

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

Báo cáo học thuật

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG XÂY
DỰNG DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D CHO HỆ THỐNG CÂY XANH
ĐÔ THỊ KHU VỰC VEN BIỂN THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ
PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI BỀN VỮNG**

Hà Nội, 6/2023

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

Báo cáo học thuật

**NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG XÂY
DỰNG DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D CHO HỆ THỐNG CÂY XANH
ĐÔ THỊ KHU VỰC VEN BIỂN THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ
PHÁT TRIỂN KINH TẾ - XÃ HỘI BỀN VỮNG**

Người báo cáo:

GVC.TS. Lê Thị Thu Hà

Hà Nội, 6/2023

MỤC LỤC

Trang

MỞ ĐẦU.....	1
1. Tính cấp thiết của đề tài.....	1
2. Mục tiêu của đề tài:.....	3
3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài.....	3
4. Nội dung của đề tài:.....	3
5. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng.....	3
6. Cấu trúc luận văn.....	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
7. Lời cảm ơn.....	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
CHƯƠNG 1	5
TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU.....	5
1.1 Công nghệ địa không gian trong xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển	5
1.1.1. Khái niệm công nghệ địa không gian.....	5
1.1.2. Khái niệm về đô thị biển và đô thị ven biển cùng các đặc điểm điển hình của đô thị ven biển.....	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
1.1.3. Khái quát về cây xanh đô thị và công tác quản lý cây xanh trong khu vực đô thị.....	8
1.1.4 Vị trí, vai trò của dữ liệu không gian địa lý 3D hệ thống cây xanh đô thị trong xây dựng đô thị thông minh ven biển	32
1.1.5. Tình hình ứng dụng các công nghệ địa không gian trong quản lý và quy hoạch cây xanh đô thị trên thế giới ..	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
CHƯƠNG 2	34
CƠ SỞ KHOA HỌC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG XÂY DỰNG DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D CHO HỆ THỐNG CÂY XANH ĐÔ THỊ.....	34
2.1 Các phương pháp thu thập dữ liệu không gian địa lý 3D	34
2.1.1 Phương pháp quét LiDAR mặt đất thu thập dữ liệu không gian địa lý 3D	34
2.1.2 Phương pháp ảnh lập thể xây dựng từ chụp ảnh từ UAV	36

2.1.3 Phương pháp thu thập dữ liệu địa lý 3D từ ảnh chụp mặt đất.....	39
2.1.4 Phương pháp thu thập dữ liệu thuộc tính	40
CHƯƠNG 3.	41
THỰC NGHIỆM ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN XÂY DỰNG DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D TẠI MỘT KHU VỰC CỦA TP. HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH.....	41
3.1 Khái quát về khu vực thực nghiệm.....	41
3.1.1 Vị trí địa lý khu vực thực nghiệm	41
3.1.2 Đặc điểm tự nhiên và xã hội.....	41
3.2 Thu thập dữ liệu trong khu vực thực nghiệm	43
3.2.1 Thu thập dữ liệu không gian.....	43
3.2.2 Thu thập dữ liệu thuộc tính cây xanh	43
3.3 Công tác xây dựng lưới khống chế cơ sở khu vực thực nghiệm	44
3.3.1 Cơ sở dữ liệu gốc.....	44
3.3.2 Thành lập lưới đường chuyền cấp 1	44
3.3.3 Thành lập lưới thủy chuẩn kỹ thuật.....	45
3.4 Xây dựng dữ liệu không gian đồ họa vector 3D cho hệ thống cây xanh.....	46
3.4.1 Thu thập, nhập dữ liệu thuộc tính các loại cây trong khu vực thực nghiệm và thiết kế mẫu đồ họa 3D cho cây xanh.....	46
3.4.2 Các kết quả dữ liệu không gian đồ họa vector 3D lớp cây xanh khu vực thực nghiệm	52
3.4.3 Chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D về hệ thống cây xanh theo tiêu chuẩn GML bằng phần mềm FME.....	54
3.5 Xây dựng dữ liệu thuộc tính và liên kết với dữ liệu không gian 3D CityGML về hệ thống cây xanh	55
3.5.1 Xây dựng dữ liệu thuộc tính.....	55
3.5.2 Liên kết với dữ liệu không gian 3D CityGML về hệ thống cây xanh.....	58
3.6 Đánh giá dữ liệu không gian địa lý 3D về hệ thống cây xanh và giải pháp ứng dụng trong quản lý đô thị ven biển	59
3.6.1 Đánh giá mức độ đầy đủ dữ liệu cây xanh	59
3.6.2 Đánh giá chuẩn không gian, vị trí cây xanh.....	60
3.6.3 Đánh giá theo sự nhất quán biểu thị dữ liệu cây xanh	61
3.6.4 Đánh giá việc chuẩn hóa các dữ liệu không gian cây xanh.....	64

3.6.5 Đánh giá dữ liệu theo các yếu tố định tính.....	65
3.6.6 Ứng dụng dữ liệu không gian địa lý 3D về hệ thống cây xanh trong hỗ trợ quản trị, quản lý đô thị ven biển trong điều kiện biến đổi khí hậu.....	66
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	67
I. Kết luận	67
II. Kiến nghị.....	67
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	68

DANH MỤC BẢNG BIỂU

	Trang
Bảng 3.1. Tọa độ mốc nhà nước đã sử dụng.....	44
Bảng 3. 2. Phân bố cây xanh tại phường Hùng Thắng, phường Cái Dăm, thành phố Hạ Long.....	50
Bảng 3.3. Thông tin thuộc tính của một số cây xanh thu thập được.....	55
Bảng 3.4. Bảng dữ liệu thuộc tính một số cây xanh	57
Bảng 3.5. Chuẩn không gian đối tượng thực vật	60
Bảng 3.6. Đánh giá biểu thị thực vật trong mô hình 3D	61

DANH MỤC HÌNH ẢNH

	Trang
Hình 1.1. Các hợp phần của GIS	6
Hình 1.2. Đường Láng là một trong những tuyến đường mẫu trong việc thiết kế, trồng, chăm sóc hệ thống cây xanh.....	9
Hình 1.3. Mức độ và phạm vi ảnh hưởng của Lâm nghiệp đô thị	16
Hình 1.4. Vận dụng mô hình quản lý tổng quát vào quản lý môi trường xanh đô thị	19
Hình 1.5. i-Tree desktop, các ứng dụng web và sơ đồ hệ thống [3]	23
Hình 1.6. a) Chế độ xem từ ứng dụng OpenTreeMap, b) Chế độ xem từ ứng dụng Bộ Giao thông Vận tải Seattle (SDOP).....	24
Hình 1.7. Phần mềm ArborPro.....	24
Hình 1.8. Phần mềm TreePlotter INVENTORY	25
Hình 1.9. Phần mềm quản lý cây xanh trực tuyến CityWork	27
Hình 1.10. Cơ chế hoạt động của phần mềm quản lý cây xanh.....	31
Hình 1.11. (a)Màn hình chào, (b) Màn hình chính của TREEMIS	32
Hình 1.12. Bản đồ cây xanh đường phố New York Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.	
Hình 1.13. : Bản đồ thể hiện chi tiết vị trí cây xanh cùng các thông tin thuộc tính của từng cây trên các con phố..... Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.	
Hình 1. 14. Công nghệ UAV theo dõi sự tàn phá rừng, thậm chí có thể trồng lại rừng bằng các công cụ AI..... Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.	
Hình 2.1. Một số máy quét LiDAR mặt đất sử dụng phương pháp đo thời gian và phương pháp đo pha	36
Hình 2.2. Thành phần hệ thống thành lập mô hình số bằng UAV.....	37
Hình 2.3. Phương pháp xác định điểm cùng tên giữa các bức ảnh chồng phủ [41]	Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.
Hình 2. 4. Vị trí đặt các điểm trạm máy chụp ảnh mặt đất để chụp ảnh cho một công trình kiến trúc	40

Hình 2.5. Sơ đồ quy trình bay đo xử lý ảnh máy bay không người lái UAV **Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.**

Hình 2. 6. Sơ đồ quy trình thiết kế và đo không chế ảnh **Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.**

Hình 2. 7. Sơ đồ quy trình thiết kế và bay chụp ảnh máy bay không người lái.... **Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.**

Hình 2. 8. Sơ đồ xử lý ảnh máy bay không người lái **Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.**

Hình 2.9. Quy trình chuyển đổi dữ liệu thuộc tính và đồ họa sang dữ liệu không gian địa lý 3D.....**Lỗi! Thẻ đánh dấu không được xác định.**

Hình 3.1. Ranh giới khu vực thu thập dữ liệu.....	43
Hình 3.2. Thu thập dữ liệu không gian 3D về cây xanh	46
Hình 3.3. Thông tin về cây ăn quả gồm vị trí tọa độ, loại cây, mã cây và thời điểm trồng	47
<i>Hình 3.4. Ảnh chụp cây xanh với tọa độ vị trí, tuyến đường của cây xanh ngoài thực địa.....</i>	48
Hình 3.5. Xây dựng lớp dữ liệu cây xanh	49
Hình 3.6. Sự phân bố không gian cây xanh trong khu vực nghiên cứu.....	50
Hình 3. 7. Mẫu dữ liệu không gian 3D các loại cây	52
Hình 3.8. Phân bố cây xanh dọc đường Hoàng Quốc Việt, thành phố Hạ Long.....	53
Hình 3.9. Phân bố cây xanh khu biệt thự liền kề cao cấp Grand Bay Hạ Long	53
Hình 3.10. Lớp cây xanh sau khi chuyển đổi sang dữ liệu tiêu chuẩn CityGML.....	55
Hình 3.11. Nhập thông tin thuộc tính cho mỗi đối tượng của lớp cây xanh.....	56
Hình 3.12. Gán mã thuộc tính cho các đối tượng cho lớp cây xanh.....	58
Hình 3.13. Hệ thống cây xanh khi đã nhập thuộc tính.....	59
Hình 3.14. Đánh giá mức độ đầy đủ của cây xanh trên nền ảnh trực giao	60
Hình 3.15. Vị trí cây xanh trong dữ liệu không gian địa lý 3D theo chuẩn <i>City GML</i>	61

Hình 3.16. Cây xanh ghép sai vị trí trên mô hình 3D65

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Cây xanh có vai trò vô cùng to lớn trong cuộc sống của chúng ta. Một trong những tác dụng lớn nhất của cây xanh trồng trong đô thị, đó là nó cải thiện môi trường sống của người dân. Với đặc thù là mật độ dân cư đông đúc, không khí bị ô nhiễm nghiêm trọng do hàng ngày đón nhận vô số lượng khí thải độc hại từ nhà máy, xe cộ và các sản phẩm có nguồn gốc hóa học. Trong khu đô thị, cây xanh còn giúp lọc bớt bụi bẩn, đồng thời thải ra nhiều khí Oxy, vì vậy cây xanh đóng vai trò là lá phổi của thành phố. Bên cạnh đó, cây xanh còn có tác dụng hấp thu bức xạ, thải ra hơi nước làm dịu không khí và giúp trong lành hơn. Đồng thời, khi ánh sáng mặt trời gay gắt, tán cây sẽ che chở cho con người, tránh những ảnh hưởng xấu đến sức khỏe. Ngoài ra, khu vực ven biển cây xanh còn giúp chắn gió và giảm tiếng ồn, giúp cuộc sống của chúng ta trở nên yên tĩnh hơn. Đô thị phát triển đòi hỏi phải dựa trên những cơ sở tổ chức phát triển bền vững, ổn định và hợp lý về môi trường. Do vậy việc bảo vệ môi trường đô thị, trong đó việc thiết kế, quy hoạch, xây dựng, quản lý các hệ thống cây xanh đô thị có tầm quan trọng đặc biệt.

Trước đây, việc thiết kế, quy hoạch đô thị nói chung chủ yếu dựa vào bản đồ hiện trạng dạng 2D gây không ít khó khăn cho các nhà quản lý và cán bộ quy hoạch. Hiện nay, việc nghiên cứu dữ liệu 3D phục vụ cho công tác mô hình hóa bề mặt và định hướng trong quy hoạch không gian đã và đang được đầu tư nghiên cứu và phát triển. Mô hình thành phố 3D đang ngày càng phổ biến. Lý do của điều này là do nhu cầu thay đổi ở các thành phố với dân số ngày càng tăng. Vì thế, các thành phố đang trở nên phức tạp và quá trình đô thị hóa trở nên không có kế hoạch. Để kiểm soát điều này, các kỹ sư và các nhà quy hoạch đô thị đang tìm kiếm phương pháp tốt nhất để tổ chức quy hoạch bền vững các thành phố. Và mô hình thành phố 3D là hình ảnh trực quan gần nhất với thực tế. Nó được coi là giải pháp tốt nhất cho đến thời điểm hiện tại.

Để thành lập dữ liệu không gian địa lý 3D, có nhiều phương pháp đã được thực hiện bao gồm: dựa trên ảnh hàng không lập thể, kết hợp ảnh hàng không và bản đồ có sẵn, sử dụng công nghệ thông tin để nội suy dữ liệu không gian địa lý 3D từ các ảnh chụp liên tiếp mà không có các thông tin mô tả về máy ảnh, phương pháp sử dụng hệ thống thông tin địa lý kết hợp các dữ liệu đo đạc, bản đồ sẵn có, phương pháp sử dụng ảnh vệ tinh lập thể, phương pháp sử dụng ảnh vệ tinh đơn lẻ độ phân giải rất cao kết

hợp điểm không chế và bóng địa vật, phương pháp chụp ảnh panorama từ nhiều điểm đứng máy, phương pháp từ quay phim 3D, phương pháp quét laze, phương pháp sử dụng hệ thống bản đồ di động (Mobile mapping system) phương pháp sử dụng ảnh máy bay không người lái. Bên cạnh đó, còn rất nhiều các phương pháp kết hợp từ những phương pháp khác nhau để có độ chi tiết và độ chính xác cao hơn theo từng nhu cầu cụ thể.

Một trong những ứng dụng của dữ liệu không gian địa lý 3D là phục vụ cho việc quản lý, giám sát thông minh hệ thống cây xanh đô thị. Để thực hiện công việc này cần phải lập ra hồ sơ quản lý đối với mỗi cá thể cây với đầy đủ các thông số gồm: hình ảnh, vị trí chính xác, loại cây, tên gọi, chiều cao, đường kính, chất lượng, năm trồng, tuyến đường và hiện trạng sinh trưởng phát triển hay bệnh lý cần được phát triển từ công nghệ quản lý cây xanh đô thị trên nền bản đồ số (GIS). Để hoàn tất hệ thống này, rất cần sự đầu tư đồng bộ của thành phố trong thời gian tới để xây dựng cơ sở dữ liệu, hệ thống máy móc, hệ thống chia sẻ thông tin giữa các ngành.

Do vậy, xây dựng CSDL để quản lý, giám sát thông minh cây xanh trong việc kiểm đếm, ngăn chặn các hành vi xâm hại cây xanh cũng như kiểm tra, chăm sóc trên địa bàn quản lý là cấp thiết. Kết quả dữ liệu không gian địa lý 3D thành phố ven biển thông minh sẽ được sử dụng để đánh giá và đưa ra các phương án xây dựng các hệ thống quản trị thành phố thích ứng với biến đổi khí hậu. Các hệ quản trị này bao gồm: Quản trị không gian đô thị thông minh ven biển và các giải pháp vận hành đảm bảo thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững; Quản trị cảnh báo rủi ro, thiên tai thông minh đối với đô thị ven biển đảm bảo thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững; Quản trị cấp thoát nước thông minh đối với đô thị ven biển đảm bảo thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững; Quản trị giao thông thông minh đối với đô thị ven biển đảm bảo thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững; Quản trị thu gom và xử lý rác thải thông minh đối với đô thị ven biển đảm bảo thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững.

Do đó, đề tài “*Nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian trong xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững*” là cần thiết và cấp bách.

2. Mục tiêu của đề tài:

Xây dựng được bộ dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững cho thành phố Hạ Long bằng công nghệ địa không gian.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của đề tài

Nghiên cứu này được giới hạn trong phạm vi sau đây:

- Đối tượng nghiên cứu: Xuất phát từ yêu cầu của đề tài, đối tượng nghiên cứu của luận văn giới hạn trong các vấn đề về ứng dụng quy trình hoàn chỉnh cho việc thành lập mô hình 3D hệ thống cây xanh trong đô thị.

- Phạm vi nghiên cứu: Giới hạn trong lãnh thổ hành chính thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

4. Nội dung của đề tài:

- Tổng quan tài liệu;
- Khảo sát, đánh giá và lựa chọn công nghệ, phương pháp nghiên cứu;
- Đề xuất qui trình xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển.

- Thu thập và xây dựng bộ dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển chi tiết cho thành phố Hạ Long;

- Đề xuất một số giải pháp ứng dụng dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị trong quản trị quản lý, quy hoạch đô thị thông minh ven biển thích ứng với biến đổi khí hậu và phát triển kinh tế - xã hội bền vững;

5. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng

5.1 Các phương pháp nghiên cứu

- + Phương pháp tổng hợp: tổng hợp các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước, phân tích ưu nhược điểm từ đó phân tích đánh giá những hạn chế của các phương pháp xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D sử dụng tư liệu ảnh UAV, dữ liệu địa không gian và các số liệu bổ trợ khác.

- + Phương pháp kế thừa: kế thừa có chọn lọc các kết quả của các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước đồng thời vận dụng một cách sáng tạo các phương pháp nghiên cứu mới để thực hiện công trình nghiên cứu.

- + Phương pháp điều tra thực địa: thu thập các số liệu địa không gian, điều tra tìm hiểu các nguyên nhân và ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến đời sống kinh tế - xã hội tại

khu vực thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Khảo sát khu vực thực địa để chọn phạm vi nghiên cứu đặc trưng cho thành phố ven biển Hạ Long để thành lập dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị. Ngoài ra, cần phải đo đạc và chụp ảnh mặt đất để thu thập hình ảnh, vị trí chính xác, loại cây, tên gọi, chiều cao, đường kính, chất lượng, năm trồng, tuyến đường và hiện trạng sinh trưởng phát triển hay bệnh lý phục vụ xây dựng dữ liệu không gian 3D về hệ thống cây xanh.

+ Phương pháp thống kê: các biểu đồ thống kê, hiện trạng các lớp phủ bề mặt và qui hoạch khu vực theo các giai đoạn.

+ Phương pháp viễn thám: chiết tách thông tin về dữ liệu không gian địa lý 3D bề mặt và thông tin thuộc tính các lớp phủ từ ảnh UAV và ảnh chụp mặt đất.

+ Phương pháp GIS: tiến hành xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D dựa vào các dữ liệu địa không gian thu thập được bao gồm cả công việc liên kết dữ liệu không gian và thuộc tính của tất cả các đối tượng trong khu vực nghiên cứu.

5.2 Các phần mềm được sử dụng

1. Phần mềm Pix4D Mapper
2. Phần mềm Sketchup

CHƯƠNG 1

TỔNG QUAN CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

1.1 Công nghệ địa không gian trong xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển

1.1.1. Khái niệm công nghệ địa không gian

Công nghệ địa không gian là công nghệ tích hợp hệ thống thông tin địa lý (GIS), viễn thám (RS) và thông tin không gian khác từ các thiết bị khác nhằm nghiên cứu Trái đất.

Theo Từ điển Encyclopedia định nghĩa: Công nghệ địa không gian là hệ thống thu nhận và xử lý dữ liệu về vị trí cụ thể trên Trái đất, bao gồm: viễn thám (RS), hệ thống định vị toàn cầu (GPS) và hệ thống thông tin địa lý (GIS) là những công nghệ địa không gian chủ yếu. Viễn thám và GPS là các phương pháp thu thập thông tin về bề mặt Trái đất; GIS là một công cụ lập bản đồ, quản lý và phân tích thông tin.

Theo Hiệp hội Mỹ về khoa học tiên tiến, công nghệ địa không gian là một thuật ngữ được sử dụng để mô tả các công cụ hiện đại được sử dụng trong việc thành lập bản đồ và phân tích không gian về Trái đất và xã hội. Công nghệ này được bắt đầu từ khi vẽ bản đồ đầu tiên thời tiền sử. Ngày nay, các công nghệ địa không gian được phát triển, bao gồm: viễn thám, hệ thống thông tin địa lý, hệ thống định vị toàn cầu và công nghệ bản đồ trực tuyến.

