

Xây dựng chương trình hỗ trợ phát hiện và thống kê cây xanh HCMUNRE_TreeVision1 từ ảnh UAV sử dụng Deep Learning

Developing a program to support the detection and statistical analysis of trees: HCMUNRE_TreeVision1 from UAV images using Deep Learning

> **THS NGUYỄN HỮU ĐỨC, THS NGUYỄN VĂN TUẤN***

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh

*Email: nvtuan@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT

Sự phát triển của công nghệ máy bay không người lái (UAV) và trí tuệ nhân tạo đã mở ra nhiều cơ hội trong giám sát tài nguyên rừng, quản lý cây xanh đô thị và nông nghiệp chính xác. Nghiên cứu này trình bày quá trình xây dựng phiên bản đầu tiên của chương trình HCMUNRE_TreeVision - một công cụ hỗ trợ tự động phát hiện và thống kê cây xanh từ ảnh UAV sử dụng mô hình DeepForest. Chương trình được phát triển bằng ngôn ngữ Python với giao diện đồ họa (GUI), cho phép người dùng xử lý hàng loạt ảnh UAV, tự động phát hiện vị trí cây, thống kê số lượng cây, tính toán diện tích tán cây dựa trên vùng bao (bounding box), xuất dữ liệu dưới dạng CSV, GeoJSON và xuất các biểu đồ thống kê và phân tích. Kết quả thực nghiệm cho thấy chương trình có khả năng xử lý nhanh tập dữ liệu UAV và cung cấp các thông tin hỗ trợ hiệu quả cho công tác nghiên cứu và quản lý cây xanh.

Từ khóa: Máy bay không người lái (UAV); học sâu; DeepForest; phát hiện cây; thị giác máy tính; phân tích lâm nghiệp.

ABSTRACT

The development of unmanned aerial vehicle (UAV) technology and artificial intelligence has opened up many opportunities in forest resource monitoring, urban green space management and precision agriculture. This study presents the process of building the first version (Version 1) of the HCMUNRE_TreeVision system - a tool that supports the automatic detection and statistical analysis of trees from UAV images using the DeepForest model. The system is developed in Python with a graphical user interface (GUI), allowing users to process batches of UAV images, automatically detect tree locations, statistically analyze the number of trees, calculate canopy area based on the bounding box, export data in CSV and GeoJSON formats and generate analytical graphs. Experimental results show that the system is capable of quickly processing UAV datasets and providing effective information to support research and management of green spaces.

Keywords: UAV; deep learning; DeepForest; tree detection; computer vision; forestry analytics.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ảnh chụp từ UAV đã trở thành nguồn dữ liệu quan trọng trong lĩnh vực quản lý tài nguyên thiên nhiên, lâm nghiệp và quy hoạch đô thị. So với các phương pháp khảo sát truyền thống, UAV cho phép thu thập dữ liệu nhanh chóng, chi phí thấp và đạt độ phân giải không gian cao [1, 10].

Song song với sự phát triển của UAV, các phương pháp học sâu (Deep Learning) đã chứng minh hiệu quả vượt trội trong các bài toán nhận dạng và phát hiện đối tượng từ ảnh viễn thám [3, 4]. Trong lĩnh vực lâm nghiệp, nhiều nghiên cứu đã tập trung vào việc phát hiện tán cây cá thể từ ảnh RGB có độ phân giải cao nhằm hỗ trợ công tác kiểm kê rừng và quản lý tài nguyên thiên nhiên [1, 2].

Tuy nhiên, việc phân tích thủ công số lượng lớn ảnh UAV đòi hỏi nhiều thời gian và nhân lực. Do đó, việc ứng dụng các mô hình học sâu nhằm tự động phát hiện và thống kê cây xanh đang trở thành hướng nghiên cứu được quan tâm rộng rãi.

