

Kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser scanning và phương tiện bay không người lái (UAV) nhằm thu thập thông tin mô hình công trình xây dựng

Integrating point cloud from 3D Laser scanning and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) equipments in order to collect construction project information modeling

Ngày nhận bài: 13/9/2019

Ngày sửa bài: 12/10/2019

Ngày chấp nhận đăng: 16/11/2019

**Đỗ Tiến Sỹ, Nguyễn Anh Thư, Hoàng Hiệp,
Võ Thị Loan, Nguyễn Ngọc Tường Vi, Võ Văn Trương,
Lê Nguyễn Thanh Phước, Phạm Thị Trường An,
Đặng Minh Quang**

TÓM TẮT:

Ngày nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ trong lĩnh vực xây dựng, việc thu thập dữ liệu đám mây điểm (point cloud) thông qua thiết bị 3D Laser Scanning đang ngày càng trở nên phổ biến. Tại Việt Nam, công nghệ 3D Laser Scanning ngày càng được biết đến và ứng dụng vào các dự án xây dựng. Cùng với sự phát triển nhanh chóng của mô hình thông tin công trình (BIM) trong thời gian vừa qua, 3D Laser Scanning và BIM hoàn toàn có thể phối hợp để ứng dụng xuyên suốt trong toàn bộ vòng đời dự án. Tuy nhiên, việc ứng dụng công nghệ này vẫn còn nhiều khó khăn trong việc xử lý dữ liệu từ các hệ thống phần cứng và phần mềm khác nhau. Nghiên cứu sẽ tập trung vào quy trình kết hợp dữ liệu đám mây điểm trên mặt đất (terrestrial laser scanning data) từ ba loại thiết bị khác nhau (Faro Focus S350A, Leica RTC 360, Leica Station P50) và dữ liệu đám mây điểm trên không (aerial laser scanning data) thu được từ việc kết hợp thiết bị bay không người lái UAV Stormbee S20 và Faro Focus S350A. Quy trình đề xuất đạt được những dữ liệu tích hợp có giá trị và có thể để xuất sử dụng trong công tác khảo sát, thiết kế và kiểm định công trình.

Từ khóa: 3D Laser Scanning, BIM, Scan to BIM, Point Cloud, Faro Focus S350-A, Leica RTC 360, Leica Station P50, Stormbee UAV S20

ABSTRACT:

With the development of technology in the construction industry, data collection using 3D Laser Scanning equipment is becoming increasingly popular. In Vietnam, 3D Laser Scanning technology is gaining popularity and applied in construction projects. Along with the rapid development of the Building Information Model (BIM) technology, 3D Laser Scanning technology and BIM can be combined to mutually support through the life cycle of a project. However, the application of this technology still faces many challenges in data integration from different hardware and software systems. In the research, we combined the terrestrial laser scanning data from 3 different devices (Faro Focus S350A, Leica RTC 360, Leica Station P50) with aerial laser scanning data from UAV Stormbee S20 combined with Faro Focus S350A. The proposed process is effective for achieving the valuable integrated data that can be applied in surveying, designing and inspecting works.

Keywords: 3D Laser Scanning, Faro Focus S350-A, Leica P50, Leica RTC 360, Stormbee UAV S20, Cyclone, Scene, Beeflex, POSPac.

Đỗ Tiến Sỹ, Nguyễn Anh Thư

Trung tâm Portcoast BIMLab, Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển

Giảng viên, Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng, Trường Đại Học Bách Khoa – Đại Học Quốc Gia Tp.HCM

Hoàng Hiệp, Võ Thị Loan, Lê Nguyễn Thanh Phước, Võ Văn Trương, Nguyễn Ngọc Tường Vi, Đặng Minh Quang, Phạm Thị Trường An.

Trung tâm Portcoast BIMLab, Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển

1. Giới thiệu

Trong nhiều thập niên vừa qua, công tác khảo sát tại các dự án xây dựng thường được thực hiện thông qua các thiết bị đo đạc bao gồm máy thủy bình, máy toàn đạc điện tử, máy đo GPS, v.v... Các thiết bị công nghệ này luôn luôn được nghiên cứu nhằm cải tiến độ chính xác và hiệu quả hoạt động.