Công nghệ địa không gian không thể thành công nếu dữ liệu chính xác không được thu thập và phân tích một cách hiệu quả. Để đạt được điều này, bên cạnh dữ liệu vị trí thu thập được từ hệ thống GNSS, công nghệ viễn thám là công nghệ chủ đạo trong cung cấp dữ liệu không gian trên bề mặt Trái đất một cách khách quan, đa thời gian và đa độ chi tiết. Mỗi ứng dụng có mục tiêu cụ thể thì đòi hỏi sử dụng GIS.

Như vậy, công nghệ địa không gian được định nghĩa đều chung đặc điểm là công nghệ tích hợp viễn thám, GIS và GNSS.

1.1.1.1 Viễn thám

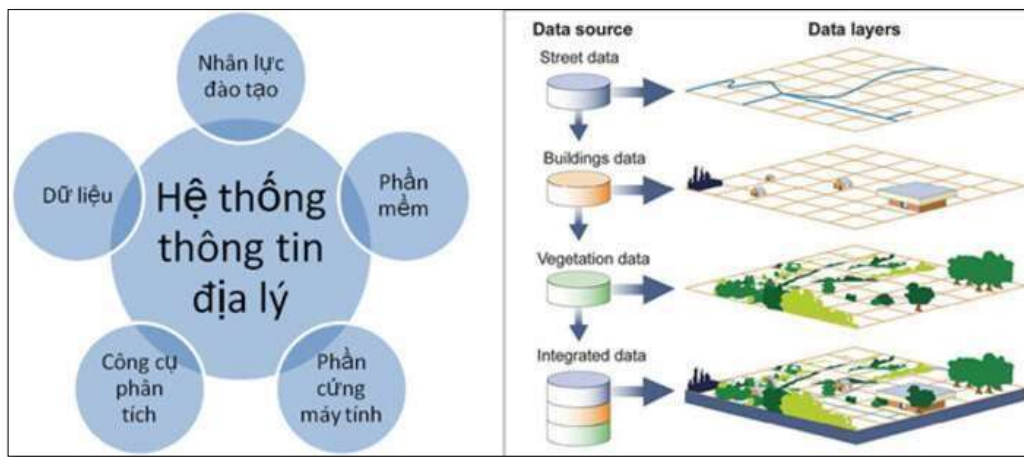
Viễn thám là một trong những công nghệ không gian địa lý đang có tác động ngày càng lớn trong nhiều lĩnh vực từ thương mại, khoa học. Lĩnh vực viễn thám phát triển bắt đầu từ giải đoán ảnh hàng không đến phân tích hình ảnh vệ tinh và từ các

ngiên cứu với diện tích cấp địa phương đến nghiên cứu theo phạm vi toàn cầu. Với những tiến bộ trong công nghệ về hệ thống cảm biến thu nhận ảnh đến phương pháp xử lý ảnh số, ngày nay các hệ thống cảm biến từ xa có thể cung cấp dữ liệu thu nhận năng lượng phát xạ, phản xạ ở nhiều dải phổ điện từ. Viễn thám là công nghệ địa không gian quan trọng trong nghiên cứu các đối tượng trên bề mặt Trái đất nói chung và trong xây dựng dữ liệu không gian 3D nói riêng.

Theo Hiệp hội Mỹ về đo ảnh và viễn thám, viễn thám được định nghĩa là việc đo đạc hoặc thu nhận thông tin của các đối tượng hoặc hiện tượng bằng các thiết bị thu mà không tiếp xúc trực tiếp với chúng. Việc đo đạc này sử dụng các thiết bị như máy ảnh, laser, hệ thống radar....

1.1.1.2. Hệ thống tin địa lý

Hệ thống tin địa lý (GIS) là hệ thống tính toán bao gồm thu thập, lưu trữ, phân tích và hiển thị thông tin địa lý.



Hình 1.1. Các hợp phần của GIS

Hệ thống tin Địa lý là tổ hợp của ba hợp phần có quan hệ thống nhất, liên quan chặt chẽ với nhau là phần cứng gồm máy tính và thiết bị liên quan, phần mềm và tổ chức con người được hoạt động đồng bộ nhằm thu thập, lưu trữ, quản lý, thao tác, tìm kiếm - hỏi đáp, phân tích, hiển thị và mô hình hoá các dữ liệu không gian và các quá trình trong không gian có định vị toạ độ được tham chiếu với một hệ toạ độ dùng thể

hiện bề mặt cầu của Trái đất và các dữ liệu thuộc tính nhằm thoả mãn các yêu cầu thực tế [20].

Theo Aronoff, (1986) thì GIS là “tập hợp các công cụ để thu nhập, lưu trữ, tra cứu chuyển đổi và biểu thị các dữ liệu không gian từ thế giới thực” [35].

Aronoff (1989) xem GIS theo quan điểm “bất kỳ một phương thức trên sách tra khảo hoặc máy tính dùng để lưu trữ thao tác các dữ liệu tham chiếu địa lý” [36]

Định nghĩa GIS theo một hay nhiều cách khác nhau nhưng chúng đều thể hiện những nét chính là xử lý các dữ liệu không gian địa lý cho ra các thông tin hữu ích bằng công nghệ tin học.

GIS có thể thực hiện nhiều chức năng trong nhiều lĩnh vực và khía cạnh nghiên cứu ứng dụng khác nhau. Trong đó, ba ứng dụng chính là bản đồ, cơ sở dữ liệu địa không gian và phân tích không gian.

1.1.1.3. Hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS

GNSS được hiểu một cách đơn giản thì nó gồm tập hợp tất cả các vệ tinh nhân tạo trên quỹ đạo ngoài Trái đất. Các vệ tinh này sẽ di chuyển liên tục xung quanh địa cầu. Chúng sẽ xác định vị trí của các đối tượng trên mặt đất và định vị chính xác theo tọa độ. GNSS hoạt động 24/24 và bất chấp điều kiện thời tiết nào. Nó cũng hoạt động mọi nơi trên Trái đất và chỉ cần một điểm, một vị trí trên Trái đất có thể xác định được khoảng cách đến 3 vệ tinh GNSS thì chúng ta sẽ tính được tọa độ của vị trí đó.

Một hệ thống GNSS gồm 3 thành phần cơ bản:

- Phần không gian: Là các vệ tinh bay trên quỹ đạo ngoài Trái đất. Các vệ tinh này hoạt động bằng năng lượng Mặt trời và có tuổi thọ khoảng 10 năm.

- Phần điều khiển: Gồm các trạm quan sát trung tâm và trạm con, có nhiệm vụ phân tích dữ liệu từ vệ tinh.

- Phần người sử dụng: Thiết bị thu vệ tinh là khu vực có phủ sóng vệ tinh. Để có thể sử dụng được các dữ liệu từ GNSS, người dùng cần 1 máy thu GNSS và ăng ten tương ứng (ví dụ truyền hình cần có đầu thu, ăng ten).

1.1.3. Khái quát về cây xanh đô thị và công tác quản lý cây xanh trong khu vực đô thị

**** Khái niệm***

Theo Nghị định về Quản lý cây xanh đô thị (Số: 05/VBHN-BXD, ngày 13 tháng 9 năm 2018) của Chính phủ, khái niệm Cây xanh đô thị là cây xanh sử dụng công cộng, cây xanh sử dụng hạn chế và cây xanh chuyên dụng trong đô thị.

Cây xanh sử dụng công cộng đô thị là các loại cây xanh được trồng trên đường phố (gồm cây bóng mát, cây trang trí, dây leo, cây mọc tự nhiên, thảm cỏ trồng trên hè phố, dải phân cách, đảo giao thông); cây xanh trong công viên, vườn hoa; cây xanh và thảm cỏ tại quảng trường và các khu vực công cộng khác trong đô thị.

Cây xanh sử dụng hạn chế trong đô thị là cây xanh được trồng trong khuôn viên các trụ sở, trường học, bệnh viện, nghĩa trang, các công trình tín ngưỡng, biệt thự, nhà ở và các công trình công cộng khác do các tổ chức, cá nhân quản lý và sử dụng.

Cây xanh chuyên dụng trong đô thị là các loại cây trong vườn ươm hoặc phục vụ nghiên cứu.

1.1.3.1. Tác dụng của cây xanh đô thị:

1. Cải thiện môi trường sống

Một trong những tác dụng lớn nhất của cây xanh cho đô thị, đó là nó cải thiện rõ rệt môi trường sống của người dân. Với mật độ dân cư đông, cùng với lượng khí thải từ nhà máy, xe cộ,... tình trạng chung của các khu đô thị chính là môi trường không khí bị ô nhiễm nghiêm trọng. Cây xanh sẽ giúp cải thiện chất lượng không khí bằng cách hấp thu những khí độc như NO₂, CO₂, CO... Theo nhiều nghiên cứu, cây

xanh có thể hấp thụ tới 6% các loại khí thải độc. Cây xanh sẽ giúp lọc bớt bụi bẩn, đồng thời thải ra nhiều O₂. Vì vậy có thể xem cây xanh là lá phổi của thành phố.



Hình 1.2. Đường Láng là một trong những tuyến đường mẫu trong việc thiết kế, trồng, chăm sóc hệ thống cây xanh

Bên cạnh đó, cây xanh còn có tác dụng hấp thụ bức xạ, thải ra hơi nước làm không khí bức bối của đô thị trở nên mát mẻ, trong lành hơn. Đồng thời, khi ánh sáng mặt trời gay gắt, tán cây sẽ che chở cho con người, tránh những ảnh hưởng xấu đến sức khỏe.

Ngoài ra cây xanh còn giúp chắn gió và giảm tiếng ồn, giúp cuộc sống của người dân trở nên yên tĩnh hơn.

2. Giúp ích cho việc thoát nước

Tình trạng chung của nhiều đô thị đó là hệ thống thoát nước bị quá tải vào mùa mưa và thiếu nước sinh hoạt vào mùa khô. Cây xanh sẽ giúp giảm bớt áp lực cho các công thoát nước bằng cách giữ lại nước mưa. Trung bình, một cây xanh phổ biến có thể giữ được từ 200 đến 290 lít nước trong 1 năm. Bên cạnh đó, tán phủ của cây xanh có thể trở thành màng chắn lọc nước hữu hiệu, giúp lưu lại trong đất dưới dạng nước ngầm.

3. Cây xanh giúp cân bằng sinh thái

Thành phố với dân cư đông đúc, nhà cửa san sát làm ảnh hưởng rất nhiều đến đời sống của các loại động vật khác. Vì vậy, cây xanh tạo nơi cư trú, nước, thức ăn cho các loại chim, bò sát...

Hơn nữa, cây xanh còn giúp giảm bớt sự xâm nhập của các chất ô nhiễm bằng cách ngăn nước mưa.

Cây xanh luôn được xem là một trong những yếu tố phản ánh văn minh thành phố. Nó có vai trò to lớn trong việc hạn chế bớt những tác động tiêu cực của quá trình công nghiệp hóa, làm đẹp cho cảnh quan và cải thiện môi trường sống của con người.

4. Giảm ô nhiễm môi trường

Tình trạng ô nhiễm môi trường đang là vấn đề hết sức đáng lo ngại ở hầu hết các quốc gia trên thế giới. Hiện tượng trái đất nóng lên, ô nhiễm nặng về tiếng ồn, ánh sáng, khói bụi... gây nhiều ảnh hưởng cho đời sống và sức khỏe người dân. Nguyên nhân chủ yếu là do sự phát triển nhanh chóng về kinh tế cũng như chặt phá rừng.

Cây xanh từ xưa đến nay luôn được coi là “lá phổi” của Trái đất. Trồng nhiều cây xanh giúp cung cấp một lượng lớn oxy cho chúng ta thở. Trung bình cứ một cây xanh có thể cung cấp đủ lượng oxy cho 04 người. Đồng thời chúng cũng hấp thụ CO₂, amoniac, SO₂, Nox, bụi bẩn,... từ đó làm giảm các khí độc hại bị thải ra môi trường, giúp không khí trở nên trong lành hơn.

5. Giảm nhiệt độ đường phố

Trồng nhiều cây xanh ở các khu dân cư đông đúc sẽ không chỉ giúp cho không khí ở đó trong lành hơn, mà cây còn có thể làm bóng mát ngăn chặn ánh nắng mặt trời, hạn chế tác hại của các bức xạ mặt trời lên người dân. Lá cây cũng sử dụng ánh sáng mặt trời để quang hợp. Cây cũng hấp thụ các khí độc thải ra từ khói xe cộ, quán

ăn, bụi bẩn nhà máy, rác thải, và nhiệt từ chính con người tỏa ra, từ đó giúp giảm bớt nhiệt.

6. Tạo cảnh quan đô thị

Cây xanh có vai trò quan trọng trong kiến trúc và trang trí cảnh quan. Những tính chất của cây xanh như: hình dạng (tán lá, thân cây), màu sắc (lá, hoa, thân cây, trạng mùa của lá...) là những yếu tố trang trí làm tăng giá trị thẩm mỹ của công trình kiến trúc cũng như cảnh quan chung.

7. Kiểm soát giao thông

Ngoài chức năng trang trí, tăng thêm vẻ đẹp thẩm mỹ cây xanh còn có tác dụng kiểm soát giao thông. Việc kiểm soát giao thông bao gồm cả xe cơ giới và người đi bộ. Các bụi thấp, bờ dậu, đường viền cây xanh trong vườn hoa công viên vừa có tác dụng trang trí vừa có tác dụng định hướng cho người đi bộ. Hàng cây bên đường có tác dụng định hướng, nhất là vào ban đêm sự phản chiếu của các gốc cây được sơn vôi trắng là những tín hiệu chỉ dẫn cho người đi đường.

8. Giá trị kinh tế

Số lượng cành nhánh chặt tỉa và đốn hạ những cây già cỗi không còn tác dụng là nguồn cung cấp gỗ củi cho dân dụng. Ngoài ra, một số loài cây còn có thể cho thu hoạch quả.

9. Chống biến đổi khí hậu

Lượng carbon dioxide (CO₂) dư thừa trong bầu khí quyển chính là tác nhân gây nên biến đổi khí hậu. Như chúng ta đã được biết cây xanh hấp thụ CO₂, loại bỏ và lưu trữ carbon trong khi giải phóng oxy trở lại vào không khí, giúp chống lại hiện tượng này. Chính vì vậy chúng ta cần trồng rất rất nhiều cây không chỉ giúp hạn chế việc thay đổi khí hậu mà còn giúp con người có cuộc sống “sạch” hơn.

1.1.3.2. Tiêu chuẩn cây xanh đô thị

1. Cây xanh sử dụng công cộng

Cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị được thiết kế quy hoạch gồm 3 loại:

- Cây xanh công viên;
- Cây xanh vườn hoa;
- Cây xanh đường phố.

Cây xanh sử dụng công cộng phải được gắn kết chung với các loại cây xanh sử dụng hạn chế, cây xanh chuyên môn, và vành đai xanh ngoài đô thị (kể cả mặt nước) thành một hệ thống hoàn chỉnh, liên tục.

Quy hoạch và trồng cây xanh sử dụng công cộng không được làm ảnh hưởng tới an toàn giao thông, làm hư hại công trình kiến trúc, hạ tầng, kỹ thuật đô thị, không gây nguy hiểm tới người sử dụng và môi trường sống của cộng đồng.

Thiết kế cây xanh sử dụng công cộng đô thị phải phù hợp với từng loại đô thị và tổ chức không gian đô thị, góp phần cải thiện môi trường, phục vụ các hoạt động vui chơi, giải trí, văn hóa, thể thao và mỹ quan đô thị.

Tổ chức hệ thống cây xanh sử dụng công cộng phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên, khí hậu, môi trường, cảnh quan thiên nhiên, điều kiện vệ sinh, bố cục không gian kiến trúc, quy mô, tính chất cũng như cơ sở kinh tế kỹ thuật, truyền thống tập quán cộng đồng của đô thị.

Tổ chức không gian xanh sử dụng công cộng phải tận dụng, khai thác, lựa chọn đất đai thích hợp, phải kết hợp hài hòa với mặt nước, với môi trường xung quanh, tổ chức thành hệ thống với nhiều dạng phong phú: tuyến, điểm, diện.

Cây xanh đường phố phải thiết kế hợp lý để có được tác dụng trang trí, phân cách, chống bụi, chống ồn, phối kết kiến trúc, tạo cảnh quan đường phố, cải tạo vi khí hậu, vệ sinh môi trường, chống nóng, không gây độc hại, nguy hiểm cho khách bộ hành, an toàn cho giao thông và không ảnh hưởng tới các công trình hạ tầng đô thị (đường dây, đường ống, kết cấu vỉa hè mặt đường)

Trong các khu ở, trung tâm đô thị, khu công nghiệp, công trình thị chính, khu du lịch và giao thông phải phân bổ hệ thống cây xanh sử dụng công cộng hợp lý. Đối với đô thị cũ, do mật độ xây dựng quá cao nên chọn giải pháp cân bằng quỹ cây xanh bằng việc bổ sung các mảng cây xanh lớn ở vùng ven. Khi mở rộng đô thị khu cũ, nếu có thể nên cải tạo xây dựng những vườn hoa nhỏ và bãi tập.

Khi cải tạo xây dựng đô thị cũ hoặc chọn đất xây dựng đô thị mới cần tận dụng và sử dụng hợp lý các khu vực có giá trị về cảnh quan thiên nhiên như đồi núi, rừng cây, đất ven sông, suối, biển, hồ. Đặc biệt là hệ thống mặt nước cần giữ gìn khai thác gắn với không gian xanh để sử dụng vào mục đích tạo cảnh quan môi trường đô thị. Diện tích mặt nước nằm trong khuôn viên các công viên, vườn hoa, trong đó chỉ tiêu mặt nước khi quy đổi ra chỉ tiêu đất cây xanh/người không chiếm quá 50% so với tổng chỉ tiêu diện tích đất cây xanh sử dụng công cộng ngoài đơn vị ở; không bao gồm các loại cây xanh chuyên dụng.

Khi cải tạo xây dựng đô thị cũ và thiết kế quy hoạch đô thị mới cũng như quy hoạch xây dựng các điểm dân cư cần nghiên cứu bảo tồn hoặc sử dụng hợp lý các khu cây xanh hiện có đặc biệt đối với cây cổ thụ có giá trị.

Khi tiến hành trồng cây trong công viên vườn hoa... cần lưu ý khoảng cách giữa công trình ở xung quanh tiếp giáp với cây trồng như: cây bụi, cây thân gỗ cách tường nhà và công trình từ 2 m đến 5m, cách đường tàu điện từ 3m đến 5m, cách vỉa hè và đường từ 1,5 m đến 2m, cách giới hạn mạng điện 4 m, cách các mạng đường ống ngầm từ 1 m đến 2 m.

Khi thiết kế công viên, vườn hoa phải lựa chọn loại cây trồng và giải pháp thích hợp nhằm tạo được bản sắc địa phương và phù hợp với điều kiện tự nhiên của địa phương. Ngoài ra, lựa chọn cây trồng trên các vườn hoa nhỏ phải đảm bảo sự sinh trưởng và phát triển không ảnh hưởng đến tầm nhìn các phương tiện giao thông.

Các loại cây trồng phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Cây phải chịu được gió, bụi, sâu bệnh;

- Cây thân đẹp, dáng đẹp;
- Cây có rễ ăn sâu, không có rễ nổi;
- Cây lá xanh quanh năm, không rụng lá trơ cành hoặc cây có giai đoạn rụng lá trơ cành vào mùa đông nhưng dáng đẹp, màu đẹp và có tỷ lệ thấp;
- Không có quả gây hấp dẫn ruồi muỗi;
- Cây không có gai sắc nhọn, hoa quả mùi khó chịu;
- Có bố cục phù hợp với quy hoạch được duyệt Về phối kết nên:
- Nhiều loại cây, loại hoa;
- Cây có lá, hoa màu sắc phong phú theo 4 mùa;
- Nhiều tầng cao thấp, cây thân gỗ, cây bụi và cỏ, mặt nước, tượng hay phù điêu và công trình kiến trúc;
- Sử dụng các quy luật trong nghệ thuật phối kết cây với cây, cây với mặt nước, cây với công trình và xung quanh hợp lý, tạo nên sự hài hòa, lại vừa có tính tương phản vừa có tính tương tự, đảm bảo tính hệ thống tự nhiên [8].

2. Cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng

Các quy định về chỉ tiêu, chỉ số đất đai về cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng là cơ sở để áp dụng trong các hoạt động quản lý đô thị và cây xanh đô thị trong đô thị.

Cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng phải được gắn kết chung với các loại cây xanh sử dụng công cộng, và vành đai xanh ngoài đô thị (kể cả mặt nước) thành một hệ thống hoàn chỉnh, liên tục.

