得 U-net 模型最优参数组合,并获得单株乔木分布的概率点阵图,根据概率点阵图可以实现单株乔木识别和位置数据提取,最后根据现状小班边界范围,即可获取小班内乔木总株数。随机选取 100 个乔木林小班,利用判读数据与人工在航片上标记产生的数据进行精度比对,结果显示,株数判读的平均准确率可达到 82.36%。不同林分类型的株数识别准确率不同,主要表现为常绿林分 > 混交林分 > 落叶林分的趋势,其中,常绿林分小班的平均准确率为 90.77%,混交林分小班的平均准确率为 79.15%,落叶林分小班的平均准确率为 69.88%。

3 结 论

在小班郁闭度、平均树高的自动判读研究中,由于研究所使用的航空遥感影像及 DSM 等数据均具有较高的分辨率,再辅助以夏季卫星影像数据进行判读补充,解决了冬季树木落叶的影响,两项研究内容的自动判读结果均符合小班调查精度要求,基本实现了预期目标,证明了其研究方法的有效性。

在小班林木总株数的自动判读研究中,由于受航空遥感影像拍摄季节、树木落叶等因素影响,以及小班破碎化程度、树种组成复杂程度、林分郁闭度过高、环境影响等因素对判读精度造成的干扰,其判读结果距离小班调查精度要求仍有一定差距,说明其研究方法仍有进一步探索和改进的空间。

研究表明,基于高分辨率航空遥感影像的林分调查因子自动判读技术,能够较为快速、客观、准确地获取乔木林小班的部分主要林分调查因子,对于提高森林资源监测效率和调查精度具有重要的实践意义。由于上海市森林资源存在着林相复杂、小班尺度较小且破碎化程度高等特点,目前的试验性研究与未来大范围的实践应用之间仍存在较多不可预见性,因此,本研究工作仍有待进一步深化和拓展。

本项目的研究成果结合主要树种(组)智能识别、主要树种(组)胸径—树高关系模型研建等相关研究成果的综合运用,智能识别技术才能在上海市森林资源监管工作中得到广泛应用,提升全市森林资源监测智能化水平,实现森林资源监测技术质的飞跃。

利用本项目判读获取的小班平均树高及其它研

究获取的胸径—树高关系模型,可以换算获得小班平均胸径这项重要林分调查因子,结合判读获取的小班乔木总株数,即可自动估算出小班的林木蓄积量,从而为上海市开展林长制考核以及为实现碳中和碳达峰而开展的相关工作提供快捷而准确的数据支撑。

随着林长制在上海市的全面推行,加强对森林资源更新变化情况的实时监控必将成为各级政府和林业部门的工作重心之一。计算机智能识别技术高效的监测效率及其全面、客观、准确的判读精度,将在实施森林抚育、林相改造、林地征占用审批、森林资源灾后普查等工作中提供强有力的技术支持。

参考文献:

- [1] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001.
- [2] 达良俊,杨同辉,宋永昌. 上海城市生态分区与城市森林布局研究[J]. 林业科学,2004(4):84-88.
- [3] 宋永昌. 城市森林研究中的几个问题[J]. 中国城市林业,2004(1):4-9.
- [4] 高业林. 基于3S技术的城市森林碳汇能力研究[D]. 济南:山东建筑大学,2021.
- [5] 张桂莲. 基于遥感估算的上海城市森林碳储量空间分布特征[J]. 生态环境学报,2021,30(9):1777-1786.
- [6] 宋永昌. 城市森林研究中的几个问题[J]. 中国城市林业,2004(1):4-9.
- [7] 陈朱,陈方敏,朱飞鸽,等. 面积与植物群落结构对城市公园气温的影响[J]. 生态学杂志,2011,30(11):2590-2596.
- [8] 曹璐,胡瀚文,孟宪磊,等. 城市地表温度与关键景观要素的关系[J]. 生态学杂志,2011,30(10):2329-2334.
- [9] 陈芸芝,陈崇成,汪小钦,等. 多源数据在森林资源动态变化监测中的应用[J]. 资源科学,2004(4):146-152.
- [10] 覃先林,李增元,易浩若. 高空间分辨率卫星遥感影像树冠信息提取方法研究[J]. 遥感技术与应用,2005(2):228-232.
- [11] 张巍巍,冯仲科,汪笑安,等. 基于TM影像的林木参数提取和树高估测[J]. 中南林业科技大学学报,2013,33(9):27-31.
- [12] 张志超. 多源遥感森林资源二类调查主要林分因子估测关键技术研究及实现[D]. 西安:西安科技大学,2020.
- [13] 江志向,陈紫璇,练一宁,等. 基于航模飞行器摄影数据的森林信息提取方法[J]. 北京测绘,2017(3):153-157.
- [14] 赵芳. 测树因子遥感获取方法研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [15] 韩学锋. 基于高分辨率遥感林分调查因子的提取研究[D]. 福州:福建师范大学,2008.

责任编辑:许易琦