

# Research on the extraction of single tree crown width of UAV remote sensing images based on U<sup>2</sup>-Net semantic segmentation model

Fuquan Wang

Heilongjiang Lanyi Mechanical and Electrical Equipment Sales Co., Ltd., Harbin, Heilongjiang, 150076, China

## Abstract

With the widespread application of drone technology in remote sensing, efficient and accurate extraction of single tree crown width targets from drone remote sensing images has become a research hotspot. This study introduces the U<sup>2</sup>-Net semantic segmentation model to explore in depth the extraction of single tree crown width in unmanned aerial vehicle remote sensing images. The experimental results show that the U<sup>2</sup>-Net model performs well in the study of single tree crown extraction from unmanned aerial vehicle remote sensing images, with an accuracy of 100% and a recall rate of 95.4%. Compared with other deep learning segmentation models, the U<sup>2</sup>-Net model has better detail capture ability and robustness, and can better cope with complex scenes and lighting changes in drone images. This study provides reliable technical methods and reference basis for the use of unmanned aerial vehicle remote sensing images in forest resource investigation, monitoring, and management.

## Keywords

Crown width extraction; UAV; U<sup>2</sup>-Net semantic segmentation

# 基于 U<sup>2</sup>-Net 语义分割模型的无人机遥感影像单木冠幅提取研究

王福权

黑龙江澜亿机电设备销售有限公司, 中国·黑龙江 哈尔滨 150076

## 摘要

随着无人机技术在遥感领域的广泛应用,运用无人机遥感影像高效准确地提取单木冠幅成为新的研究手段。本研究采用 U<sup>2</sup>-Net 语义分割模型,对无人机遥感影像中的单木冠幅提取情况展开深入探讨。研究表明,U<sup>2</sup>-Net 模型在无人机遥感影像单木冠幅提取研究中表现出色,准确率为 100%、召回率为 95.4%;与其他深度学习分割模型相比,U<sup>2</sup>-Net 模型具有更好的细节捕捉能力和鲁棒性,能够更好应对无人机影像中复杂的场景和光照变化。该研究为无人机遥感影像在森林资源调查、监测和管理,提供了可靠的技术方法。

## 关键词

冠幅提取;无人机;U<sup>2</sup>-Net 语义分割

## 1 引言

单木冠幅是评估树木生长状况、森林结构和生态功能的重要指标之一。随着无人机遥感技术和高分辨率卫星遥感技术的广泛应用<sup>[1]</sup>,森林资源监测取得了显著进展<sup>[2]</sup>。无人机遥感技术因受限于传感器精度、复杂的森林环境以及影像处理方法等因素,对于单木冠幅提取的准确性仍有待提高<sup>[3]</sup>。邱琳等<sup>[4]</sup>提出基于多尺度光谱角制图的遥感图像单木树冠提取方法,精度提取在 80% 以上。金忠明等<sup>[5]</sup>提出基于 U-Net 和分水岭算法的无人机单木树冠提取方法,单木树冠面积和

冠幅的精度分别为 81.05% 和 89.94%;陈日强等<sup>[6]</sup>提出无人机机载激光雷达提取果树单木树冠信息,树冠轮廓提取准确率为 86.39%。这些研究虽然在冠幅提取上取得了一定进展,但对于树冠轮廓的捕捉细节和提取精度还有待提高。本文运用 U<sup>2</sup>-Net 模型对无人机遥感影像单木冠幅提取,减少非树冠部分对提取的干扰,有更好的树冠细节捕捉能力和良好的鲁棒性,进而提高提取结果的精度。