Quy hoạch và trồng cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng không được làm ảnh hưởng tới an toàn giao thông, làm hư hại công trình kiến trúc, hạ tầng, kỹ thuật đô thị, không gây nguy hiểm tới người sử dụng và khu vực xung quanh [7].

Thiết kế quy hoạch cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng

Thiết kế cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng đô thị phải được nghiên cứu trên cơ sở quy hoạch xây dựng đô thị được duyệt.

Tổ chức hệ thống cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên, khí hậu, môi trường, cảnh quan thiên nhiên, điều kiện vệ sinh, bố cục không gian kiến trúc, quy mô, tính chất cũng như cơ sở kinh tế kỹ thuật, truyền thống tập quán cộng đồng của đô thị.

Tổ chức không gian xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng phải tận dụng, khai thác, lựa chọn đất đai thích hợp, phải kết hợp hài hòa với mặt nước, với môi trường xung quanh, tổ chức thành hệ thống với nhiều dạng phong phú: tuyến, điểm, diện

Trên khu đất cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng có các di tích văn hóa, lịch sử đã được xếp hạng không được xây dựng các công trình gây ô nhiễm môi trường xung quanh và các công trình khác không có liên quan đến việc phục vụ nghỉ ngơi giải trí.

Khi thiết kế cây xanh sử dụng hạn chế và chuyên dụng phải lựa chọn những giải pháp thích hợp nhằm tạo được bản sắc địa phương, dân tộc và hiện đại, không xa lạ với tập quán địa phương và đáp ứng các yêu cầu sau:

Giải pháp cây trồng phải phù hợp thổ nhưỡng khí hậu, thủy văn và địa hình: cây phải chịu được gió, bụi, sâu bệnh; thân đẹp, dáng đẹp; có rễ ăn sâu, không có rễ nổi; cây lá xanh quanh năm, không rụng lá trở cảnh; không có quả thịt gây hấp dẫn ruồi muỗi; không có gai sắc nhọn, hoa quả mùi khó chịu; Cây cách ly khu công nghiệp, nhà máy, khu sản xuất phải có tác dụng: ngăn chặn khói, bụi và các hạt chất lơ lửng trong không khí.

1.1.3.3. Khái niệm quản lý cây xanh đô thị

Quản lý cây xanh đô thị” bao gồm: Quy hoạch, trồng, chăm sóc, ươm cây, bảo vệ và chặt hạ, dịch chuyển cây xanh đô thị.

Quản lý cây xanh đô thị được gắn liền với thuật ngữ “Lâm nghiệp đô thị” hay “quản lý rừng đô thị”. Khái niệm Lâm nghiệp đô thị có nguồn gốc ở Bắc Mỹ trong những năm 1960, Jorgensen đã giới thiệu các khái niệm này bao gồm giải quyết các vấn đề cây trong thành phố, quản lý cả các cây đơn lẻ và trong toàn bộ khu vực bị ảnh hưởng bởi đô thị hoá; bao gồm cây xanh đường phố, cây xanh công viên, cây xanh tại các khu vực công cộng khác, cây xanh tại vườn nhà riêng và tất cả các mảng xanh tự nhiên còn sót lại trong khu vực này.

	RỪNG ĐÔ THỊ		
	Cây riêng lẻ		Rừng và rừng cây gỗ đô thị (rừng và đất rừng khác, ví dụ như, rừng tự nhiên và rừng trồng, rừng cây nhỏ, vườn cây ăn trái)
	Cây xanh đường phố và vỉa hè	Cây trong công viên sân trong nhà riêng, nghĩa trang, trên đất bỏ hoang, cây ăn quả vv ...	
Hình thức, chức năng, thiết kế, chính sách và quy hoạch			
Phương pháp tiếp cận kỹ thuật (lựa chọn các vật liệu cây trồng, thiết lập phương pháp)			
Quản lý			

LÂM NGHIỆP ĐÔ THỊ

Hình 1.3. Mức độ và phạm vi ảnh hưởng của Lâm nghiệp đô thị

Khái niệm này còn bao gồm việc lập kế hoạch và quản lý cây xanh, rừng và thảm thực vật liên quan trong cộng đồng đô thị để tạo ra và tăng thêm giá trị của cây xanh, và quản lý tổng thể tất cả các vấn đề về rừng đô thị kết hợp các vấn đề về trồng cây, kiến trúc cảnh quan, làm vườn, bệnh cây và lâm nghiệp.

Tài nguyên rừng đô thị liên quan đến vị trí của cây xanh đô thị:

- Các không gian mở, vị trí của cây xanh đường phố, cây xanh quảng trường, hàng cây và các lối đi;
- Các cây riêng lẻ hoặc các khóm cây nhỏ trồng trong vườn, công viên, nghĩa trang, trên đất hoang, trong các khu công nghiệp...;
- Vị trí của cây trong thảm thực vật và cây bụi. Tất cả được tìm thấy trong hoặc gần khu vực đô thị và đều liên quan đến yếu tố thực vật thân gỗ.

Vai trò của cây xanh đô thị được thể hiện các vai trò khác nhau liên quan đến: Tổng thể hoạch định chính sách, quy hoạch và thiết kế các biện pháp kỹ thuật (lựa chọn cây trồng và thiết lập nơi trồng) và công tác quản lý.

Mặc dù có nhiều quan niệm khác nhau, nhiều người tán thành về các thể mạnh cơ bản của các phương pháp tiếp cận lâm nghiệp đô thị:

- Là sự tích hợp, hợp nhất các yếu tố khác nhau trong cấu trúc xanh đô thị;
- Đó là chiến lược, nhằm phát triển các chính sách dài hạn và kế hoạch cho tài nguyên cây đô thị, kết nối với các lĩnh vực, chương trình nghị sự và các chương trình khác;
- Nhằm mục đích cung cấp nhiều lợi ích, nhấn mạnh đến kinh tế, môi trường, văn hóa – xã hội tốt và các dịch vụ mà rừng đô thị có thể cung cấp;
- Đó là đa ngành và mục tiêu trở thành liên ngành, bao gồm đến các chuyên môn về tự nhiên cũng như khoa học xã hội;
- Đó là sự tham gia, mục tiêu phát triển quan hệ đối tác giữa tất cả các bên liên quan. Mô hình lâm nghiệp đô thị là mô hình đa lĩnh vực và đa vai trò của các bên liên quan trong các hoạt động chính của cây xanh đô thị.

1.1.3.4. Nguyên tắc quản lý cây xanh đô thị

Có thể nói, quản lý bất kỳ một lĩnh vực nào cũng có nghĩa là làm việc với một hệ thống (bộ máy tổ chức) và thực hiện 4 nhóm hành động cơ bản: (1) kiểm kê hiện trạng những nguồn lực cơ bản; (2) xây dựng các mục tiêu cần đạt; (3) xác định các

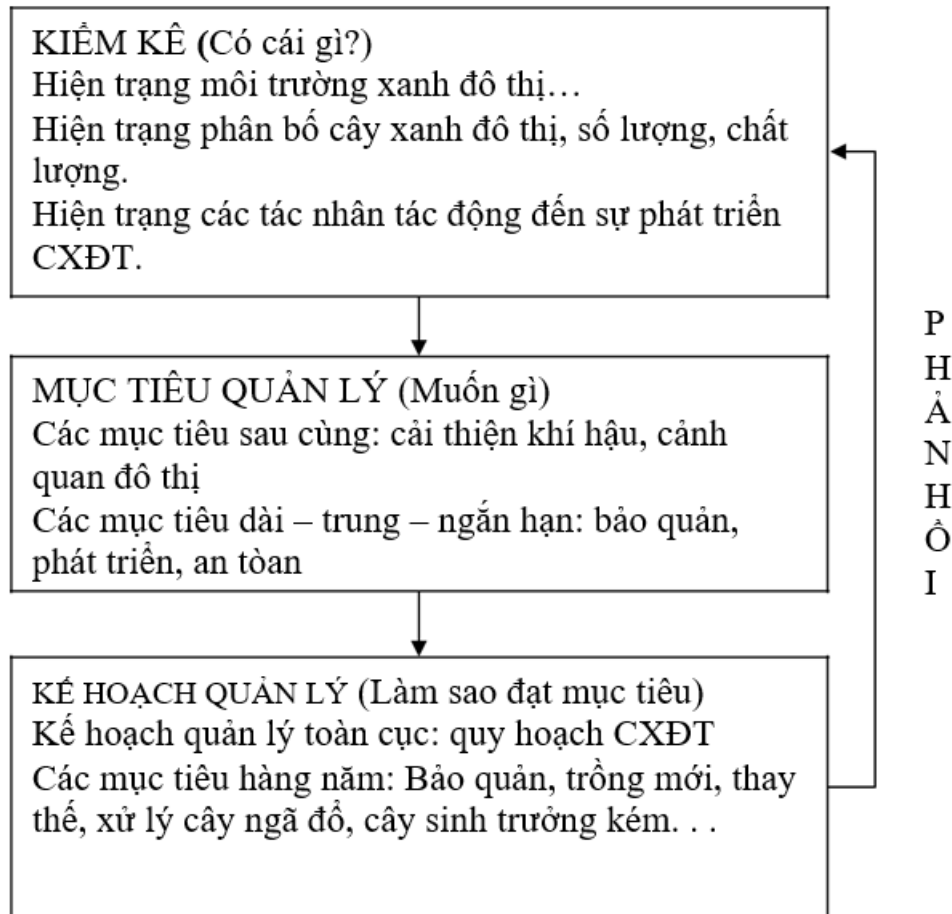
chương trình thực hiện để đạt các mục tiêu đó; (4) đánh giá định kỳ về toàn bộ kế hoạch quản lý, so sánh mục tiêu và xem xét cải tiến.

Qui trình lập kế hoạch là một phần tích hợp của quá trình quản lý. Kế hoạch quản lý diễn ra trong hai mức thời gian: ngắn hạn và dài hạn.

Kế hoạch quản lý nên được hỗ trợ bởi một kế hoạch tình thế nếu không đạt được mục tiêu hoặc mục tiêu có thể xác định lại thông qua phản hồi.

Qui trình quản lý tổng quát cơ bản bao gồm 4 bước như đã đề cập trên đây:

- 1) Chúng ta hiện có cái gì? (Kiểm kê)
- 2) Chúng ta muốn cái gì? (Mục tiêu)
- 3) Làm cách nào chúng ta đạt được cái chúng ta muốn? (Kế hoạch quản lý)
- 4) Phản hồi (Kế hoạch tình thế hay hiệu chỉnh mục tiêu)



Hình 1.4. Vận dụng mô hình quản lý tổng quát vào quản lý môi trường xanh đô thị

Chu kỳ thông tin quản lý tổng quát nói trên vận dụng vào quản lý môi trường xanh đô thị cần đến thông tin về hiện trạng cây xanh: Chúng ta hiện có cái gì? (kiểm kê) và phản hồi kết quả quản lý sau một thời gian nhất định. Vì vậy, để có thể quản lý tốt môi trường xanh đô thị nói chung và hệ thống cây xanh Thành phố nói riêng, là các đối tượng có số lượng lớn, phân bố theo địa lý, trước hết và tất yếu phải có sự ứng dụng các thành tựu của lĩnh vực công nghệ thông tin.

1.1.3.5. Nội dung quy hoạch cây xanh trong quy hoạch đô thị

1. Quy hoạch cây xanh đô thị là một nội dung trong quy hoạch đô thị.
2. Trong quy hoạch chung đô thị phải xác định: chỉ tiêu đất cây xanh, tổng diện tích đất cây xanh cho toàn đô thị, từng khu vực đô thị (khu vực mới; khu vực cũ, cải tạo

và khu vực dự kiến phát triển), diện tích đất để phát triển vườn ươm và phạm vi sử dụng đất cây xanh đô thị.

3. Trong quy hoạch phân khu đô thị phải xác định cụ thể: vị trí, quy mô, tính chất, chức năng, phạm vi sử dụng đất cây xanh đô thị; các nguyên tắc lựa chọn loại cây trồng.

4. Trong quy hoạch chi tiết đô thị phải xác định cụ thể: chủng loại cây, tiêu chuẩn cây trồng, các hình thức bố cục cây xanh trong các khu chức năng; xác định vị trí cây xanh trên đường phố.

1.1.3.6. Hệ thống giám sát, quản lý cây xanh đô thị

1. Vai trò của hệ thống giám sát, quản lý cây xanh đô thị

Các vấn đề khi quản lý cây xanh bằng phương pháp thủ công:

- Không có bản đồ cây xanh tổng thể để kiểm soát trực quan cây xanh: thông tin, vị trí, hình ảnh.
- Không kiểm soát được tổng số lượng cây, số lượng tăng giảm cây theo thời gian.
- Thiếu công cụ để hỗ trợ kiểm tra tình trạng đến từng cây xanh.
- Không theo dõi được lịch sử của cây: lịch sử sinh trưởng phát triển, lịch sử di chuyển vị trí cây.
- Mất thời gian và khó kiểm soát công tác lập kế hoạch chăm sóc định kỳ, chăm sóc đặc biệt theo tình trạng cây.
- Quá trình giao việc thủ công hoặc qua các nhóm chat. Không thể tổng hợp hoặc tạo báo cáo công việc nhanh khi cần.
- Không biết nhân viên mình đang làm việc ở đâu? có thực sự đang đi chăm sóc, duy trì cây xanh ngoài hiện trường không?

Ngày nay, với các hệ thống giám sát, quản lý cây xanh đô thị đã khắc phục các hạn chế nêu trên.

2. Hệ thống giám sát, quản lý cây xanh đô thị trên thế giới

Những ứng dụng của máy tính trong quản lý cây xanh đường phố đã xuất hiện từ những năm 1970 nhờ việc sử dụng những máy tính lớn Mainframe ở Hoa Kỳ. Ứng dụng máy tính này cho phép những người quản lý cây ở Thành phố có thể truy nhập dữ liệu hiệu quả hơn và cung cấp một cách nhanh chóng tóm tắt dữ liệu những thông số cho quản lý cây xanh theo Miller 1997. Tuy vậy, sau đó người ta nhận thấy những hệ thống này đòi hỏi cường độ lao động cao và chúng yêu cầu phải bảo trì thường xuyên và rất tốn kém thời gian. Một khó khăn nữa là những máy tính này phải được dùng chung với những ban ngành khác trong chính phủ địa phương.

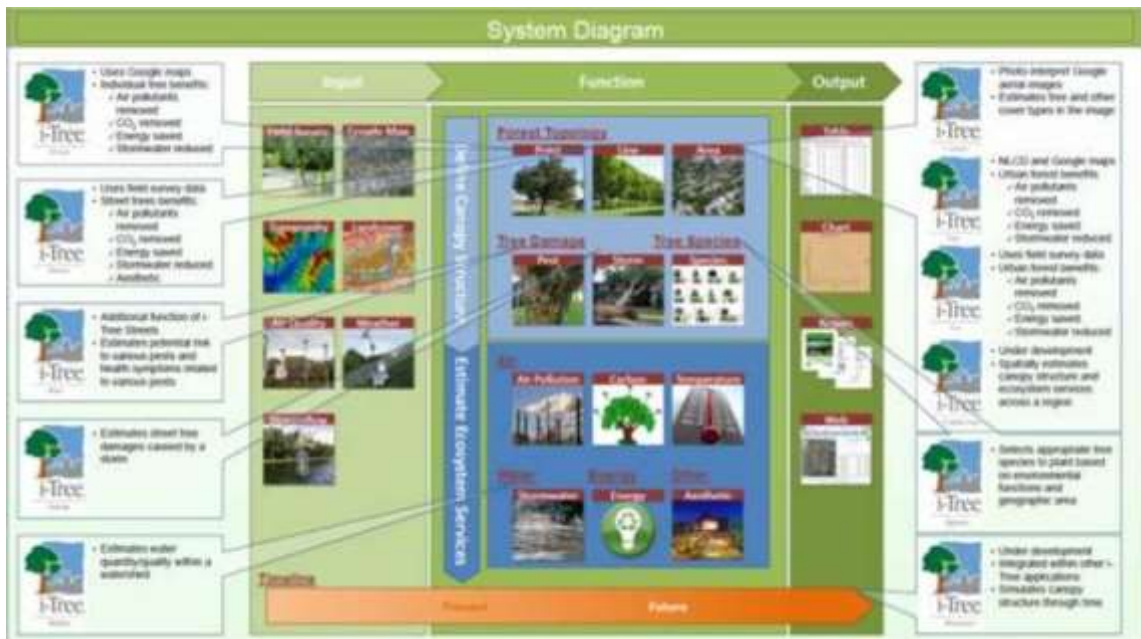
Vào những năm 1980 nhờ sự phát triển mạnh mẽ của tin học nên tăng nhanh về số người sử dụng và số đợt truy nhập vào dữ liệu cây xanh. Máy tính ngày nay đã có bộ nhớ rất lớn và tốc độ xử lý nhanh với giá thành hạ, máy vi tính có thể cũng được sử dụng cho những công việc khác như: soạn thảo văn bản, xử lý dữ liệu và quản lý tài chính nên việc trang bị máy tính đã trở nên phổ biến. Những cơ quan quản lý cây xanh đô thị có thể thiết kế chương trình quản lý của chính mình hoặc mua những chương trình thương mại để tăng cường hiệu quả công việc. Việc lựa chọn phần mềm thích hợp yêu cầu người quản lý phải hiểu rõ những mục tiêu quản lý và biết được phần mềm nào đáp ứng được những mục tiêu đó. Nghiên cứu [9] mô tả hệ thống máy tính có khả năng hỗ trợ quản lý cây xanh đô thị kể cả một số phần mềm thương mại.

Ngày nay, công nghệ tiên tiến đã được áp dụng để giám sát, đánh giá và phân tích quản lý môi trường và tài nguyên thiên nhiên. Các công nghệ thông minh này bao gồm công nghệ viễn thám (tức là hình ảnh siêu phổ, LiDAR) cho phép lập bản đồ và đánh giá các loài và cây riêng lẻ bằng cách tích hợp học máy (machine learning) và công cụ Google Earth là một ứng dụng dựa trên đám mây có thể theo dõi và lập bản đồ sử dụng đất lớp phủ và thảm thực vật thay đổi trên quy mô toàn cầu. Máy bay không người lái (UAV) giúp thông qua việc khảo sát, phun phân bón, gieo hạt và phát hiện các thảm họa (hỏa hoạn, phá hoại hoặc chấn gió) trong các khu vực có rừng [6].

Các công nghệ thông minh như cảm biến không dây và vi mạch nhận dạng tần số vô tuyến (RFID) đã được sử dụng để thu thập thông tin về thảm thực vật và chia sẻ thông tin thông qua các nền tảng dựa trên web [4]. Các công nghệ thông minh này cung cấp các nguồn dữ liệu lớn có thể được chia sẻ với chính quyền đô thị để quản lý các khu vực trồng rừng và phủ xanh đô thị một cách hiệu quả. Chúng đã được sử dụng để giám sát các khu vực xanh đô thị về tính bền vững của các nguồn tài nguyên thiên nhiên trong thành phố.

