

XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ ĐỊA HÌNH TẠI KHU VỰC ĐÔ THỊ TỪ DỮ LIỆU ẢNH DJI PHANTOM 4 RTK

TRẦN TRỌNG ĐỨC

Trường Đại Học Bách Khoa - ĐHQG TP.HCM

Tóm tắt:

Quá trình xử lý để thành lập Mô hình số bề mặt địa hình (DTM) từ dữ liệu ảnh chụp của máy bay không người lái Phantom 4 RTK được trình bày trong bài báo này. Vị trí của camera ghi lại trong nhiệm vụ bay được xử lý kết hợp với số liệu đo GNSS tại trạm tĩnh trong phương pháp đo động hậu xử lý để đạt được vị trí bay chụp có độ chính xác cao. Mô hình ảnh 3D được xây dựng từ các ảnh chụp 2D có độ phủ chung sử dụng phương pháp Tạo Cấu trúc từ Chuyển động (Sfm). Ba điểm khống chế ảnh được đo với độ chính xác cao được sử dụng để địa tham chiếu chính xác mô hình ảnh 3D. Sai số căn chỉnh tổng hợp của mô hình ảnh 3D đạt xấp xỉ 2.7 cm. Từ mô hình 3D, các điểm chi tiết bề mặt đất đã được xác định trên cơ sở kết hợp phương pháp Classify Points và phương pháp Classify Ground Points và được sử dụng để tạo mô hình DTM. Năm điểm địa vật tại các vị trí không bị che khuất được sử dụng để đánh giá độ chính xác vị trí có sai số vị trí tổng hợp về độ lớn đạt xấp xỉ 2.5 cm. Mười bốn điểm địa vật tại các vị trí bị che khuất được sử dụng chỉ để đánh giá sai số độ cao có sai số độ lệch chuẩn xấp xỉ 0.147 m. Kết quả cho thấy i) tại vị trí thông thoáng ảnh chụp từ Phantom 4 RTK có thể cho phép tạo ra bề mặt 3D với độ chính xác ở cấp độ centimet ii) còn tại vị trí bị che khuất, độ chính xác trong tạo DTM lệ thuộc vào phương pháp phân loại xác định các điểm thuộc bề mặt đất.

Từ khóa: Agisoft Metashape, Máy bay không người lái, Mô hình số bề mặt địa hình

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển của các phương pháp Tạo Cấu trúc từ Chuyển động (SfM) tạo cơ hội cho việc thu thập dữ liệu ba chiều với chi phí rất thấp trong khi sự giám sát của người dùng và kiến thức chuyên môn được yêu cầu lại giảm mạnh (Westoby và nnk., 2012). Phương pháp SfM cung cấp mô hình địa hình ba chiều trên cơ sở sử dụng các hình ảnh chồng lấp thu được từ các góc nhìn khác nhau bằng máy ảnh và thông tin tham chiếu địa lý.

Với sự tiên bộ của công nghệ bay, đã xuất hiện ngày càng nhiều những mô hình máy bay

không người lái (UAV), thường được gọi là Drone. Một trong những sản phẩm UAV có mặt và được sử dụng phổ biến ở Việt Nam là Phantom 4 RTK (DJI, 2020). Phantom 4 RTK (DJI-P4RTK) là một máy bay không người lái chụp ảnh và lập bản đồ thông minh có khả năng thực hiện chức năng lập bản đồ với độ chính xác cao.

Nhằm đánh giá khả năng thu thập dữ liệu địa lý 3D từ ảnh chụp trên UAV, tác giả sử dụng Phần mềm Agisoft® Metashape Professional v.1.7 (Agisoft LLC, 2021), một công cụ SfM và xử lý ảnh để tái tạo bề mặt đô thị 3D từ một loạt ảnh chụp thực hiện bởi máy

