



# ỨNG DỤNG THIẾT BỊ BAY CHỤP ẢNH KHÔNG NGƯỜI LÁI TRONG KHẢO SÁT, THIẾT KẾ ĐƯỜNG GIAO THÔNG

Hoàng Quốc Long<sup>1</sup>, Vũ Phan Long<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Bài báo giới thiệu tổng quan về sự phát triển của thiết bị bay không người lái (UAV) và đặc tính kỹ thuật của một số thiết bị bay không người lái thông dụng trong lĩnh vực đo đạc bản đồ. Ứng dụng cụ thể thiết bị bay không người lái SWINGLET CAM - Thụy Sĩ để chụp ảnh và xử lý số liệu, tự động tạo đám mây điểm 3D, mô hình số bề mặt địa hình, bình đồ ảnh trực giao, thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500, hỗ trợ công tác khảo sát, thiết kế đường giao thông.

**Từ khóa:** Thiết bị bay không người lái; thiết kế đường giao thông; khảo sát bề mặt; mô hình số bề mặt địa hình.

**Summary:** The article describes generally the development of unmanned arial vehicle (UAV) and specs of popular UAVs in the field of surveying and mapping. Using the Swinglelet - Cam UAV by Switzerland taking aerial photography, the processing of data, creating 3D Point clouds, digital surface model (DSM), TrueOrthophoto, to make a corridor topography map with large scale 1/500, aims to support surveying and designing traffic roads and power lines.

**Keywords:** Unmanned arial vehicle (UAV); designing traffic roads; support survey; digital surface model.

Nhận ngày 02/3/2015, chỉnh sửa ngày 23/3/2015, chấp nhận đăng 30/9/2015



## 1. Đặt vấn đề

Trong thiết kế đường ô tô việc xây dựng bản đồ địa hình từ công tác khảo sát tuyến là vô cùng quan trọng, nó bảo đảm cho việc thiết kế đường ô tô được tối ưu. Thực tế sản xuất hiện nay tại Việt Nam chủ yếu sử dụng các thiết bị đo đạc phổ thông như máy GPS, toàn đạc điện tử, máy kinh vĩ, thủy chuẩn độ cao. Do vậy, việc khảo sát, lập bản đồ địa hình tuyến đường ô tô mất nhiều công sức và thời gian, đặc biệt với những khu vực địa hình núi cao, rừng rậm. Với đặc điểm của các tuyến đường thường dài hàng chục km và hẹp, tính từ tìm đường sang mỗi bên chỉ khoảng 50m đến 200m, việc sử dụng máy bay có người lái truyền thống trong trường hợp này là gần như không thể vì giá thành rất cao và khó đảm bảo độ chính xác.

Với sự phát triển mạnh mẽ của thiết bị bay không người lái trong những năm gần đây, việc ứng dụng chúng trong lĩnh vực trắc địa bản đồ đã được mở ra. Đã có nhiều công trình nghiên cứu trong và ngoài nước, những đồ án tốt nghiệp đại học, luận án tiến sĩ chứng minh độ chính xác và hiệu quả của việc ứng dụng UAV. Qua thực tế sử dụng thiết bị bay chụp ảnh không người lái Swinglelet CAM - Thụy Sĩ ở một số dự án tại Việt Nam như bay chụp khu vực khai thác mỏ lộ thiên [3], hành lang tuyến đường dây điện cao thế [4], thành lập bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500, cho thấy những ưu điểm nổi bật của nó như chi phí thấp, quy trình bay chụp, xử lý ảnh nhanh, chính xác cao và dễ dàng tạo dữ liệu 3D. Điều này đặc biệt thích hợp với những dự án thành lập bản đồ khu vực nhỏ, hẹp như tuyến đường ô tô, đường sắt...



