

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ BAY KHÔNG NGƯỜI LÁI ĐỂ QUẢN LÝ RỪNG NGẬP MẶN, NGHIÊN CỨU CỤ THỂ TẠI VƯỜN QUỐC GIA XUÂN THỦY, NAM ĐỊNH

Phạm Tiến Dũng¹, Nguyễn Huy Hoàng¹, Trần Thị Mai Sen², Nguyễn Thị Xuân Thắng³

Tóm tắt: Bài báo này sẽ trình bày nghiên cứu áp dụng công nghệ bay không người lái (UAV) tại Vườn Quốc Gia Xuân Thủy, Nam Định để đánh giá khả năng áp dụng công nghệ mới này trong quản lý lớp phủ thảm thực vật rừng ngập mặn. Dữ liệu UAV được thu thập vào đợt bay các tháng 3/2018 và 3/2019, tập trung vào khu vực rừng tự nhiên gần chòi canh, ven cửa sông và rừng trồng Bãi Trong. Phần mềm mã nguồn mở OpenDroneMap được sử dụng để xử lý hình ảnh UAV. Kết quả cho thấy rừng tự nhiên sinh trưởng tốt trong khi rừng trồng tại Bãi Trong (chủ yếu là rừng Trảng) có hiện tượng suy giảm chất lượng. Đường bay với chiều cao bay, khoảng cách giữa hai tuyến bay, thời gian chụp ảnh hưởng lớn đến mức độ thành công của quá trình xử lý hình ảnh cây rừng. UAV thực sự là công cụ hỗ trợ hiệu quả cho người quản lý, giúp đánh giá nhanh, kịp thời chất lượng RNM, đặc biệt tại các khu vực xa xôi, biệt lập, khó tiếp cận so với phương pháp truyền thống.

Từ khóa: Thiết bị bay không người lái (Unmanned Aerial Vehicle- UAV), Rừng ngập mặn (RNM), Vườn Quốc Gia Xuân Thủy (VQGXT).

1. GIỚI THIỆU

1.1. Tổng quan

Rừng ngập mặn (RNM) là một trong những nơi dự trữ carbon giàu nhất tại vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới (Ha et al., 2017), là một thành phần thiết yếu bảo vệ vùng bờ biển (Dahdouh-Guebas et al., 2005), duy trì đa dạng sinh học, là nguồn gỗ, cung cấp sinh kế cho người dân địa phương và gìn giữ các giá trị văn hóa (Walters et al., 2008). Giám sát và quản lý rừng là công tác rất quan trọng để sử dụng, bảo tồn hiệu quả và bền vững tài nguyên RNM. Tuy nhiên, RNM thường nằm ở vùng xa xôi và khó tiếp cận do ảnh hưởng của thủy triều, bùn và mạng rễ dày đặc nên công tác giám sát và quản lý rừng thường mất nhiều thời gian và tốn kém kinh phí.

Gần đây, với việc sử dụng dữ liệu viễn thám trong giám sát và quản lý rừng đã có thể khắc phục được một số hạn chế của các phương pháp điều tra mặt đất truyền thống với các ưu điểm về giá thành, mức độ cập nhật, giảm thiểu sức lao

động và khả năng tiếp cận được những khu vực khó khăn (Masek et al., 2015). Đặc biệt trong thập kỷ qua, việc sử dụng công nghệ thiết bị bay không người lái (UAV) trong nghiên cứu tài nguyên rừng đã trở nên phổ biến hơn trên thế giới do dữ liệu độ phân giải cao có thể được thu thập linh hoạt trong thời gian ngắn với giá thành tương đối thấp (Anderson và Gaston, 2013; Rafael và Colin, 2019). Sử dụng dữ liệu UAV trong quản lý rừng gồm nhiều ứng dụng như: Lập bản đồ lớp phủ thảm thực vật (TTV), kế hoạch quản lý rừng, giám sát suy thoái rừng, phân bố, xác định các loài thực vật, chiều cao cây, sinh khối và cấu trúc tán (Dandois và Ellis, 2013; Jaskierniak et al., 2016; Messinger et al., 2016; Zhang et al., 2016). UAV có khả năng cung cấp thông tin không gian rộng lớn và nhanh chóng về các thuộc tính sinh học của rừng so với phương pháp khảo sát truyền thống (Dandois và Ellis, 2013; Messinger et al., 2016) và có thể sử dụng hỗ trợ cho các kỹ thuật kiểm kê rừng truyền thống (Zhang et al., 2016). Đã có một số nghiên cứu sử dụng UAV cho hệ sinh thái (HST) ven biển (Mancini et al., 2013; Wang