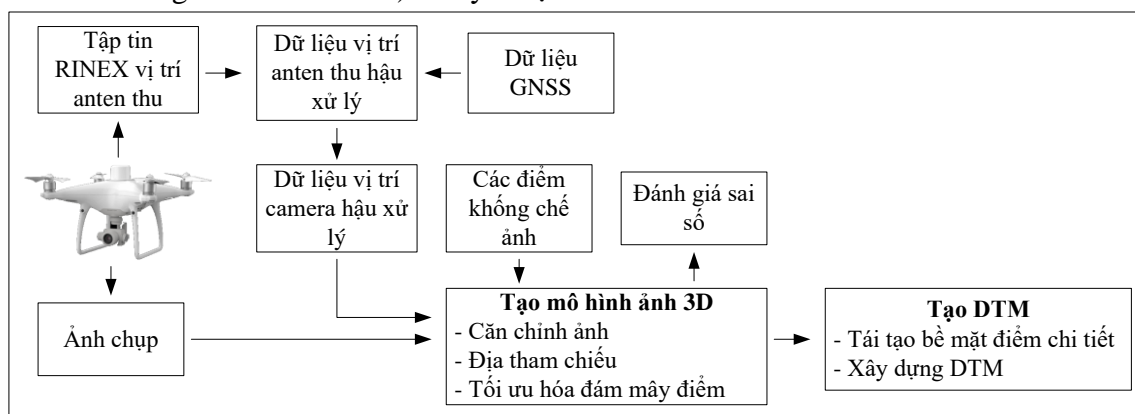
bay không người lái DJI-P4RTK. Mức độ tự động hóa cao của phần mềm trong các tác vụ giúp định hướng khối chùm tia và các bước trong tạo bề mặt đô thị 3D có độ phân giải cao tương đối thuận tiện cho người sử dụng. Tuy nhiên để có thể tạo được mô hình bề mặt địa hình (DTM) chính xác - không bị ảnh hưởng bởi lớp phủ thực vật và các tòa nhà - đòi hỏi người sử dụng phải cân nhắc đến nhiều yếu tố ảnh hưởng đến kết quả xử lý. Độ chính xác của mô hình bề mặt được tạo theo phương pháp đo ảnh không chỉ phụ thuộc vào thông số hình học và thông số vật lý khi bay chụp mà còn lệ thuộc vào quá trình xử lý: SfM, phương pháp Bình sai khối, kỹ thuật khớp ảnh, thuật toán lọc nhiễu đám mây điểm... Quá trình tạo mô hình bề mặt địa hình do vậy là một quá trình tương đối phức tạp khi số biến tham gia vào quá trình là tương đối lớn. Như là một đóng góp thêm vào trong lĩnh vực nghiên cứu xử lý ảnh chụp từ UAV để tạo DTM, bài báo trình bày kết quả đạt được trong sử dụng phương pháp phương pháp đo động hậu xử lý (Post-Processing Kinematic PPK) và kỹ thuật

SfM trong tái tạo mô hình số bề mặt địa hình từ bộ dữ liệu ảnh chụp thẳng đứng khu vực đô thị thu được từ Phantom 4 RTK.

2. Dữ liệu và phương pháp

Khu vực khảo sát là khu vực nằm ngay nút giao giữa đường kênh Tân Hóa và đường Nguyễn Trọng Quyền thuộc phường Tân Thới Hòa, quận Tân Phú (10⁰45'54"N; 106⁰38'7"E). Khu vực này là khu dân cư đông đúc với khá nhiều nhà cao tầng, xen kẽ là các thảm cỏ cũng như cây bụi tầm thấp. Bên cạnh đó còn bao gồm các loại địa vật cố định như: hồ ga, trụ điện, cây xanh đô thị,...

Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu được xây dựng dựa trên i) tài liệu hướng dẫn sử dụng Phần mềm Agisoft® Metashape và ii) các nghiên cứu của Cedric Mayer 2018, Yuri Taddia 2020, và Jin-Si 2021. Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu được minh họa trong Hình 1. Nội dung chi tiết về các bước trong phương pháp được trình bày chi tiết ở những phần tiếp theo.



Hình 1: Phương pháp thu thập và xử lý dữ liệu

2.1. Thu thập dữ liệu ngoài thực địa

Chuyến bay được thực hiện với một DJI-P4RTK được trang bị 20 Mpix camera và được lập kế hoạch bay với tốc độ bay chụp 9 m/s, ảnh được chụp thẳng đứng với độ phủ ngang 70%, độ phủ dọc 80%, chiều cao bay

75 m. Điều này nhằm đảm bảo khoảng cách lấy mẫu mặt đất (GSD) \approx 2.06 cm. Trước chuyến bay, một số điểm đã được đánh dấu chữ thập trên mặt đất bằng sơn xịt màu đỏ, kích thước độ rộng nét chữ thập 5 cm và chiều dài nét chữ thập là 40 cm. Các điểm này được

sử dụng như là điểm không chế mặt đất (GCP) cho việc gắn mô hình không ảnh tới hệ tọa độ địa lý tham chiếu. Tiến hành dùng phương pháp đo động thời gian thực RTK sử dụng máy thu vệ tinh 2 tần số GNSS V90 Plus của hãng HI-TARGET để đo nối từ mốc gốc về các điểm GCPs đã bố trí trong khu vực đo. Hệ tọa độ được sử dụng để đo các điểm GCPs là hệ tọa độ VN-2000 (múi chiếu 3⁰, kinh tuyến trục TP.HCM 105⁰45').

