

Kết hợp công nghệ UAV, RTK và SES trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn vùng rừng ngập mặn ven biển

Trần Trung Anh^{1,*}, Dương Thế Anh², Phạm Viết Kiên², Lê Như Ngọc²

¹ Trường Đại học Mở - Địa chất

² Tổng Công ty Đảm bảo An toàn Hàng hải Miền Bắc

TÓM TẮT

Bài báo trình bày về sự kết hợp giữa công nghệ đo ảnh sử dụng máy bay không người lái UAV (Unmanned Aerial Vehicle), công nghệ định vị vệ tinh thời gian thực RTK (Real Time Kinematic) và công nghệ đo sâu SES (Survey Echo Sounder). Bởi vì để thành lập bản đồ địa hình vùng rừng ngập mặn cần nhiều kỹ thuật đo kết hợp với nhau. Thiết bị bay không người lái UAV phục vụ thu nhận dữ liệu ảnh số khu đo. Công nghệ đo ảnh UAV phục vụ đo vẽ các đối tượng bề mặt địa vật, xây dựng mô hình số DSM. Công nghệ đo động thời gian thực RTK đo các điểm khống chế ảnh và các đối tượng nhỏ khác (cổng, địa hình dưới nước ao nông...) với độ chính xác cao. Công nghệ đo sâu hồi âm SES được dùng để đo địa hình bề mặt đáy biển. Bài báo đưa ra một quy trình công nghệ nhằm kết hợp tốt 3 phương pháp UAV, RTK, SES nhằm hoàn thành mục đích thành lập bản đồ địa hình vùng rừng ngập mặn ven biển. Thử nghiệm cho vùng Kim Sơn, tỉnh Ninh Bình, Việt Nam.

Từ khóa: Đo ảnh, UAV, định vị vệ tinh, RTK, đo sâu hồi âm, SES, rừng ngập mặn, bản đồ địa hình

1. Đặt vấn đề



Vùng rừng ngập mặn ven biển là vùng có địa hình rộng, khá bằng phẳng, có vùng nước, cây rừng ngập mặn và cả khu nuôi trồng thủy sản ven bờ. Khi có yêu cầu thành lập bản đồ địa hình phục vụ công tác thiết kế quy hoạch, bảo tồn, bảo vệ rừng và động thực vật ven biển, công tác đo vẽ cần kết hợp nhiều công nghệ khác nhau vừa đảm bảo thể hiện đúng, đủ các yếu tố địa hình, địa vật và độ chính xác theo yêu cầu, vừa đảm bảo thời gian tiến độ hoàn thành khảo sát. Việc kết hợp các công nghệ đo ảnh không người lái (UAV), công nghệ định vị vệ tinh RTK-GNSS và công nghệ đo sâu hồi âm SES nhằm tận dụng ưu điểm, khả năng, thế mạnh đồng thời hạn chế những nhược điểm, thế yếu của mỗi công nghệ này. Sự vận hành của mỗi công nghệ thường có quy trình riêng, để đạt được mục đích chung vậy cần có sự hiệp đồng trong một quy trình thống nhất. Trong nghiên cứu này sẽ tập trung phân tích ưu nhược điểm của mỗi công nghệ, và xây dựng quy trình kết hợp tận dụng ưu thế của mỗi công nghệ và sự hỗ trợ qua lại với nhau của các công nghệ này. Thử nghiệm được áp dụng xây dựng bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000, với khoảng cao đều 1m, phạm vi rộng khoảng 3000ha, thuộc địa bàn rừng ngập mặn ven biển Kim Sơn, Ninh Bình.

2. Phân tích ưu nhược điểm và xây dựng quy trình công nghệ

2.1. Công nghệ đo ảnh UAV



Hiện nay, công nghệ đo ảnh với tư liệu thu thập từ thiết bị bay không người lái UAV đang được phát triển mạnh vì tính cơ động, nhanh chóng, có thể đáp ứng thành lập bản đồ tỷ lệ lớn vì trần bay được hạ thấp (từ vài chục mét đến vài trăm mét). Thiết bị bay không người lái UAV là rất đa dạng, nhiều đơn vị có thể tự sản xuất nhưng tựu chung thì chia thành 2 loại chính: loại cánh cố định (fixed wing aircraft) và loại cánh quạt nâng bằng động cơ (multi rotor). Mỗi loại đều có ưu nhược điểm riêng, có thể tóm tắt qua bảng 1.