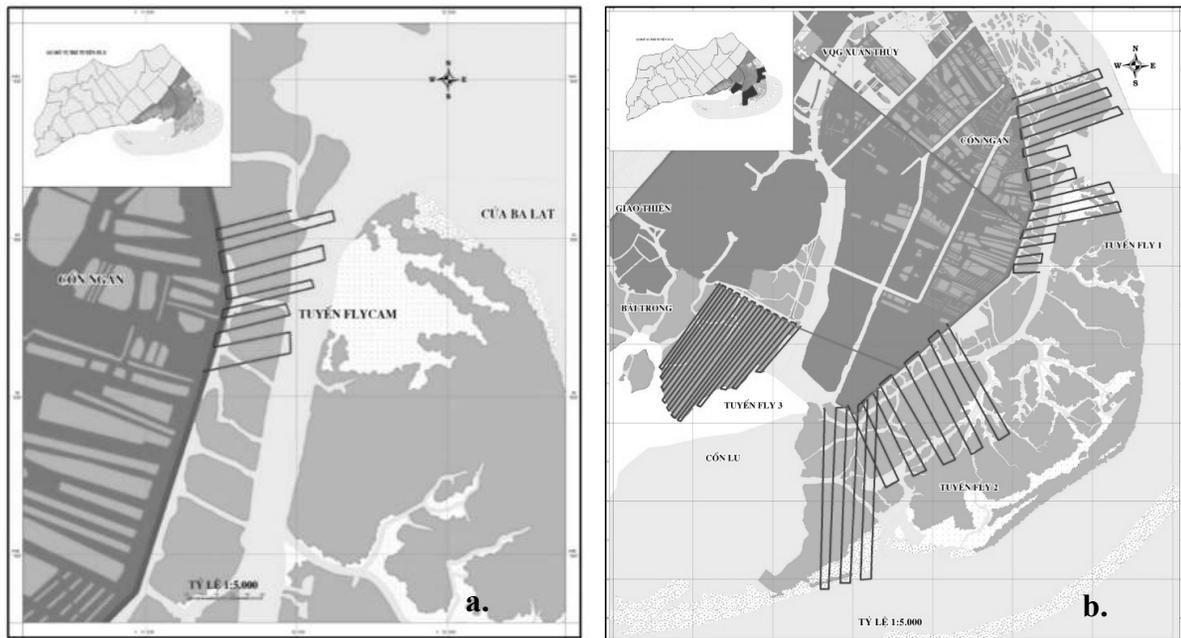
¹ Viện Nghiên cứu Lâm sinh

² Trường Đại học Lâm nghiệp Việt Nam

³ Khoa Hóa và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi

thước 1/2,3" và có thể chụp ảnh tĩnh 12,4megapixel ở định dạng JPEG hoặc DNG raw. Kích cỡ của cảm biến chụp là 6,30 x 4,72mm. Thời gian bay tối đa là 23 phút cho một lần bay,

với khoảng cách bay là 5km (Dji, 2016). Đường bay được thiết lập theo hình chữ Z để bao phủ được đầy đủ diện tích RNM tại khu vực nghiên cứu (xem Hình 2).