2.2. Hậu xử lý dữ liệu vị trí ăng ten của bộ thu RTK của DJI-P4RTK theo phương pháp PPK

Để thực hiện chỉnh sửa vị trí ăng ten của bộ thu theo phương pháp PPK, sẽ cần 3 tập tin: Tập tin "rover", là dữ liệu RINEX đến trực tiếp từ Phantom 4 RTK; Tập tin "trạm tĩnh", là dữ liệu quan sát RINEX tại trạm tĩnh cố định; dữ liệu bản lịch vệ tinh, là dữ liệu định vị vệ tinh chính xác. Phần mềm thực hiện hậu xử lý PPK là gói phần mềm nguồn mở dùng trong định vị GNSS RTKLIB (T.Takasu, 2009). Kết quả hậu xử lý là tập tin .pos. Tập tin .pos cung cấp tính toán chính xác nhất về vị trí ăng ten của bộ thu RTK của máy bay không người lái trong suốt chuyến bay của nó. Tuy nhiên, nó không thực hiện bất kỳ điều chỉnh nào đối với chuyển động tương đối của máy ảnh, thời điểm máy ảnh chụp ảnh hoặc chuyển đổi hệ thống tọa độ. Từ vị trí chính xác ăng ten của bộ thu RTK của máy bay không người lái, kết hợp độ lệch đã biết giữa ăng ten của bộ thu và tâm camera được báo cáo trong số các thông số kỹ thuật của DJI-P4RTK (DJI, 2020), vị trí của máy ảnh thực tế tại thời điểm chính xác mà máy ảnh đã chụp sẽ được điều chỉnh theo tương ứng. Quá trình tính toán vị trí điều chỉnh này được thực hiện sử dụng phần mềm GeotagPPK được cung cấp bởi Công ty TNHH Thiết Bị Xây Dựng Bách

Khoa (Dương Minh Âu, 2021). Tập tin CSV kết quả nhận được từ GeotagPPK chứa các vị trí đã chỉnh sửa PPK cho các vị trí camera của tất cả các bức ảnh được chụp. Dữ liệu này sẽ được nhập vào phần mềm cho các bước xử lý tiếp theo.

2.3. Tạo mô hình ảnh 3D

Sau khi xác định chính xác tọa độ vị trí máy ảnh thông qua phương pháp PPK, các mô hình đo quang trắc ảnh được tạo cho cả tập dữ liệu ảnh được chụp.

Quy trình xử lý tạo mô hình được thực hiện bao gồm các bước sau:

i. *Căn chỉnh ảnh*: Căn chỉnh ảnh là quá trình tìm kiếm các điểm đặc trưng duy nhất, được gọi là "điểm chính", trong mỗi hình ảnh riêng lẻ và kết hợp chúng theo từng cặp hình ảnh thành những điểm được gọi là "điểm ràng buộc". Quá trình này tính toán vị trí (x, y, z) và thể (ω , φ , κ) của camera, mà nó là yếu tố định hướng ngoài, cho mỗi hình ảnh. Sản phẩm của bước căn chỉnh là một mô hình máy ảnh, yếu tố định hướng ngoài của máy ảnh, một tập hợp các hệ số hiệu chuẩn máy ảnh ước tính, một tập hợp các điểm ràng buộc được định vị địa lý với các giá trị đỏ-lục-lam (RGB) của chúng (thường được gọi là *đám mây điểm thưa*).

ii. *Địa tham chiếu*: Tham chiếu địa lý của đám mây điểm thưa đến hệ thống tọa độ trong thế giới thực được tiến hành sau khi căn chỉnh ảnh bằng cách sử dụng tọa độ của ít nhất ba điểm không chế ảnh (GCP) xác định bằng khảo sát trắc địa. GCPs cũng sẽ được sử dụng để tinh chỉnh yếu tố định hướng trong và ngoài của ảnh trong quá trình tối ưu hóa ở bước tiếp theo.

iii. *Tối ưu hóa đám mây điểm*: nhằm loại bỏ các biến dạng phi tuyến tính có thể có của mô hình bằng cách tối ưu hóa đám mây điểm