## 2. Tổng quan về sự phát triển máy bay không người lái dùng trong trắc địa - bản đồ

Năm 1916, nhà thiết kế người Anh, Archibald Montgomery Low chế tạo chiếc máy bay không người lái đầu tiên và Bộ Quốc phòng Anh sử dụng làm các mục tiêu tập bắn di động cho lực lượng phòng không. Thành tựu tiếp theo của phát kiến máy bay không người lái là đã chế tạo các máy bay mang được các quả

<sup>1</sup>TS, Học viện Kỹ thuật Quân sự. E-mail: hoanglongcse@gmail.com.

<sup>2</sup>ThS, Cục Bản đồ - Bộ Tổng Tham mưu.

bom nặng 450 kg bay xa được 100 km. Máy bay không người lái đã tham gia hai cuộc chiến tranh thế giới thứ nhất và thứ hai. Tuy vậy, các phương tiện này không đóng vai trò gì đáng kể trong hai cuộc đại chiến này. Cho mãi đến cuộc chiến tranh Việt Nam, Mỹ đã sử dụng 3.500 các loại máy bay không người lái (UAV) cho nhiều mục đích khác nhau, nhiều nhất là cho mục đích do thám. Có thể nói cuộc chiến tranh Việt Nam là khởi nguồn cho kỷ nguyên kỹ thuật không người lái phát triển. Sau chiến tranh lạnh, UAV bắt đầu được ứng dụng trong dân sự, các thể hệ UAV mô hình nhỏ nhẹ ra đời ứng dụng trong nhiều lĩnh vực trong đó có lĩnh vực trắc địa - bản đồ. Các loại máy ảnh được thiết kế chế tạo lắp trên các UAV để tiến hành chụp ảnh địa hình. Ứng dụng UAV bay chụp ảnh địa hình có nhiều ưu điểm nổi trội so với các phương pháp đo vẽ ảnh hàng không truyền thống, trong đó phải kể đến đầu tiên là kinh phí thấp. Peter Johson ở trường Đại học Columbia đã chứng minh rằng: giá chụp ảnh 1 km<sup>2</sup> không vượt quá 5 đô la Mỹ (USD). UAV chuyên dụng được thiết kế gọn nhẹ khả năng thích ứng với mọi điều kiện đo đạc. Có nhiều phương tiện bay chụp UAV chỉ cần khởi bay bằng tay hoặc bằng các dụng cụ khởi bay đơn giản. Chỉ ít phút sau khi hạ cánh UAV có thể cung cấp dữ liệu cho người dùng. Các hãng sản xuất UAV với các thiết bị chụp ảnh luôn hướng tới sự đơn giản trong thao tác. Đã thực nghiệm thấy rằng: chỉ cần hướng dẫn trong một tiếng đồng hồ, các kỹ thuật viên đã có thể sử dụng UAV [2].

Theo Hội Viễn thám thế giới (ISPRS), UAV là tương lai phát triển của viễn thám và đo ảnh. Hội Viễn thám thế giới đã thành lập một tổ chuyên môn phụ trách nghiên cứu và phát triển UAV. Các hãng sản xuất các thiết bị địa tin học máy chụp ảnh số, máy thu GNSS, máy quét laser... cùng tham gia trong các tổ chuyên môn tư vấn này. Mục tiêu phấn đấu là hướng tới các thiết bị UAV gọn nhẹ với các thiết bị chụp ảnh thành lập bản đồ địa hình chính xác, giảm thời gian và công sức trong các nội dung trắc địa - bản đồ nói riêng là công cụ hiệu quả trong công tác giám sát các thành phần môi trường mô nói chung. Bảng 1 dưới đây giới thiệu một số thiết bị UAV mới nhất với các thông số kỹ thuật cơ bản [2].