## 2 材料与方法

### 2.1 影像数据采集

本研究选择嫩江高峰森林公园区内红皮云杉为研究对象,通过无人机遥感技术获取图像数据。于 2022 年 6 月 10

【作者简介】王福权(1974-),男,中国黑龙江哈尔滨人,硕士,中级,从事森林资源调查理论研究。

日,使用搭载了4/3 CMOS哈苏相机的大疆御3水平避障无人机采用手动单次模式拍摄,飞行高度大约为20m,空间分辨率约为0.4m,共计获取100张影像资料。

## 2.2 无人机影像数据预处理

从采集到的无人机遥感数据中选取尽可能体现树木生长差异性和树冠形状多样性的35张RGB原始图像,尺寸统一调整为 $512 \times 512$ 像素图像作为数据集。随机将整个数据集的10%划分为测试样本集,剩余90%划分为训练样本集,两部分之间不相互重叠。训练样本和测试样本中的每张图片都有对应的二值标注图像。鉴于红皮云杉树冠图像库匮乏,本研究中的二值标注图像是利用Labelme注释软件人工标注完成图像中各种目标边界的定位并保存图像<sup>[7]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 实验结果

将图像数据集输入U<sup>2</sup>-Net网络语义分割模型中,并将U<sup>2</sup>-Net网络提取到的掩膜与对应的原始无人机遥感红皮云杉树冠图像叠加,得到树冠轮廓。IMG表示红皮云杉树冠图像,U<sup>2</sup>-Net分割结果表示U<sup>2</sup>-Net网络语义分割模型提取的云杉树冠轮廓,IMG与U<sup>2</sup>-Net叠加表示IMG云杉树冠图像与U<sup>2</sup>-Net网络语义分割模型提取的云杉树冠轮廓叠加。

### 3.2 树冠提取结果分析

为了验证提取冠层结果的准确性,应用准确率 $A_d$ 和召回率 $A_r$ 作为算法精度检验的指标。公式(3-1)同(3-2)表示准确率和召回率。

$$A_d = \frac{N_c}{N_d} \quad (3-1)$$

$$A_r = \frac{N_c}{N_r} \quad (3-2)$$

在这里, $N_c$ 代表算法提取的正确单木冠幅轮廓, $N_d$ 代表算法提取的单木冠幅轮廓, $N_r$ 手工绘制的单木冠幅轮廓。对样本集中的10张典型云杉树冠图像进行分割,得到U<sup>2</sup>-Net网络模型的分割掩膜。制作U<sup>2</sup>-Net网络分割结果图。其中包含原始图片IMG、掩膜图片、IMG与U<sup>2</sup>-Net叠加图片。对比五张图像的可视化,得到基于U<sup>2</sup>-Net网络对云杉树冠分割结果的两个精度分析值,并对两个精度分析值取平均值,得到基于U<sup>2</sup>-Net语义分割模型的云杉树冠提取平均精度值。

本文应用U-Net与U<sup>2</sup>-Net两种网络模型提取的云杉单木冠幅图像轮廓来比较分析提取的精度,应用Labelme注释标签为比较依据对比试验结果(如图2)。

将两种网络模型提取的云杉树冠轮廓结果对比发现,U<sup>2</sup>-Net模型的提取平均精度最高,平均准确率分别为100%,平均召回率为95.4%;与云杉实际冠幅形状最接近。