ước tính và các thông số máy ảnh dựa trên tọa độ tham chiếu đã biết. Trong quá trình tối ưu hóa này, tọa độ điểm ước tính và thông số máy ảnh được điều chỉnh để giảm thiểu tổng sai số thể hiện sự khác biệt vị trí giữa các điểm không chế ảnh và các điểm tương ứng nhận được từ mô hình. Quy trình tối ưu hóa bao gồm i) quy trình 1: Giảm số lượng điểm ràng buộc lỗi và ii) quy trình 2: Cải thiện các thông số định hướng trong và ngoài. Trong quy trình 1, các điểm ràng buộc không đáng tin cậy bị loại bỏ và trong quy trình 2, các thông số định hướng trong và ngoài được tinh chỉnh. Quy trình tối ưu hóa được thực hiện theo cách lặp đi lặp lại trên đám mây điểm thưa. Bằng cách này, các lỗi khớp ảnh cao trong quá trình căn chỉnh ảnh ban đầu - làm giảm chất lượng của các kết quả điều chỉnh khối chùm tia tiếp theo - sẽ bị loại bỏ. Điều này cũng dẫn đến nhanh hơn trong tạo đám mây điểm dày đặc ở bước tiếp theo.

2.4. Tạo DTM

Sau khi hoàn tất hiệu chuẩn mô hình hình học, thông số ảnh và đám mây điểm thưa đã được chỉnh sửa, các sản phẩm không gian sau đây có thể được tạo ra từ mô hình: đám mây điểm chi tiết và mô hình bề mặt số (DSM) hoặc DTM.

i. Đám mây điểm chi tiết: Đám mây điểm thưa được sử dụng để tìm ra cặp ảnh chồng lên nhau. Dựa vào cặp ảnh chồng lên nhau, ảnh độ sâu được tạo ra. Mỗi pixel trên ảnh độ sâu thể hiện mức độ xa gần trong không gian 3D. Dựa trên tọa độ GPS đã biết của tâm ảnh (camera), các pixel được định vị chính xác trong không gian 3D, hình thành nên đám mây dày đặc các pixel hoặc điểm chi tiết. Các điểm chi tiết có thể được gán màu dựa vào vị trí của chúng trên nguồn ảnh chụp.

ii. Mô hình DTM: Mô hình DTM đại diện

cho độ cao của mặt đất được tạo ra từ đám mây điểm chi tiết.

3. Kết quả

Hình 2 thể hiện ảnh khu vực bay chụp, đồ hình tuyến bay, vị trí tâm ảnh chụp (điểm tròn trắng), 3 điểm không chế ảnh (lá cờ với tên điểm) và ranh khu vực quan tâm (nét đứt đỏ)



Hình 2: Ảnh khu vực bay chụp

159 ảnh đã được tải vào phần mềm và được tiến hành căn chỉnh ảnh sơ bộ, có nghĩa là đối với mỗi bức ảnh, vị trí và hướng máy ảnh gần đúng được tính toán và các điểm ràng buộc được trích xuất dưới dạng một đám mây điểm thưa như thể hiện trong hình 3.

Từ kết quả căn chỉnh sơ bộ của tập dữ liệu ảnh, nếu đem so sánh vị trí của các dấu chữ thập với vị trí các điểm kiểm tra GCP tương ứng cho thấy sự khác biệt về khoảng cách có thể lên đến 1m. Điều này đã cho thấy sự cần thiết phải sử dụng tập các GCPs để đảm bảo việc tạo ra các mô hình đo quang trắc ảnh với độ chính xác cấp độ centimet.



Hình 3: Đám mây điểm thưa

Do vậy, quá trình địa tham chiếu đám mây điểm thưa đã được tiến hành sau khi căn chỉnh ảnh sơ bộ bằng cách sử dụng tọa độ của ba điểm khống chế ảnh (GCPs) có tọa độ xác định chính xác bằng phương pháp đo GPS. Quá trình địa tham chiếu sử dụng phương pháp chuyển đổi tương tự 7 tham số (3 tham số chuyển dịch, 3 tham số xoay và 1 tham số tỷ lệ). Phương pháp chuyển đổi như vậy chỉ có thể bù đắp sai lệch tuyến tính trong mô hình. Các biến dạng phi tuyến tính có thể có của mô hình sẽ được loại bỏ bằng cách tối ưu hóa đám mây điểm ước tính và thông số máy ảnh dựa trên tọa độ các điểm khống chế ảnh (Cedric Mayer và nnk., 2018). Công việc tối ưu hóa được thực hiện sử dụng chức năng *optimize* của Agisoft Metashape. Mục tiêu là tạo ra một đám mây điểm thưa chỉ được tạo thành từ các điểm ràng buộc chất lượng cao. Các điểm ràng buộc chất lượng thấp được chọn và loại bỏ bao gồm i.) các điểm được tạo từ mối quan hệ hình học kém giữa các máy ảnh; ii) các điểm được cho có độ chính xác đối sánh kém; và iii) các điểm được cho là khớp sai. Quá trình lựa chọn và loại bỏ điểm là lặp đi lặp lại. Độ chính xác xây dựng mô hình quan trắc ảnh được tính thông qua đánh giá sai số RMSEs của các điểm GCPs.