**Bảng 1. Một số thiết bị UAV**

| Loại UAV                     | Md4 - 1000<br> | Pteryx<br> | Swinglet - CAM<br> | X100<br> |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hãng sản xuất                | Microdrones (Đức)                                                                                | Trigger Composites (Ba Lan)                                                                  | Sensfly (Thụy sỹ)                                                                                     | Trimble Gatewing (Mỹ)                                                                        |
| Năm sản xuất                 | 2010                                                                                             | 2010                                                                                         | 2009                                                                                                  | 2009                                                                                         |
| Trọng lượng [kg]             | 2,65                                                                                             | 5,0                                                                                          | 0,5                                                                                                   | 1,9                                                                                          |
| Chiều dài [m]                | 1,0                                                                                              | 1,5                                                                                          | 0,5                                                                                                   | 6,0                                                                                          |
| Sải cánh [m]                 | 1,0                                                                                              | 2,4                                                                                          | 0,8                                                                                                   | 1,0                                                                                          |
| Phạm vi [km]                 | 1,0                                                                                              | 100                                                                                          | 10                                                                                                    | 5-10                                                                                         |
| Thời gian bay tối đa (phút)  | 70                                                                                               | 120                                                                                          | 30                                                                                                    | 45                                                                                           |
| Tốc độ tối thiểu [km/h]      | 0                                                                                                | 37                                                                                           | -                                                                                                     | 60                                                                                           |
| Tốc độ tối đa [km/h]         | 54                                                                                               | 70                                                                                           | 36                                                                                                    | 130                                                                                          |
| Máy chụp ảnh số              | Pentax Optio A40 (12 Mpx)                                                                        | Máy ảnh số và NIR                                                                            | Máy ảnh số 16MPx                                                                                      | Máy ảnh số 10 Mpx                                                                            |
| Tự động chụp ảnh             | x                                                                                                | x                                                                                            | x                                                                                                     | x                                                                                            |
| Khả năng chụp ảnh thẳng đứng | x                                                                                                | x                                                                                            | x                                                                                                     | x                                                                                            |

### 3. Giới thiệu thiết bị bay chụp ảnh không người lái Swinglet - CAM

#### 3.1 Những đặc tính cơ bản của hệ thống Swinglet - CAM

Swinglet - CAM là loại máy bay cánh bằng sử dụng 1 động cơ điện gắn phía sau, có chức năng hạ cánh khẩn cấp trong khoảng cách 50m rộng 40m. Sải cánh dài 80cm, nặng 0,5kg là thiết bị bay nhẹ nhất trên thị trường hiện nay, cũng đồng nghĩa với độ an toàn cao nhất. Có thể dễ dàng cất cánh bằng tay không cần

thiết bị nâng đỡ phụ trợ nào khác. Hệ thống pin Lithium Polymer nhẹ, có thể bay 30 phút cho mỗi lần cất cánh, với tốc độ 36km/h (10/s), chịu được sức gió 25km/h (7m/s). Tín hiệu điều khiển, truyền số liệu Radio tần số 2.4GHz lên tới khoảng cách 1km. Trong điều kiện mất tín hiệu Radio link cũng không có ảnh hưởng lớn, vì toàn bộ số liệu thu nhận trong quá trình bay được lưu trữ trên bộ nhớ của thiết bị bay và thẻ nhớ của máy ảnh [5]. Swinglet - CAM sử dụng máy ảnh nhỏ CanonIXUS 127HS, được hãng Sensefly đặt hàng để có thể xác định các yếu tố đo ảnh. Độ phân giải 16MP, tiêu cự 4.3mm, độ phân giải mặt đất có thể đạt đến 3cm ở độ cao bay khoảng 100m [5]. Các thiết bị chính của thiết bị bay được thể hiện trong Hình 1.