Trong xu thế phát triển hiện nay, công nghệ 3D Laser Scanning được biết đến và áp dụng trong các công việc khảo sát, kiểm định các công trình nhằm dần thay thế cho các thiết bị nói trên với độ chính xác cao. Thiết bị 3D

Laser Scanning có khả năng thu thập dữ liệu vô số các đám mây điểm trong không gian, các đám mây điểm này ghi lại chi tiết hình dạng bề mặt của một vật thể trong không gian và mỗi một điểm đám mây này đều chứa thông tin tọa độ (XYZ) và các thông số màu.

Hiện nay, các dữ liệu đám mây điểm thu thập được từ các thiết bị 3D Laser Scanning có rất nhiều phần mềm để xử lý. Các giải pháp phần mềm phải đạt được các mục tiêu bao gồm tối ưu hóa thời gian xử lý, đạt hiệu quả cao cũng như cho ra một sản phẩm chất lượng. Hệ thống phần mềm hiện tại bao gồm phần mềm Scene của hãng Faro, Cyclone của hãng Hexagon

Geosystems, Beeflex của hãng Stormbee, POSPac của hãng Trimble. Tuy nhiên, hiện tại dữ liệu từ các phần mềm trên đang được xử lý rời rạc và chưa thể thích hợp. Do đó, giải pháp để có thể kết hợp các dữ liệu đám mây điểm từ nhiều thiết bị đến từ các hãng kể trên thành một mô hình 3D là hết sức cần thiết.

Mục đích của việc thực hiện việc nghiên cứu này chính là đưa ra một quy trình tích hợp dữ liệu nói trên nhằm tạo ra mô hình tổng thể cho công trình trong các công tác khảo sát, thiết kế, kiểm định công trình. Mô hình đạt được sẽ được tiếp tục xây dựng mô hình BIM phục vụ cho công tác quản lý công trình xây dựng một cách hiệu quả.

2. Tổng quan vấn đề nghiên cứu

Trên thế giới hiện nay có rất nhiều bài nghiên cứu về công nghệ 3D Laser Scanning kết hợp với các thiết bị bay không người lái như:

Soonwook Kwon và các cộng sự (2017) đã nghiên cứu và cho thấy rằng những ứng dụng của việc sử dụng dữ liệu các điểm đám mây được tạo ra từ thiết bị 3D Laser Scanning kết hợp với dữ liệu ảnh chụp từ trên không, đồng thời chứng minh khả năng kết hợp dữ liệu đám mây điểm bằng cách hợp nhất dữ liệu thu thập được.

Ján Šašák và cộng sự (2019) cũng đã nghiên cứu và cho thấy việc kết hợp 3D Laser Scanning trên mặt đất và chụp ảnh từ cận cảnh từ thiết bị bay không người lái để tạo ra đám mây điểm có độ phân giải cao và mô hình số độ cao (DEM) của khu vực địa hình núi cao, phương pháp nghiên cứu này cũng khẳng định rằng có thể thành lập bản đồ địa hình ở những khu vực núi cao hiểm trở.

Satoshi Kubota và các cộng sự (2019) với những nghiên cứu của họ đã cho ra một kết luận là việc sử dụng dữ liệu trong không gian ba chiều bằng cách kết hợp dữ liệu đám mây điểm của thiết bị 3D Laser Scanning trên mặt đất và máy bay không người lái để chụp ảnh để hỗ trợ cho công việc bảo trì đường bộ. Bên cạnh đó dữ liệu đám mây điểm cho các đối tượng này được xây dựng bằng các tấm ảnh với công nghệ SFM.

Gần đây, các hệ thống máy bay không người lái đang được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như: quân sự, khảo sát địa hình, nông nghiệp, lâm nghiệp, quản lý đô thị, hỗ trợ tìm kiếm cứu nạn, điện ảnh và nhiều lĩnh vực khác. Bên cạnh đó, lĩnh vực khảo sát địa hình đã sử dụng công nghệ ảnh chụp từ các thiết bị bay không người lái kết hợp với các điểm khống chế mặt đất để thành lập các loại bản đồ như bản đồ 3D, bình đồ ảnh số, mô hình số bề mặt (DSM - Digital Surface Model) và từ các bản đồ này có thể biên tập, xử lý và cho ra bản đồ địa hình tại khu vực bay chụp, tuy nhiên phương pháp này cho độ chính xác không cao.