Mục tiêu của nghiên cứu là xây dựng một công cụ hỗ trợ: Tự động phát hiện cây trên ảnh UAV, thống kê số lượng cây, tính toán diện tích tán cây, xuất dữ liệu phục vụ nghiên cứu GIS, trực quan hóa kết quả bằng các biểu đồ phân tích.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ THIẾT KẾ CHƯƠNG TRÌNH

2.1. Phát hiện đối tượng bằng Deep Learning

Phát hiện đối tượng (Object Detection) là bài toán xác định vị trí và phân loại các đối tượng xuất hiện trong ảnh. Các mô hình hiện đại như YOLO, Faster R-CNN và Mask R-CNN đã đạt được hiệu năng cao trên nhiều bộ dữ liệu chuẩn [3, 4, 8].

Một mô hình phát hiện đối tượng thường trả về: Tọa độ vùng bao (Bounding Box), nhãn đối tượng, độ tin cậy dự đoán (Confidence Score).

Trong nghiên cứu này, đối tượng cần phát hiện là các cá thể cây xanh xuất hiện trong ảnh UAV.

2.2. Mô hình DeepForest

DeepForest là mô hình học sâu được phát triển chuyên biệt cho bài toán phát hiện tán cây từ ảnh viễn thám có độ phân giải cao [1, 2].

Mô hình được huấn luyện trên các tập dữ liệu lâm nghiệp quy mô lớn và có khả năng nhận diện: Cây rừng, cây đô thị, các khu vực có mật độ cây cao [2].

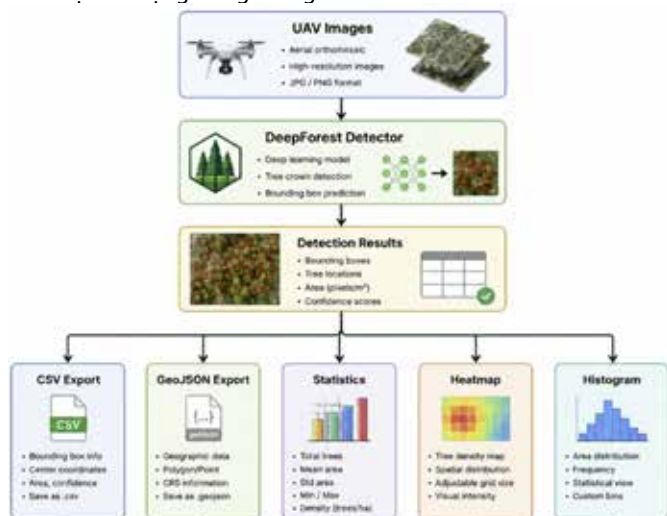
DeepForest thực tế là một framework + pretrained model dùng để: Detect từng cây trong ảnh UAV, trả về bounding box cho từng tán cây, ước lượng vị trí + kích thước cây.

Ưu điểm của DeepForest: Không yêu cầu huấn luyện lại đối với nhiều trường hợp phổ biến, phát hiện được cây riêng lẻ, dễ triển khai, hoạt động tốt trên ảnh UAV RGB, đặc biệt với UAV phân giải cao.

2.3. Thiết kế chương trình

2.3.1. Kiến trúc tổng thể chương trình

Chương trình được xây dựng theo kiến trúc mô-đun nhằm tạo điều kiện mở rộng trong tương lai.



Hình 1. Kiến trúc tổng thể của chương trình phát hiện, thống kê cây xanh từ ảnh UAV

Kiến trúc này cho phép thay thế mô hình phát hiện trong tương lai mà không cần thay đổi các thành phần phân tích dữ liệu.

Trong nghiên cứu này, mô hình DeepForest phiên bản tiền huấn luyện được sử dụng làm bộ phát hiện cây chính. Kết quả phát hiện bao gồm tọa độ xmin, ymin, xmax, ymax và confidence score cho từng đối tượng cây [2].

Ngoài ra, hệ thống được thiết kế mở để có thể tích hợp các mô hình phát hiện và phân đoạn hiện đại như YOLOv8 Segmentation [5] hoặc Segment Anything Model (SAM) [7] trong các phiên bản tiếp theo.

2.3.2. Các thành phần chính

2.3.2.1. Mô-đun đọc dữ liệu

Chức năng: Đọc toàn bộ ảnh từ thư mục đầu vào, hỗ trợ các định dạng JPG, JPEG và PNG, tự động xử lý theo lô (batch processing).

