

THÀNH LẬP BẢN ĐỒ KHÔNG GIAN 3 CHIỀU BẰNG MÁY BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI

VŨ PHAN LONG⁽¹⁾, VŨ VĂN CHẤT⁽¹⁾, NGUYỄN VŨ GIANG⁽²⁾

⁽¹⁾Cục Bản đồ - Bộ Tổng Tham mưu

⁽²⁾Viện Công nghệ Vũ trụ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Mở đầu

Từ những năm 2000, bản đồ không gian ba chiều (3D) đã được thành lập bằng việc sử dụng bản đồ hai chiều (2D) phủ trên nền mô hình số độ cao (DEM), các đối tượng địa vật là ký hiệu mô hình 3D có gắn ảnh chụp bề mặt đối tượng. Với cách làm như vậy, mất rất nhiều thời gian, công sức để ra một hình ảnh gần giống như thực tế.

Hiện nay, việc sử dụng các thiết bị bay không người lái để bay chụp ảnh phục vụ thành lập bản đồ 2D đã và đang được ứng dụng đạt hiệu quả cao ở Việt Nam. Các thiết bị bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle - UAV) với đặc tính gọn nhẹ, được tích hợp thiết bị định vị vệ tinh GPS, máy ảnh số độ phân giải cao có thể chụp ảnh ở nhiều góc độ; đồng thời kết hợp với các phần mềm có thuật toán xử lý ảnh SfM (Structure-from-Motion) tự động tính toán để phục hồi lại mô hình 3D của tất cả các đối tượng trên mặt đất, từ đó có thể thành lập bản đồ 3D một cách tự động, giảm thiểu thời gian xây dựng mô hình 3D các đối tượng địa vật.

1. Thiết kế bay chụp ảnh thành lập bản đồ 3D

Trong quy trình công nghệ thành lập bản đồ 3D bằng UAV, công đoạn thiết kế bay chụp đặc biệt quan trọng, yêu cầu phải đảm bảo các yếu tố về độ phủ, độ cao bay, hướng bay, góc chụp được tối ưu đối với chức năng xử lý ảnh tự động của phần mềm.

Công tác thiết kế bay chụp cơ bản là tính toán các thông số về độ cao bay, độ phủ dọc, độ phủ ngang của ảnh, độ phân giải ảnh, số đường bay, tốc độ chụp ảnh và tổng thời gian bay. Các tham số này phụ thuộc vào yêu cầu về độ chính xác, diện tích khu đo và dạng địa hình.

1.1. Thiết kế độ cao bay

Độ chính xác của bản đồ bị chi phối bởi độ phân giải mặt đất Ground Sampling Distance (GSD), chính là khoảng cách giữa tâm của 2 điểm ảnh (pixel) liền kề nhau trên mặt đất.

Chiều cao bay chụp có thể được tính toán dựa trên chiều dài tiêu cự của máy ảnh (mm), kích thước cảm biến máy ảnh (mm) và độ rộng tấm ảnh (pixels).



S_w = Chiều rộng cảm biến ảnh [mm]

F_R = Chiều dài tiêu cự [mm]

H = Độ cao bay chụp [m]

D_w = Chiều rộng ảnh phủ trên bề mặt đất (footprint width) [m]

Ngày nhận bài: 12/01/2017, ngày chuyển phản biện: 17/01/2017, ngày chấp nhận phản biện: 20/01/2017, ngày chấp nhận đăng: 23/01/2017

Mối quan hệ giữa độ cao bay chụp và độ phân giải ảnh được thể hiện trong công thức dưới đây:

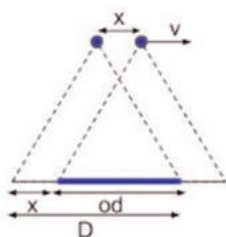
$$H = (imW * GSD * F_R) / (Sw * 100) \quad (1)$$

Trong đó: H là độ cao bay chụp được thiết kế (m); GSD là kích thước của điểm ảnh hay độ phân giải mặt đất (cm); imW là độ rộng của tấm ảnh được tính bằng pixels; F_R là độ dài thực của tiêu cự máy ảnh; Sw là chiều rộng của cảm biến máy ảnh.