Bảng 1. So sánh giữa 2 loại máy bay không người lái (sensefly.com, 2018; dronedeploy.com, 2018)

Chỉ số so sánh	Máy bay cánh quạt nâng đa động cơ 	Máy bay cánh cố định 
Dự án	Đo vẽ bản đồ khu vực nhỏ và bay giám sát	Chuyên bản đồ

* Tác giả liên hệ

Email: trantrunganh@humg.edu.vn

Chỉ số so sánh	Máy bay cánh quạt nâng đa động cơ 	Máy bay cánh cố định 
Các ứng dụng	Bay giám sát, quay phim, bắt động sản, khảo sát đô thị, xây dựng, khẩn cấp, thực thi pháp luật	Khảo sát địa hình, nông nghiệp, hệ thống tin địa lý, môi trường, xây dựng, nhân đạo
Tốc độ bay	Chậm	Nhanh
Tầm bay	Nhỏ	Lớn
Độ phân giải có thể đạt	mm/pixel	Cm/pixel
Vùng cất/hạ cánh	Hẹp	Rộng
Thời gian bay/khả năng chống gió	Thấp	Cao
Khả năng cơ động	Cao	Thấp
Tính an toàn khi tình huống khẩn cấp	Thấp	Cao
Giá thành	Rẻ	Đắt

Từ các chỉ số so sánh ở bảng 1, để phục vụ đo vẽ bản đồ địa hình ở vùng rừng ngập mặn ven biển, với phạm vi rộng, tốc độ gió lớn, khả năng bay, tính an toàn cao... nên dùng loại máy bay cánh cố định.

Một việc quan trọng trong công tác thiết kế bay chụp là lựa chọn độ phân giải mặt đất (GSD-Ground Sampling Distance). Theo các khuyến cáo của các hãng DroneDeploy, Pix4D (dronedeploy.com, 2018; pix4d.com, 2018), việc chọn độ phân giải mặt đất phụ thuộc chính vào yêu cầu độ chính xác mặt phẳng và độ chính xác độ cao của sản phẩm đo vẽ, thông thường được lựa chọn theo công thức ước tính như sau:

$$\begin{cases} M_{xy} = (1 \div 2)GSD \\ M_z = (1 \div 3)GSD \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: M_{xy} là sai số trung phương mặt phẳng;
 M_h là sai số trung phương độ cao;

Trên cơ sở yêu cầu sai số đo vẽ, theo công thức (1) có thể ước tính độ phân giải mặt đất.

Ví dụ: yêu cầu đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000, sai số vị trí điểm mặt phẳng cho điểm không chế ảnh cần đạt là 0,1mm x 2000 = 20cm; lấy $GSD=M_{xy}/2=10$ cm; mặt khác yêu cầu thành lập khoảng cao đều là 1m, với sai số độ cao cho điểm không chế là $M_z=1/4 \times 1m=25$ cm, thì ước tính $GSD=M_z/3=25/3=8,3$ cm; Vậy để thỏa mãn cả độ chính xác mặt bằng và độ cao, đồng thời dự phòng độ chính xác đạt được cần bay chụp ở độ phân giải mặt đất nhỏ hơn hoặc bằng 8cm.

Trên cơ sở GSD tính được, kết hợp các thông số của máy chụp ảnh, độ phủ ảnh, phạm vi bay chụp, địa hình khu đo, vị trí cất hạ cánh, thời gian trong 1 ca bay... sẽ tính toán thiết kế các chỉ tiêu kỹ thuật bay chụp như: độ cao bay chụp, số đường bay, số ảnh (đường đáy chụp ảnh), số ca bay... việc tính toán này có thể tham khảo theo tài liệu (Pix4D, 2018).