Hình 2. Đường bay chụp (tuyến màu đỏ) tại Vườn Quốc gia Xuân Thủy:
a. Tháng 3 năm 2018; b. Tháng 3 năm 2019

Thời gian lựa chọn để thu thập dữ liệu UAV là thời điểm thủy triều xuống thấp nhất, trời nắng, gió nhẹ vào các tháng 3 năm 2018 và 2019. Quy trình bay chụp và thu thập dữ liệu UAV được thực hiện như sau:

- Khảo sát hiện trường, xác định khu vực nghiên cứu ngoài thực địa và trên ảnh vệ tinh Google Earth.
- Xây dựng kế hoạch, đường bay chi tiết cho từng khu vực, như: chiều cao bay, khoảng

cách ảnh, thời gian chụp, hướng bay (xem Bảng 1).

- Cài đặt các thông số máy trước mỗi lần bay theo kế hoạch bay đã xác định.
- Bay chụp và thu thập dữ liệu ảnh.
- Xác định các điểm khống chế cần định vị trên thực địa.
- Kiểm tra dữ liệu ảnh thu thập sau mỗi lần bay, bảo đảm không bị mất hay sai lệch thông tin (như: đường bay, số hiệu ảnh...).

Bảng 1. Đường bay chụp để thu thập dữ liệu UAV tại Vườn Quốc gia Xuân Thủy

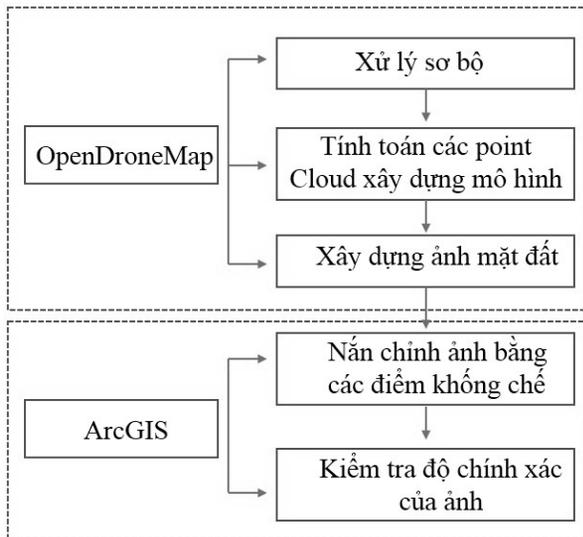
TT	Khu vực	Thời gian	Chiều cao bay (m)	Khoảng cách ảnh (m)	Thời gian chụp (s/ảnh)	Số lượng (ảnh)	Diện tích bay chụp (ha)
1	Rừng tự nhiên (gần Chòi canh)	3/2018	50	50	5	393	30
		3/2019	100	120	7	419	250
2	Rừng tự nhiên (ven cửa sông)	3/2019	100	120	7	398	250
3	Rừng trồng (Bãi Trống)	3/2019	100	60	7	465	150

2.3. Xử lý dữ liệu

Dữ liệu UAV được xử lý trên phần mềm mã nguồn mở OpenDroneMap (ODM) (tham khảo phần mềm OpenDroneMap tại link: <https://www.opendronemap.org>).

Hình ảnh sau khi được xử lý sẽ được nắn chỉnh tọa độ và kiểm tra độ chính xác trên phần mềm ArcGIS version 10.4.

Các bước xử lý dữ liệu UAV trên phần mềm ODM và GIS được thể hiện tại *Hình 3*.



Hình 3. Sơ đồ các bước xử lý dữ liệu UAV trên phần mềm ODM và GIS

Độ chính xác của kết quả xử lý dữ liệu ảnh phụ thuộc chất lượng ảnh đầu vào, mức độ chùng phủ của các ảnh bay chụp. Tỷ lệ chùng phủ ảnh được tự động tính toán trong phần mềm ODM.