Hình 1. Các thiết bị chính của thiết bị bay Swinglet - CAM

### 3.2 Phần mềm lập kế hoạch bay và xử lý số liệu

- Phần mềm lập kế hoạch bay, cũng là phần mềm điều khiển trong quá trình bay chụp. Các tuyến bay tự động được tính toán khi có các thông số về khu đo như: phạm vi bay chụp, độ phân giải ảnh (chiều cao bay chụp), độ phủ ảnh. Có thể tự động xác định độ cao bay thay đổi theo bề mặt địa hình dựa trên dữ liệu độ cao SRTM 90m miễn phí trên mạng Internet hoặc dữ liệu độ cao được cung cấp bởi người dùng. Có thể mô phỏng quá trình bay chụp trước khi bay ngoài thực địa để kiểm tra tiến trình cất, hạ cánh. Trong quá trình bay chụp tự động vẫn có thể điều khiển thực hiện lệnh khẩn cấp như hạ cách hoặc quay về vị trí xuất phát.

- Phần mềm xử lý kết quả bay chụp Postflight Terra 3D dựa trên nguyên lý tăng dày chùm tia, tự động nhận dạng điểm ảnh cùng tên và liên kết khối, với sự đổi mới áp dụng độ phủ lớn từ 70% đến 90%. Phần mềm Postflight Terra 3D hoàn toàn tự động trong công tác tăng dày, nắn ảnh trực giao thực (TrueOrtho), tạo dữ liệu độ cao đám mây điểm (Point clouds) và mô hình số bề mặt (DSM).



## 4. Thử nghiệm bay chụp ảnh bằng UAV Swinglet - CAM

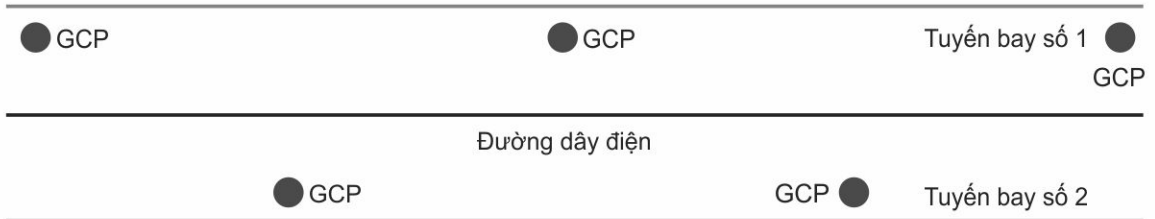
Quy trình bay chụp, xử lý ảnh của UAV được thể hiện trong sơ đồ dưới đây (Hình 2):



Hình 2. Quy trình bay chụp, xử lý ảnh của UAV

#### 4.1 Dự án khảo sát hiện trạng tuyến điện cao thế

Khu đo nằm dọc theo tuyến đường điện 35KV từ Hà Đông đến Sơn Tây - Hà Nội, dài khoảng 40 km, rộng 100m tính từ tâm đường điện về mỗi bên 50m. Lưới khống chế ảnh được thiết kế 40 điểm gồm 30 điểm khống chế và 10 điểm kiểm tra. Sơ đồ lưới được thiết kế so le về hai phía của đường dây điện, tại những góc ngoặt bổ sung 1 điểm khống chế nằm chính giữa tuyến dây điện (Hình 3). Sơ đồ bay được thiết kế gồm 2 tuyến bay về hai phía của đường dây điện, độ cao bay chụp 150m, độ phân giải ảnh 6cm/pixel, độ phủ dọc, ngang 80%x80%.



Hình 3. Sơ đồ bố trí điểm khống chế

#### 4.2 Dự án khảo sát tuyến đường ô tô khu vực tỉnh Sơn La

Tuyến đường dài khoảng 6km, rộng 50m. Lưới khống chế ảnh gồm 6 điểm khống chế và 4 điểm kiểm tra, được thiết kế so le về hai phía của tuyến đường, đặt tại vị trí góc ngoặt, được đo bằng máy GPS Trimble GeoXT, thời gian đo 45 phút/ca, đồ hình đo nối dạng chuỗi tam giác. Chương trình xử lý bình sai là Trimble Total Center. Sơ đồ bay cũng được thiết kế gồm 2 tuyến bay về hai phía của tuyến đường, độ cao bay chụp 150m, độ phân giải ảnh 6cm/pixel, độ phủ dọc, ngang 80%x80% (Hình 4, 5).