2.3.2.2. Mô-đun phát hiện cây

Mô-đun ở phiên bản này sử dụng DeepForest để dự đoán vị trí cây.

Dữ liệu đầu vào: Ảnh UAV RGB; Dữ liệu đầu ra: x_{min} , y_{min} , x_{max} , y_{max} ; score; mỗi cây được biểu diễn bởi một vùng bao hình chữ nhật.

Mỗi đối tượng cây được biểu diễn bằng một bounding box có tọa độ (x_{min} , y_{min} , x_{max} , y_{max}). Trong đó, xmin và ymin xác định góc trên bên trái của vùng phát hiện, x_{max} và y_{max} xác định góc dưới bên phải. Mô hình đồng thời trả về giá trị confidence score biểu thị mức độ tin cậy của dự đoán. Các đối tượng có score thấp hơn ngưỡng xác định trước có thể được loại bỏ nhằm giảm số lượng phát hiện sai.

2.3.2.3. Mô-đun phân tích thống kê

Từ kết quả phát hiện, hệ thống tính toán: Tổng số cây, diện tích tán cây, diện tích trung bình, diện tích lớn nhất.

2.3.2.4. Mô-đun xuất dữ liệu

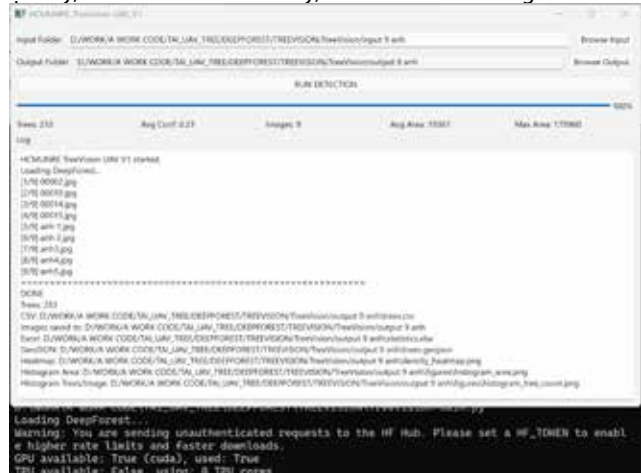
Hệ thống hỗ trợ xuất: CSV: Lưu thông tin: Tên ảnh, tọa độ cây, diện tích tán. Dữ liệu không gian được xuất dưới định dạng GeoJSON nhằm hỗ trợ tích hợp với các hệ thống GIS theo tiêu chuẩn của Open Geospatial Consortium (OGC) [9] như: QGIS, ArcGIS Pro

2.3.2.5. Mô-đun trực quan hóa

Hệ thống xuất tự động: Histogram diện tích cây nhằm thể hiện phân bố kích thước tán cây; histogram số cây theo ảnh nhằm thể hiện mật độ cây trên từng khu vực khảo sát; Heatmap nhằm thể hiện vùng tập trung cây xanh với mật độ cao.

2.3.2.6. Giao diện người dùng

Giao diện GUI được xây dựng bằng PyQt6. Người dùng có thể: Chọn thư mục ảnh đầu vào, chọn thư mục kết quả, thực hiện phát hiện cây, theo dõi tiến trình xử lý, xem các chỉ số thống kê.



Hình 2. Giao diện người dùng của chương trình khi chạy thực tế

3. QUY TRÌNH VÀ KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

3.1. Dữ liệu thử nghiệm

Nghiên cứu sử dụng ảnh UAV RGB độ phân giải cao.

Dữ liệu thử nghiệm:

- 9 ảnh UAV định dạng JPG, ở các khu vực khác nhau, thu thập

ở cùng thời gian và độ cao như nhau.

- Kích thước ảnh không cố định.
- Khu vực có mật độ cây khác nhau có các đối tượng khác như nhà, đường, kênh rạch.