2.4. Mô hình phân tích SWOT

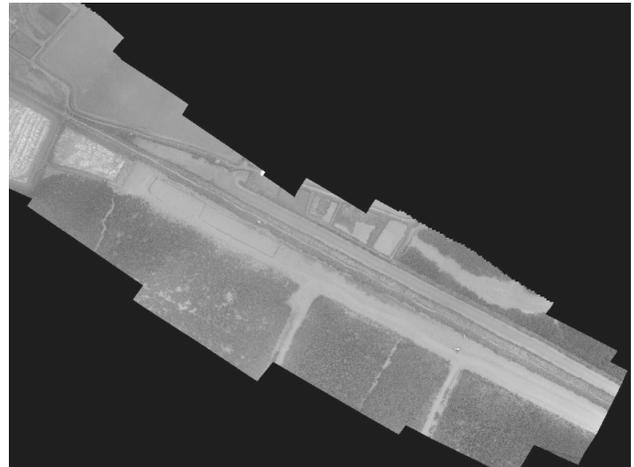
Mô hình phân tích SWOT được sử dụng để phân tích điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức đối với việc sử dụng UAV trong công tác quản lý RNM.

Mô hình SWOT do Albert Humphrey và cộng sự phát triển vào những năm 1960 - 1970 tại Mỹ. Mô hình có tên gọi ban đầu là SOFT (Satisfactory - thỏa mãn, cơ hội, Fault - lỗi và thách thức). Tuy nhiên, đến năm 1964, mô hình được giới thiệu tại Thụy Sĩ, Strengths - điểm mạnh và Fault - lỗi được đổi thành Weakness - điểm yếu và SWOT ra đời. Năm 1973, SWOT thực sự được phát triển và hoàn thiện vào đầu năm 2004.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hình ảnh lớp phủ thảm thực vật RNM xử lý từ dữ liệu UAV

Rừng tự nhiên gần chòi canh vào tháng 3/2018 đã được lựa chọn để bay chụp, với chiều cao bay 50m, khoảng cách giữa hai tuyến bay là 50m, thời gian chụp 5s/ảnh, mỗi bức ảnh UAV thu được có diện tích 50 x 37,5m (xem *Bảng 1*). Tuy nhiên, do tỷ lệ chùng phủ ảnh rất thấp ($\approx 10\%$), hình ảnh lớp phủ TTV RNM tại khu vực này chưa được tạo lập.



Hình 4. Hình ảnh rừng trồng tại Bãi Trong được tạo lập từ chùng phủ ảnh UAV

Do vậy, vào tháng 3/2019, nhằm tăng tỷ lệ chùng phủ ảnh để tạo lập được lớp phủ TTV RNM, hai (02) khu vực khác gồm rừng tự nhiên ven cửa sông và rừng trồng tại Bãi Trong đã được lựa chọn để áp dụng công nghệ UAV, với chiều cao bay là 100m, khoảng cách giữa hai tuyến bay 120m, thời gian chụp 7s/ảnh, diện tích mỗi bức ảnh UAV thu được 140 x 105m. Tuy nhiên, tỷ lệ chùng phủ ảnh đã tăng nhưng không cao ($\approx 20\%$).

Riêng đối với khu vực rừng trồng tại Bãi Trong, khi điều chỉnh khoảng cách giữa hai tuyến bay xuống 60m, tỷ lệ chùng phủ ảnh đã đạt 70%. Lớp phủ TTV RNM ở khu vực này đã được tạo lập sau quá trình xử lý hình ảnh UAV (xem *Hình 4*).

Như vậy, chiều cao bay, thời gian chụp và đặc biệt là khoảng cách giữa hai tuyến bay có ảnh hưởng quyết định đến thành công của quá trình xử lý hình ảnh lớp phủ TTV RNM bằng phần mềm ODM.