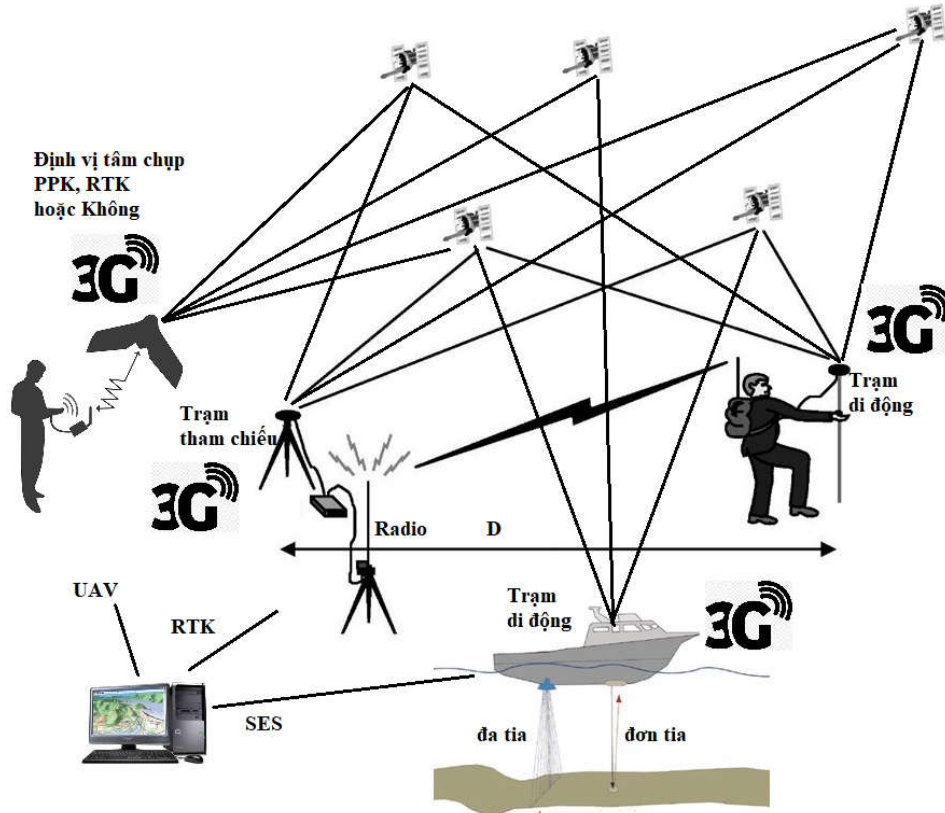
Cần làm các thủ tục pháp lý về xin phép bay tại Cục tác chiến, Bộ Quốc phòng trước khi bay chụp. Khi bay chụp cần thiết kế vị trí điểm không chế ảnh, đánh dấu mốc và có thể lợi dụng các địa vật rõ nét để làm điểm không chế ảnh, các điểm này được truyền tọa độ và độ cao theo công nghệ RTK-GNSS. Nếu sử dụng máy bay có khả năng định vị tâm chụp bằng RTK hoặc PPK (Post Processing Kinematic) thì có thể lược bỏ bớt các điểm không chế mặt đất, rất hữu dụng khi bay chụp ở vùng rừng, vùng mặt nước khó khăn bố trí điểm không chế ảnh.

Sau khi bay chụp ảnh, tiến hành xử lý dữ liệu khối ảnh trong phòng trên phần mềm xử lý như Pix4D, Agisoft gồm: xây dựng khối ảnh, khai báo điểm không chế, bình sai, tạo đám mây điểm, tạo mô hình số bề mặt, thành lập bình đồ ảnh, bóc tách xây dựng mô hình số độ cao. Kết thúc công đoạn này có thể xuất bình đồ ảnh sang các máy tính cá nhân để tiến hành số hóa địa vật, độ cao các điểm địa hình nếu ở vùng quang đặng có thể được tận dụng, vùng ẩn khuất, vùng mặt nước cần xác định phải đo bổ sung ngoại nghiệp bằng RTK-GNSS và đo sâu hồi âm.