3.2. Môi trường thực nghiệm

Hệ thống chạy trên môi trường cài đặt thử nghiệm như sau: Windows 11 Pro, CPU: Intel Core i7, GPU: NVIDIA GTX 1650 Ti, RAM: 64 GB, Python: 3.13, CUDA: 11.8, DeepForest: 2.1.0.

3.3. Các bước xử lý

- Bước 1: Thu thập ảnh UAV.
- Bước 2: Đưa ảnh vào hệ thống HCMUNRE_TreeVision_V1.
- Bước 3: Dùng mô hình DeepForest phát hiện cây.
- Bước 4: Trích xuất vùng bao cây.
- Bước 5: Tính toán thống kê.
- Bước 6: Xuất báo cáo và biểu đồ.



Hình 3. Các bước xử lý của chương trình HCMUNRE_TreeVision_V1

3.4. Kết quả thực nghiệm

3.4.1. Kết quả phát hiện cây



Hình 4. Kết quả nhận diện cây từ ảnh UAV sau khi chạy chương trình

3.4.2. Kết quả thống kê

Image	A	B	C	D	E	F	G
	xmin	ymmin	xmax	ymax	area_pixels	score	
00002.jpg	0	1054	120	1213	19080	0.70454	
00002.jpg	386	2	559	146	24912	0.692889	
00002.jpg	5	812	121	943	15196	0.59535	
00002.jpg	552	682	745		15586	0.562883	
00002.jpg	563	468	733	631	27210	0.555055	
00002.jpg	220	32	376	176	22464	0.525377	
00002.jpg	1114	1107	1249	1221	15390	0.521602	
00002.jpg	455	784	564	883	10793	0.462284	
00002.jpg	810	927	905	1022	9025	0.446366	
00002.jpg	1153	977	1288	1101	16740	0.427347	
00002.jpg	252	202	362	311	11990	0.371764	
00002.jpg	7	4	96	92	7832	0.365826	
00002.jpg	196	382	334	510	17664	0.356788	
00002.jpg	132	355	250	268	13334	0.347345	
00002.jpg	0	926	53	1032	5618	0.344399	
00002.jpg	1254	1150	1318	1222	4608	0.292453	
00002.jpg	102	418	175	494	5840	0.266359	
00002.jpg	543	867	617	948	6156	0.251098	
00002.jpg	123	0	270	25	2475	0.247036	
00002.jpg	3	432	105	550	12036	0.245906	
00002.jpg	0	594	82	754	13120	0.244233	
00002.jpg	449	878	533	952	6552	0.24345	
00002.jpg	414	953	520	1050	10282	0.243114	
00002.jpg	0	165	89	339	15486	0.2351	

Hình 5. Kết quả thống kê vị trí, diện tích tán cây, điểm tin cậy

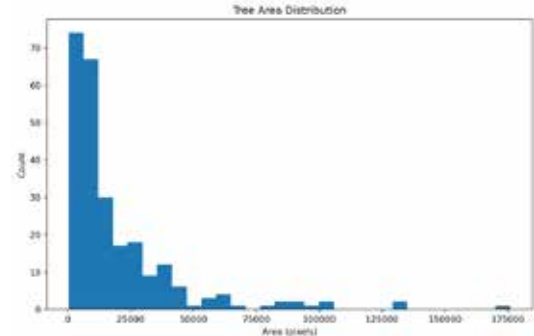
Bảng 1. Số liệu thống kê tổng hợp của chương trình sau khi chạy bộ dữ liệu thử nghiệm

Thông số	Giá trị	Đơn vị
Total trees (Tổng số cây)	253	Cây
Mean area (diện tích tán cây trung bình)	19.366,51	Pixel
Max area (diện tích tán cây cao nhất)	175.960	Pixel
Min area (diện tích tán cây nhỏ nhất)	518	Pixel
Std area (độ lệch chuẩn diện tích)	23.838,303	Pixel ²

Diện tích tán cây trung bình là: Mức này cho thấy cây trong ảnh có kích thước trung bình khá lớn có thể là ảnh chụp độ cao thấp hoặc cây có tán lớn.