Hơn nữa, hình ảnh khu vực rừng trồng tại Bãi

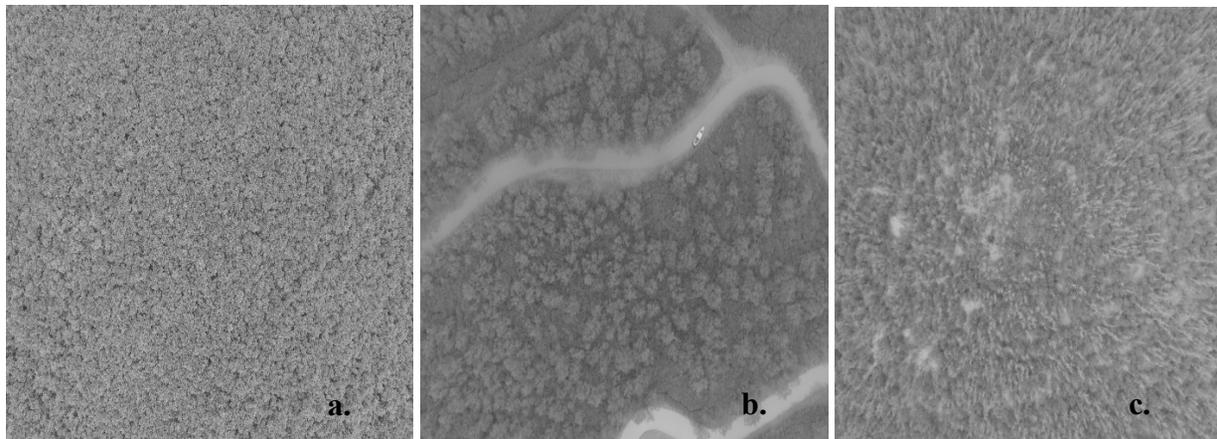
Trong có chất lượng tốt, độ phân giải cao, có thể phân biệt được các loài cây khác nhau trong khu vực (xem Hình 4 và 5). Đây là nguồn dữ liệu rất tốt để giải đoán, xây dựng và cập nhật bản đồ lớp phủ TTV RNM.

3.2. Các điểm suy giảm về sinh trưởng và chất lượng rừng

Mặc dù dữ liệu tại một số khu vực bay có tỷ lệ chùm phủ chưa cao để tạo lập đầy đủ lớp phủ

TTV, song những bức ảnh chụp từ UAV này (kèm tọa độ) đã giúp nhà quản lý có cái nhìn trực quan, nhanh chóng về khu vực, kịp thời đưa ra các giải pháp quản lý RNM thích hợp (xem Hình 5).

Hình ảnh bay chụp và xử lý từ dữ liệu UAV đã bao quát được khu vực nghiên cứu, giúp phát hiện sớm các điểm suy giảm về sinh trưởng và chất lượng rừng, đặc biệt tại những nơi khó tiếp cận bằng khảo sát truyền thống.



Hình 5. Ảnh chụp UAV tại Vườn Quốc gia Xuân Thủy: a. Rừng tự nhiên gần Chòi canh chụp tháng 3/2018 (X: 20.247735; Y: 106.571084); b. Rừng tự nhiên ven cửa sông chụp tháng 3/2019 (X: 20.223124; Y: 106.545162); c. Rừng trồng, chủ yếu là cây Trang tại Bãi Trong chụp tháng 3/2019 (X: 20.233260; Y: 106.535813)

Kết quả chụp UAV cho thấy cây rừng tự nhiên tại khu vực gần chòi canh và cửa sông sinh trưởng tốt. Cụ thể, tại Hình 5b có thể quan sát rõ những cây Bần chua ở tầng tán trên phát triển tốt cùng với lớp cây tầng tán dưới (như Trang, Sú); với độ tàn che đạt 0,9 (xử lý thông qua phần mềm Gap Light Analysis). Ngược lại, qua phân tích các ảnh chụp khu vực rừng trồng tại Bãi trong cho thấy cây rừng ở đây (chủ yếu là cây Trang) sinh trưởng và chất lượng kém (xem Hình 4 và 5c). Các ngọn Trang đã bị khô héo, chuyển sang màu trắng. Diện tích cây

rừng sinh trưởng kém, bao trùm gần như toàn bộ khu vực Bãi Trong, với độ tàn che dưới 0,5.

Kết quả này đã khẳng định thêm suy thoái TTV rừng tại khu vực Bãi Trong qua nghiên cứu tương tự của Trần Thị Mai Sen và cs (2019) bằng ảnh vệ tinh đa thời gian. Điều này cho thấy, nếu xác định được chế độ bay phù hợp, công cụ UAV hoàn toàn có thể tạo lập và đánh giá chính xác lớp phủ TTV RNM.