Hình 4. Sơ đồ bay chụp ảnh theo tuyến đường



Hình 5. Vị trí đánh dấu điểm khống chế được thu nhận trên ảnh

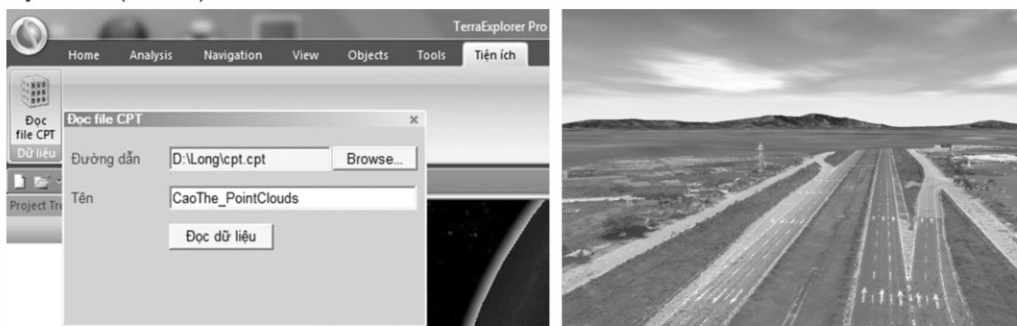
### 4.3 Sản phẩm trực tiếp sau khi bay chụp ảnh bằng UAV

Các sản phẩm mô hình số bề mặt (DSM), đám mây điểm (Point Clouds), bình ảnh trực giao thực (TrueOrtho) độ phân giải 6cm, cho chất lượng tốt, không có vết ghép giữa các tấm ảnh, màu sắc đồng đều trên toàn khối (Hình 6).



**Hình 6.** Mô hình số bề mặt (DSM) và bình đồ ảnh trực giao thực (TrueOrtho)

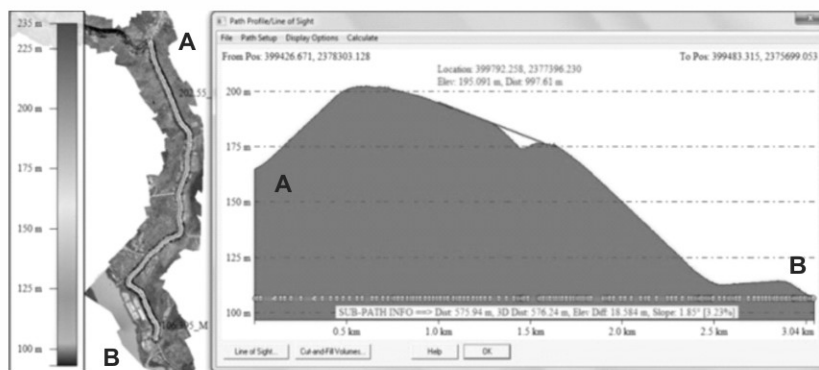
Mật độ điểm độ cao dày đặc 6cm đến 10cm/1 điểm, ngoài giá trị tọa độ XYZ, mỗi điểm còn lưu trữ giá trị độ xám của pixel ảnh, vì vậy đã tạo nên nguồn dữ liệu 3D trực quan sinh động. Để hiển thị dữ liệu đám mây điểm trong không gian 3D, tác giả đã phát triển thêm công cụ tiện ích để đọc nhanh dữ liệu trong phần mềm Skyline 3D (Hình 7).