Việc áp dụng công nghệ 3D Laser Scanning kết hợp với phương pháp chụp ảnh từ thiết bị bay không người lái đang ngày càng trở nên phổ biến, tuy nhiên độ chính xác cũng như tính hiệu quả của phương pháp này cần kiểm tra cũng như giám định để đưa ra đánh giá chính xác. Bên cạnh đó, một công nghệ mới mà nghiên cứu đề cập đến đó chính là việc kết hợp dữ liệu đám mây điểm giữa thiết bị 3D Laser Scanning tại các trạm đặt trên mặt đất với thiết bị 3D Laser Scanning được tích hợp trên thiết bị bay không người lái Stormbee S20 trong không gian vật lý để cho ra một mô hình 3D chứa vô số các đám mây điểm.

3. Phương pháp nghiên cứu

Hiện nay, có nhiều thương hiệu, nhiều dòng thiết bị 3D Laser Scanning với những chức năng cũng như ưu điểm và nhược điểm khác nhau. Tùy theo mục đích và đặc điểm của công trình mà lựa chọn thiết bị 3D Laser Scanning phù hợp.

Sau đó, quy trình cần thực hiện nhằm tích hợp các dữ liệu từ các thiết bị khác nhau được thực hiện và đề xuất như Hình 1.

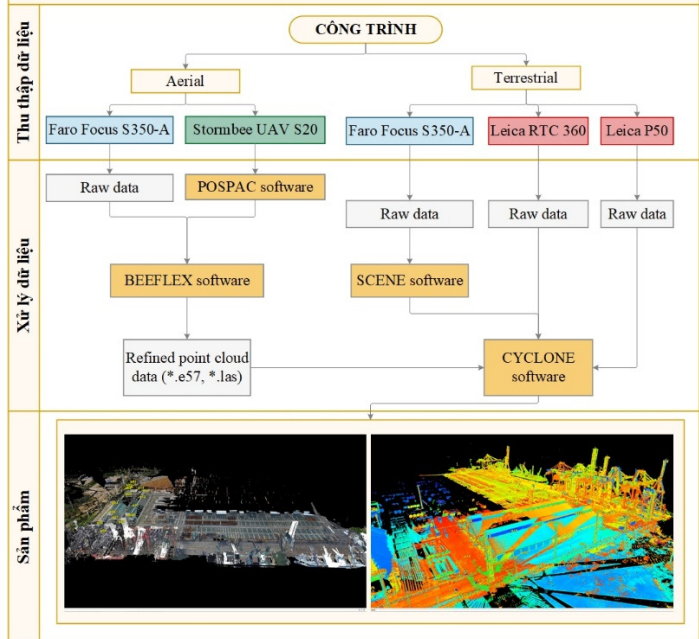
3.1 Các thiết bị 3D Laser Scanning được sử dụng trong nghiên cứu

3.1.1 Thiết bị 3D Laser Scanning FARO Focus S350-A

Thiết bị 3D Laser Scanning Faro Focus S350-A (Hình 2) là thiết bị được thiết kế có kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ vào khoảng 4,2 kg và phạm vi quét mở rộng với tầm quét xa lên đến 350m với độ chính xác về khoảng cách lên tới $\pm 1\text{mm}$, trong 1 giây thiết bị này thu thập được vào khoảng 1 triệu điểm đám mây và thiết bị này có thể làm việc trong môi trường khắc nghiệt, nơi làm việc hẹp, khu vực bụi bặm hoặc ẩm ướt hoặc ánh sáng mặt trời trực tiếp. Trên thiết bị được tích hợp máy thu GPS và Glonass cho phép định vị vị trí (FARO, 2019).

Đặc biệt, thiết bị này cho phép tích hợp trên thiết bị bay không người lái Stormbee S20 nhằm quét những khu vực rộng lớn (Stormbee, 2018).

QUY TRÌNH KẾT HỢP DỮ LIỆU Đám Mây Điểm CỦA CÁC THIẾT BỊ QUÉT 3D LASER SCANNING



Hình 1. Lưu đồ quy trình kết hợp dữ liệu đám mây điểm của các thiết bị 3D Laser Scanning

*Ghi Chú :

- (*) Phần mềm có bản quyền của Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển – Portcoast.
- Tất cả các dữ liệu thu được sử dụng cho bài nghiên cứu này được thu thập từ thiết bị 3D Laser Faro Focus S350A, Laser Leica RTC 360, Laser Leica P50 và thiết bị bay không người lái Stormbee S20 và các điểm khảo sát đo ngoài thực địa bằng các loại máy đo toàn đạc điện tử, máy đo GPS được cung cấp bởi Trung tâm kỹ thuật Sông Biển, Công Ty Cổ Phần Tư Vấn Thiết Kế Cảng Kỹ Thuật Biển.