3.3. Điểm mạnh và hạn chế của UAV

Kết quả phân tích SWOT được trình bày cụ thể tại Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả mô hình phân tích SWOT trong ứng dụng UAV

Điểm mạnh (Strengths)	Điểm yếu (Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> • Dễ dàng tiếp cận các khu vực khó khăn, nguy hiểm như các bãi bùn hay khu vực có mạng rễ cây dày đặc • Chi phí rẻ hơn so với công tác điều tra, khảo sát truyền thống. • Độ phân giải hình ảnh cao, chất lượng hình ảnh tốt hơn ảnh vệ tinh. 	<ul style="list-style-type: none"> • Chịu ảnh hưởng bởi thời tiết; Hạn chế tầm nhìn khi có gió mạnh, mưa, sương mù... • Kế hoạch bay, thiết kế tuyến bay và phần xử lý nội nghiệp tương đối phức tạp, mất khá nhiều thời gian, công sức nên cần

Điểm mạnh (Strengths)	Điểm yếu (Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> • Thời gian xử lý nhanh hơn so với phương pháp điều tra truyền thống (bao gồm cả thời gian bay chụp và thời gian xử lý ảnh) • Ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau để quản lý TTV như thành lập bản đồ hiện trạng, theo dõi sinh trưởng, chất lượng rừng. • Phạm vi quản lý và chụp ảnh rộng (đối với DJI Phantom 3 là 5km). 	<p>cán bộ kỹ thuật tác nghiệp có kinh nghiệm.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Thời gian bay thường ngắn (đối với Phantom 3 Professional thời gian bay tối đa là 23 phút, thời gian sạc 40 phút). • Công nghệ UAV hiện tại còn hạn chế trong các nghiên cứu chuyên sâu như: tái sinh, sâu bệnh của cây rừng.
Cơ hội (Opportunities)	Thách thức (Threats)
<ul style="list-style-type: none"> • Các nghiên cứu ứng dụng khoa học- công nghệ trong việc nâng cao hiệu quả của công tác quản lý tài nguyên rừng đang được quan tâm, đặc biệt trong bối cảnh Việt Nam đang theo đuổi cuộc cách mạng công nghệ 4.0. • Phát triển hệ thống UAV có thời gian bay lâu hơn, giá thành giảm, phát triển các máy đo phổ, máy chụp ảnh đa phổ, siêu phổ, máy quét lidar hoàn thiện hơn. • UAV được đánh giá là công nghệ mới, giúp giảm thiểu sức lao động, tăng hiệu quả làm việc. • Nhiều tổ chức về lâm nghiệp tại Việt Nam đã bắt đầu quan tâm và mong muốn ứng dụng UAV trong quản lý tài nguyên. • Có nhiều phần mềm xử lý ảnh UAV, bao gồm cả phần mềm mã nguồn mở và phần mềm thương mại. 	<ul style="list-style-type: none"> • Việc sử dụng UAV vào những việc không đúng mục đích có thể gây hại cho an ninh quốc gia. • Thủ tục xin phép điều tra, bay chụp bằng ảnh UAV còn chưa cụ thể. • Chưa có hướng dẫn quy trình bay UAV trong việc xây dựng, cập nhật bản đồ hiện trạng. • Cần phải có cán bộ kỹ thuật có kinh nghiệm trong việc điều khiển thiết bị bay và có khả năng xử lý ảnh.

Kết quả tại *Bảng 2* cho thấy, điểm mạnh và cơ hội trong ứng dụng dữ liệu UAV là lớn, như cho phép người quản lý đánh giá nhanh, kịp thời lớp phủ TTV RNM, theo dõi và giám sát được những khu vực khó tiếp cận. Kinh phí áp dụng UAV thấp hơn so với công tác điều tra, khảo sát truyền thống. Tuy nhiên, dữ liệu UAV cũng chịu ảnh hưởng bởi yếu tố thời tiết và hạn chế trong các nghiên cứu chuyên sâu như hiện tượng tái sinh, sâu bệnh của cây rừng.