Ví dụ: Để tính toán độ cao bay cho ảnh độ phân giải 5cm/pixel, sử dụng máy ảnh có độ dài tiêu cự thực là 5mm và kích thước của cảm biến máy ảnh là 6.17mm, độ rộng tấm ảnh là 4000 pixels. Áp dụng công thức (1) cho kết quả độ cao bay chụp là 162 m.

1.2. Tính toán tốc độ chụp ảnh

Tốc độ chụp để đạt được độ phủ dọc theo thiết kế phụ thuộc vào tốc độ bay của UAV, độ phân giải mặt đất (m) và kích thước ảnh (pixels).



D = Chiều rộng ảnh phủ trên bề mặt đất [m]

od = Độ phủ giữa 2 tấm ảnh trên cùng tuyến bay [m]

x = Khoảng cách giữa hai tâm ảnh trên cùng tuyến bay [m]

v = Tốc độ bay [m/s]

t = Thời gian chụp giữa 2 tấm ảnh (image rate) [s]

Có thể tính theo công thức:

$$t = (imW * GSD / 100) * (1 - P\%) / v \quad (2)$$

Trong đó: t = Tốc độ chụp ảnh (s).

imW = độ rộng bức ảnh (pixels).

GSD = Độ phân giải mặt đất.

$P\%$ = % độ phủ giữa 2 tấm ảnh trên cùng tuyến bay.

Ví dụ để chụp với độ phủ 75% và độ phân giải 5cm, chiều rộng tấm ảnh là 4000 pixels và tốc độ của UAV là 30Km/h = 8.33m/s, dựa trên công thức (2), thời gian chụp giữa 2 tấm ảnh là 6s.

1.3. Tính tổng số đường bay

Tổng số đường bay của UAV là thông số rất quan trọng để ước tính thời gian bay chụp của ca bay, từ đó tính được số lượng Pin phải sử dụng cho toàn bộ khu bay.

Tổng số đường bay phụ thuộc vào độ phủ ngang của ảnh và có thể tính theo công thức:

$$N = Aw / [M * SSh * ((100 - Q\%) / 100)] \quad (3)$$

Trong đó: N = số tuyến bay

Aw = Độ rộng của vùng cần bay chụp

SSh (Sensor height) = chiều dài của cảm biến ảnh

Q = Độ phủ ngang của tấm ảnh (%)

M = Mẫu số tỷ lệ ảnh (chiều dài tiêu cự/độ cao bay chụp = F_R/H)

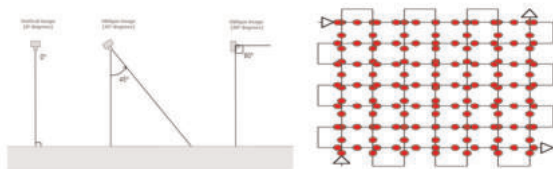
1.4. Lựa chọn đồ hình bay chụp ảnh (hướng và góc bay chụp ảnh)

Việc lựa chọn đồ hình bay chụp ảnh thành lập bản đồ 3D phụ thuộc vào dạng địa hình và cấu trúc đối tượng trên bề mặt địa hình (nhà cao tầng, nhà thấp liền kề, mật độ thực phủ ...).

+ Đồ hình bay dạng lưới kép

Khu vực đô thị nhiều nhà liền kề đòi hỏi đồ hình bay dạng lưới kép, các tuyến bay vuông góc với nhau để tất cả các mặt tiền của vật thể đều nhìn thấy trên hình ảnh (Đông, Tây, Nam, Bắc). Góc chụp ảnh nằm trong khoảng 10° đến 35°, độ phủ giữa các

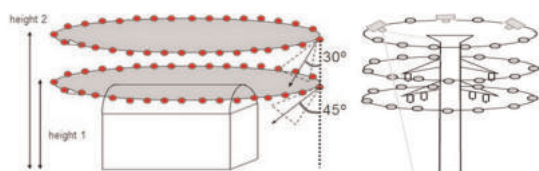
tấm ảnh có thể lên đến 80% giữa các tấm ảnh.