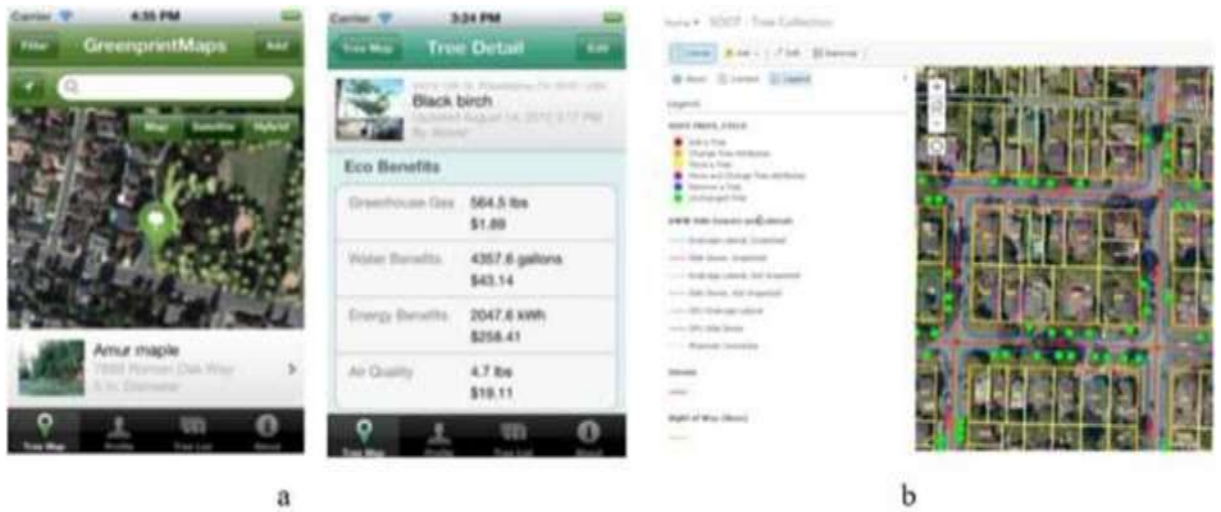
Số lượng CNTT-TT và IoT được ứng dụng và các sáng kiến liên quan đến tính bền vững của lâm nghiệp đô thị và phủ xanh đô thị đã được đưa ra trên khắp thế giới. Một số trong số chúng được giải thích như một ví dụ dưới đây. Amsterdam đã phát triển sáng kiến Green City Watch sử dụng trí tuệ nhân tạo không gian địa lý để giám sát các khu vực xanh đô thị liên tục. Chicago (Mỹ) sử dụng cảm biến và phân tích dựa trên đám mây để đo lường hiệu suất của các khu vực thí điểm xanh khác nhau để thiết kế các khu vực xanh đặc trưng. Sáng kiến kiểm kê số lượng cây ở New York (Mỹ) đã sử dụng VGI hơn 2.300 trong vòng một năm để kiểm kê cây, bao gồm đo lường và xác định từng cây đơn lẻ và ghi lại các thiệt hại trên thân cây [6]. Tất cả thông tin này cung cấp cơ hội để giám sát và đánh giá thành phần, cấu trúc rừng, giảm nhẹ và phát hiện những cây bị thiệt hại nặng. Việc sử dụng các công nghệ thông minh có thể giảm chi phí và thời gian quản lý lâm nghiệp và phủ xanh đô thị bằng cách sử dụng thông tin địa lý tình nguyện (VGI - volunteered geographic information).

i-Tree là một công cụ giám sát và đánh giá độ che phủ tán rừng đô thị dựa trên web nổi tiếng. Nó được phát triển bởi Sở Lâm nghiệp Hoa Kỳ và cung cấp một số máy tính để bàn và các ứng dụng dựa trên web (Hình 1.6). Với các ứng dụng và công cụ sáng tạo này, các nhà quản lý có thể định lượng các giá trị lợi ích và dịch vụ hệ sinh thái của cây và rừng cộng đồng, bao gồm giảm thiểu ô nhiễm, hấp thụ và lưu trữ các-bon, và giảm thiểu lượng khí thải, ở nhiều quy mô [3]. Một số ứng dụng i-Tree cũng cho phép kiểm kê cây riêng lẻ trong các khu vực đô thị (Hình 1.6).



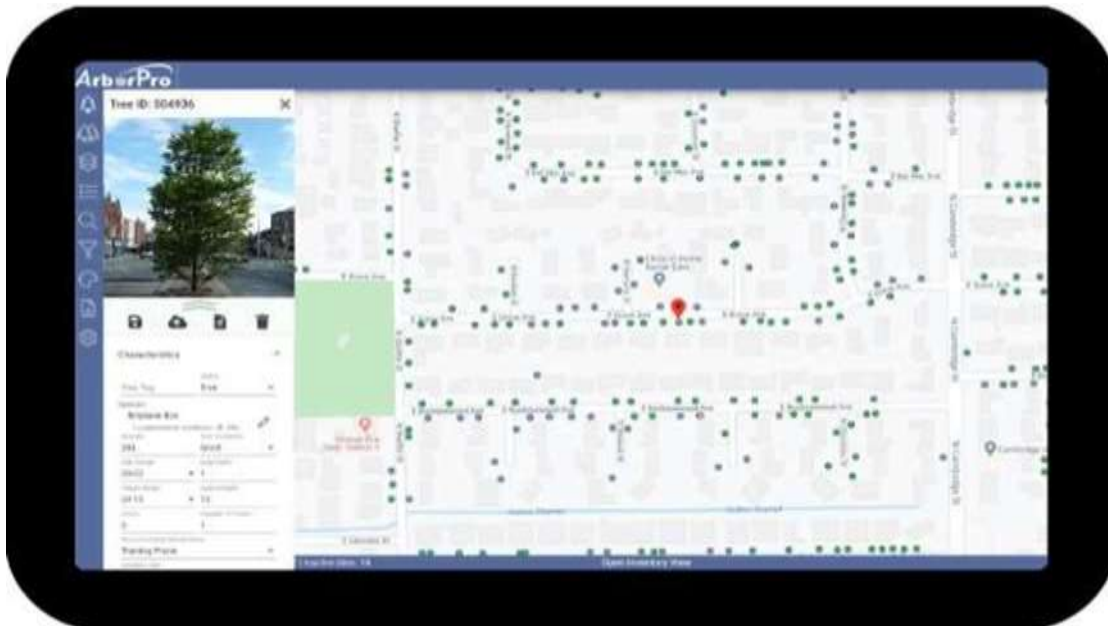
Hình 1.5. i-Tree desktop, các ứng dụng web và sơ đồ hệ thống [3]

OpenTreeMap là một nền tảng lập bản đồ mã nguồn mở khác đã được sử dụng để kiểm kê cây và ước tính độ che phủ của tán cây ở các thành phố lớn. Cả hai công cụ dựa trên web đều tính toán lợi ích của hệ sinh thái từ dữ liệu thu thập được và báo cáo mọi vấn đề liên quan đến cây đô thị bằng cách sử dụng hệ thống VGI (Hình 1.7a). Nature Conservancy đã phát triển ứng dụng web Healthy Trees Healthy City (HTHC) dựa trên VGI. Mục đích là nâng cao chất lượng cuộc sống của cộng đồng thông qua việc trồng, chăm sóc, khu phố. Họ muốn gắn kết cộng đồng vì một tương lai xanh bền vững. Tương tự như vậy, Sở Giao thông Vận tải Seattle (SDOP - Seattle Department of Transportation) đã phát triển một ứng dụng để kiểm kê lâm nghiệp đô thị (Hình 1.7b). Mục đích là với dữ liệu kiểm kê cây chính xác và cập nhật, các yêu cầu bảo trì có thể lập bản đồ hiệu quả hơn, chẳng hạn như lịch trình tưới cây và lập kế hoạch cho sự đa dạng loài tốt hơn trong tương lai.



Hình 1.6. a) Chế độ xem từ ứng dụng OpenTreeMap, b) Chế độ xem từ ứng dụng Bộ Giao thông Vận tải Seattle (SDOP)

Ngoài ra, nhiều thành phố, trường đại học và công viên trên toàn quốc sử dụng phần mềm **ArborPro** sử dụng công nghệ GIS mới nhất để cung cấp cho người dùng hình ảnh trực quan ngay lập tức về bất kỳ cây nào trong “Rừng Đô thị” (<https://arborprousa.com/software>). Với tính linh hoạt và khả năng tùy biến ArborPro Enterprise là phần mềm kiểm kê cây ưa thích để quản lý kiểm kê cây đô thị.



Hình 1.7. Phần mềm ArborPro

Nguồn: <https://arborprousa.com/software>

TreePlotter INVENTORY (<https://planitgeo.com/treeplotter-inventory>)-

Giải pháp phần mềm lâm nghiệp đô thị dựa trên đám mây được thiết kế đặc biệt để hỗ trợ lập biểu đồ kiểm kê cây và quản lý dữ liệu của chúng bằng một loạt các công cụ (<https://treeplotter.com/>). Được xây dựng trên nền tảng GIS dựa trên web và được tối ưu hóa để sử dụng trên thiết bị di động, ứng dụng có thể được sử dụng bởi chính phủ, doanh nghiệp tư nhân và các tổ chức phi lợi nhuận trên toàn thế giới. Các bản kiểm kê cây hiện có có thể được nhập, trong khi các bản kiểm kê mới có thể được xây dựng một cách trực quan bằng cách thêm các điểm cây và xác định các thuộc tính thông tin vào bản đồ trực tuyến. Mặc dù có hỗ trợ GPS, ứng dụng dựa trên trình duyệt có thể được sử dụng để thay thế các giải pháp kiểm kê thông thường được hỗ trợ bởi GPS bằng GIS và công nghệ được lưu trữ trên web mà mọi thiết bị được kết nối có thể truy cập. Các khía cạnh đáng chú ý khác bao gồm xuất dữ liệu sang định dạng tệp CSV hoặc shapefile, một công cụ cập nhật hàng loạt để áp dụng các thay đổi dữ liệu hàng loạt cho nhiều cây, cùng với lựa chọn các mô-đun bổ trợ để mở rộng tính năng tùy chọn.



Hình 1.8. Phần mềm TreePlotter INVENTORY

Nguồn: <https://planitgeo.com/treeplotter-inventory/>

3. Hệ thống giám sát, quản lý cây xanh đô thị trong nước

Nước ta hiện đã có khá nhiều công trình nghiên cứu bảo vệ và quản lý hệ thống cây xanh, tiêu biểu như:

a. Hệ quản trị cơ sở dữ liệu Hệ thống cây xanh Thành phố Hà Nội được xây dựng và phát triển trên ngôn ngữ Microsoft FOXPRO phiên bản Verison3.0. Đây là một phần mềm chuyên về quản trị cơ sở dữ liệu với khả năng tính toán nhanh và phổ biến ở Việt Nam, đặc biệt là ở Bắc Việt Nam. Phần mềm này cho phép phát triển các ứng dụng về quản trị cơ sở dữ liệu tuy nhiên các phần mềm dạng này chủ yếu là thao tác với dữ liệu thuộc tính và hiển thị thông tin cây chưa áp dụng các phương pháp thống kê về mặt không gian [2].

b. Phần mềm quản lý cây xanh do Công ty cây xanh (thuộc Sở Giao thông công chính Tp.Đà Nẵng) phối hợp với Trung tâm Công nghệ phần mềm Thành phố xây dựng và triển khai thực hiện từ cuối tháng 9/2006 [2]. Việc thành lập bản đồ số về hệ thống cây xanh trên các tuyến đường của phần mềm đã đáp ứng được các yêu cầu về khả năng khai thác thông tin, khả năng cập nhật dữ liệu, khả năng liên kết dữ liệu và thể hiện trên các bản đồ khác của Thành phố, áp dụng phần mềm GIS để quản lý các thông tin của hệ thống cây xanh tại một số tuyến đường cụ thể.

c. Hệ thống Quản lý Thông tin rừng: Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn đã triển khai nỗ lực để tích hợp các dữ liệu và thông tin về tài nguyên rừng, quản lý rừng và các hoạt động kinh tế rừng Việt Nam. **Hệ thống Quản lý Thông tin rừng** (FORMIS – Forest Operation Management Information System - <http://maps.vnforest.gov.vn/>) là một cố gắng ban đầu nhằm đối chiếu, tích hợp và công bố các thông tin về rừng. Nỗ lực này đang được tăng cường nhờ sự hỗ trợ từ dự án FOMIS, nhằm cung cấp một cơ sở chuyên nghiệp hơn cho việc quản lý dữ liệu làm nền tảng cho FOMIS và tăng cường cơ hội ứng dụng trong quản lý rừng, như việc xây dựng kế hoạch phát triển rừng cho các tỉnh.

d. Phần mềm quản lý cây xanh trực tuyến CityWork.vn

Phần mềm lập ra hồ sơ quản lý đối với mỗi cá thể cây với đầy đủ các thông số gồm: hình ảnh, vị trí chính xác, loại cây, tên gọi, chiều cao, đường kính, chất lượng, năm trồng, tuyến đường và hiện trạng sinh trưởng phát triển hay bệnh lý. Thông qua phần mềm này, công ty có thể theo dõi và cập nhật những biến động hàng giờ các dữ liệu về: sâu bệnh, héo úa, lịch sử di dời...

CityWork là giải pháp phần mềm ứng dụng công nghệ bản đồ số (công nghệ GIS), công nghệ di động và công nghệ điện toán đám mây cho mục đích thu thập, lập bản đồ cây xanh đô thị và hiện đại hoá công tác quản lý, kiểm tra và chăm sóc cây xanh đô thị (<https://citywork.vn/giai-phap-quan-ly-he-thongcay-xanh/>).



Hình 1.9. Phần mềm quản lý cây xanh trực tuyến CityWork

Nguồn: <https://citywork.vn/giai-phap-quan-ly-he-thongcay-xanh/>

Lập và cập nhật bản đồ cây xanh dễ dàng

- Citywork cung cấp các công cụ thiết yếu và chuyên biệt để hỗ trợ lập bản đồ cây xanh: công cụ nhập dữ liệu hiện trạng của tổ chức từ excel, CAD, shapefile,... công cụ vẽ bản đồ với nhiều tiện ích hỗ trợ,...

- Citywork cho phép thu thập, cập nhật, bổ sung thông tin, vị trí, hình ảnh, tình trạng cây xanh tại thực địa bằng ứng dụng được cài đặt trên thiết bị di động

- Kết hợp bản đồ nền chi tiết và các thiết bị đo đạc chuyên dụng tăng độ chính xác bản đồ cây xanh

- Biên tập bản đồ cây xanh theo nhu cầu quản lý của tổ chức: Bản đồ phân loại cây, bản đồ tình trạng cây, bản đồ dịch bệnh, bản đồ theo phạm vi quản lý,... Khai thác bản đồ cây xanh mọi lúc mọi nơi trên mọi thiết bị

- Citywork cho phép khai thác bản đồ cây xanh mọi lúc, mọi nơi trên các thiết bị kết nối mạng internet: máy tính để bàn, máy tính xách tay, máy tính bảng hoặc điện thoại thông minh.

Kiểm tra tình trạng cây xanh bằng điện thoại di động

- Cho phép người quản lý lên kế hoạch kiểm tra tình trạng cây xanh định kỳ hoặc đột xuất theo khu vực, tuyến đường,... Phần mềm sẽ tự thông báo tới người phụ trách về kế hoạch kiểm tra

- Cho phép kiểm tra tình trạng sức khỏe cây, tình trạng sâu bệnh của cây.

- Cho phép kiểm tra, theo dõi tình trạng sinh trưởng cây xanh theo thời gian.

- Người kiểm tra ghi nhận kết quả bằng điện thoại di động sau đó đồng bộ lên hệ thống.

- Người quản lý giám sát công việc, kết quả kiểm tra của từng nhân viên ngoài thực địa bằng vị trí và hình ảnh trực quan trên bản đồ.

Tiếp nhận các yêu cầu xử lý sự cố cây

- Cho phép quản lý tiếp nhận phản ánh về sự cố cây xanh: nghiêng, gãy, đổ,... để kịp thời có kế hoạch, biện pháp xử lý.

- Phản hồi thông tin về công việc giữa nhân viên và quản lý để có thể trao đổi thông tin một cách nhanh chóng, dễ dàng

Quản lý công việc chăm sóc cây định kỳ

- Cho phép quản lý định mức chăm sóc cây kèm số lượng vật tư cần sử dụng đối với từng loại chăm sóc khác nhau: sâu bệnh, sinh trưởng,...
- Cho phép quản lý lập lịch chăm sóc cây định kỳ theo: tuần, tháng,...
- Cho phép Tạo các công việc từ lịch, từ kết quả kiểm tra, từ yêu cầu chăm sóc cây xanh để giao cho người phụ trách từ đó có thể theo dõi được tiến độ, giám sát kết quả công việc chăm sóc cây
- Cho phép báo cáo kết quả chăm sóc cây thông qua điện thoại di động: hình ảnh, vị trí,.. tại hiện trường.

Quản lý công việc chăm sóc cây đặc biệt

Hỗ trợ người quản lý thiết lập lộ trình, phác đồ chăm sóc đặc biệt cho cây xanh theo từng giai đoạn và giao các công việc chăm sóc đặc biệt này đến người phụ trách để người phụ trách có thể thực hiện công việc theo lộ trình và phác đồ được giao.

Quản lý bản đồ tình trạng cây (dịch bệnh, yếu)

Citywork cung cấp bản đồ cây xanh: theo tình trạng sức khỏe cây, theo dịch bệnh,...

Di dời cây, quản lý lịch sử vị trí cây

- Tra cứu lịch sử di dời vị trí cây xanh trực quan trên bản đồ
- Cho phép lập kế hoạch di dời cây xanh đến vị trí khác
- Thực hiện di dời vị trí cây xanh và cập nhật vị trí mới của cây xanh

Quản lý tăng giảm cây

- Xuất các báo cáo tổng hợp tăng giảm cây theo: đơn vị quản lý, địa bàn
- Cho phép theo dõi số lượng tăng giảm cây giữa các mốc thời gian cụ thể

Dashboard và báo cáo tổng hợp

- Báo cáo tình trạng cây xanh

- Cho phép người dùng truy cập nhanh các số liệu tổng hợp về cây xanh (tổng số cây theo loại cây, tổng số cây theo đường phố,...). Các số liệu được tổng hợp tổ chức thành từng chủ đề giúp thuận tiện trong quá trình duyệt và tra cứu cũng như hỗ trợ trình bày số liệu tổng hợp theo nhiều hình thức khác nhau: bảng số liệu, biểu đồ theo nhiều dạng (tròn, cột và đường).

- Thống kê số lượng cây xanh trên toàn hệ thống: theo địa bàn, theo đơn vị quản lý

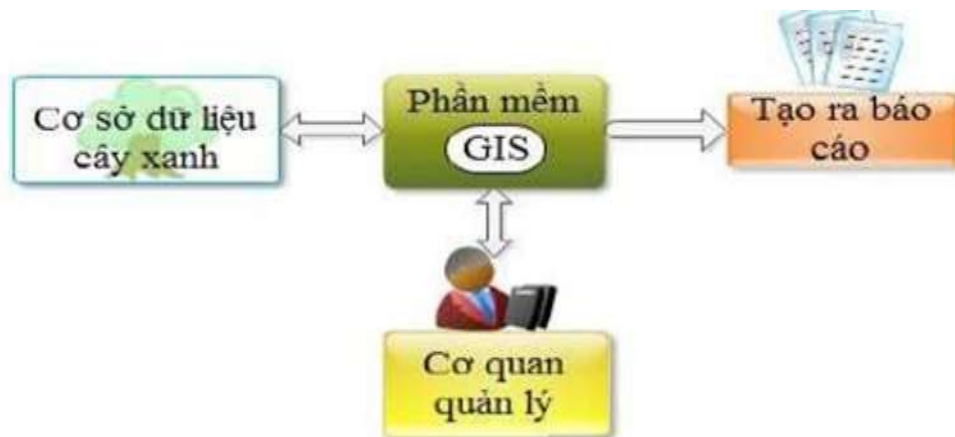
Giám sát tập trung các phương tiện, xe nâng, máy chuyên dụng trực quan trên bản đồ

CityWork cho phép kết nối đến các thiết bị giám sát hành trình được lắp đặt trên các phương tiện, xe nâng, máy thi công chuyên dụng để phục vụ giám sát vị trí trực quan trên bản đồ cũng như hỗ trợ điều động nhanh phương tiện để phục vụ công tác xử lý sự cố, duy trì chăm sóc cây xanh

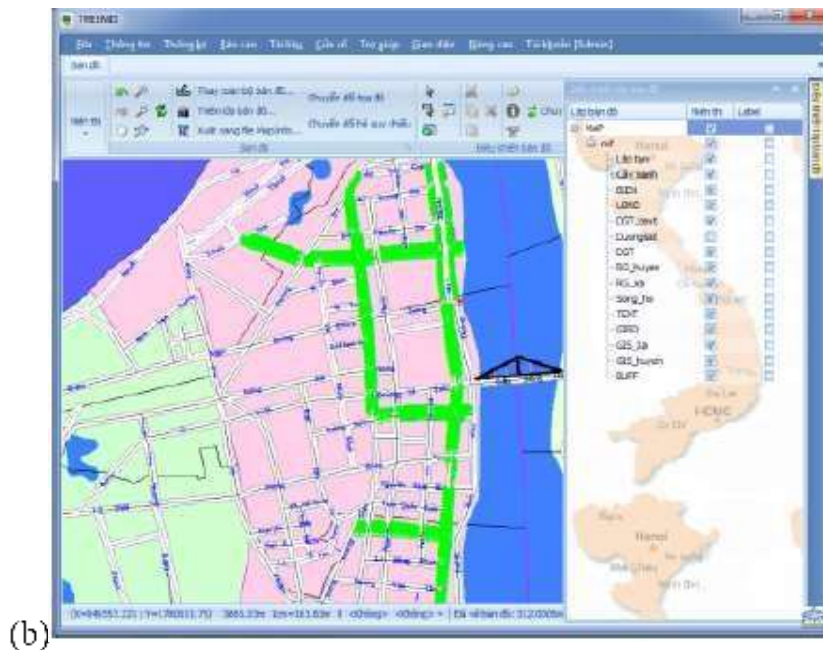
e. Quản lý cây xanh đô thị trên nền GIS – Hệ thống tin địa lý

Giải pháp quản lý cây xanh đô thị trên nền GIS do công ty VidaGIS phát triển nhằm sử dụng sức mạnh của công nghệ GIS vào phục vụ các mục đích: Nâng cao hiệu quả quản lý của Nhà nước về công tác quy hoạch, trồng, duy trì và bảo vệ, chặt hạ và dịch chuyển cây xanh đô thị, khuyến khích xã hội hóa việc quản lý và phát triển cây xanh đô thị Đáp ứng mục tiêu tăng tỷ lệ diện tích cây xanh, góp phần cải thiện và bảo vệ môi trường đô thị của vùng nhiệt đới, phù hợp và góp phần tạo nên bản sắc riêng của mỗi đô thị. Hệ thống có khả năng triển khai tại các phòng ban chức năng, nâng cao khả năng chia sẻ thông tin và quản lý thống nhất (<http://vietnamxanhtvxd.vn/tin-tuc/quan-ly-cay-xanh-do-thi6.html>)

Việc ứng dụng hệ thống thông tin địa lý GIS để quản lý cây xanh sẽ cho phép thể hiện tất cả hình ảnh của cây xanh ngay trên màn hình, cung cấp các thông tin liên quan như cây gì, ở đâu, tình trạng sâu bệnh và hạ tầng liên quan... Năm 2006, Công ty cây xanh Đà Nẵng thực hiện việc quản lý cây xanh bằng phần mềm. Tất cả cây xanh đều được đánh số và toàn bộ lý lịch của từng cây xanh, như vị trí, chủng loại, thời gian trồng và chăm sóc, diện tích che phủ, tình trạng sinh trưởng... được cập nhật vào phần mềm, giúp cho công ty chủ động trong việc duy tu, bảo dưỡng. Trên cơ sở đó, có thêm các nghiên cứu xây dựng CDSL cây xanh và thực hiện quản lý bằng phần mềm GIS như chương trình trong nghiên cứu của [1] được đặt tên là TREEMIS với mục tiêu chính là hỗ trợ cho cơ quan quản lý nhà nước trong công tác quản lý cây xanh bóng mát trên một số đường phố quận Hải Châu, Đà Nẵng.