3.4. Định hướng cho các chuyến bay và xử lý hình ảnh UAV phục vụ cho công tác quản lý

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, áp dụng UAV đã hỗ trợ hiệu quả trong công tác: *i)* xây dựng, cập nhật bản đồ lớp phủ TTV RNM và *ii)* theo dõi, giám sát sinh trưởng, chất lượng rừng. Việc khảo sát, lập kế hoạch tuyến, chiều cao, thời gian bay và khoảng cách giữa hai tuyến bay để xây dựng, cập nhật bản đồ hiện trạng là rất quan trọng. Đường bay chụp tại các khu vực rừng trồng thuộc VQGXT với chiều cao bay 100m, khoảng cách

giữa hai tuyến bay 60m, thời gian chụp 7s/ảnh cho tỷ lệ chòm phủ ảnh cao, tạo lập được bản đồ lớp phủ TTV RNM.

Đối với công tác theo dõi suy thoái rừng, cần xác định trước khu vực nghi vấn trên bản đồ và ảnh vệ tinh, sau đó lập kế hoạch bay và tiến hành bay chụp. Đặc biệt tại các khu vực khó tiếp cận như bãi lầy, mạng lưới cây rừng dày đặc..., việc áp dụng dữ liệu UAV để theo dõi suy thoái rừng là rất hiệu quả.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này đã đưa ra cơ sở lý luận và thực tiễn với việc áp dụng UAV trong công tác thu thập dữ liệu, xây dựng bản đồ lớp phủ TTV RNM; hỗ trợ giám sát các điểm suy giảm về sinh trưởng và chất lượng rừng tại khu vực nghiên cứu được lựa chọn.

UAV thực sự là công cụ hỗ trợ hiệu quả cho người quản lý, giúp đánh giá nhanh, kịp thời chất lượng RNM, đặc biệt tại các khu vực xa xôi, biệt lập, khó tiếp cận so với phương pháp truyền thống.

Kết quả nghiên cứu UAV, xử lý thông qua phần mềm mã nguồn mở ODM phụ thuộc khá lớn vào đường bay chụp như chiều cao bay, khoảng cách giữa hai tuyến bay, thời gian chụp.

Cần tiếp tục tiến hành các đợt bay UAV, với các đường bay thực nghiệm, đặc biệt tại các khu vực có hiện tượng suy giảm sinh trưởng và chất lượng cây rừng, như khu vực rừng trồng Bãi Trong, để có thể đưa ra bức tranh lớp phủ TTV rừng toàn diện, kịp thời đề xuất các giải pháp quản lý RNM thích hợp.

Kết quả nghiên cứu cũng là cơ sở dữ liệu khoa học quan trọng, phục vụ cho các nghiên cứu tương