Hình 1: Góc chụp ảnh và đồ hình bay dạng lưới kép

+ Đồ hình bay dạng vòng

Với những đối tượng có chiều cao lớn như chung cư, cột điện, tháp truyền hình... Đồ hình bay nên lựa chọn theo hướng bay vòng quanh đối tượng với góc chụp 45°, tập trung về hướng đối tượng và mặt đất. Bay nhiều lần quanh đối tượng, tăng dần chiều cao và giảm góc chụp, các ảnh chụp với độ phủ 90% ở cùng độ cao bay, phủ 60% giữa các tấm ảnh chụp ở độ cao khác nhau.



Hình 2: Đồ hình bay dạng vòng

2. Thực nghiệm bay chụp ảnh bằng UAV thành lập bản đồ 3D

2.1. Thực nghiệm đồ hình bay vòng

* Phạm vi và thông số bay thực nghiệm:

- Khu vực thực nghiệm thứ nhất là khu đô thị mới Bắc An Khánh, huyện Hoài Đức, thành phố Hà Nội. Khu vực này được lựa chọn vì có tòa nhà cao tầng Splendora phù hợp với đồ hình bay vòng để tái tạo mô hình 3D như mục 2.4 đã đề cập. Thông số bay được lựa chọn như sau: Bay 2 chuyến với 2 độ cao bay 140m và 110m so với mặt địa hình tương ứng với độ phân giải ảnh 6cm/pixel và 5cm/pixel; độ phủ giữa các ảnh trên cùng độ cao bay là 80% và khác độ

cao bay cũng là 60%; Góc chụp ở độ cao bay 110m là 45° và 30° ở độ cao bay 140m. Thiết bị bay sử dụng là máy bay cánh bằng Swinglet-CAM, có gắn máy ảnh phổ thông Canon IXUS 127HS, thông số kỹ thuật chi tiết của thiết bị bay tham khảo tại website của hãng sensefly: www.sensefly.com.

* Kết quả tính toán xử lý ảnh và xây dựng mô hình 3D:

Kết quả mô hình 3D được tạo ra khá chi tiết, thể hiện rõ cấu trúc, hình dạng của tòa nhà, minh chứng thể hiện ở chữ SPLENDORA trên nóc tòa nhà, khoảng cách giữa các chữ chỉ 10cm, chiều rộng nét chữ 30cm, chiều rộng chữ 1m, chiều cao 3m, kết quả mô hình vẫn thể hiện rất chi tiết. (Xem hình 3)

- Khu vực thực nghiệm thứ hai là nhà Bát giác-Chùa Láng. Thiết bị bay được sử dụng là Phantom 2 vision+ của hãng DJI. Đây là loại UAV cỡ nhỏ, 4 cánh, lên thẳng, chỉ cần khoảng 2m² thông thoáng để cất hạ cánh. Nhà Bát giác-Chùa Láng là công trình văn hóa lịch sử, có cấu trúc phức tạp với nhiều chi tiết nhỏ và cong uốn lượn. Áp dụng đồ hình bay dạng vòng, với 3 vòng bay, mỗi vòng bay cao cách nhau 2m để đảm bảo độ phủ đầy giữa các vòng bay, góc bay thay đổi từ 10° đến 45° tùy theo chiều cao bay.

Kết quả mô hình 3D được tạo ra rất chi tiết, thể hiện rõ cấu trúc, hình dạng của nhà Bát giác - Chùa Láng với nhiều chi tiết đường cong phức tạp. (Xem hình 4)

2.2. Thử nghiệm đồ hình bay dạng lưới kép

* Phạm vi và thông số bay thực nghiệm:

Vị trí khu thực nghiệm có nhiều nhà liền kề thấp tầng, cây to rải rác thuộc xã Vật Lại, huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội. Khu vực này có cấu trúc phù hợp với phương án thực nghiệm bay chụp ảnh dạng Lưới kép như đề cập tại mục 2.4. Trước khi bay chụp,



Hình 4: Mô hình 3D nhà Bát giác-Chùa Láng

tiến hành rải tiêu đo 4 điểm GPS (3 điểm làm khống chế ảnh mặt đất nằm ở 3 góc khu đo, 1 điểm kiểm tra nằm chính giữa khu đo). Thiết bị bay chụp cũng là thiết bị bay không người lái cánh bằng Swinglet-CAM, đồ hình bay được thiết kế với các thông số như sau: Bay ở 2 độ cao khác nhau 140m và 80m so với mặt địa hình, tương ứng với độ phân giải ảnh 6cm/pixel và 3cm/pixel; 2 độ cao bay theo 2 hướng vuông góc với nhau, góc chụp 0°, độ phủ dọc và ngang giữa các ảnh là 80%; diện tích phủ khoảng 0,7km²; tổng số ảnh 384 ảnh.