2.2. Công nghệ định vị vệ tinh RTK-GNSS

Công nghệ định vị vệ tinh RTK-GNSS có nhiều ưu thế như: xác định vị trí điểm với độ chính xác cao về mặt bằng (1cm+1ppm) (novatel.com, 2018), độ cao có thể đạt sai số gấp đôi mặt bằng (Eric Gakstatter, 2014) cỡ 2-4cm. Việc đo trên thực địa không phụ thuộc vào tầm thông hướng ngang, chỉ cần thông hướng lên bầu trời, việc này thích hợp cho công tác đo trên diện rộng. Nguyên lý của công nghệ này là có điểm trạm tham chiếu cố định, thu tín hiệu vệ tinh đồng thời với các điểm trạm di động (anten đo địa hình, anten đo tâm chụp ảnh UAV, anten đo sâu hồi âm), cung cấp số cải chính vị trí đồng bộ tức thời qua bộ phát song

radio hoặc qua internet (chuẩn RTCM). Có thể nói công nghệ định vị RTK-GNSS là cầu nối, là công cụ hỗ trợ cho công nghệ đo ảnh UAV và đo sâu hồi âm SES. Trong thành lập bản đồ địa hình vùng rừng ngập mặn ven biển thì công nghệ định vị RTK-GNSS còn có nhiệm vụ đo bổ sung địa hình, địa vật ngoại nghiệp như các đôi trụ: thông số cầu, cống, địa vật nhỏ như cột điện nhỏ, hồ ga, các đối tượng bị thực vật lấp như cao độ bờ, rạch nước, rãnh nước, các biển chỉ dẫn...



Hình 1. Cầu nối của công nghệ RTK với UAV và SES (ia-drone.com, 2018; what-when-how.com, 2018; coastal.er.usgs.gov, 2016)

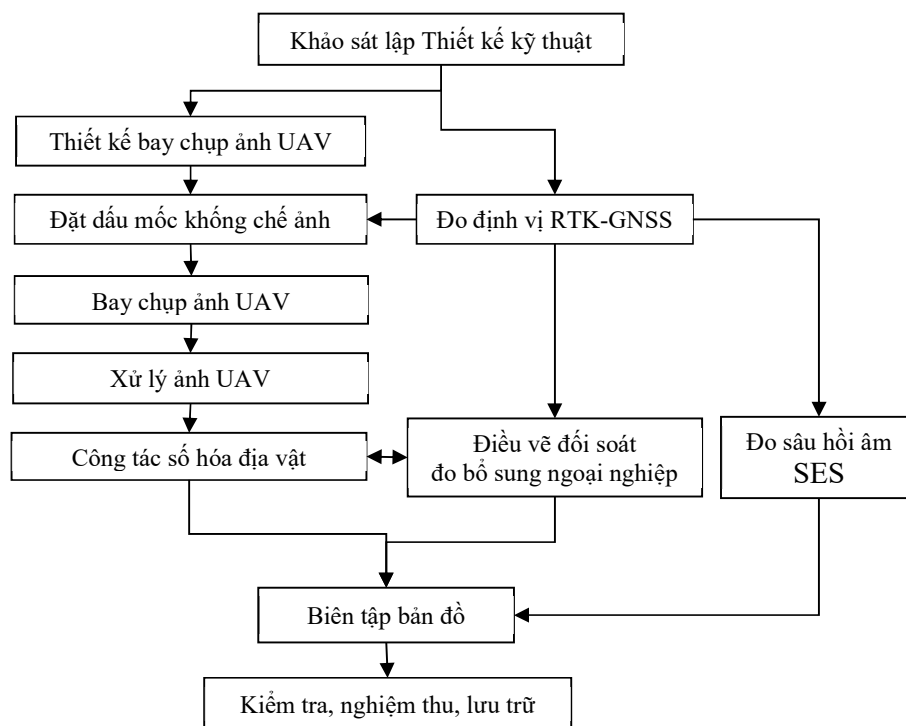
2.3. Công nghệ đo sâu hồi âm SES

Trong vùng rừng ngập mặn ven biển, phần ngập dưới nước là khá lớn bao gồm là các con sông, con kênh dẫn ra biển, vùng nước ven bờ, các luồng lạch có độ sâu từ vài mét đến vài chục mét. Để ghi nhận giá trị tọa độ và độ cao đáy sông, đáy biển cần thiết phải dùng công nghệ đo sâu hồi âm SES. Đo sâu hồi âm (Survey Echo Sounder) là một loại sonar công suất nhỏ, dùng cho xác định độ sâu vùng nước. Máy đo thực hiện bằng cách phát xung siêu âm vào nước và thu nhận tín hiệu phản xạ từ đáy nước, từ đó xác định ra độ sâu. Hiện nay có 2 loại máy đo sâu hồi âm: đơn tia (single beam echo shouder, phát tia đơn, đo từng điểm) và đa tia (multi beam echo shouder, phát chùm tia, đo chùm dài điểm vuông góc với hướng đi của tàu, góc mở có thể lên đến 150° , độ rộng dải từ 2-7 lần độ sâu). Cả 2 loại này đều được ứng dụng trên thực tiễn, tuy nhiên loại đo sâu đa tia có hiệu quả khảo sát vượt trội vì một đường tàu di chuyển đo được cả dải điểm đo, không phải chạy quá nhiều đường tàu đo.