tự áp dụng UAV trong thời gian tới.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn Ban Quản lý VQG Xuân Thủy đã cho phép chúng tôi thực hiện nghiên cứu áp dụng UAV. Nghiên cứu này là một phần kết quả từ đề tài có mã số NE/P014127/1: MOnitoring Mangrove ExteNT & Services: What is controlling Tipping Points? - tên tiếng Việt: Giám sát quy mô và các dịch vụ rừng ngập mặn (MOMENTS): Yếu tố kiểm soát điểm tới hạn? được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong khuôn khổ Chương trình hợp tác NAFOSTED-RCUK.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anderson, K., Gaston, K.J., 2013. *Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology*. Front. Ecol. Environ. 11 (3), 138. <http://dx.doi.org/10.1890/120150>.
- Dahdouh-Guebas, F., Jayatissa, L.P., Di Nitto, D., Bosire, J.O., Seen, D.L., Koedam, N., 2005. *How effective were mangroves as a defence against the recent tsunamis?* Current Biol. 15 (12), 443–447. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2005.06.008>.
- Dandois, J., Ellis, E.C., 2013. *High spatial resolution three-dimensional mapping of vegetation spectral dynamics using computer vision*. Remote Sens. Environ. 136, 259.
- Dji, Phantom 3 Professional Quick Start Guide V1.0. 2016.
- Ha, T.H., Marchand, C., Aime, J., Nhon, Dang Hoai, Hong, Phan Nguyen, Tung, Nguyen Xuan, Cuc, Nguyen Thi Kim, 2017. *Belowground carbon sequestration in a mature planted mangroves (Northern Viet Nam)*. Forest Ecology and Management.
- Jaskierniak, D., Kuczera, G., Benyon, R.G., Lucieer, A., 2016. *Estimating tree and stand sapwood area in spatially heterogeneous southeastern Australian forests*. J. Plant Ecol. 9 (3), 272.
- Mancini, F., Dubbini, M., Gattelli, M., Stecchi, F., Fabbri, S., Gabbianelli, G., 2013. *Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for high-resolution reconstruction of topography: the structure from motion approach on Coastal Environments*. Remote Sens. 5, 6880.
- Masek, J.G., Hayes, D.J., Hughes, M.J., Healey, S.P., Turner, D.P., 2015. *The role of re-mote sensing in process-scaling studies of managed forest ecosystems*. Forest Ecology and Management. 355, 109-123.
- Messinger, M., Gregory, P., Asner, G.P., Silman, M., 2016. *Rapid assessment of Amazon forest structure and biomass using small unmanned aerial systems*. Remote Sens. 8, 615.
- Otero, V., Kerchove, R.V.D., Satyanarayana, B., Martínez-Espinosa, C., Fisol, M.A.B., Ibrahim, M.R.B., Sulong, I., 2018. *Managing mangrove forests from the sky: Forest inventory using field data and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery in the Matang Mangrove Forest Reserve, peninsular Malaysia*, Forest Ecology and Management. 411 (2018) 35-45.
- Rafael C. Carvalho và Colin D. Woodroffe., 2019. *Morphological Exposure of Rocky Platforms: Filling the Hazard Gap Using UAVs*. Drones2019, 3, 42;. www.mdpi.com/journal/drones.
- Sen Tran Thi Mai, Cuc Nguyen Thi Kim, Lien Le Hong, Ha Tran Viet, Quynh Pham Thi, Van Nguyen Thanh Thuy, Dung Pham Tien (2019), *Current status of mangroves in the context of climate change in Xuan Thuy National park buffer zone, Nam Dinh Province, Vietnam*. Proceeding of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2019) Ha Noi, Vietnam.

- Walters, B.B., Rönnbäck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Primavera, J.H., Barbier, E., Dahdouh-Guebas, F., 2008. *Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forest: a review*. *Aquat. Bot.* 89, 220–236.
- Wang, A., Chen, J., Jing, C., Ye, G., Wu, J., Huang, Z., Zhou, C., 2015. *Monitoring the Invasion of Spartina alterniflora from 1993 to 2014 with Landsat TM and SPOT 6 Satellite Data in Yueqing Bay, China*.
- Zhang, J., Hud, J., Liane, J., Fan, Z., Ouyang, X., Ye, W., 2016. *Seeing the forest from drones: Testing the potential of lightweight drones as a tool for long-term forest monitoring*. *Biol. Conserv.* 198, 60.

Abstract:

APPLICATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE TO MANGROVE FOREST MANAGEMENT, A CASE STUDY IN XUAN THUY NATIONAL PARK, NAM DINH

This research article employed unmanned aerial vehicle (UAV) to map the mangrove cover management in Xuan Thuy National Park. UAV data was collected in March 2018 and 2019, focusing on buffer areas of the natural mangrove forests adjacent to the guarding, along the estuary and planted mangrove forests in Bai Trong. OpenDroneMap- as open source software- was used to mapping UAV images. Research results showed that selected areas of the natural mangrove forests that have grown healthy while the area of the planted mangrove forest in Bai Trong appeared to decrease quality, mainly occurred in Kandelia obovata. UAV routes, including height, distance between two Z turn-routes, shooting time that have remarkable influences on the success of the images mapping out of selected mangrove forests. Therefore, UAV is applied as an effective tool support for managers, helping to quickly and precisely assess mangrove cover, especially in remote, isolated and hard-to-access areas compared to conventional field study approach.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle- UAV, Mangrove forests, Xuan Thuy National Park.

Ngày nhận bài: 07/01/2020

Ngày chấp nhận đăng: 26/3/2020