Bảng 1: Sai số xác định điểm khống chế

Tên	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Tổng hợp (cm)
gcp2	-0.178	0.058	0.474	0.509
gcp3	-0.250	-3.158	0.251	3.178
gcp5	2.444	2.210	0.935	3.425
RMSE	1.422	2.226	0.622	2.714

Đám mây điểm chi tiết được tái tạo như hình 4 với các thông số được xác lập trong Agisoft bao gồm: chất lượng được đặt ở mức trung bình, do các đối tượng bề mặt không quá phức tạp; Depth filtering được đặt ở mức *Aggressive*.



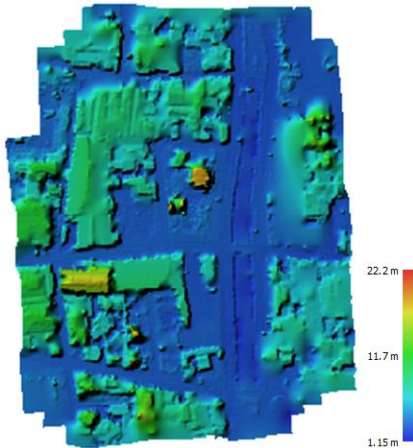
Hình 4: Đám mây điểm chi tiết

Đám mây điểm chi tiết ban đầu bao gồm tất cả các điểm trên bề mặt. Xử lý thêm phải được áp dụng để loại bỏ các đối tượng địa vật nằm phía trên bề mặt địa hình như cây xanh, tòa nhà,... thông qua các kỹ thuật phân loại điểm và chỉnh sửa để có thể tạo ra DTM. Nhiều nền tảng phần mềm khác nhau có khả năng thực hiện chức năng này, ở các mức độ hoàn chỉnh và chính xác khác nhau.

Agisoft Metashape cung cấp một bộ công cụ phân loại đám mây điểm giúp tạo điều kiện thuận lợi cho việc sản xuất DTM từ một tập hợp con các điểm trong một mô hình.

i. Phương pháp *Classify Points*, một

phương pháp phân loại gần như hoàn toàn tự động, áp dụng các kỹ thuật máy học để tự sắp xếp các điểm - dựa vào màu RGB - vào các lớp sau: Mặt đất, Thảm thực vật cao, Tòa nhà, Đường, Xe hơi và các đối tượng nhân tạo. Dựa trên các điểm thuộc lớp mặt đất và lớp đường, bề mặt DTM được tạo như hình 5. Quan sát trên hình 5 có thể thấy một số nhà được phân loại nhầm vào lớp mặt đường hoặc đất do có đặc tính phổ phản xạ hoặc màu RGB của chúng gần giống nhau.

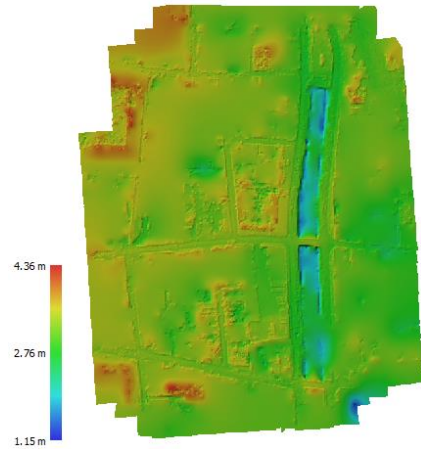


Hình 5: DTM từ phương pháp Classify Points

ii. Phương pháp *Classify Ground Points*:

Trong phương pháp này, quá trình phân loại bao gồm hai bước. Ở bước đầu tiên, đám mây điểm dày đặc được chia theo ô có kích thước nhất định bằng 50 m. Trong mỗi ô, điểm thấp nhất được cho là thuộc mặt đất được phát hiện. Mạng lưới tam giác xây dựng từ những điểm này tạo nên bề mặt gần đúng của mặt đất. Ở bước thứ hai, mỗi điểm dày đặc có trong mỗi ô được xem xét và chỉ được thêm vào lớp mặt đất khi nó thỏa mãn hai điều kiện: nó nằm cách nhỏ hơn 0.3 m từ bề mặt địa hình và góc giữa bề mặt địa hình và đường thẳng kết nối điểm mới này với một điểm từ lớp mặt đất nhỏ hơn một góc 5° . Bước thứ hai lặp lại trong khi vẫn còn điểm dày đặc cần kiểm tra. Các thông số đã được chọn ở trên sẽ thay đổi tùy theo sự

hiện diện của các đối tượng mặt đất có tại khu vực bay chụp và mang tính thực nghiệm lặp đi lặp lại để tìm ra thông số tối ưu. Sau khi các điểm thuộc bề mặt đất được xác định, từ các điểm này bề mặt DTM có thể được tạo như hình 7.

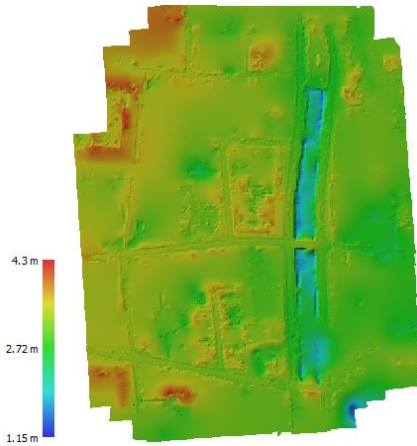


Hình 6: DTM từ phương pháp *Classify Ground Points*

Hạn chế của tạo DTM khi áp dụng phương pháp này trong khu vực đô thị phức tạp hoặc ken dày là có khả năng trong ô có kích thước nhất định đã chọn bằng 50m có thể chỉ chứa mái nhà hoặc cây, do vậy điểm được chọn để tạo lưới tam giác nền mặt đất thấp nhất nhưng có thể không phải là điểm mặt đất.

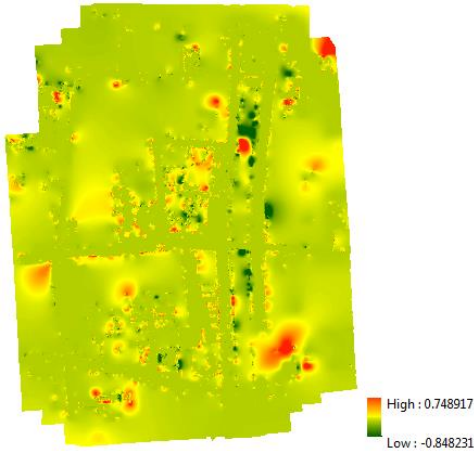
Do vậy để khắc phục hạn chế của từng phương pháp đồng thời tận dụng được thế mạnh của cả 2 phương pháp trên, tác giả đề xuất phương pháp tạo DTM sử dụng cả thông tin màu RGB cũng như độ cao của điểm. Phương pháp bao gồm 4 bước: i) Bước 1 sử dụng Phương pháp *Classify Points* để phân loại đám mây điểm dày đặc vào các lớp Mặt đất, Thảm thực vật cao, Tòa nhà, Đường, Xe hơi và các đối tượng nhân tạo. ii) Bước 2 chọn giữ lại chỉ các điểm thuộc lớp Mặt đất và Đường; iii) Bước 3 sử dụng phương pháp *Classify Ground Points* để phân loại ra các điểm thuộc và không thuộc mặt đất từ các

điểm nhận được từ bước 2; và iv) Bước 4 tạo bề mặt DTM từ các điểm bề mặt đất (hình 7.)



Hình 7: DTM từ phương pháp đề xuất

Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự khác biệt về độ cao đáng kể giữa bề mặt DTM tạo từ phương pháp sử dụng chỉ độ cao điểm và bề mặt DTM tạo từ phương pháp đề xuất (hình 8). Độ cao của bề mặt địa hình tại nhiều nơi giảm xuống và có thể giảm đến 0.75 m.



Hình 8: Sự khác biệt độ cao giữa 2 phương pháp

Để kiểm tra kết quả xây dựng mô hình DTM, tọa độ và độ cao của 5 điểm kiểm tra được đặt tại các hố ga có vị trí thông thoáng và được đo bằng công nghệ RTK với độ chính xác cao được so sánh với tọa độ và độ cao rút trích từ mô hình DTM và ảnh trực giao. Kết quả tính toán sai số được tổng hợp trong bảng 2.