Hình 1.10. Cơ chế hoạt động của phần mềm quản lý cây xanh



(b)

Hình 1.11. (a) Màn hình chào, (b) Màn hình chính của TREEMIS

1.1.4 Vị trí, vai trò của dữ liệu không gian địa lý 3D hệ thống cây xanh đô thị trong xây dựng đô thị thông minh ven biển

Vùng đất ven biển được coi là nơi rất nhạy cảm về môi trường hiện nay bởi lẽ ở đó có tương tác trực tiếp giữa đất liền và biển. Mọi biến động về môi trường cả phía đất liền cũng như biển đều lưu lại dấu tích.

Để đánh giá tác động của tràn dầu, ngập lụt, xâm mặn, biến đổi của đa dạng sinh học, ô nhiễm môi trường ven biển,... cần phải sử dụng CSDL không gian địa lý 3D

và bản đồ chuyên đề dẫn xuất từ CSDL không gian địa lý 3D để từ đó nhận ra ảnh hưởng của nó, quá trình phát tán, sự thay đổi thông qua so sánh kết quả tính toán với các dữ liệu ở các giai đoạn khác nhau. Từ các bản đồ chuyên đề và các con số thống kê về tình trạng ngập lụt, xâm mặn, biến đổi của đa dạng sinh học, ô nhiễm môi trường ven biển cũng được đưa ra đầy đủ.

Trong các loại CSDL thì CSDL không gian địa lý 3D được thể hiện bằng mô hình số địa hình (bao gồm mô hình số độ cao (DEM) và các yếu tố đặc trưng địa hình) có ưu thế hơn các dữ liệu độ cao khác. Bởi ngoài việc xây dựng CSDL không gian địa lý 3D được thể hiện bằng mô hình số địa hình còn cung cấp cho chúng ta những thông tin cần thiết về bề mặt địa hình một cách nhanh chóng và chính xác.

Trong các phương pháp xây dựng CSDL không gian địa lý 3D thì phương pháp xây dựng CSDL không gian địa lý 3D bằng công nghệ LiDAR cũng có nhiều ưu điểm vượt trội, do sản phẩm sơ cấp cơ bản của công nghệ LiDAR là các mô hình số địa hình (DEM - Digital Elevation Model) và mô hình số bề mặt (DSM - Digital Surface Model) với độ phân giải và độ chính xác rất cao, vì vậy trong khuôn khổ chuyên đề này, mô hình số địa hình DEM và mô hình số DSM được lựa chọn để xây dựng CSDL không gian địa lý 3D cho khu vực ven biển tỉnh Quảng Ninh sử dụng số liệu đo đạc bằng công nghệ LiDAR và nghiên cứu mẫu điển hình về CSDL không gian địa lý 3D được thực hiện cho một khu vực ven biển ở thành phố Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ KHOA HỌC ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN TRONG XÂY DỰNG DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D CHO HỆ THỐNG CÂY XANH ĐÔ THỊ

2.1 Các phương pháp thu thập dữ liệu không gian địa lý 3D

2.1.1 Phương pháp quét LiDAR mặt đất thu thập dữ liệu không gian địa lý 3D

Công nghệ quét Laser mặt đất (TLS) sử dụng thiết bị quét Laser đặt trên mặt đất để nhanh chóng thu được các đám mây điểm 3D, chính xác của bề mặt vật thể, thể hiện đầy đủ các dạng hình học phức tạp của bề mặt. Có hai phương pháp đo được sử dụng trong các thiết bị quét laser mặt đất: phương pháp thời gian dịch chuyển của chùm tia laser (TOF) và phương pháp dựa trên đo pha sóng chủ động. Do đó, máy quét laser mặt đất được chia thành các nhóm máy quét laser theo pha và theo thời gian. Ưu điểm của phương pháp TOF là phạm vi chiếu xa và máy quét laser dùng phương pháp TOF an toàn cho mắt. Máy quét sử dụng phương pháp đo pha sóng sẽ phát ra các bước sóng khác nhau, các bước sóng này được so sánh với nhau để xác định độ lệch pha, từ đó xác định được khoảng cách từ máy đến đối tượng quan trắc. Ưu điểm của thiết bị quét dựa trên đo pha là tốc độ đo rất cao, độ chính xác và độ phân giải cao hơn phương pháp TOF. Phương pháp này đặc biệt thích hợp để phát hiện các dạng hình học liên kết phức tạp với khoảng cách giới hạn.

Bên cạnh đó, một số máy quét cho phép chụp ảnh màu các đối tượng quét bằng máy ảnh gắn với tâm quét hoặc máy ảnh gắn ngoài. Với việc kết hợp máy ảnh cùng máy quét laser, thông tin màu (RGB) được gán cho mỗi điểm đo được xác định bởi vị trí trong không gian với tọa độ x , y và z . Chất lượng của kết quả phụ thuộc vào cấu hình thu nhận và hiệu chuẩn máy ảnh. Đối với máy quét laser có máy ảnh bên ngoài, các tâm máy ảnh và máy quét laser không cùng vị trí. Do đó, sai lệch này cần được hiệu chỉnh cơ học.

Hiện nay có nhiều hãng sản xuất máy quét laser mặt đất sử dụng các công nghệ đo thời gian và đo pha (Hình 2.1). Cũng cần chú ý, phương pháp quét LiDAR mặt

đất không thể thay thế hoàn toàn phương pháp đo đạc mặt đất truyền thống mà là phương pháp hỗ trợ bổ sung dữ liệu. Khi thu thập dữ liệu địa lý 3D bằng máy quét LiDAR mặt đất cần tính toán các điểm khống chế và điểm đặt máy để có thể bao quát hết khu vực cần quan trắc. Hơn nữa, các điểm kiểm tra trên tường cũng cần thiết lập để đánh giá độ chính xác và ghép nối mô hình đám mây điểm đo từ các trạm máy khác nhau.

Máy quét sử dụng phương pháp đo thời gian	 Leica RTC360	 Topcon GLS-2000
	 Optech Polaris	 Riegl VZ400i
	 Trimble X7	

Máy quét sử dụng phương pháp đo pha	 FARO Focus ^S	 Leica RTC360
	 Artec Ray / Surphaser	 Z+F Imager 5016

Hình 2.1. Một số máy quét LiDAR mặt đất sử dụng phương pháp đo thời gian và phương pháp đo pha

2.1.2 Phương pháp ảnh lập thể xây dựng từ chụp ảnh từ UAV

Ứng dụng phổ biến nhất hiện nay của công nghệ máy bay không người lái là bay chụp ảnh, thành lập các loại bản đồ và mô hình số bề mặt tỷ lệ lớn với độ chính xác rất cao. Đo ảnh bằng thiết bị bay không người lái (UAV photogrammetry) được định nghĩa là công nghệ bay chụp ảnh bằng thiết bị bay được điều khiển từ xa, tự động hoặc bán tự động, mà không cần có phi công trên thiết bị bay. Thiết bị bay được trang bị một hệ thống chụp ảnh, bao gồm máy chụp ảnh và ghi hình, hoặc có thể là hệ thống camera nhiệt hoặc hồng ngoại, hệ thống LiDAR, hoặc một hệ thống kết hợp. Công nghệ UAV hiện tại cho phép đăng ký và theo dõi vị trí cũng như hành trình của thiết bị bay theo hệ tọa độ địa phương tự định nghĩa hoặc hệ tọa độ toàn cầu. Do đó, đo ảnh UAV có thể được hiểu như là một công cụ trắc địa ảnh mới.

Đo ảnh UAV mở ra những ứng dụng mới trong nhiều lĩnh vực, với chi phí thấp và khả năng thu ảnh tức thời và thiết bị bay nhỏ gọn [58].

Một hệ thống đo ảnh UAV bao gồm 4 hợp phần chính (Hình 2.2):

- Thiết bị bay không người lái.

- Máy ảnh kỹ thuật số gắn trên thiết bị bay.
- Hệ thống điều khiển thiết bị bay và máy ảnh.
- Trạm xử lý ảnh số (máy tính và phần mềm xử lý).



Hình 2.2. Thành phần hệ thống thành lập mô hình số bằng UAV

Sự phát triển công nghệ hiện nay đã giúp cho người sử dụng có rất nhiều lựa chọn các hệ thống bay chụp và xử lý ảnh UAV với giá thành hệ thống có thể thay đổi tùy thuộc vào yêu cầu và mục đích sử dụng cũng như độ phức tạp của hệ thống. Khi đề cập đến UAV cùng các ứng dụng của nó, thường được hiểu là một giải pháp tiết kiệm chi phí và thu nhận dữ liệu nhanh chóng.

* Xử lý ảnh máy bay không người lái thu thập dữ liệu địa lý 3D:

Với công nghệ xử lý ảnh máy bay truyền thống, sau khi bay chụp, các ảnh đơn được đưa vào các trạm xử lý ảnh số, dựng lại mô hình buồng chụp, tăng dày điểm không chế ảnh, tạo mô hình lập thể. Trong đó, công tác tăng dày không chế ảnh là mất nhiều công sức và thời gian, ngoài việc gán tọa độ các điểm không chế lên ảnh để định hướng ngoài khối ảnh. Công tác tăng dày còn xác định các điểm cùng tên giữa 2 bức ảnh (vị trí của 1 đối tượng xuất hiện trên 2 tấm ảnh liền kề) (tie points).

Các điểm này đóng vai trò là các điểm nối ảnh, nối dài bay thành khối ảnh. Càng nhiều điểm cùng tên, việc định hướng ngoài mô hình lập thể càng chính xác. Các điểm cùng tên chỉ được xác định bằng mắt thường trên các trạm đo ảnh hàng không.

Hiện nay, công nghệ thông tin phát triển đã cải thiện đáng kể việc xử lý ảnh. Bước đột phá đó là các thuật toán tự động tìm kiếm các điểm cùng tên tích hợp trong các phần mềm xử lý ảnh máy bay không người lái. Một trong những thuật toán đó là chuyển đổi yếu tố dựa trên tỷ lệ bất biến SIFT (scale-invariant feature transform) do David Lowe công bố năm 1999 [78]. Các đặc trưng trong SIFT không phụ thuộc vào các phép biến đổi ảnh cơ bản như xoay, thu phóng, thay đổi độ sáng,... nên có thể xem tập các đặc trưng của một ảnh là thể hiện cho nội dung của ảnh đó. Vì vậy, kết quả của việc nhận dạng sẽ có độ chính xác rất cao và thậm chí có thể khôi phục được đối tượng bị che khuất trong ảnh.

Quá trình tìm kiếm các điểm cùng tên sử dụng thuật toán SIFT được thực hiện thông qua 3 bước (Hình 2.3):

- 1/ Xác định các điểm đặc trưng trên mỗi tấm ảnh;
- 2/ Mô tả: tính toán các vector mô tả xung quanh mỗi điểm đặc trưng;
- 3/ Kết nối: xác định các mối tương quan giữa các vector mô tả giữa hai tấm ảnh và kết nối các điểm đặc trưng.

Các điểm đặc trưng được kết nối chính là các điểm cùng tên giữa 2 bức ảnh. Các cặp điểm cùng tên từ các cặp ảnh khác kết nối với nhau sẽ dựng nên một điểm trong không gian ba chiều. Với công nghệ thông tin hiện tại, máy tính có thể tìm kiếm được hàng nghìn điểm 3D trên một khu vực phủ chòm của 2 bức ảnh. Với một khu vực rộng hơn, số điểm 3D có thể lên tới nhiều triệu điểm tạo nên các đám mây điểm lớn. Đám mây điểm dày đặc, mỗi điểm chứa thông tin về tọa độ và phổ sẽ tăng cường tối đa độ chính xác ghép ảnh và xây dựng mô hình số bề mặt.

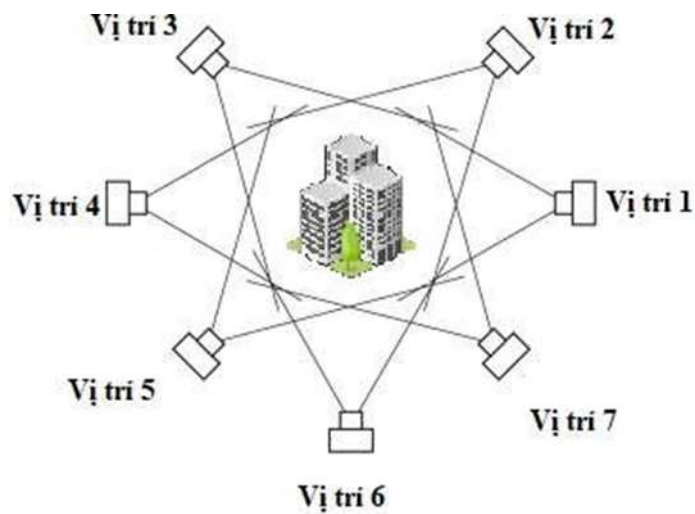
Sau khi xây dựng được đám mây điểm đặc trưng, mô hình đám mây của toàn khu vực nghiên cứu sẽ trải qua nhiều bước như tiếp theo như bình sai, tăng dày điểm đặc trưng, định hướng ngoài đám mây điểm ảnh, tạo đám mây điểm ảnh hoàn chỉnh, nội suy mô hình số bề mặt, tạo bình đồ ảnh trực giao. Phương pháp tổng hợp “Cấu trúc từ chuyển động SfM” sẽ thực hiện tất các bước trong quá trình xử lý ảnh UAV.

Cuối cùng, dữ liệu bình đồ ảnh, mô hình số bề mặt và đám mây điểm ảnh có độ chính xác và chi tiết rất cao (độ phân giải có thể lên tới mm), là cơ sở cho xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D. Dữ liệu 3D được tạo ra từ ảnh UAV có độ chi tiết rất cao, do đó các đối tượng nhà, các công trình xây dựng có thể mô phỏng là các đối tượng địa lý 3D ở mức chi tiết LOD2 và LOD3.

2.1.3 Phương pháp thu thập dữ liệu địa lý 3D từ ảnh chụp mặt đất

Phương pháp quét LiDAR hàng không và chụp ảnh hàng không sẽ cung cấp thông tin 3 chiều về đối tượng nhìn từ trên xuống. Phương pháp quét LiDAR mặt đất có thể bổ sung thông tin về cấu trúc bề mặt của đối tượng nhà và các công trình xây dựng nhưng không nhận được hình ảnh thực tế rõ nét về mặt nhà. Phương pháp chụp ảnh lập thể mặt đất là phương pháp bổ sung tối ưu để có cả thông tin về cấu trúc bề mặt tường của các công trình xây dựng và hình ảnh thực tế của mặt tường tòa nhà, tiết kiệm kinh phí do có thể sử dụng máy ảnh số thông thường, chủ động, dễ dàng trong triển khai ngoài thực địa.

Nguyên lý của phương pháp chụp ảnh mặt đất áp dụng công nghệ SfM như với ảnh chụp chồng phủ từ UAV để tạo ra mô hình số bề mặt, đám mây điểm ảnh và ảnh trực giao của tường các công trình. Việc áp dụng phương pháp cũng cần chú ý các yếu tố về xác định tọa độ chụp ảnh (tâm ảnh) chính xác để đảm bảo chụp ảnh ở mức độ chồng phủ theo yêu cầu (Hình 2.4). Đồng thời khoảng cách từ điểm đặt máy ảnh đến đối tượng cũng cần tính đến nhằm đảm bảo độ phân giải và độ phủ chồng của ảnh. Với công nghệ chụp mặt đất bằng máy chụp ảnh 360 độ hiện đại, mỗi máy ảnh được trang bị hệ thống IMU, có trên 4 ống kính tương ứng với trên 4 bộ cảm biến hình ảnh để chụp theo các góc khác nhau cùng một lần bấm máy. Các máy ảnh này có thể lắp đặt trên các thiết bị di động như ô tô chụp liên tục để xử lý và tạo mô hình 3D cho cả tuyến đường hoặc con phố.



Hình 2. 3. Vị trí đặt các điểm trạm máy chụp ảnh mặt đất để chụp ảnh cho một công trình kiến trúc

2.1.4 Phương pháp thu thập dữ liệu thuộc tính

Dữ liệu thuộc tính của các đối tượng thể hiện trên dữ liệu không gian địa lý 3D được thu thập bằng phương pháp khảo sát, điều tra và thống kê thực địa. Cụ thể, thiết kế các bảng thông tin cho các đối tượng cần thu thập thông tin thuộc tính dựa trên cơ sở của cấu trúc cơ sở dữ liệu địa lý 3D cần thành lập. Sau đó chọn phương pháp thu thập thông tin cụ thể sau:

- Điều tra: sử dụng phương pháp phỏng vấn trực tiếp chủ nhà, người quản lý các tòa nhà, quản lý khu vực, ...
- Quan sát: xác định đặc điểm về hình dạng, màu sắc, tính chất của các đối tượng có thể tiếp cận được.
- Kết hợp với dữ liệu thu thập được bằng công nghệ UAV, TLS, và TP. Ví dụ: chiết tách thông tin từ ảnh chụp, ảnh trực giao, mô hình đám mây điểm 3D, và mô hình số bề mặt.

CHƯƠNG 3.

THỰC NGHIỆM ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ ĐỊA KHÔNG GIAN XÂY DỰNG DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ 3D TẠI MỘT KHU VỰC CỦA TP. HẠ LONG, TỈNH QUẢNG NINH

3.1 Khái quát về khu vực thực nghiệm

3.1.1 Vị trí địa lý khu vực thực nghiệm

Khu vực thực nghiệm có vị trí địa lý như sau:

- Phía Tây Bắc có kinh độ: $107^{\circ}00'30''$; vĩ độ: $20^{\circ}57'31''$.
- Phía Tây Nam có kinh độ: $107^{\circ}00'30''$; vĩ độ: $20^{\circ}56'58''$.
- Phía Đông Nam có kinh độ: $107^{\circ}01'08''$; vĩ độ: $20^{\circ}56'58''$.
- Phía Đông Nam có kinh độ: $107^{\circ}01'06''$; vĩ độ: $20^{\circ}57'31''$.

Khu vực thực nghiệm nằm trên địa bàn phường Hùng Thắng và phường Cái Dăm, TP. Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh (Hình 3.1).