Công nghệ đo sâu hồi âm hiện nay dưới sự hỗ trợ của công nghệ định vị vệ tinh RTK-GNSS, cho vị trí điểm đo có độ chính xác cao (bằng với độ chính xác của RTK về mặt bằng), độ chính xác độ sâu phụ thuộc vào bản thân số liệu trị đo sâu (có thể đạt đến 10cm), khả năng ổn định tự động bù sóng biển (giữ phương thẳng đứng của tia, chùm tia đo sâu, hoặc đo nghiệm triều tự động) và phụ thuộc độ chính xác độ cao của RTK đem lại... Thông thường, để dự trữ độ chính xác nên đo đến khoảng cao đều 1m là các máy đo sâu hiện nay hoàn toàn có thể đáp ứng tốt. Những máy đo sâu và các thiết bị phụ trợ thường được lắp đặt trên tàu đo có người lái, gần đây cũng có những sản phẩm nghiên cứu về tàu đo không người lái nhỏ gọn hơn, có thể đo luôn lạch hẹp, ở vùng nước nông, sát bờ với địa vật ít bị cản trở (bèo, cây rừng ngập nước) ... Có thể tận dụng cả 2 loại này trong công tác khảo sát.

Việc đo sâu hồi âm là hoàn toàn tự động, mật độ điểm có thể đạt rất cao (<1m/điểm), chỉ cần chú ý về cách vận hành, đồng bộ về hệ tọa độ, hệ độ cao giữa phần dưới nước và trên bờ. Điều này được giải quyết trọn vẹn nhờ sự hỗ trợ của công nghệ đo định vị vệ tinh RTK-GNSS.

2.4. Quy trình công nghệ



Hình 2. Quy trình công nghệ kết hợp UAV, RTK, SES trong thành lập bản đồ địa hình

Thông qua quy trình kết hợp các công nghệ như trên, từng công nghệ đóng góp thế mạnh của mình trong sản phẩm bản đồ địa hình ở khu vực rừng ngập mặn ven biển như sau:

- Công nghệ đo ảnh UAV: nền bình đồ ảnh trực quan, số hóa địa vật (nhà cửa, giao thông, ranh thủy hệ, đường bờ, khoanh thực vật, cột điện có thể nhận biết trên ảnh...), khoanh các khu vực trồng rừng, cung cấp độ cao những khu vực quang đăng khi độ chính xác tốt.

- Công nghệ định vị vệ tinh RTK-GNSS: hỗ trợ đo khống chế ảnh phục vụ xử lý khối ảnh UAV để quy chuẩn về tọa độ và độ cao, định vị điểm đo sâu, đo chi tiết địa hình vùng cây trên cạn, đáy ao nuôi trồng thủy sản (đáy bằng phẳng), đo các địa vật nhỏ (cột điện nhỏ, đường dây ngầm, chính xác các thông số cầu, cống...).

- Công nghệ đo sâu hồi âm: cung cấp độ sâu địa hình dưới nước các khu vực rừng ngập mặn, sông... trên cơ sở đồng bộ định vị vị trí điểm theo RTK-GNSS. Thuyền đo được thiết kế tuyến đo theo các luồng lạch, và mật độ đường đo đảm bảo độ chính xác của bản đồ địa hình.

Sản phẩm của 3 công nghệ này cung cấp cho công tác biên tập, nội suy đồng mức địa hình, biên tập ký hiệu, dựng khung bản đồ, bảng chấp... để hoàn thành toàn bộ khối lượng nhiệm vụ thành lập bản đồ địa hình của khu đo.