Bảng 2: Sai số xác định các điểm địa vật tại vị trí thông thoáng

Tên	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	Tổng hợp (cm)
Hoga1	0.536	-1.373	1.200	1.901
Hoga2	0.925	0.315	0.500	1.098
Hoga3	1.281	-2.409	-2.400	3.634
Hoga4	-0.981	-0.823	-0.300	1.315
Hoga5	0.148	1.632	2.900	3.331
RMSE	0.868	1.492	1.786	2.484

Kết quả cho thấy phương pháp khảo sát DJI-P4RTK dựa trên việc thu thập hình ảnh từ trên không có thể cho phép tạo ra các mô hình DTM tại khu vực nằm trong phạm vi không chế của các điểm kiểm soát và trên khu vực thông thoáng không bị che khuất bởi thực vật hoặc các chướng ngại khác có thể đạt được độ chính xác ở cấp độ centimet.

Bên cạnh các vị trí thông thoáng, trong khu vực nghiên cứu cũng có những vị trí che phủ bởi địa vật, để đánh giá khả năng phân loại chính xác các điểm thuộc bề mặt đất tại khu vực này trong tạo DTM, 14 điểm tại khu vực thực vật che phủ được đo trên mặt đất bằng công nghệ RTK với độ chính xác cao.

Từ kết quả đánh giá sai số mô hình - RMSE theo hướng x, y trong quá trình căn chỉnh mô hình xấp xỉ 1.4 cm và 2.2 cm, và sai số RMSE theo hướng x, y của mô hình DTM và ảnh trực giao xấp xỉ 0.9 cm và 1.5 cm - có thể nói rằng mỗi điểm trong số 14 điểm kiểm tra đưa vào mô hình nếu có sai lệch vị trí mặt bằng so với vị trí thực của chúng thì cũng chỉ trong khoảng xấp xỉ 2 cm. Do mỗi ô raster trong mô hình DTM có kích thước xấp xỉ 7 cm, nên độ sai lệch vị trí ≈ 2 cm của điểm kiểm tra so với vị trí thực như trình bày ở trên sẽ không làm ảnh hưởng đến kết quả trích xuất độ cao của các điểm này từ mô hình DTM. Kết

quả tính toán sai số độ cao được tổng hợp trong bảng 3.

Bảng 3: Sai số xác định các điểm địa vật tại vị trí có thực vật che khuất

	V1	V2	V3	V4	V5
h bằng RTK (m)	3.70	3.70	3.46	3.55	3.51
h trên DTM (m)	3.69	3.41	3.35	3.44	3.51
Δh (m)	0.01	0.29	0.11	0.11	0.00

	V6	V7	V8	V9	V10
h bằng RTK (m)	3.50	3.11	3.45	3.78	3.85
h trên DTM (m)	3.48	3.07	3.22	3.48	3.74
Δh (m)	0.02	0.04	0.24	0.30	0.11

	V11	V12	V13	V14
h bằng RTK (m)	3.94	3.73	3.12	3.53
h trên DTM (m)	3.50	3.49	3.08	3.14
Δh (m)	0.44	0.24	0.04	0.39

Kết quả cho thấy độ cao bề mặt đất được xác định từ mô hình tại các điểm kiểm tra trong khu vực có thực vật che phủ đều có độ cao cao hơn độ cao đo thực tế, lý do là bên dưới các tán cây vẫn còn thực vật tầm thấp như bụi cỏ cao hơn mặt đất nhưng vẫn được giải đoán như thuộc bề mặt đất. Tuy nhiên sai số độ cao chỉ biến thiên trong khoảng từ 0.033 m đến 0.44 m với RMSE xấp xỉ 0.147 m. Kết quả thực hiện trong khu vực này lệ thuộc vào thuật toán phân loại và các tham số chọn phù hợp trong xác định các điểm thuộc bề mặt đất.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã được tiến hành nhằm đánh giá khả năng xây dựng DTM từ bộ ảnh chụp nhận được từ thiết bị bay không người lái Phantom 4 RTK. Để hiệu chỉnh và nâng cao