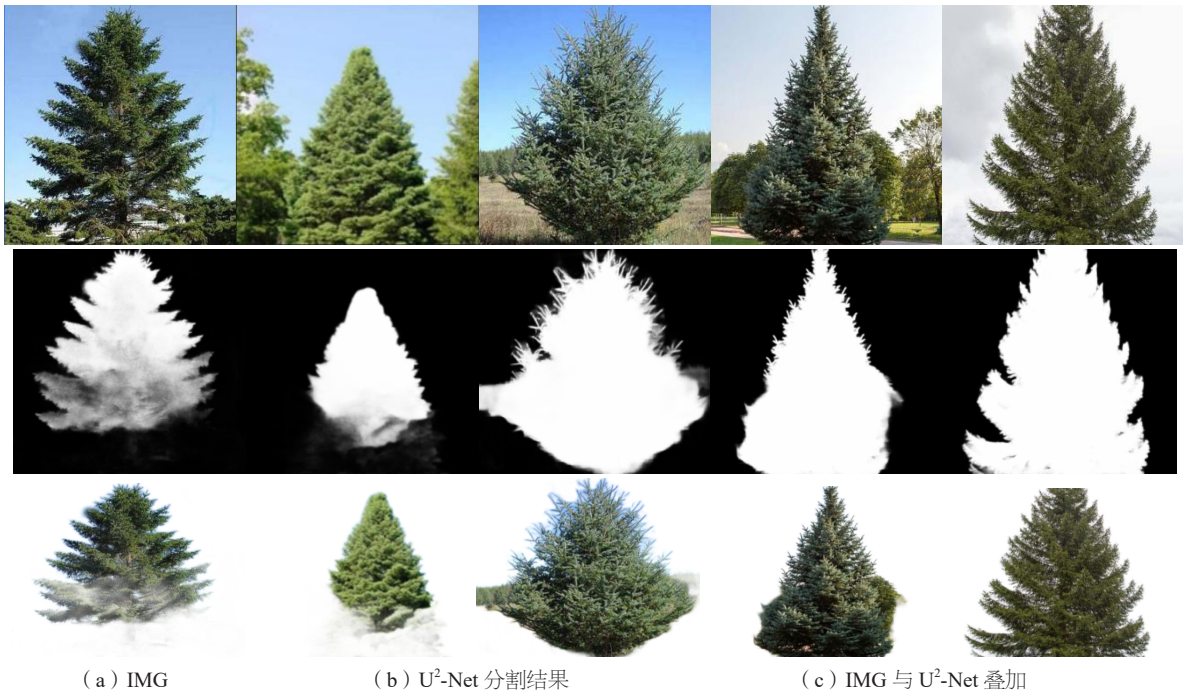
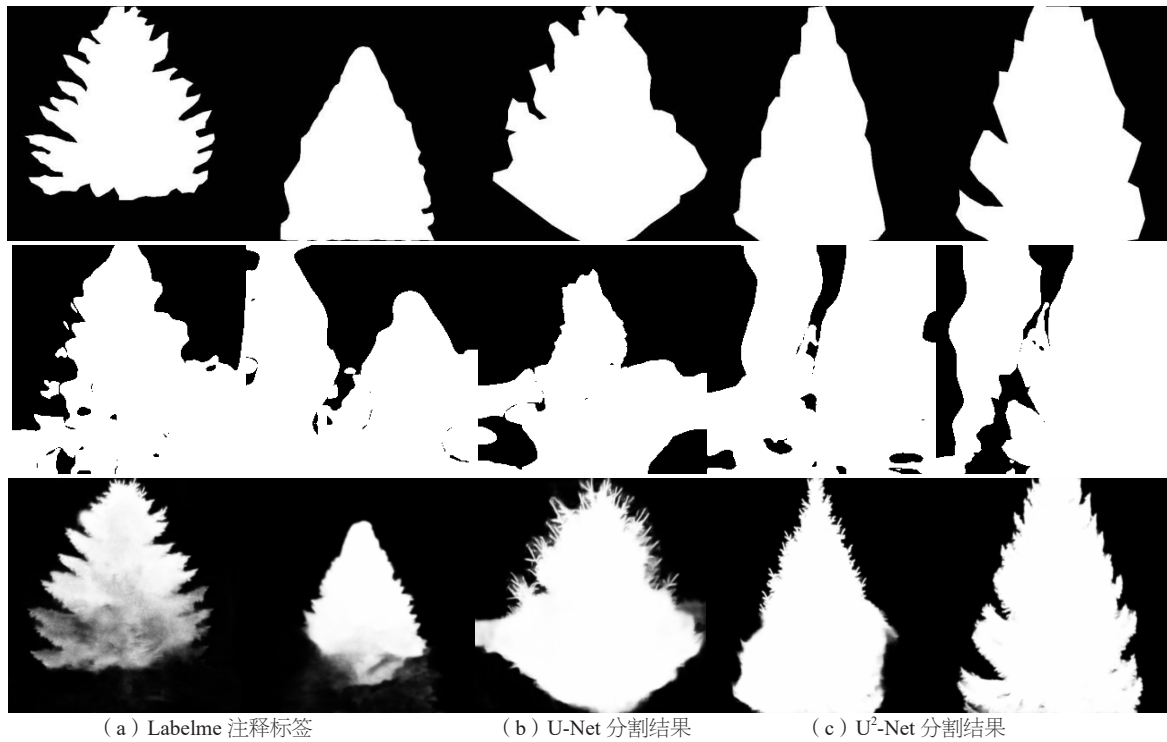