3. Thực nghiệm

Vùng thực nghiệm quy trình kết hợp công nghệ đo UAV, RTK, SES để thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000, đồng mức 1m thuộc khu rừng ngập mặn ven biển huyện Kim Sơn, phía cực nam của tỉnh Ninh Bình, được thực hiện ở phần đất bãi ngang từ đê Bình Minh 2 sang đê Bình Minh 3 (hiện trạng) đến phần quai đê lần biển đến đê Bình Minh 4 (dự kiến), trên địa bàn xã Kim Đông, Kim Trung, Kim Hải và các xã dự kiến sẽ thành lập mới ở khu vực bãi ngang. Trung tâm của khu đo dự án nằm ở 19°55'58"N độ vĩ Bắc, 106°03'43"E độ kinh Đông.

Phía Đông giáp huyện Nghĩa Hưng, tỉnh Nam Định qua sông Đáy.

Phía Tây giáp sông Càn, huyện Nga Sơn, tỉnh Thanh Hóa.

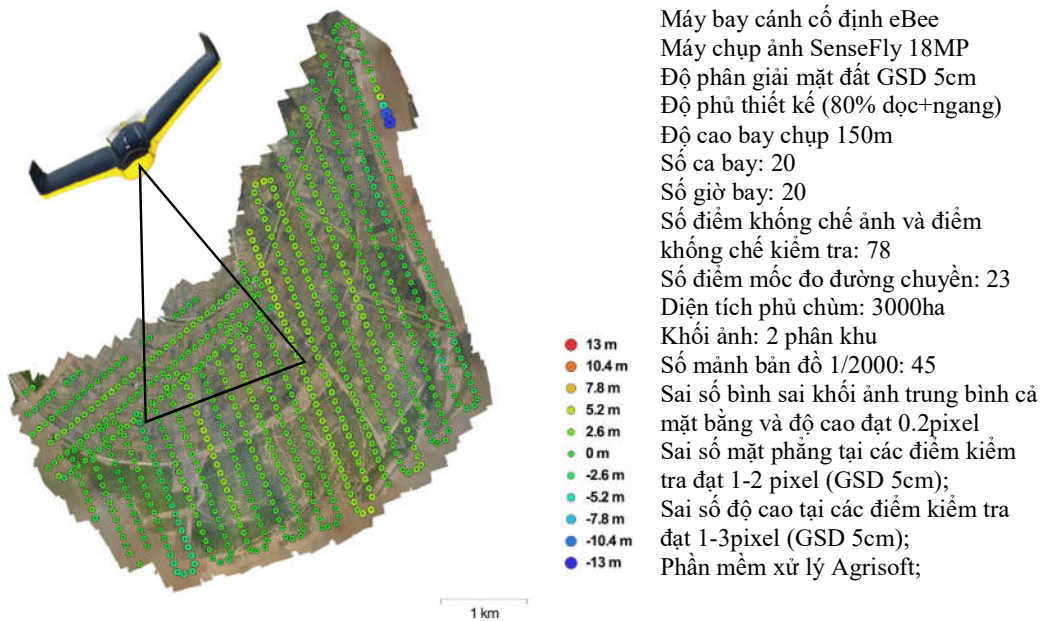
Phía Bắc giáp các xã Kim Hải, Kim Trung, Kim Đông.

Phía Nam giáp vịnh Bắc Bộ, Biển Đông với chiều dài bờ biển khoảng 15km.



Hình 3. Khu vực thực nghiệm (ảnh Google, 2017)

Vùng dự án có địa hình bằng phẳng, cao trình trung bình thấp sát mặt biển, khu đo chủ yếu là khu vực nuôi trồng thủy sản, có vùng ương cây ngập mặn và rừng cây ngập mặn ven biển. Vùng trung tâm khu đo nằm giữa đê Bình Minh 2 và đê Bình Minh 3 rộng khoảng 1530ha, đường xá giao thông thuận tiện với mặt đê bê tông 5-7m, các đường ngang dân sinh bê tông và đá cấp phối, có các lạch sông tiêu từ đồng ra biển, có bến xe Kim Đông ở phía Bắc. Vùng quai đê lấn biển phía Đông Nam từ đê Bình Minh 3 ra đến sông Đáy rộng khoảng 300 ha cũng chủ yếu nuôi trồng thủy sản và đang diễn ra san lấp xây dựng mặt bằng. Vùng phía Nam và tây Nam từ đê Bình Minh 3 ra biển và giáp cửa sông Càn chủ yếu là rừng cây ngập mặn ven biển, rộng khoảng 500 ha. Ngoài ra khu dự án còn mở rộng dự kiến đến đê Bình Minh 4 trong tương lai rộng khoảng 500 ha. Như vậy khu đo có tổng diện tích khoảng 2830ha, trong đó phần đo bằng công nghệ ảnh UAV phối hợp với RTK khoảng 1830 ha, phần đo sâu SES trên biển rộng khoảng 1000 ha.