độ chính xác về vị trí, các vị trí của camera ghi lại trong nhiệm vụ bay, sẽ được xử lý kết hợp với số liệu trạm tĩnh trong phương pháp đo động hậu xử lý. Sử dụng 3 điểm khống chế, mô hình đo quang trắc ảnh được xác lập với sai số RMSE xấp xỉ 2.7cm. Toàn bộ quá trình xây dựng mô hình ảnh 3D từ bộ ảnh chụp, tạo đám mây điểm chi tiết và phân loại các điểm thuộc bề mặt đất từ đó làm cơ sở để tạo DTM đã được thực hiện trên phần mềm Agisoft Metashape. Đây là một gói phần mềm mạnh được sử dụng rộng rãi để phát triển các mô hình SfM; tuy nhiên, bản chất độc quyền của phần mềm khiến người sử dụng khó có thể hiểu sâu về các chức năng xử lý của nó. Để tạo được mô hình ảnh 3D chính xác, cần thiết loại bỏ các điểm thuộc đám mây điểm thừa có độ tin cậy thấp hoặc sai số lớn. Quá trình xác định các tham số bởi người sử dụng khi tiến hành phân loại đám mây điểm chi tiết để nhận được các điểm thuộc bề mặt đất luôn là một quá trình đầy thách thức. Để nâng cao độ tin cậy trong phân loại, chọn ra các điểm thể hiện bề mặt đất, tác giả đã đề xuất sử dụng kết hợp phương pháp *Classify Points* và phương pháp *Classify Ground Points* nhằm tận dụng cả thông tin màu RGB và cả thông tin độ cao của các điểm trong quá trình phân loại. ○

Tài liệu tham khảo

- [1]. Westoby, M.J.; Brasington, J.; Glasser, N.F.; Hambrey, M.J.; Reynolds, J.M (2012). “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, vol. 179, 300–314.
- [2]. DJI, (2020). Phantom 4 RTK User Manual, v2.4. DJI: Shenzhen, China.
- [3]. Agisoft, L.L.C (2021). Agisoft Metashape User Manual: Professional Edition; version 1.7. Available online:

https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_7_en.pdf

[4]. Cedric Mayer, Thomas P. Kersten and Luísa GOMES Pereira, 2018, A Comprehensive Workflow to Process UAV Images for the Efficient Production of Accurate Geo-information, Conferencia Nacional De Cartografia E Geodesia, 25-26 October.

[5]. Yuri Taddia, Francesco Stecchi and Alberto Pellegrinelli, (2020). Coastal Mapping using DJI Phantom 4 RTK in Post-Processing Kinematic Mode. *Drones* 4(2),9; <https://doi.org/10.3390/drones4020009>.

[6]. Jin-Si R. Over, Andrew C. Ritchie, Christine J. Kranenburg, Jenna A. Brown, Daniel Buscombe, Tom Noble,

Christopher R. Sherwood, Jonathan A. Warrick, and Phillippe A. Wernette, 2021. Processing Coastal Imagery With Agisoft Metashape Professional Edition, Version 1.6—Structure From Motion Workflow Documentation. Open-File Report 2021–1039, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey

[7]. T.Takasu, (2009). RTKLIB: Open Source Program Package for RTK-GPS. Available from: <http://www.rtklib.com/>

[8]. Dương Minh Âu, (2021). GeotagPPK. Công ty TNHH Thiết Bị Xây Dựng Bách Khoa. Available online: <http://www.thietbibachkhoa.net/chi-tiet-san-pham/phan-mem-xu-ly-ppk-geotagppk-6036/> ○

Summary

Building Digital Terrain Model In Urban Area From DJI Phantom 4 RTK Image Data

Tran Trong Duc, Ho Chi Minh City University Of Technology-VNU

The processing process to create a Digital Terrain Model (DTM) from image data of DJI Phantom 4 RTK is presented in this paper. The position of the camera recorded during the flight mission is processed in conjunction with the GNSS measurement data at the stationary station in the post-processing kinematic technique to achieve a highly accurate captured flight position. The 3D image model is built from Overlapping 2D images using the Structure from motion (SfM) technique. Three highly accurate measured ground control points are used to accurately georeference the 3D image model. The overall alignment error of the 3D model is approximately 2.7 cm. From the 3D model, the dense ground points were determined based on the combination of Classify Points technique and Classify Ground Points technique and used to create the DTM model. Five feature points at unobstructed locations were used to evaluate positional accuracy having an overall position error of approximately 2.5 cm. Fourteen feature points at occluded locations were used only for elevation error estimation having a standard deviation error of approximately 0.147 m. The results show that i) at an unobstructed location, the images taken from the Phantom 4 RTK can enable the creation of 3D surfaces with centimetre-level accuracy, and ii) at the obscured location, the accuracy in DTM generation depends on the classification method that identifies points belong to terrain surface. ○

Key words: Agisoft Metashape, Unmanned Aerial Vehicle, Digital Terrain Model