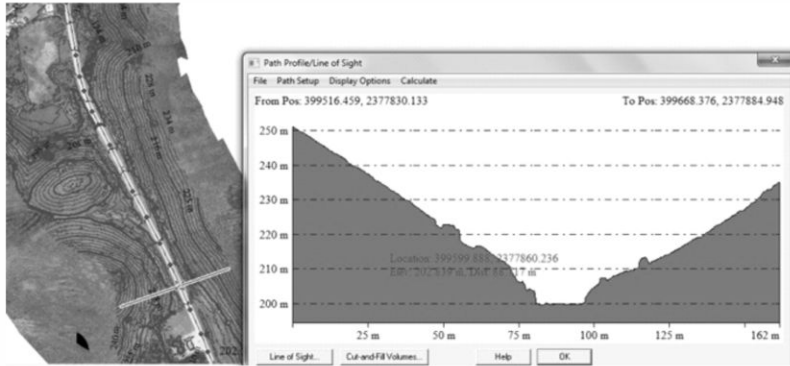
**Hình 7.** Dữ liệu Point clouds hiển thị trong không gian 3D

### 4.4 Sản phẩm gián tiếp từ kết quả bay

Mặt cắt dọc tuyến đường AB dài khoảng 3km được tính toán từ mô hình số bề mặt với độ phân giải 10cm/1 điểm độ cao, sử dụng chương trình Global mapper. Kết quả cho thấy vị trí cao nhất tại tuyến này là 202,55m, vị trí thấp nhất là 106,3m, địa hình có độ dốc lớn (Hình 8). Mặt cắt ngang tuyến đường tại vị trí có độ cao 202m (Hình 9, 10).



**Hình 8.** Mặt cắt dọc tuyến đường từ điểm A đến điểm B



Hình 9. Mặt cắt ngang tuyến đường tại vị trí có độ cao lớn nhất bằng 202m



Hình 10. Mô hình 3D tại vị trí có độ cao lớn nhất 202m



## 5. Đánh giá kết quả

### 5.1 So với phương pháp bay chụp có người lái

So sánh một số đặc điểm giữa phương pháp bay chụp có người lái và sử dụng máy bay không người lái UAV [1]. Các thông số so sánh được thể hiện ở Bảng 2. Đối với những dự án thành lập bản đồ hành lang khu vực nhỏ hẹp như tuyến đường điện, đường sắt... rõ ràng thiết bị UAV có ưu điểm nổi trội hơn hẳn so với phương pháp bay chụp truyền thống về khả năng cơ động trong khu vực nhỏ, ít bị ảnh hưởng bởi điều kiện thời tiết, thu nhận dữ liệu nhanh, giá thành rẻ.

Bảng 2. So sánh một số đặc điểm của hai phương pháp bay

|                      | Phương pháp bay có người lái | UAV                                |
|----------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Lập kế hoạch bay     | Bán tự động                  | Tự động hoặc bằng tay              |
| Thu nhận ảnh         | Bán tự động                  | Tự động hoặc bằng tay              |
| Phạm vi bay chụp     | >1 Km <sup>2</sup>           | m <sup>2</sup> đến km <sup>2</sup> |
| Độ phân giải mặt đất | dm                           | cm                                 |
| Độ cao bay           | 100m-10km <sup>2</sup>       | 10m -1k                            |
| Hướng thu nhận ảnh   | ảnh bằng hoặc ảnh nghiêng    | mảnh bằng hoặc ảnh nghiêng         |
| Chi phí              | Từ 100 triệu                 | Từ 10 triệu                        |

### 5.2 Độ chính xác

Tại thời điểm bay chụp, ở một khu bay qua Đại lộ Thăng Long, đã có dự án đo vẽ bản đồ địa hình tỷ lệ 1/500 hiện trạng tuyến đường cao tốc bằng phương pháp toàn đạc điện tử. Vì vậy, tác giả đã sử dụng kết quả của khu vực này để đánh giá độ chính xác của phương pháp sử dụng UAV (Hình 11).

**Phương pháp đánh giá:** Xác định tọa độ, độ cao của tất cả điểm chân cột điện, cột đèn cao thế, mốc lộ giới trên ảnh trực giao, mô hình số bề mặt. Vị trí các điểm này trải đều trên toàn khối ảnh. Tổng số lượng điểm lựa chọn kiểm tra là 100 điểm. Các điểm này đồng thời cũng được đo bằng phương pháp toàn đạc điện tử.