Hình 2. Lưu đồ quy trình kết hợp dữ liệu đám mây điểm của các thiết bị 3D Laser Scanning

3.1.2 Thiết bị 3D Laser Scanning LEICA RTC 360

Thiết bị 3D Laser Scanning Leica RTC 360 (Hình 3) là thiết bị được thiết kế có trọng lượng khoảng 5.35 kg, phạm vi quét mở rộng khoảng 130 m với độ chính xác về khoảng cách là 1.0 mm + 10 ppm, trong 1 giây thiết bị này thu thập được vào khoảng 2 triệu điểm đám mây và thiết bị này có thể làm việc trong mọi môi trường như môi trường có ánh sáng mặt trời trực tiếp. (Leica, 2017).

3.1.3 Thiết bị 3D Laser Scanning LEICA P50

Thiết bị 3D Laser Scanning Leica P50 (Hình 4) là thiết bị có thiết kế chắc

chấn, trọng lượng nặng vào khoảng 12,25 kg và phạm vi quét mở rộng với tầm xa lên đến > 1 km, đối với độ chính xác về khoảng cách là 3 mm + 10ppm, đối với tầm quét 120 m với độ chính xác khoảng cách là 1.2 mm + 10ppm, trong 1 giây thiết bị này thu thập được vào khoảng 1 triệu điểm đám mây. Trong thiết bị này bao gồm các chức năng cho phép người dùng nhập hệ tọa độ vị trí của công trình từ đó mô hình đám mây điểm sẽ có tọa độ và cao độ, phục vụ cho các công tác khảo sát địa hình (Leica, 2017).

3.1.4 Thiết bị không người lái STORMBEE tích hợp thiết bị 3D Laser Scanning FARO Focus S350-A

Stormbee là một thiết bị bay không người lái không giống với các thiết bị bay khác chỉ mang tính chất chụp ảnh, mà thiết bị này được tích hợp 3D Laser Scanning Faro Focus S350-A nhằm quét lại các vật thể trong không gian, Stormbee UAV S20 (Hình 5) cho phép chúng ta thu được dữ liệu chính xác và đáng tin cậy nhờ công nghệ LIDAR đã sử dụng tia Laser để thu nhận dữ liệu hình học của các vật thể, các dữ liệu đó được gọi là các điểm đám mây và mỗi một điểm này đều có tọa độ (X, Y và Z). Từ những khả năng công nghệ vượt trội, thiết bị Stormbee UAV S20 được áp dụng cho nhiều lĩnh vực như để kiểm tra cơ sở hạ tầng của các công trình xây dựng (STORMBEE, 2018).



Hình 3. Thiết bị 3D Laser Scanning LEICA RTC 360



Hình 4. Thiết bị 3D Laser Scanning LEICA P50



Hình 5. Thiết bị STORMBEE UAV S20 tích hợp thiết bị 3D Laser Scanning FARO Focus S350-A

3.2 Quy trình xử lý dữ liệu đám mây điểm

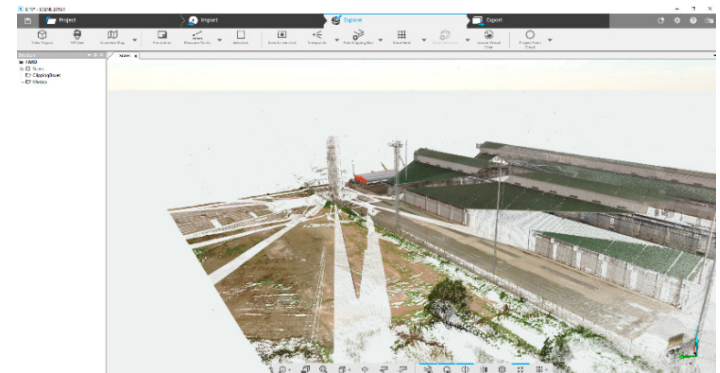
Sau khi nhập dữ liệu vào các phần mềm, tiến hành xử lý xóa nhiễu các đối tượng không cần thiết trong mô hình đám mây điểm. Quy trình xử lý dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser Scanning được trình bày như sau:

3.2.1 Phần mềm SCENE của hãng FARO

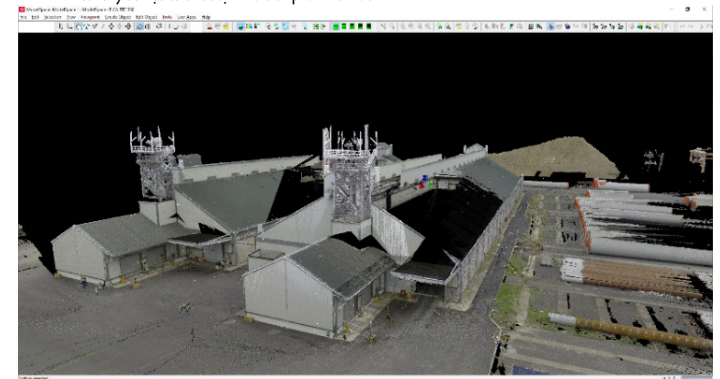
Sử dụng thiết bị 3D Laser Scanning Faro Focus S350-A và thu thập dữ liệu tại hiện trường, tiến hành đưa dữ liệu vào phần mềm Scene (Hình 6) và tiến hành xử lý.

3.2.2 Phần mềm CYCLONE của hãng HEXAGON GEOSYSTEMS

Sử dụng thiết bị 3D Laser Scanning Leica RTC 360 và thu thập dữ liệu tại hiện trường, tiến hành nhập dữ liệu thu được vào phần mềm Cyclone và xử lý dữ liệu (Hình 7).



Hình 6. Xử lý dữ liệu từ thiết bị FARO trên phần mềm SCENE



Hình 7. Xử lý dữ liệu từ thiết bị RTC 360 trên phần mềm CYCLONE

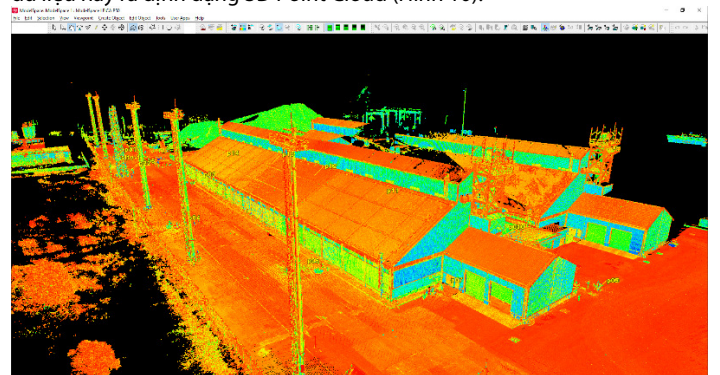
Sử dụng thiết bị 3D Laser Scanning Leica P50 và thu thập dữ liệu tại hiện trường, tiến hành đưa dữ liệu thu được vào phần mềm Cyclone và xử lý (Hình 8), trong quá trình tiến hành thu thập dữ liệu thực địa thiết bị này cho nhập các hệ tọa độ trực tiếp trên máy, khi đó dữ liệu đám mây điểm sau khi thu được sẽ có hệ tọa độ và cao độ chuẩn thuận tiện cho công tác xử lý nội nghiệp.

3.2.3 Phần mềm POSPas của hãng TRIMBLE

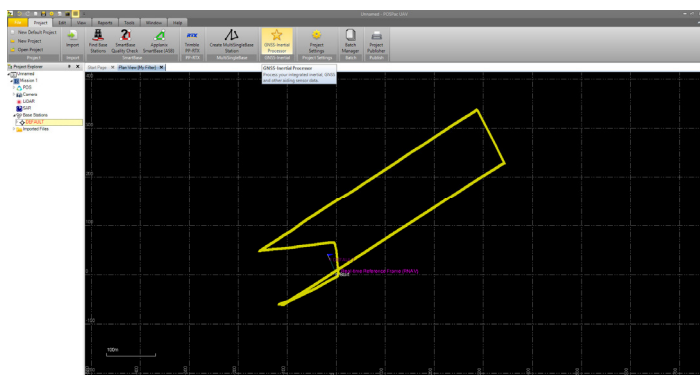
Sau khi thực hiện công tác bay và thu thập dữ liệu bằng thiết bị bay không người lái Stormbee S20, tiến hành nhập dữ liệu từ các nguồn trên thiết bị Faro Focus S350-A và các dữ liệu trên hệ thống máy bay vào phần mềm POSPac (Hình 9) để xử lý.