3.1.2 Đặc điểm tự nhiên và xã hội

- Dân cư: Khu vực thực nghiệm có mật độ dân cư đông đúc, hoạt động chính là kinh doanh dịch vụ du lịch, nhà hàng và khách sạn.
- Địa hình: Ven biển, bằng phẳng, với các hồ nước mặn và bãi biển.
- Khí hậu: Khí hậu theo bốn mùa đặc trưng của miền Bắc.
- Giao thông: Tình hình giao thông tương đối thuận lợi.
- An ninh trật tự: Nhìn chung tình hình an ninh trật tự tương đối tốt.

Thành phố Hạ Long là một thành phố biển thuộc khu vực đô thị ven biển Quảng Ninh, Hải Phòng. Hạ Long có vị trí nằm trên đường bờ biển có hình thái không gian đô thị biển đặc trưng, là đô thị có xu hướng tiến ra biển, phát triển kéo dài dọc theo bờ biển. Thành phố Hạ Long nằm trong vùng núi Đông Bắc vươn ra biển Đông và cánh cung Đông Triều cùng lưu vực sông Thái Bình tạo nên quần thể vịnh Hạ Long và Bái Tử Long trên biển. Đường bờ biển chạy sát chân núi nên quỹ đất xây dựng hạn hẹp và chuỗi các đô thị bám dọc quốc lộ 18 phải lấn biển mới đủ đất cho việc hình thành điểm dân cư đô thị. Các đô thị biển tỉnh Quảng Ninh có thành phố Móng Cái, thị trấn Hải Hà và Đầm Hà, thành phố Cẩm Phả, Hạ Long, thị xã Quảng Yên và

đô thị đảo là thị trấn Cát Bà, huyện đảo Bạch Long Vỹ. Trong khoảng 10 năm gần đây, đô thị ven biển Hải Phòng, Quảng Ninh phát triển mạnh liên kết thành chuỗi theo quốc lộ 18 và quốc lộ 5 nối với vùng Thủ đô Hà Nội và vùng trung du Bắc Bộ tạo nên vùng đô thị hóa ven biển tiềm năng ở khu vực Bắc Bộ.





Hình 3.1. Ranh giới khu vực thu thập dữ liệu

3.2 Thu thập dữ liệu trong khu vực thực nghiệm

3.2.1 Thu thập dữ liệu không gian

- Thu thập dữ liệu không gian địa lý 3D bằng công nghệ bay chụp UAV) trong khu vực thực nghiệm.

3.2.2 Thu thập dữ liệu thuộc tính cây xanh

- Thu thập trực tiếp bằng đo đạc và lấy các thông số cây trên bảng mô tả được gắn trên từng cây.

- Thu thập thông tin cây xanh tại Công Ty Cổ Phần Cây Xanh Công Viên Quảng Ninh

3.3 Công tác xây dựng lưới khống chế cơ sở khu vực thực nghiệm

3.3.1 Cơ sở dữ liệu gốc

Toạ độ và độ cao gốc được cung cấp bởi Trung tâm Lưu trữ - Bộ Tài nguyên và Môi trường (Bảng 3.1).

Hệ toạ độ và độ cao:

- + Hệ toạ độ VN-2000.
- + Phép chiếu UTM, Ellipsoid WGS84.
- + Kinh tuyến trung ương $107^{\circ}45'$, múi chiếu phẳng 3° .
- + Hệ cao độ nhà nước (Hòn Dấu, Hải Phòng).

Bảng 3.1. Toạ độ mốc nhà nước đã sử dụng

TT	Ký hiệu điểm	Toạ độ điểm			Cấp hạng lưới
		X (m)	Y (m)	H (m)	
1	TPHL08	2318559,105	421791,465	3,343	Địa chính khu vực
2	TPHL10	2320425,753	422225,787	7,322	Địa chính khu vực

Qua khảo sát thực tế, các mốc toạ độ và độ cao nhà nước (Phụ lục 1.1) còn nguyên vẹn, đủ điều kiện đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật cho công tác đo vẽ.

3.3.2 Thành lập lưới đường chuyền cấp 1

Dữ liệu gốc sử dụng bao gồm 02 điểm mốc toạ độ mặt bằng thuộc lưới địa chính khu vực số hiệu: TPHL08 và TPHL10 (Bảng 3.1)

Trên khu vực đo vẽ thành lập 05 điểm đường chuyền cấp 1 được đánh số hiệu điểm GPS01; GPS02, GPS03; GPS04 và GPS05. Các điểm được bố trí thành các cặp điểm thông hướng, chọn nơi có địa hình ổn định, thông thoáng, điểm được đánh dấu bằng mốc tâm xứ, chôn mốc trên thực địa theo đúng quy cách (Phụ lục 1.2).

Các điểm đường chuyền 1 được đo nối với mốc toạ độ gốc bằng phương pháp định vị GNSS tĩnh; sử dụng 05 máy đo GNSS hai tần số Comnav T300; Đo đạc được tiến hành trong 03 ca đo, thời gian đo đạc 60 phút; sơ đồ đo lưới đường chuyền 1 như Phụ lục 1.3.

Kết quả đo lưới được bình sai trên phần mềm chuyên dụng Trimble Bussiniss Center (TBC) được Bộ Tài nguyên và Môi trường công nhận. Kết quả bình sai tính toán được biên tập theo quy định trên phần mềm DPSurvey 3.5.

Độ chính xác lưới đường chuyền 1:

- Sai số trung phương trọng số đơn vị. $m_0 = \pm 1.000$.

- Sai số vị trí điểm:

Lớn nhất: (GPS03). $m_p = 0,006$ m.

Nhỏ nhất: (GPS01). $m_p = 0,003$ m.

- Sai số trung phương tương đối chiều dài cạnh:

Lớn nhất: (GPS03---GPS04). $m_{S/S} = 1/25.109$.

Nhỏ nhất: (TPHL-08---GPS05). $m_{S/S} = 1/1.089.286$.

- Sai số trung phương phương vị cạnh:

Lớn nhất: (GPS03---GPS04). $m_\alpha = 7,77''$.

Nhỏ nhất: (TPHL-10---GPS01). $m_\alpha = 0,12''$.

- Sai số trung phương chênh cao:

Lớn nhất: (GPS04---GPS05). $m_h = 0,052$ m.

Nhỏ nhất: (TPHL-08---GPS03). $m_h = 0,006$ m.

- Chiều dài cạnh:

Lớn nhất: (TPHL-10---GPS04). $S_{max} = 2894,46$ m.

Nhỏ nhất: (GPS03---GPS04). $S_{min} = 150,82$ m.

Trung bình: $Stb = 1354,54$ m.

3.3.3 Thành lập lưới thủy chuẩn kỹ thuật

Mốc đường chuyền 1 được đo nối độ cao với mốc TPHL08. Sử dụng máy thủy bình NA2, phương pháp đo cao hình học từ giữa để đo đạc. Lưới thủy chuẩn kỹ thuật được đo dưới dạng lưới thủy chuẩn hình học dạng khép kín (Phụ lục 1.4).

Kết quả đo được kiểm tra sai số khép của lưới nằm trong hạn sai theo quy định quy phạm ($f_h \leq \pm 50\sqrt{L}$) mm, bình sai mạng lưới bằng phần mềm DPSTurvey 3.5. Kết quả bình sai, đánh giá độ chính xác mạng lưới như sau:

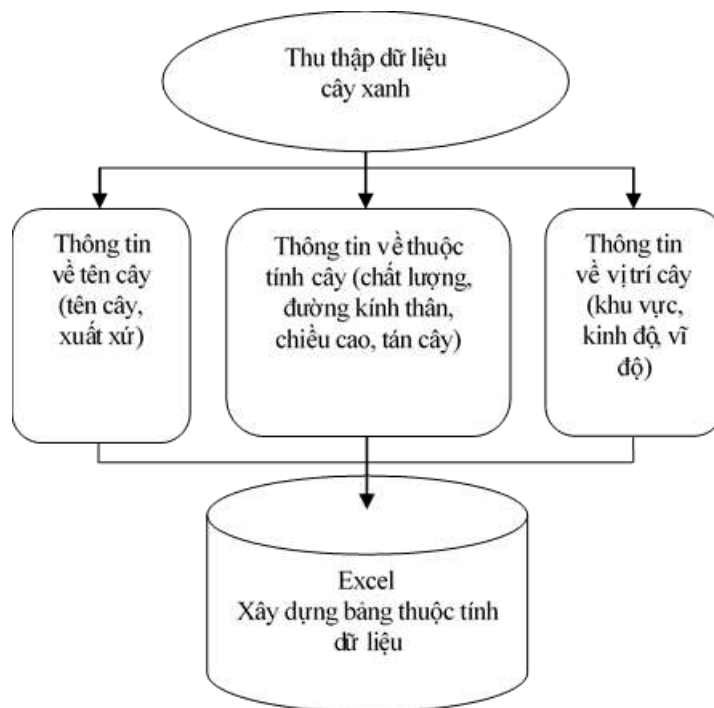
- Sai số trung phương trọng số đơn vị $M_0 = 0,014$ m/km.
- Sai số trung phương độ cao điểm yếu nhất GPS03 = 0,015 m.
- Sai số trung phương chênh cao yếu nhất (GPS03-TPHL08) $m_h = 0,015$ m.

3.4 Xây dựng dữ liệu không gian đồ họa vector 3D cho hệ thống cây xanh

3.4.1 Thu thập, nhập dữ liệu thuộc tính các loại cây trong khu vực thực nghiệm và thiết kế mẫu đồ họa 3D cho cây xanh

3.4.1.1 Thu thập các thông tin thuộc tính về cây xanh

Trên cơ sở đám mây điểm của các cây xanh trong khu vực nghiên cứu đã nhận được và ảnh trực giao để biết độ phủ tán lá, nhóm nghiên cứu đã đi thu thập các thông tin bổ sung về vị trí tọa độ và chiều cao cây để ghi sổ nhật ký tại thực địa ghi lại để phục vụ cho chi tiết hóa các thông tin không gian trong dữ liệu không gian địa lý 3D của hệ thống cây xanh.



Hình 3.2. Thu thập dữ liệu không gian 3D về cây xanh

Thu thập thông tin về thuộc tính mà hệ thống cây xanh được trồng trực tiếp ngoài thực địa bằng ghi chép vào sổ nhật ký để thống kê các số liệu về thuộc tính cây. Bên cạnh đó công cụ tin học được cài đặt trong smartphone có thể cung cấp tọa độ cây xanh cùng với tên đường và hiển thị ở góc dưới bên phải của ảnh chụp như trong Hình 3.6, Hình 3.7.



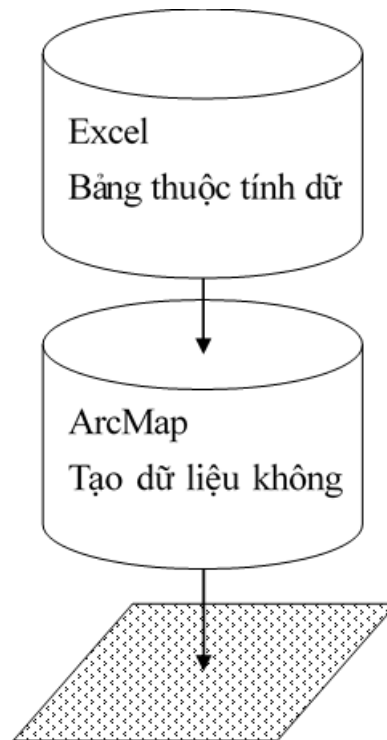
Hình 3.3. Thông tin về cây ăn quả gồm vị trí tọa độ, loại cây, mã cây và thời điểm trồng




Hình 3.4. Ảnh chụp cây xanh với tọa độ vị trí, tuyến đường của cây xanh ngoài thực địa

3.4.1.2 Nhập các thông tin thuộc tính về cây xanh

Dựa vào vị trí, độ cao thu thập trên ảnh trực giao và đám mây điểm của khu vực thực nghiệm. Sau quá trình điều tra thực địa về dữ liệu cây xanh trong khu vực nghiên cứu tiến hành thực hiện việc hiển thị dữ liệu thuộc tính thu thập được dạng bảng trong Excel thành dạng dữ liệu không gian trên ArcGIS (Hình 3.9).



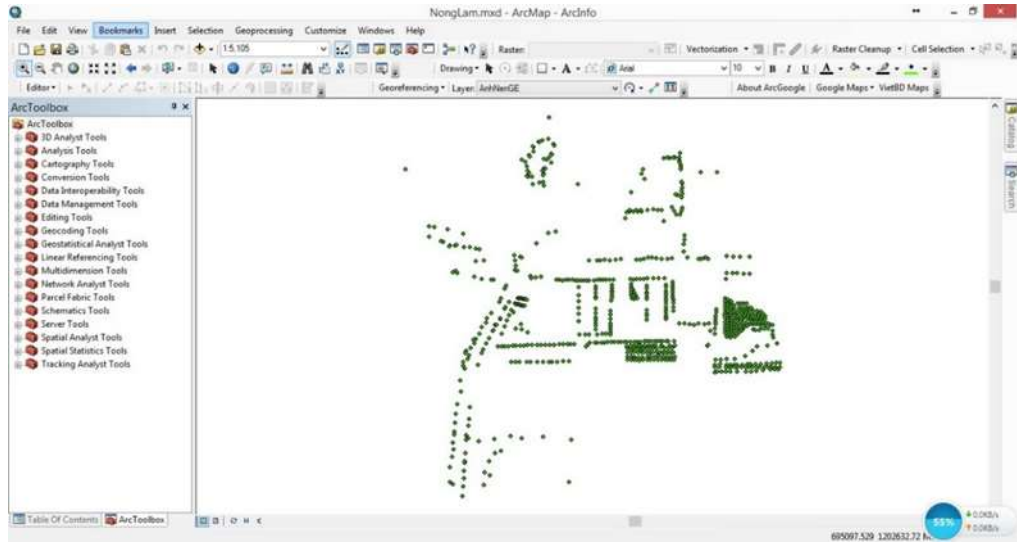
Hình 3.5. Xây dựng lớp dữ liệu cây xanh

Tiến hành đưa bảng thuộc tính Excel vào ArcMap, tại khung Table Of Contents phải chuột trên dữ liệu bảng và chọn  Display XY Data để thiết lập kinh độ, vĩ độ. Tại khung Specift the fields for the X, Y and Z cooddinates, thiết lập X Field là trường LONG tương ứng với kinh độ và Y Field là trường LAT tương ứng với vĩ độ. Để chọn hệ quy chiếu cho lớp cây xanh, tại khung Coordinate System of Input Coordinates thiết lập hệ quy chiếu với các thông số sau:

Geographic Coordinate System:

- Name: GCS_WGS_1984
- Angular Unit: Degree (0.017453292519943299)
- Prime Meridian: Greenwich (0.000000000000000000)
- Datum: D_WGS_1984
- Spheroid: WGS_1984
- Semimajor Axis: 6378137.000000000000000000
- Semiminor Axis: 6356752.314245179300000000
- Inverse Flattening: 298.257223563000030000

Sau đó nhấn OK để tạo layer cây xanh.



Hình 3.6. Sự phân bố không gian cây xanh trong khu vực nghiên cứu

Các loại cây xanh cụ thể được trồng dọc các tuyến đường, công viên trong khu vực theo Bảng 3.2.

Bảng 3. 2. Phân bố cây xanh tại phường Hùng Thắng, phường Cái Dăm, thành phố Hạ Long

TT	Tên cây	Số lượng (cây)	Khu vực phổ biến
1	Phượng vĩ	208	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
2	Móng bò	195	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
3	Bằng lăng	182	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
4	Dừa	112	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
5	Cau vua	104	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
6	Xoài	130	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
7	Sưa trắng	50	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
8	Chà là	105	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
9	Keo	174	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
10	Vạn tuế	105	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
11	Bồn hoa	153	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
12	Chuối	102	Dọc các tuyến đường giao thông chính và
Tổng		2.400	

3.4.1.3 Thiết kế mẫu đồ họa 3D cho cây xanh

Việc thiết kế các loại cây xanh trong Bảng 3.2 theo các thông tin thu thập từ đám mây điểm giúp chính xác hóa các mẫu cây để xây dựng dữ liệu về cây xanh đầy đủ và hoàn thiện. Quá trình chọn mẫu bằng cách thay đổi hình dạng cho 12 loại cây trong khu vực nghiên cứu được thu thập từ thực địa theo các mẫu thiết kế có hình ảnh giống ngoài thực địa trong Hình 3.10. Việc đưa dữ liệu vector 3D của cây cần xác định chính xác chiều cao của cây trong dữ liệu không gian 3D.



Phượng vĩ



Móng bò



Bằng lăng trắng



Dừa



Xoài



Cau vua



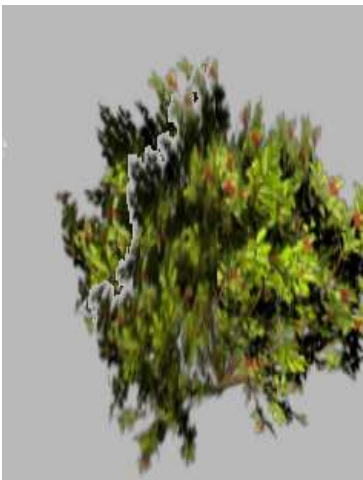
Chà là



Sưa trắng



Keo



Bòn hoa



Vạn tuế

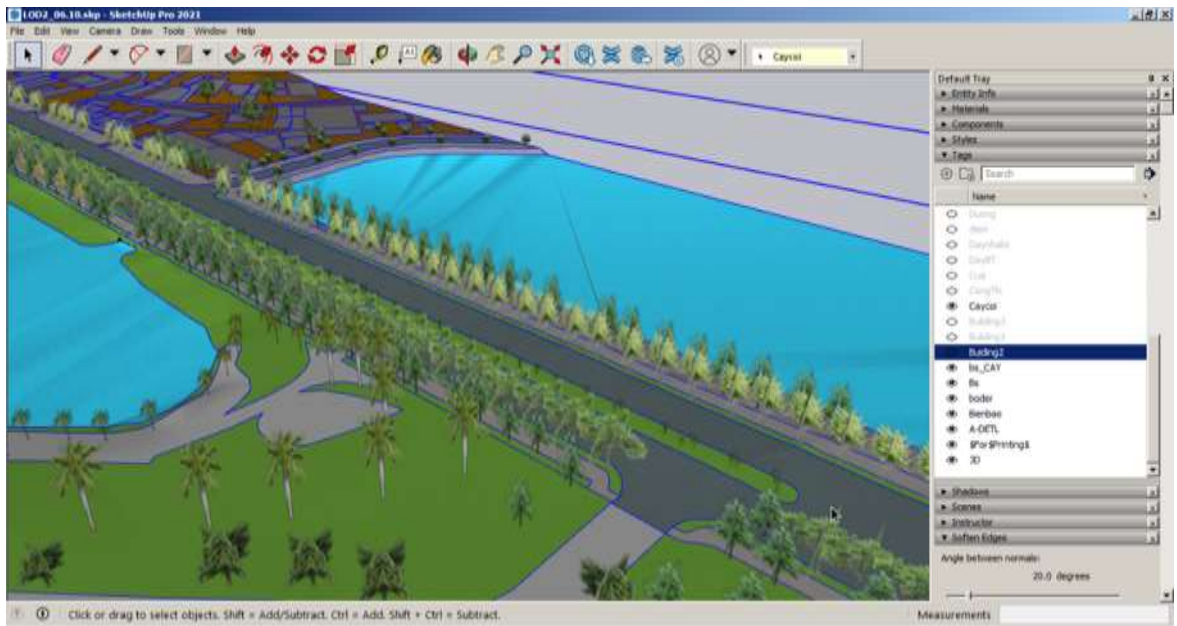


Chuối

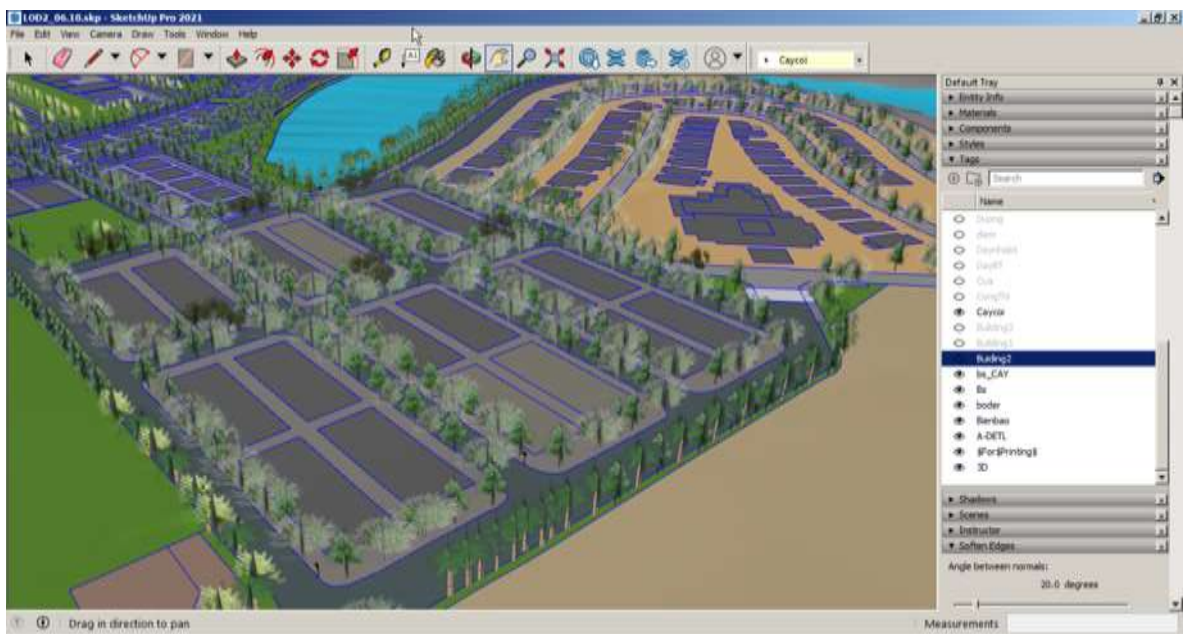
Hình 3. 7. Mẫu dữ liệu không gian 3D các loại cây