Sử dụng phương pháp so sánh độ sai lệch độ cao giữa hai phương pháp UAV và phương pháp toàn đạc điện tử.

$$Z_i = Z_{uav-i} - Z_{tc-i} \quad (1)$$

trong đó:  $Z_{uav-i}$  là độ cao được xác định bằng phương pháp UAV của điểm  $i$  và  $Z_{tc-i}$  là độ cao điểm kiểm tra đo bằng máy toàn đạc điện tử của điểm  $i$ .



**Hình 11.** Vị trí các điểm kiểm tra (màu đỏ)

Sai số trung phương độ cao của các điểm kiểm tra được tính theo công thức:

$$m_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z_i)^2}{n}} \quad (2)$$

trong đó:  $n$  là số lượng điểm độ cao được kiểm tra.

Áp dụng công thức trên để tính cho 100 điểm kiểm tra:

$$m_z = \sqrt{1.84/100} = 0.136 \text{ m} \quad (3)$$

Sai số lớn nhất  $Z_{max} = 0.299 \text{ m}$ . Sai số nhỏ nhất  $Z_{min} = 0.004 \text{ m}$ . Tương tự sai số trung phương về mặt phẳng đạt được như sau:

$$M_{xy} = \sqrt{4.72/100} = 0.217 \text{ m}$$

Kết quả nhận thấy sai số độ cao nhỏ hơn sai số mặt phẳng, nguyên nhân có thể do những điểm kiểm tra không được đánh dấu trước khi bay chụp, dẫn đến sai lệch khi chích điểm trên ảnh.



## 6. Kết luận

Qua một số kết quả thực nghiệm ban đầu trên một số dự án cho thấy hệ thống thu nhận ảnh sử dụng thiết bị bay không người lái rất phù hợp với công tác thành lập bản đồ địa hình 3D trong thiết kế đường ô tô đặc biệt các khu vực diện tích nhỏ, hẹp và địa hình khó khăn bởi khả năng cơ động, giá thành rẻ hơn tất cả các phương pháp thành lập bản đồ hiện nay.

Đối với nhiệm vụ thành lập bản đồ địa hình 3D cho thiết kế đường thành phố, việc bay với độ phủ 80-90% sẽ tạo sản phẩm đám mây điểm Point Clouds dày đặc, vì vậy thể hiện được tối đa các địa vật trên khu vực khảo sát. Nếu kết hợp với các nguồn dữ liệu đám mây điểm của thiết bị quét Laser mặt đất sẽ tạo một khối dữ liệu 3D tổng thể, trực quan từ trên không đến mặt đất, dưới lòng đất.

## Tài liệu tham khảo

1. Eisenbeiss Henri (2011), *The potential of Unmanned Aerial Vehicles for mapping*, Institute for Photogrammetry, Germany.
2. Võ Chí Mỹ, Vũ Phan Long và nnk (2014), "Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái trong công tác trắc địa mô và giám sát môi trường mô", *Kỷ yếu Hội nghị khoa học ngành Mỏ, Vũng Tàu*.
3. Vương Trọng Kha, Vũ Văn Chất, Vũ Phan Long (2014), "Thử nghiệm thiết bị bay chụp ảnh không người lái thành lập bản đồ mô than lộ thiên", *Kỷ yếu Hội nghị khoa học 70 năm thành lập Cục đo đạc bản đồ Nhà nước*, Hà Nội.
4. Vũ Phan Long, Lê Thắng (2014), "Thử nghiệm thiết bị bay chụp ảnh không người lái thành lập bản đồ 3D hành lang tuyến điện", *Kỷ yếu Hội nghị khoa học lần thứ IV, Cục Bản đồ - Bộ tổng Tham mưu - Bộ Quốc Phòng*.
5. <http://www.sensefly.com/drones/swinglet-cam.html>