3.2.4 Phần mềm BEEFLEX của hãng STORMBEE

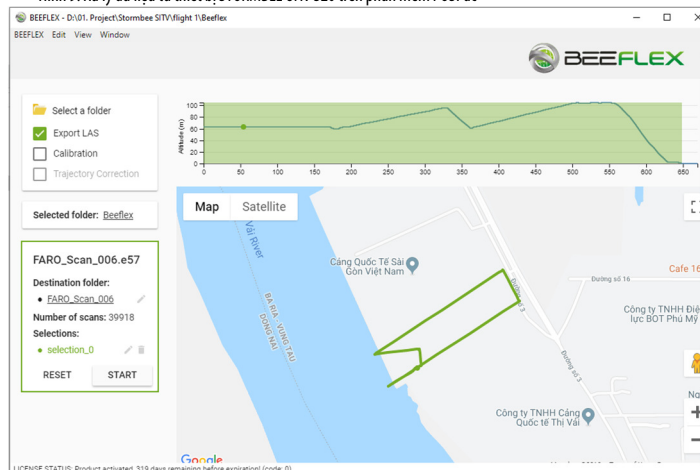
Từ dữ liệu đã xử lý từ phần mềm POSPac, tiến hành nhập dữ liệu thu được vào phần mềm Beeflex như Hình 10 để chọn vùng dữ liệu đã quét xuất dữ liệu này ra định dạng 3D Point Cloud (Hình 10).



Hình 8. Xử lý dữ liệu từ thiết bị P50 trên phần mềm CYCLONE



Hình 9. Xử lý dữ liệu từ thiết bị STORMBEE UAV S20 trên phần mềm POSPac



Hình 10. Xử lý dữ liệu từ thiết bị STORMBEE trên phần mềm BEEFLEX

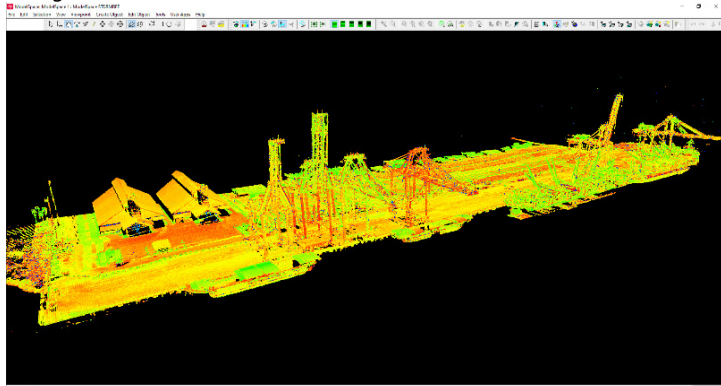
Kết quả đã được xử lý từ dữ liệu của thiết bị bay Stormbee S20 được nhập vào phần mềm CYCLONE (Hình 11).

3.3 Quy trình kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser Scanning

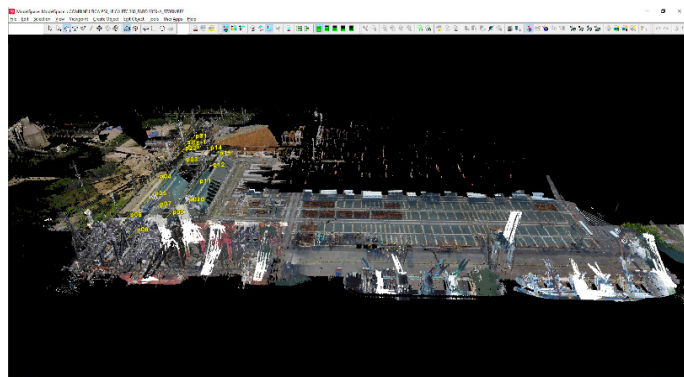
Từ các dữ liệu đám mây điểm đã được phân tích và xử lý dựa trên các phần mềm đến từ các hãng nêu trên, tiến hành xuất các dữ liệu đám mây điểm này về chung một định dạng tập tin là (*.E57).