图1 U<sup>2</sup>-Net网络分割结果图

图2 U<sup>2</sup>-Net 分割精度对比图

## 4 结论

本文通过运用基于 U<sup>2</sup>-Net 网络语义分割模型的提取方法,对通过无人机获取的红皮云杉树遥感图像进行单木冠幅提取,并获得了很好效果。通过对比看到了 U<sup>2</sup>-Net 模型具有更好的细节捕捉能力和鲁棒性,为实现一种更加高效、准确和科学的单株冠幅提取提供了新的思路和方法。通过本文红皮云杉树冠提取实验未来期望做到以下改进:

(1) 从实验数据来看,本文选取的无人机红皮云杉图像只限于一个研究区域,数据来源单一,未来的研究中将采用通过设置多个研究区域,采集各式各样的树冠图片数据,增加测试数据量,不断采用更先进的无人机数据采集设备,不断增加测试数据图像的清晰度。

(2) 随着不断研发出精度更高的图像深度学习分割方法,我将探索使用更先进的算法和网络架构;使用更大区域的多样化显著对象数据集来训练,以获得更精确和更健壮模型,提高树冠提取精度。

## 参考文献

- [1] 路宽,余振维,王圣先.无人机遥感在森林资源监测中的应用[J].低碳世界,2017(34):355-356.
- [2] 林国敏,刘继庚,邓仕雄,等.面向对象的喀斯特地区地表景观遥感信息提取[J].科技创新与生产力,2023,40(02):67-73.
- [3] 冯静静,张晓丽,刘会.基于灰度梯度图像分割的单木树冠提取研究[J].北京林业大学学报,2017,39(03):16-23.
- [4] 邱琳,刘敏,王磊.基于多尺度光谱角制图的遥感图像单木树冠提取方法[J].安徽农业科学,2022,50(21):119-125.
- [5] 金忠明,曹姗姗,王蕾,等.基于U-Net和分水岭算法的无人机单木树冠提取方法[J].西北林学院学报,2020,35(06):194-204.
- [6] 陈日强,李长春,杨贵军,等.无人机机载激光雷达提取果树单木树冠信息[J].农业工程学报,2020,36(22):50-59.
- [7] 吉江燕,方挺.基于Labelme的参考图像的手工分割[J].微型机与应用,2015,34(17):49-51+56.
- [8] Xuebin Qin,Zichen Zhang,Chenyang Huang,et al.U<sup>2</sup>-Net: Going deeper with nested U-structure for salient object detection[J]. Pattern Recognition,2020,106(C):107404.
- [9] SENWEI LIANG,YUEHAW KHOO,HAIZHAO YANG.Drop-Activation:Implicit Parameter Reduction and Harmonious Regularization[J].应用数学与计算数学学报,2021,3(2):293-311.
- [10] Saining Xie,Zhuowen Tu.Holistically-Nested Edge Detection[J]. International Journal of Computer Vision,2017,125(1-3):3-18.
- [11] 陈其浩,孙林,张倩.基于改进U<sup>2</sup>-Net的透明件划痕检测方法[J].科学技术与工程,2022,22(02):620-627.