Chỉ số Std Area lớn thể hiện kích thước cây rất khác nhau, cây nhỏ, cây lớn chênh lệch nhau lớn.

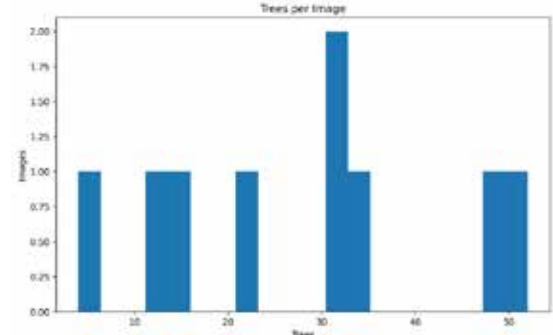
3.4.3. Histogram diện tích tán cây



Hình 6. Kết quả histogram diện tích tán cây sau khi chạy chương trình

Biểu đồ cho thấy phân bố kích thước tán cây trong khu vực khảo sát, cho thấy khu vực ảnh chụp chủ yếu là các cây tán nhỏ.

3.4.4. Histogram số cây theo mỗi ảnh



Hình 7. Kết quả thống kê số liệu cây theo mỗi ảnh

Biểu đồ phản ánh sự khác biệt về mật độ cây giữa các khu vực.

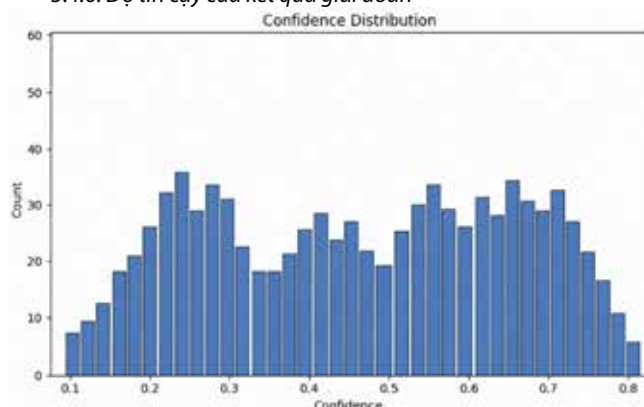
3.4.5. Heatmap mật độ cây



Hình 8. Heatmap thể hiện mật độ phân bố cây trong 1 ảnh

Heatmap cho thấy các cụm cây tập trung với mật độ cao ở góc trái và góc phải của ảnh.

3.4.6. Độ tin cậy của kết quả giải đoán



Hình 9. Thống kê độ tin cậy của quá trình giải đoán

Chỉ số thống kê độ tin cậy của các giải đoán ảnh cho thấy tỉ lệ tin cậy thấp còn cao, có thể nhiều nguyên nhân khác nhau như dữ liệu ảnh chưa đồng bộ, các cây bụi nhiều dẫn đến việc giải đoán độ tin cậy thấp, mô hình DeepForest chưa thật sự phù hợp hoàn toàn với khu vực Việt Nam. Xét về mặt kỹ thuật thì hoàn toàn có thể lọc bỏ để chỉ lấy các giá trị giải đoán có độ phân giải cao.

4. ĐÁNH GIÁ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Ưu điểm của chương trình

Tự động hóa với việc giảm đáng kể thời gian xử lý ảnh UAV; dễ sử dụng với giao diện GUI, thân thiện với người dùng; khả năng mở rộng nhờ thiết kế mô-đun cho phép tích hợp các mô hình tối ưu hơn trong tương lai ở các phiên bản sau mà không ảnh hưởng đến các mô-đun xuất hay phân tích kết quả: YOLO, YOLO Segmentation, SAM2, GIS.

Hỗ trợ nghiên cứu do có các mô-đun xuất dữ liệu thống kê và trực quan hóa. Ngoài ra, việc xây dựng chương trình có thể cá nhân hóa chạy trên các máy tính cá nhân cấu hình thấp cũng như giảm thiểu chi phí mua các phần mềm đắt tiền khác.