3.4.2 Các kết quả dữ liệu không gian đồ họa vector 3D lớp cây xanh khu vực thực nghiệm

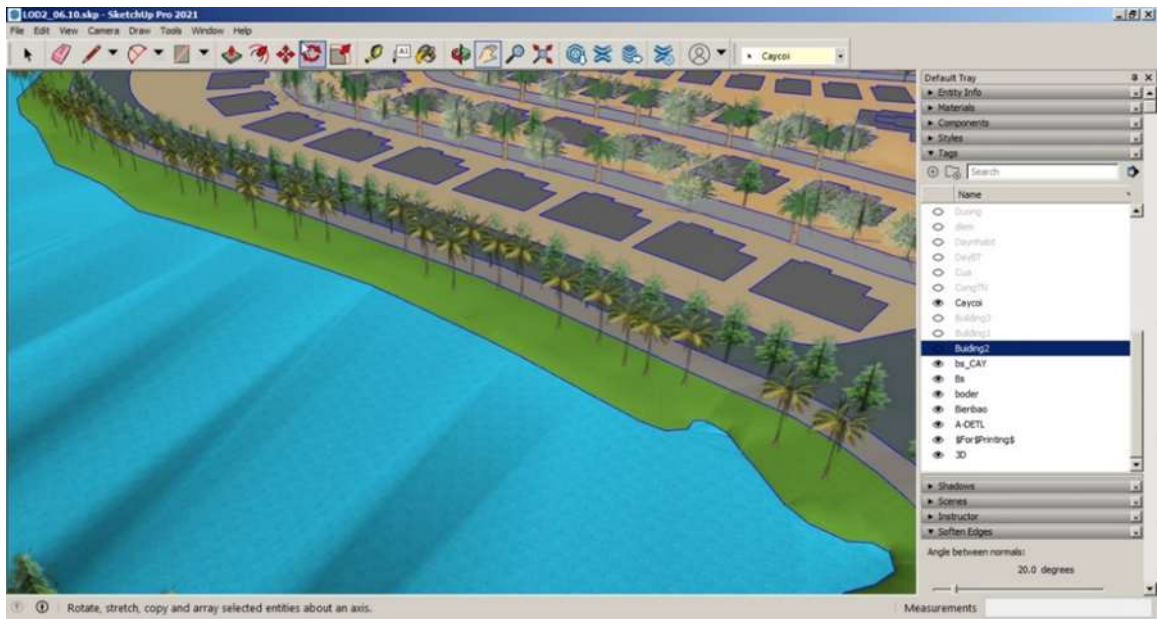
Dựa vào vị trí, độ cao thu thập trên ảnh trực giao và đám mây điểm, các vị trí được vẽ cây tương ứng đúng với loại cây và chiều cao đo được để thu được kết quả toàn bộ hệ thống cây xanh trong không gian trong Hình 3.11, 3.12 và 3.13.



Hình 3.8. Phân bố cây xanh dọc đường Hoàng Quốc Việt, thành phố Hạ Long



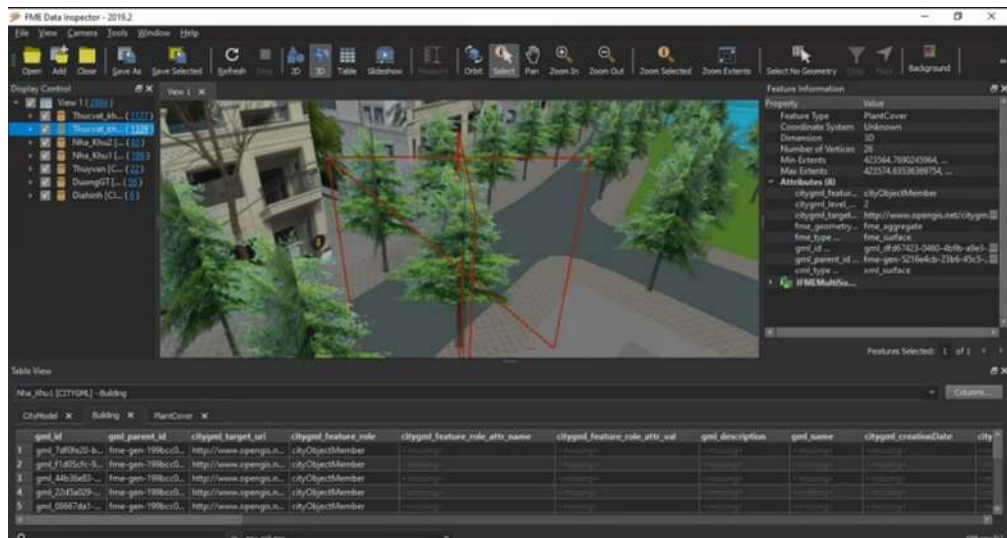
Hình 3.9. Phân bố cây xanh khu biệt thự liền kề cao cấp Grand Bay Hạ Long



Hình 3.13 Phân bố cây dựa dọc bãi biển cạnh khu biệt thự cao cấp

3.4.3 Chuẩn hóa dữ liệu không gian vector 3D về hệ thống cây xanh theo tiêu chuẩn GML bằng phần mềm FME

Lớp dữ liệu cây xanh sau khi được chuyển từ dữ liệu đồ họa dạng vector 3D sang dữ liệu vector 3D theo tiêu chuẩn CityGML cho các đối tượng các cây riêng biệt như ở Hình 3.14. Bảng thuộc tính kèm theo chưa được nhập, tuy nhiên mã đối tượng không gian đã được tạo ngẫu nhiên với cấu trúc mã bao gồm: gml_94d7515f-7050-4c78-afe6-364d1c695a72. Mã đối tượng cây xanh có thể trích xuất từ ô “gml_id” trong hình vẽ để nhập vào cột mã trong file dữ liệu thuộc tính tương ứng với chính xác cây xanh đã thu thập thông tin thuộc tính.



Hình 3.10. Lớp cây xanh sau khi chuyển đổi sang dữ liệu tiêu chuẩn CityGML

3.5 Xây dựng dữ liệu thuộc tính và liên kết với dữ liệu không gian 3D

CityGML về hệ thống cây xanh

3.5.1 Xây dựng dữ liệu thuộc tính

Thông tin thuộc tính của đối tượng thu thập được, biên tập theo lớp đối tượng không gian tương ứng, ví dụ một số kết quả về lớp thông tin thuộc tính đối tượng cây xanh được thể hiện trong Bảng từ 3.3.

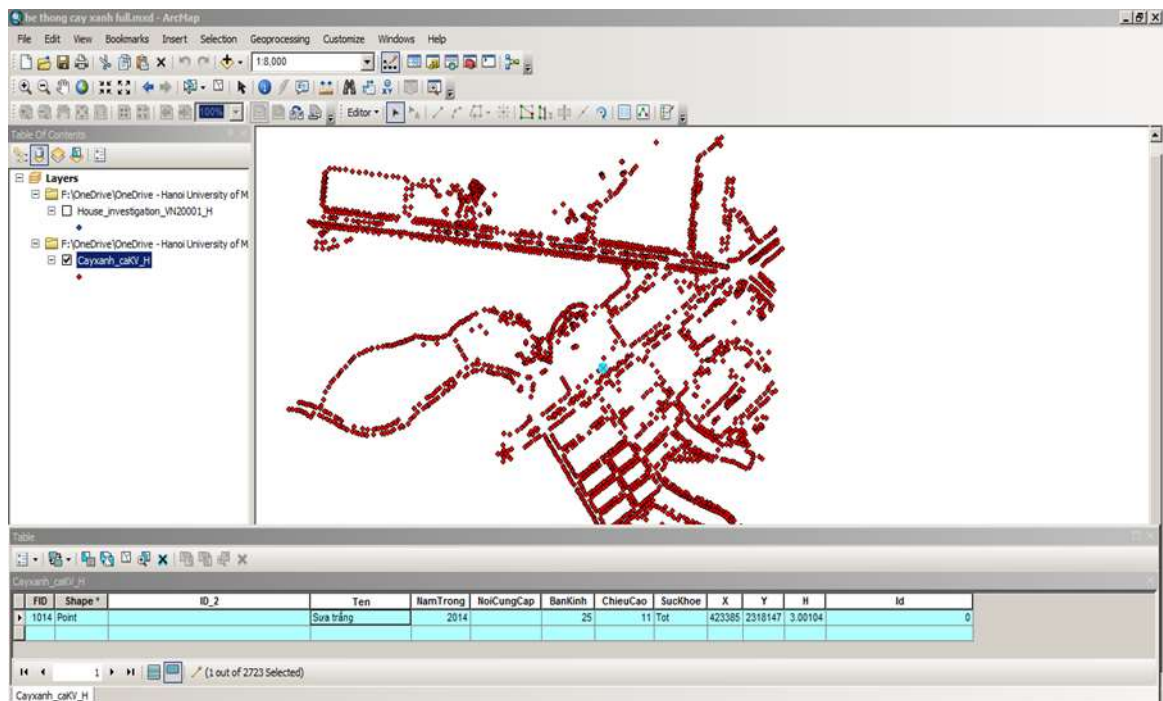
Bảng 3.3 Thông tin thuộc tính của một số cây xanh thu thập được

Bảng 3.3. Thông tin thuộc tính của một số cây xanh thu thập được

ID	Lớp đối tượng	Tên cây	Nam Trồng	Đường Kính (cm)	Chiều Cao (m)	Sức Khoẻ
1	Cây xanh	Xoài	2017	30	11	Tốt
2	Cây xanh	Phượng	2020	21	9	Tốt
3	Cây xanh	Bàng lã trắng	2017	21	11	Tốt
4	Cây xanh	Phượng	2020	22	10	Tốt
5	Cây xanh	Phượng	2021	21	10	Tốt
6	Cây xanh	Móng bò	2020	13	8	Tốt
7	Cây xanh	Dừa	2020	34	13	Tốt
8	Cây xanh	Phượng	2020	23	10	Tốt

9	Cây xanh	Phượng	2017	35	15	Tốt
10	Cây xanh	Bàng lẳng trắng	2017	21	11	Tốt
11	Cây xanh	Chà Là	2019	40	7	Tốt
23	Cây xanh	Phượng	2017	35	14	Tốt
13	Cây xanh	Chà Là	2021	50	9	Tốt
14	Cây xanh	Móng bò	2019	12	8	Tốt

Các đối tượng cây xanh được lấy vị trí tọa độ, độ cao trong không gian từ dữ liệu đám mây điểm và ảnh trực giao, số hóa dưới dạng các điểm như trong Hình 3.15. Các thông tin thuộc tính được thiết kế bởi các trường thông tin theo các cột. Các thông tin thuộc tính thu thập được từ dữ liệu không gian và thực địa sẽ được nhập vào. Bên cạnh đó cột mã đối tượng (ID) được trích xuất từ dữ liệu không gian đối tượng cây xanh đã chuyển sang tiêu chuẩn CityGML và nhập vào để sau khi kết nối file dữ liệu thuộc tính và không gian, mã đối tượng tuân theo mô hình quan hệ đối tượng thông qua mã này.



Hình 3.11. Nhập thông tin thuộc tính cho mỗi đối tượng của lớp cây xanh

Các cây xanh trong đô thị đã được chuyển sang tiêu chuẩn không gian CityGML sẽ có mã ID cho từng cây xanh như trong cột ID của Bảng 3.4. Dựa vào vị trí không gian (tọa độ x,y,z) của từng cây xanh và các thuộc tính thu thập được trên ảnh trực giao, đám mây điểm, mô hình số bề mặt và từ thực địa để gán mã ID chính xác với các thông tin thuộc tính thu thập được trong Bảng 3.4.

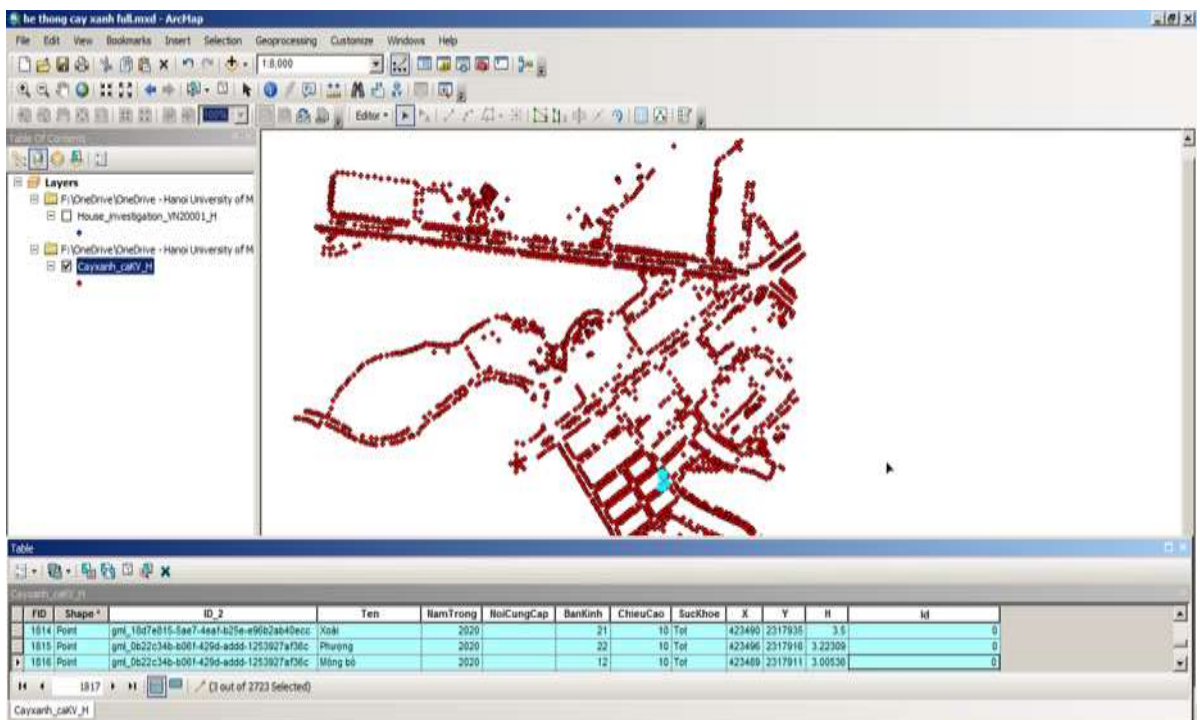
Bảng 3.4. Bảng dữ liệu thuộc tính một số cây xanh

ID	Tên cây	Năm trồng	Đường kính (cm)	Chiều cao (m)	Sức khỏe
gml_ff51a7a5-9288-4f4e-9d02-25816fa2d6dc	Xoài	2017	30	11	Tốt
gml_ff456a7c-0cc8-4a7c-9ff5-4b01c8a5fdcc	Phượng	2020	21	9	Tốt
gml_feea8ec5-0cec-4262-bc0a-f1deb4492127	Bằng lăng trắng	2017	21	11	Tốt
gml_fedbacb2-f423-4d76-af39-b27f6d068c68	Phượng	2020	22	10	Tốt
gml_fe633747-8c57-4b55-bc0b-91c464a84523	Phượng	2021	21	10	Tốt
gml_fe4dc8e2-80fd-45f9-96d5-9e8853f9dc79	Móng bò	2020	13	8	Tốt
gml_fe48ac3d-ef2f-4359-b518-c3ab28083186	Dừa	2020	34	13	Tốt
gml_fe00345c-6351-48ac-9da7-e40acf898ca3	Phượng	2020	23	10	Tốt
gml_fd8e77d7-b896-4c96-9dc5-906e717f7c1e	Phượng	2017	35	15	Tốt
gml_fc95eeac-5680-40b2-8498-b3447b1a123d	Bằng lăng trắng	2017	21	11	Tốt
gml_fc598bac-9634-4887-9ead-09cba74786c7	Chà Là	2019	40	7	Tốt
gml_fbf035bf-5016-43d0-a14a-e1196bbf04ff	Phượng	2017	35	14	Tốt

gml_fb193aa5-ea25-4ebd-a694-165ecaca21ff	Chà Là	2021	50	9	Tốt
gml_fb149251-bc65-46c1-951c-99e91490644f	Móng bò	2019	12	8	Tốt
gml_fadd50cd-b685-46fb-a3ce-1c5fae72b63a	Phượng	2020	21	10	Tốt
gml_faa82a50-47af-4e27-8bdb-4a60826ba573	Bằng lăng trắng	2017	20	10	Tốt

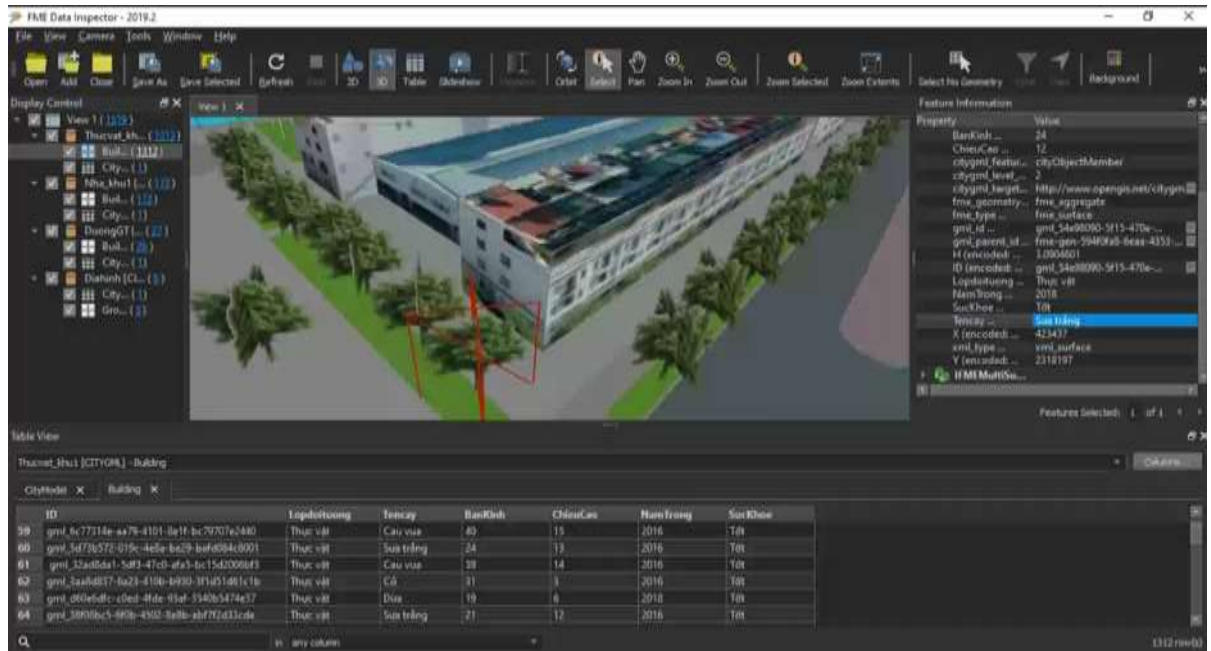
3.5.2 Liên kết với dữ liệu không gian 3D CityGML về hệ thống cây xanh

Các đối tượng cây xanh sau khi được nhập các thông tin thuộc tính thu thập được từ dữ liệu không gian và thực địa và mã đối tượng lấy từ dữ liệu không gian của đúng đối tượng cây xanh đó có kết quả như Hình 3.16. Dữ liệu này sẽ được sử dụng để kết nối với file dữ liệu không gian, mã đối tượng tuân theo mô hình quan hệ đối tượng thông qua mã này. Các thông tin thuộc tính được kiểm tra, biên tập bằng tiếng Việt có dấu.