* Kết quả tính toán xử lý ảnh và xây dựng

mô hình 3D:

Quá trình tính toán thực hiện theo trình tự các bước như sau: (i) Dựa trên thông số định hướng ngoài và tọa độ tâm ảnh gần đúng, phần mềm tự động sắp xếp ảnh (align image) tìm kiếm các điểm “khóa” (key point features hoặc tie points) trên các ảnh. (ii) Quá trình tự động xử lý tam giác ảnh không gian AAT (Automatic Aerial Triangulation) tính toán vị trí chính xác, các tham số định hướng của ảnh gốc dựa trên 03 điểm GPS mặt đất và cơ sở dữ liệu điểm ở bước trên và thực hiện bình sai khối ảnh BBA (Bundle Block Adjustment) theo phương pháp số bình phương nhỏ nhất (Least squares method). (iii) Bước tiếp, là quá trình tạo đám mây điểm 3D (3D point cloud) và tái cấu trúc mô hình 3D (building mesh) được tiến hành để xây dựng mô hình số bề mặt (DSM) và bình đồ ảnh trực giao (TrueOrthophoto).

Về độ chính xác, trên khu vực thực nghiệm hoàn toàn đạt yêu cầu độ chính xác của bản đồ 1/1.000 khi sai số tọa độ, độ cao tại điểm kiểm tra đều đạt <0,15m. (Xem hình 5, 6)

* Biên tập bản đồ 3D:

Dựa trên kết quả tính toán xử lý ảnh, tiến hành các bước tiếp theo như: xây dựng nền địa hình 3D gồm mô hình số độ cao và ảnh



(a)



(b)

Hình 3: (a) Vị trí tương đối của ảnh trong không gian 3D
(b) Mô hình 3D tòa nhà Splendor



Hình 6: Mô hình 3D được thành lập bằng công nghệ xử lý ảnh UAV



Hình 8: Bản đồ 3D khu vực xã Vật Lại, huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội

trực giao; vector hóa các lớp dữ liệu Giao thông, Thủy hệ, Phủ bề mặt, Biên giới địa giới, điều tra bổ sung thông tin ngoại nghiệp, và trình bày bản đồ 3D. Việc trình bày bản đồ 3D thành lập bằng công nghệ UAV thuận lợi hơn so với các phương pháp truyền thống vì hầu hết các đối tượng địa vật đã được tự động tái tạo thành mô hình 3D, do đó không phải sử dụng các ký hiệu mô hình 3D, chỉ sử dụng các ký hiệu Icon dạng hình ảnh (*.png) để hỗ trợ công tác đoán đọc bản đồ. (Xem hình 7, 8)

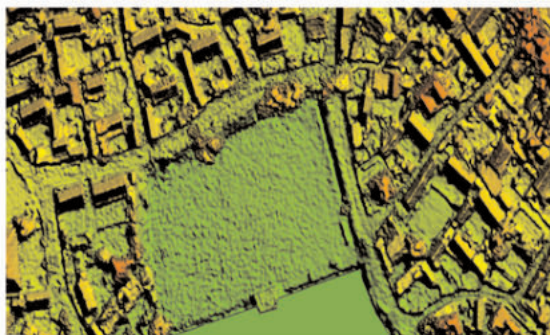
4. Kết luận kiến nghị

Việc ứng dụng công nghệ bay chụp ảnh bằng UAV, kết hợp với phần mềm xử lý ảnh sử dụng các thuật toán SfM cho phép tạo ra sản phẩm bản đồ 3D có mức độ chi tiết cao, thể hiện trung thực các đối tượng trên bề mặt địa hình. Bước đột phá chính ở đây là không phải sử dụng các ký hiệu mô hình 3D