4.2. Hạn chế của chương trình

Diện tích tán cây chưa chính xác tuyệt đối do phiên bản 1 này sử dụng Bounding Box. Do đó, diện tích thống kê còn lớn hơn diện tích tán cây thực tế trong nhiều trường hợp. Hạn chế này cũng được ghi nhận trong các nghiên cứu sử dụng phương pháp phát hiện đối tượng thay vì phân đoạn ảnh [4, 7].

Nhạy cảm với dữ liệu do còn phụ thuộc vào độ phân giải ảnh, góc chụp UAV, điều kiện ánh sáng. Chưa phân biệt loài cây do mô hình chỉ xác định sự tồn tại của cây.

4.3. Hướng phát triển cho chương trình

Trong các phiên bản tiếp theo, chương trình có thể được nâng cấp theo các hướng:

- Sử dụng YOLO Segmentation [5].
- Tính diện tích tán cây thực bằng mask segmentation.
- Diện tích thực (m^2).
- Mật độ cây theo hecta.
- Bản đồ phân bố cây.
- Xây dựng hệ thống huấn luyện riêng trên dữ liệu địa phương nhằm nâng cao độ chính xác.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng thành công hệ thống HCMUNRE_TreeVision Version 1 phục vụ phát hiện và thống kê cây xanh từ ảnh UAV dựa trên mô hình DeepForest. Hệ thống cho phép xử lý tự động

tập ảnh UAV, phát hiện vị trí cây, tính toán các chỉ số thống kê và sinh các báo cáo trực quan. Kết quả thực nghiệm cho thấy giải pháp có tiềm năng ứng dụng trong quản lý tài nguyên rừng, cây xanh đô thị và các nghiên cứu viễn thám. Mặc dù còn tồn tại một số hạn chế liên quan đến độ chính xác diện tích tán cây, kiến trúc hệ thống đã được thiết kế mở để dễ dàng tích hợp các phương pháp segmentation và GIS trong các phiên bản tiếp theo. Ngoài ra, việc xây dựng các công cụ phân tích dựa trên các mã nguồn mở sẽ là cơ sở để phục vụ cho nghiên cứu, dạy học tại trường đại học, tránh các chi phí phần mềm bản quyền đắt tiền khác.

Lời cảm ơn: Chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của các đồng nghiệp trong Khoa Trắc địa Bản đồ và Công trình, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP Hồ Chí Minh trong quá trình phát triển chương trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ben G. Weinstein, S. Marconi, S. Bohlman, A. Zare and E. P. White. Individual tree-crown detection in RGB imagery using semi-supervised deep learning neural networks. Remote Sensing, vol. 11, no. 11, p. 1309, 2019.
- [2] Ben G. Weinstein. DeepForest: A Python package for RGB deep learning tree crown delineation. Methods in Ecology and Evolution, vol. 11, no. 12, pp. 1743-1747, 2020.
- [3] Joseph Redmon, S. Divvala, R. Girshick and A. Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, in Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, pp. 779-788, 2016.
- [4] Kaiming He, G. Gkioxari, P. Dollár and R. Girshick. Mask R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Venice, Italy, pp. 2961-2969, 2017.
- [5] Glenn Jocher, A. Chaurasia and J. Qiu. YOLO by Ultralytics. GitHub Repository, 2023.
- [6] National Ecological Observatory Network. NEON Tree Crown Detection Dataset. Boulder, CO, USA, 2024.
- [7] Alexander Kirillov et al. Segment Anything. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Paris, France, pp. 4015-4026, 2023.
- [8] Tsung-Yi Lin et al. Microsoft COCO: Common Objects in Context. European Conference on Computer Vision (ECCV), Zurich, Switzerland, pp. 740-755, 2014.
- [9] Open Geospatial Consortium. GeoJSON Format Specification. OGC Standard, 2016.
- [10] Remote Sensing and Computer Vision literature review: H. A. Hamraz, N. B. Contreras and J. Zhang. Forest Tree Crown Detection and Delineation from High-Resolution Remote Sensing Images Using Deep Learning: A Review. Remote Sensing, vol. 11, no. 15, pp. 1-29, 2019.