Hình 3.12. Gán mã thuộc tính cho các đối tượng cho lớp cây xanh

Sau khi kết nối dữ liệu thuộc tính các đối tượng cây xanh và dữ liệu không gian của đối tượng tương ứng theo đúng mã đối tượng (ID), phần mềm FME sẽ hiển thị bảng thuộc tính của từng đối tượng cây xanh (màu đỏ trong hình) tương ứng với mã đối tượng (ô màu xanh ở bên phải hình vẽ) và thông tin thuộc tính của đối tượng cây xanh đó trong bảng thuộc tính tương ứng với ID ở phía dưới của Hình 3.17.



Hình 3.13. Hệ thống cây xanh khi đã nhập thuộc tính

3.6 Đánh giá dữ liệu không gian địa lý 3D về hệ thống cây xanh và giải pháp ứng dụng trong quản lý đô thị ven biển

3.6.1 Đánh giá mức độ đầy đủ dữ liệu cây xanh

Mức độ đầy đủ dữ liệu cây xanh được kiểm đếm sơ bộ theo dữ liệu thống kê trên thực tế. Ngoài ra, hệ thống cây xanh được đốt soát trên nền ảnh trực giao có độ phân giải cao.



Hình 3.14. Đánh giá mức độ đầy đủ của cây xanh trên nền ảnh trực giao

Số lượng cây xanh đã được đối soát khi biên tập dữ liệu vector 3D, nên không tồn tại việc thiết sót cây xanh trên lớp dữ liệu cây xanh đã được chuẩn hóa.

3.6.2 Đánh giá chuẩn không gian, vị trí cây xanh

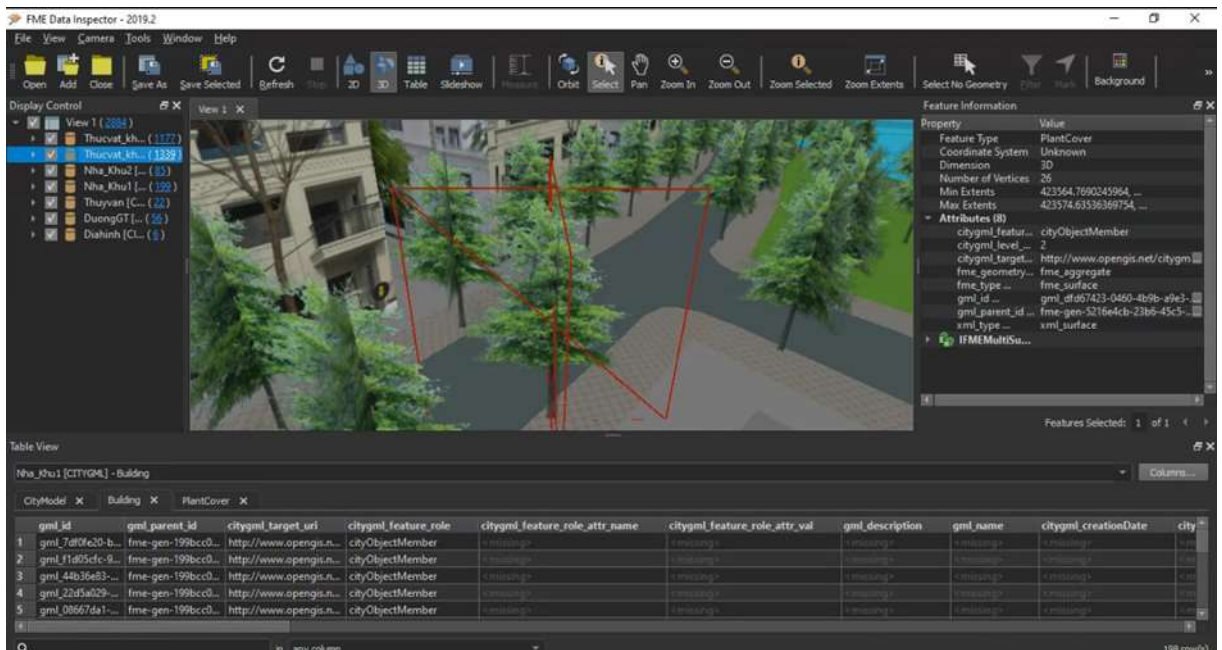
Đánh giá chất lượng dữ liệu cây xanh theo chuẩn không gian đối tượng, cây xanh thuộc đối tượng thực vật được biên tập theo các chuẩn trong Bảng 3.5.

Bảng 3.5. Chuẩn không gian đối tượng thực vật

TT	Chủ đề	Mô tả
1	Tên	Cây xanh
2	Dạng hình học	Polygon
3	Kích thước dữ liệu	Unit MB
4	Số lượng đối tượng	1
5	Dạng đối tượng	1

Cây xanh được biên tập vị trí hiển thị nằm trong hệ tọa độ địa phương VN2000, kinh tuyến trục 107o45', nhất quán với các lớp dữ liệu không gian địa lý 3D khác trong khu vực.

Khi chuẩn hóa dữ liệu sang City GML, vị trí đối tượng cây xanh được giữ nguyên hệ tọa độ. Kết quả đánh giá cho thấy hệ thống cây xanh được biên tập đúng vị trí thực (Hình 3.19).





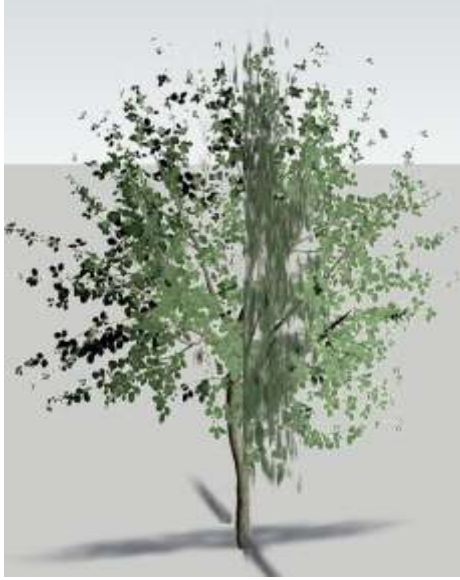

Hình 3.15. Vị trí cây xanh trong dữ liệu không gian địa lý 3D theo chuẩn *City GML*




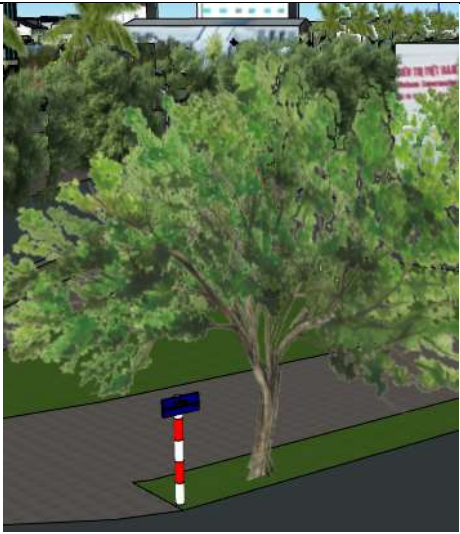
3.6.3 Đánh giá theo sự nhất quán biểu thị dữ liệu cây xanh

Các đối tượng có cùng thuộc tính cần biểu thị với cùng một kiểu biểu tượng, ký hiệu. Mỗi đối tượng này đã được xây dựng một chuẩn biểu thị với mẫu biểu thị trên mô hình 3D. Để đánh giá sự nhất quán về chuẩn hiển thị cho từng loại cây trong khu vực thực nghiệm, cây xanh được biên tập dưới dạng vector trên mô hình 3D được đối soát với chuẩn biểu thị 3D tương ứng như trong Bảng 3.6.

Bảng 3.6. Đánh giá biểu thị thực vật trong mô hình 3D

Tên cây	Biểu tượng 3D	Thực tế mô hình 3D
---------	---------------	--------------------

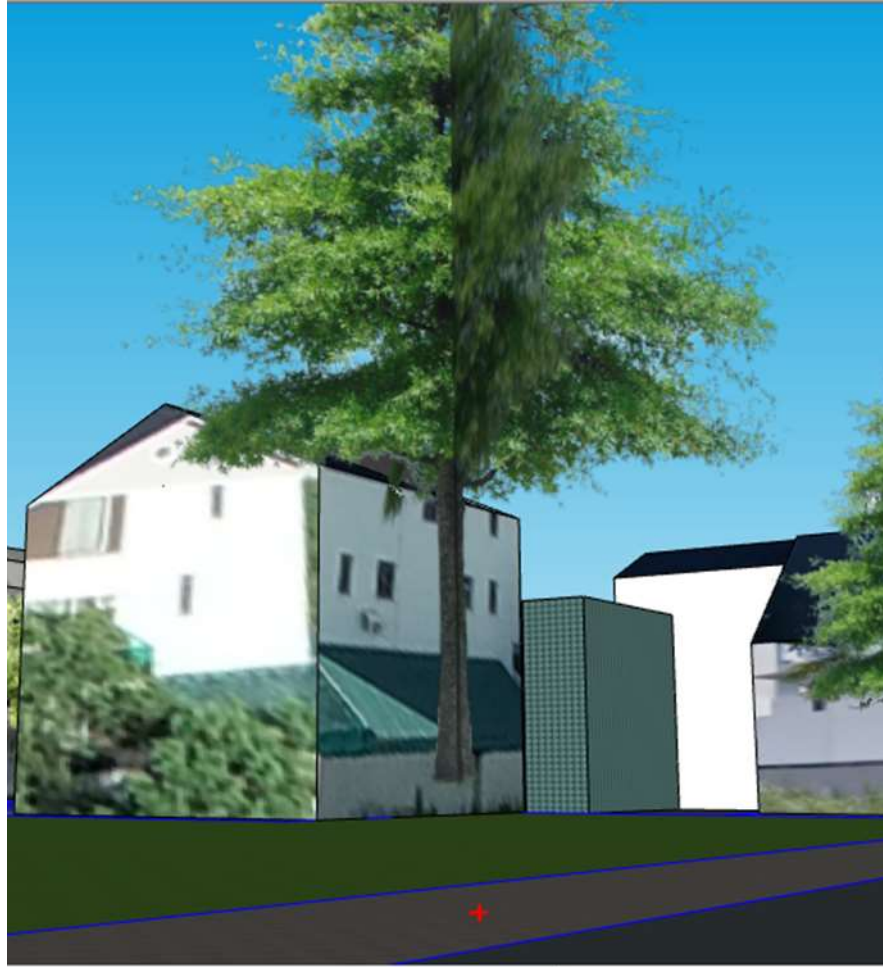
<p>Cây cau vua</p>		
<p>Cây móng bò</p>		

Cây phượng vĩ		
Cây bằng lăng		



3.6.4 Đánh giá việc chuẩn hóa các dữ liệu không gian cây xanh

Mặc dù các lớp dữ liệu không gian địa lý về cây xanh sau khi được vẽ ở dạng vector 3D và biên tập theo các qui định kỹ thuật về đối tượng không gian địa lý, nhưng khi chuyển từ dữ liệu không gian đồ họa 3D sang tiêu chuẩn CityGML, các quan hệ hình học không đúng theo yêu cầu của tiêu chuẩn sẽ hiển thị các lỗi. Ví dụ việc bắt dính điểm không chính xác tạo sự sai khác, tọa độ gốc cây xanh không nằm trên đúng bề mặt địa hình (Hình 3.20)... Các lỗi này có một số sẽ được phần mềm báo lỗi trong quá trình định chuẩn dữ liệu không gian địa lý theo tiêu chuẩn CityGML. Các lỗi khác bắt buộc người xây dựng dữ liệu phải tổ chức rà soát, kiểm tra để khắc phục được lỗi tại ra dữ liệu có độ tin cậy cao đáp ứng yêu cầu đặt ra.



Hình 3.16. Cây xanh ghép sai vị trí trên mô hình 3D

3.6.5 Đánh giá dữ liệu theo các yếu tố định tính

3.6.5.1 Đánh giá theo tiêu chí mục đích sử dụng dữ liệu địa lý

Lớp dữ liệu địa lý không gian 3D về cây xanh là một phần thông tin quan trọng không thể thiếu trong lớp dữ liệu không gian địa lý 3D phục vụ xây dựng thành phố thông minh ven biển, cụ thể là khu vực thực nghiệm trong đề tài này tại phường Hùng Thắng, TP. Hạ Long, tỉnh Quảng Ninh. Do vậy, xét theo mục đích và ý nghĩa sử dụng của lớp dữ liệu này, cùng với mục tiêu đặt ra về việc xây dựng các lớp dữ liệu không gian cho thành phố thông minh là hoàn toàn phù hợp, đạt được mục tiêu đề ra.

3.6.5.2 Đánh giá theo tiêu chí nguồn gốc, xuất xứ dữ liệu địa lý

Dữ liệu chuyên đề cây xanh được xây dựng trên các nguồn dữ liệu sau:

(1). Dữ liệu đo đạc, thu thập trực tiếp trên thực địa tại địa bàn phường Hùng Thắng, Hạ Long, Quảng Ninh;

(2). Dữ liệu số hóa từ nền ảnh trực giao có độ phân giải cao làm từ ảnh UAV, dữ liệu ảnh này được bay chụp theo ranh giới thực nghiệm cùng thời điểm với thu thập, đo đạc dữ liệu trực tiếp.

(3). Dữ liệu bao gồm tài liệu quy hoạch, tư liệu quản lý cây xanh do chính quyền địa phương cấp.

- Nguồn gốc, xuất xứ của dữ liệu địa lý. Nhóm tiêu chí này bao gồm các nội dung sau đây:

Dữ liệu bay chụp UAV và đo đạc thực địa đã được đánh giá độ chính xác theo các tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành tại khu vực nghiên cứu về đánh giá độ chính xác các dữ liệu đo đạc trong khuôn khổ đề tài này. Các dữ liệu đo đạc đã được kết luận là đảm bảo độ chính xác theo tiêu chuẩn quy định.

Các tài liệu quy hoạch, tư liệu quản lý cây xanh được dùng tham khảo và bổ sung các thông tin về thời điểm trồng cây, nguồn gốc được chính quyền địa phương cấp là các tư liệu mới nhất tại thời điểm thu thập dữ liệu (năm 2021), ngoài ra các tài liệu này đều đã được cơ quan có thẩm quyền phê duyệt nên đầy đủ thông tin pháp lý và độ tin cậy để sử dụng.

3.6.6 Ứng dụng dữ liệu không gian địa lý 3D về hệ thống cây xanh trong hỗ trợ quản trị, quản lý đô thị ven biển trong điều kiện biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu ảnh hưởng lớn đến khu vực ven biển với sự thay đổi về nhiệt độ, khả năng ngập lụt. Dữ liệu về hệ thống cây xanh cung cấp vị trí, mật độ phân bố, chiều cao, độ rộng tán lá là các thông tin quan trọng đối với các khu Nhà ở, các trục giao thông có bóng mát khi nhiệt độ ngoài trời tăng cao. Ngoài ra, các thông tin đó góp phần trong việc chắc chắn, sóng biển khi có các hiện tượng thời tiết cực đoan (mưa lớn, bão, nước biên dâng). Trong mùa mưa bão với cấp gió lớn thường gây các hiện tượng đổ, gãy cây, cành cây gây mất an toàn cho người, phương tiện và vật chất thì dữ liệu về hệ thống cây xanh cung cấp các thông tin cần thiết để đơn vị quản lý có thể chặt, cắt tỉa để bảo đảm an toàn.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu này đã khẳng định rằng: Đề tài đã hoàn thành được mục tiêu, nội dung và các sản phẩm đề ra.

I. Kết luận

1. Đề tài này đã nghiên cứu và áp dụng được quy trình hoàn chỉnh ứng dụng công nghệ địa không gian để xây dựng xây dựng dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển. Công nghệ UAV được đề xuất trong quy trình thực nghiệm với các bước thực hiện phù hợp với đặc điểm, tình hình khu vực nghiên cứu.

2. Dữ liệu không gian địa lý 3D cho hệ thống cây xanh đô thị khu vực ven biển của đề tài đã đáp ứng đầy đủ các tiêu chí của bộ dữ liệu bao gồm các thông tin không gian như vị trí cây, chiều cao cây, đường kính cây và các thông tin thuộc tính của cây đường phố.

II. Kiến nghị

1. Cần triển khai việc ứng dụng quy trình cho các khu vực, địa phương khác để mở rộng phạm vi nghiên cứu.

2. Tổ chức, cơ quan có thẩm quyền biên soạn dự thảo và ban hành quy định kỹ thuật về xây dựng mô hình 3D bằng công nghệ địa không gian.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

- [1] Bộ TNMT (2005). Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1: 10000, 1: 25000 và 1: 50000 bằng công nghệ ảnh số
- [2] Bộ TNMT, Thông tư 17/2019/TT-BTNMT, Quy định kỹ thuật thành lập mô hình số độ cao bằng công nghệ quét LiDAR mặt đất trên trạm cố định
- [3] Bộ TNMT, Thông tư 07/2021/TT-BTNMT, Quy định kỹ thuật thu nhận và xử lý dữ liệu ảnh số từ tàu bay không người lái phục vụ xây dựng, cập nhật cơ sở dữ liệu nền địa lý quốc gia tỷ lệ 1:2.000, 1:5.000 và thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1:500, 1:1.000.
- [4] Bùi, T. D., C. V. Nguyễn, M. H. Hoàng, B. P. Đồng, V. H. Nhữ, T. A. Trần and Q. M. Nguyễn (2016). Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV). Hội nghị Khoa học: Đo đạc Bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu. Hà Nội: 1-17.
- [5] Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam (2012). Hệ thống không ảnh- tầng dày không chế ảnh hàng không. B. T. Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [6] Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam (2012). TCVN: Đo ảnh địa hình - Thiết kế và bay chụp ảnh địa hình bằng công nghệ có gắn hệ thống định vị
- [7] Lê Thị Thu Hà và nnk (2022). “Nghiên cứu kết hợp công nghệ máy bay không người lái (UAV) và quét Laser mặt đất thành lập mô hình 3D cấp độ chi tiết cao (LoD 3) cho nhà cao tầng trong khu vực đô thị. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất 63(4), 24-34.
- [8] Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường (2022) – Số 40. “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ địa không gian trong xây dựng dữ liệu địa lý 3D cho thành phố Thông Minh”

- [9] Ngô Sỹ Cường và nnk (2019). “Nâng cao chất lượng xây dựng mô hình 3D bằng kết hợp công nghệ bay chụp UAV và quét Laser mặt đất.

Tiếng Anh

- [10] Bilker, M., E. Honkavaara, J. Jaakkola and F. Geodetic (1998). "GPS Supported Aerial Triangulation Using Untargeted Ground Control." *International Archives of Photogrammetry And Remote Sensing* 32: 2-9.
- [11] Colomina, I. and P. Molina (2014). "Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 92: 79-97.
- [12] Gómez-Candón, D., A. I. D. Castro and F. López-Granados (2014). "Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (UAV) imagery for precision agriculture purposes in wheat." *Precision Agriculture* 15(1): 44–56.
- [13] Lowe, D. G. (1999). "Object recognition from local scale-invariant features " *Proceedings of the International Conference on Computer Vision* 2: 1150–1157.
- [14] Lowe, D. G. (2004). "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints." *International Journal of Computer Vision* 60(2): 91–110.
- [15] MONRE (2005). Technical regulations for establishing topographic maps at the scale of 1/10.000, 1/25.000, and 1/50,000 using digital photo topography M. o. N. R. a. Environment. Ha Noi, Vietnam.
- [16] Pix4D SA (2016). Pix4D mapper 2.1 user manual Switzerland, Pix4D.
- [17] Tahar, K. N., A. Ahmad, W. A. A. W. M. Akib and W. M. N. W. Mohd (2012). "Assessment on Ground Control Points in Unmanned Aerial System Image

Processing for Slope Mapping Studies." *International Journal of Scientific & Engineering Research* 3(11): 1-10.

[18] Yan, L., Z. Gou and Y. Duan (2010). A UAV Remote Sensing System: Design and Tests. *Geospatial Technology for Earth Observation*. D. Li, J. Shan and J. Gong. Boston, MA, Springer: 27-44.

[19] Filip Biljecky (2017). "Level of detail in 3D City model": 3-35.