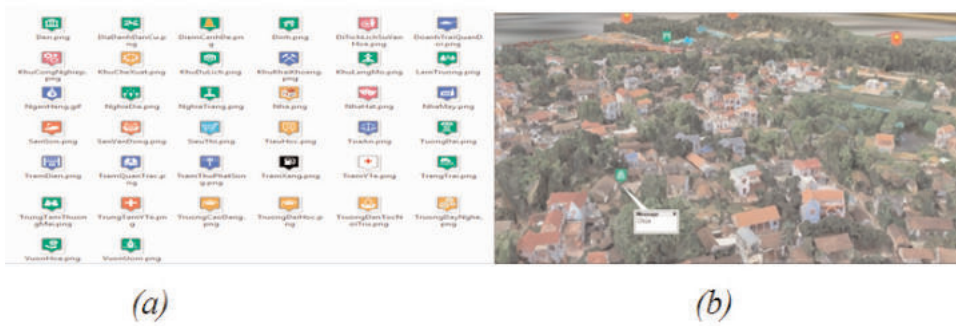
để thể hiện nội dung bản đồ như công nghệ truyền thống và có thể thực hiện với khu vực địa hình phức tạp, con người khó tiếp cận.

Quá trình xử lý ảnh và tái tạo mô hình 3D được thực hiện tự động nên thời gian tạo ra sản phẩm nhanh và hạn chế các sai sót do con người.

Tuy nhiên, công nghệ UAV cũng còn một số hạn chế nhất định. Về độ chính xác kém hơn so với công nghệ đo đạc trực tiếp bằng máy toàn đạc điện tử, máy quét Laser mặt đất, đặc biệt ở những khu vực có nước mặt, rừng rậm, cát khô. Dựa trên các kết quả nghiên cứu gần đây, độ chính xác của công nghệ UAV thường đạt sai số mặt phẳng khoảng 1-2 pixel, sai số độ cao khoảng 2-3 pixel, ngoài ra còn phụ thuộc vào phần mềm xử lý ảnh.



Hình 5: Mô hình số bề mặt DSM và ảnh trực giao Orthophoto



Hình 7: (a) Các kí hiệu dạng ảnh Icon. (b) Ký hiệu chùa trong Bản đồ 3D

So với công nghệ quét Laser mặt đất, công nghệ UAV có hạn chế về khả năng thu thập số liệu bên trong đối tượng. Vì vậy, cần tiếp tục nghiên cứu các giải pháp kết hợp để tạo ra sản phẩm bản đồ 3D mới có độ chi tiết cao hơn và hoàn thiện hơn.○

Tài liệu tham khảo

[1]. Vũ Văn Chất, Khả năng sử dụng bản đồ 3D trong huấn luyện. Tạp chí Quân huấn, số 9 năm 2016, Trang 18-20

[2]. Nguyễn Văn Long, 2016. Ứng dụng thiết bị bay không người lái (UAV) thành lập bản đồ số không gian 3 chiều, thử nghiệm tại xã Vật Lại, huyện Ba Vì, thành phố Hà Nội, Đồ án tốt nghiệp, Trường Đại học Tài

nguyên và Môi trường /Bộ TN&MT.

[3]. Barry, P. and R. Coakley, Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens

[4]. Turner, D., A. Lucieer, and C. Watson, An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds

[5]. <https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro>

[6]. <https://www.sensefly.com/home.html>

Summary

3D mapping with unmanned aerial vehicle

Vu Phan Long, Vu Van Chat, Defence Mapping Agency of Viet Nam

Nguyen Vu Giang, Space Technology Institute - Vietnam Academy of Science and Technology

Since the 2000s, 3D maps have been created by using 2D maps covering on the DEM. Objects on the terrain are 3D symbols which attached with realistic images. By doing so, it takes a lot of time and effort to come up with a seen similar with the fact.

Currently, the use of unmanned aerial vehicles (UAV) for 2D mapping have been applied effectively in Viet Nam. UAV with lightweight characteristic and combined the GPS, high-resolution digital cameras can capture images in many angles; Along with the image processing softwares has the Structure-from motion (SfM) algorithm to restore automatically the actual models of all objects on the ground. Consequently, it is possible to create 3D maps automatically, to reduce the time building 3D models of objects.○