Hình 4. Các thông số chính của công nghệ đo ảnh UAV khu thực nghiệm

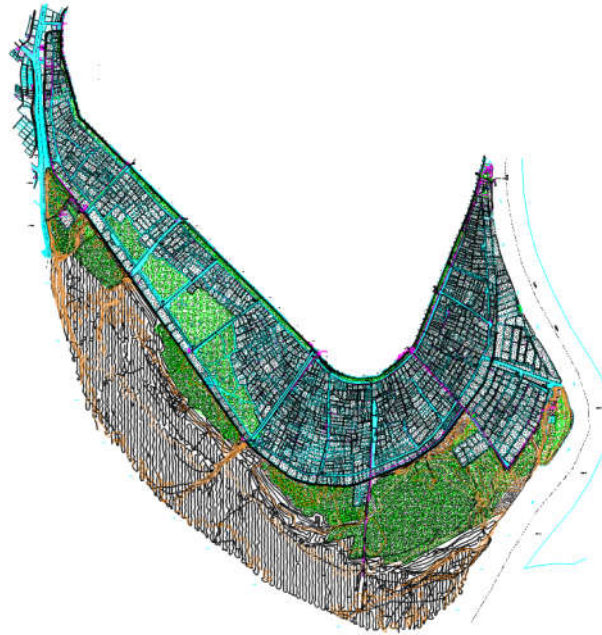
Công nghệ đo RTK-GNSS khu thực nghiệm được tiến hành nhằm đồng bộ tọa độ, độ cao các điểm khống chế ảnh, đo bổ sung địa hình (đáy ao, địa vật nhỏ, thông số cầu, cống...), đồng bộ định vị cho kết quả đo sâu. Quá trình đo RTK-GNSS sử dụng 3 tổ đo dùng máy đo của các hãng Comnav, Kolida, SQ-GNSS, khi đo đều kiểm tra mốc trước, trong, và sau một ngày đo, kết quả đều cho độ chính xác tốt từ 3-5cm.



Hình 5. Công tác đo RTK-GNSS khống chế ảnh và đo bổ sung địa hình

Công nghệ đo sâu hồi âm vùng cửa sông, cửa biển, rừng ngập mặn diễn ra trên thuyền đo với máy đo sâu đơn tia ODOM Hydrotrac có định vị RTK GPS, mật độ đường đo đạt 20m-40m/điểm đường. Việc định vị RTK cho từng điểm đo giúp cho công tác tính toán giá trị điểm đo cả về mặt bằng và độ cao đạt độ chính xác cao, mà không phụ thuộc vào sự lên xuống rất nhanh thủy triều ở khu vực cửa biển. Hạn chế tối thiểu sự ảnh hưởng của gió, sóng biển, sự đập dềnh của thuyền đo.

Sau khi xử lý dữ liệu, các sản phẩm của 3 công nghệ được tập hợp thành một khối thống nhất, biên tập đúng theo ký hiệu bản đồ, phân mảnh, đánh ký hiệu mảnh, sơ đồ bảng chấp trên nền đồ họa AutoCad để phục vụ công tác thiết kế quy hoạch, lưu trữ và in ấn. Sản phẩm đáp ứng tốt về độ chính xác, thời gian, tiến độ, năng suất.



Hình 6. Bản đồ địa hình toàn bộ khu thực nghiệm rừng ngập mặn ven biển Kim Sơn, Ninh Bình

4. Kết luận

Sự kết hợp 3 công nghệ: công nghệ đo ảnh UAV, công nghệ đo RTK-GNSS, công nghệ đo sâu hồi âm SES trong thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ lớn khu vực rừng ngập mặn ven biển đáp ứng tốt yêu cầu về chất lượng, tiến độ và năng suất khi tận dụng ưu thế của mỗi công nghệ này. Công nghệ đo ảnh UAV cung cấp bình đồ ảnh phục vụ số hóa địa vật, công nghệ RTK-GNSS phục vụ đo khống chế ảnh, đo bổ sung địa hình, định vị điểm đo sâu, công nghệ đo sâu hồi âm SES cung cấp trị đo dưới nước trong vùng rừng ngập mặn, sông, kênh ven biển.

Công tác triển khai trên thực địa cần có sự hiệp đồng chặt chẽ trong quy trình công nghệ, đặc biệt công nghệ đo RTK-GNNS là sự kết nối, đồng bộ thống nhất hệ tọa độ độ cao cho công nghệ đo ảnh UAV và công nghệ đo sâu SES.

Việc ước tính độ phân giải mặt đất khi thiết kế bay chụp ảnh UAV cần xác định rõ theo tiêu chí độ chính xác bản đồ cần đạt, việc đo bổ sung RTK cũng cần căn cứ vào yêu cầu độ chính xác độ cao các đối tượng mà công nghệ đo ảnh khó đo vẽ chính xác. Công nghệ đo sâu cũng cần thiết kế các đường đo sâu đảm bảo mật độ phù hợp với tỷ lệ bản đồ cần thành lập (1-2cm trên tỷ lệ bản đồ phải có 1 đường đo sâu).

Công tác biên tập bản đồ cần chuẩn hóa các sản phẩm đo vẽ từ 3 công nghệ đã sử dụng sao cho đảm bảo đúng quy định của quy phạm về trình bày bản đồ.

Tài liệu tham khảo

DroneDeploy, 2017 *DroneBuyer's Guide*

Eric Gakstatter, 2014, *Centimeter-Level RTK Accuracy More and More Available for Less and Less*, GPS-World.

Pix4D, 2018, *Pix4Dmapper 4.1 user manual*, Switzerland;

Phạm Văn Quang, 2014, *Nghiên cứu máy đo sâu đa tia và khả năng ứng dụng trong công tác khảo sát các công trình ở Việt Nam*, Tạp chí KHCN Xây dựng số 3/2014, trang 47-52.

Quyết định số 17/2005/QĐ-BTNMT ngày 21/12/2005 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/2000 và 1/5000 bằng công nghệ ảnh số.

Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10336:2015, Khảo sát độ sâu trong lĩnh vực hàng hải – Yêu cầu kỹ thuật.

<https://waypoint.sensefly.com/buy-fixed-wing-drone-or-rotary/> (29/9/2018)

<https://blog.dronedeploy.com/accuracy-in-drone-mapping-what-you-need-to-know-10322d8512bb> (29/9/2018)

<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202558889-Accuracy-of-Pix4D-outputs> (29/9/2018)

<https://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/real-time-kinematic-rtk/> (29/9/2018)

<http://www.ia-drone.com/drone-captur/> (29/9/2018)

<http://what-when-how.com/gps/gps-positioning-modes-part-2/> (29/9/2018)

<https://coastal.er.usgs.gov/capabilities/shipboard/sonar/bathysonar.html> (2016)

ABSTRACT

Using UAV Technology Integrating RTK and SES for Topographic Mapping of the Mangroves Forest Areas

Tran Trung Anh¹, Duong The Anh², Pham Viet Kien², Le Nhu Ngoc²

¹ *Hanoi University of Mining and Geology*

² *Vietnam Maritime safety – North*

This paper presents a combination of three technologies, UAV photogrammetry, Real Time Kinematic GNSS, and Survey Echo Sounder (SES), for topographic mapping at coastal areas of mangrove forests. This is because the topographic mapping requires combinations of several technologies. UAV is used to derive digital images, which are then processed further to obtain surface objects and generate DSM. Whereas, Real Time Kinematic GNSS is used to determine coordinations of control points and special features i.e. culverts and shallow water topography with high accuracy and SES is used to measure depths of seafloor topography. The paper also proposes a technological flow which integrates advantages of the three technologies for topographic mapping at coastal areas of mangrove forests. Experiment was conducted for the Kim Son area, Ninh Binh province, Vietnam.

Keywords: Photogrammetry, UAV, RTK, GNSS, SES, mangroves forest, topographic maps.