Sau quá trình nghiên cứu, phần mềm Cyclone của hãng Leica là phần mềm có thể kết hợp dữ liệu từ các nguồn thiết bị và tối ưu hóa dữ liệu và cho ra sản phẩm tốt nhất. Bên cạnh đó phần mềm này cho phép xuất ra các định dạng trong hệ sinh thái của Autodesk.

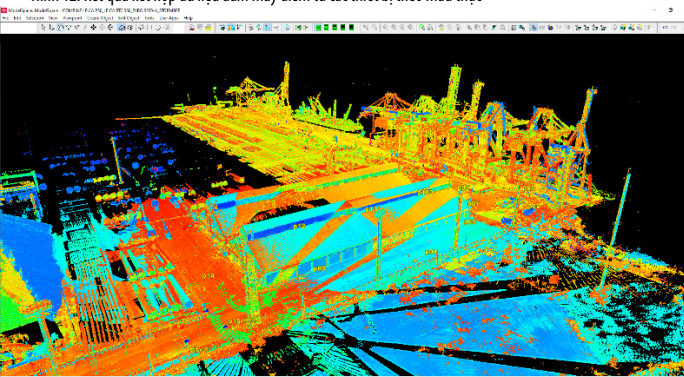
Dưới đây là kết quả kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser Faro Focus S350-A, Leica RTC 360, Leica P50, Stormbee UAV S20 (Hình 12 và Hình 13) và mỗi điểm đám mây trên mô hình đều có tọa độ, cao độ và thông số màu:



Hình 11. Kết quả dữ liệu 3D từ thiết bị STORMBEE UAV S20



Hình 12. Kết quả kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị theo màu thực



Hình 13. Kết quả kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị theo thang màu

4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, dữ liệu đám mây điểm được áp dụng cho công trình xây dựng đã được thu thập bằng cách sử dụng thiết bị 3D Laser Scanning tại các trạm trên mặt đất kết hợp với thu thập dữ liệu trên không từ các thiết bị UAV nhằm đảm bảo thu thập đầy đủ thông tin dữ liệu của công trình. Bên cạnh đó dữ liệu thu được từ các nguồn thiết bị là hàng tỷ điểm đám mây và mỗi điểm đám mây này đều chứa thông tin tọa độ (X,Y,Z) và các thông số về màu sắc. Độ chính xác của công nghệ 3D Laser Scanning hiện nay là rất tốt. Độ chính xác của dữ liệu thu thập được độc lập cũng như dữ liệu tích hợp sẽ được tiếp tục nghiên cứu sâu hơn.

Quy trình xử lý dữ liệu bên trên đã chứng minh được tính khả thi của việc tích hợp dữ liệu từ nhiều nguồn khác nhau. Điều này càng thúc đẩy cho việc ứng dụng 3D Laser Scanning trong lĩnh vực xây dựng. Việc ứng dụng công nghệ 3D Laser Scanning trong các công tác khảo sát, thiết kế, kiểm định công trình và ứng dụng của nó trong việc xây dựng mô hình BIM phục vụ cho công tác quản lý xây dựng là một định hướng khả thi và hiệu quả trong tương lai.

Lời cảm ơn: Dữ liệu, thiết bị phục vụ cho nghiên cứu này được tài trợ từ công ty cổ phần tư vấn thiết kế Cảng-Kỹ thuật Biển (Portcoast). Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn trân thành đến quý công ty, bộ môn Thi công và Quản lý xây dựng (Đại học Bách Khoa TPHCM), và các kỹ sư tham gia thực hiện dự án đã hỗ trợ để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Urbancic, T., Roskar, Z., Fras, M. (2019). Grigillo, D., New Target for Accurate Terrestrial Laser Scanning and Unmanned Aerial Vehicle Point Cloud Registration. Sensors. Sensors 2019, 19, 3179; doi:10.3390/s19143179, pp. 1-29.
- Kubotal, S., Ho, C., Nishi, K., (2019). Construction and Usage of Three-dimensional Data for Road Structures Using Terrestrial Laser Scanning and UAV with Photogrammetry. ISARC 2019.
- Sasak, J., Galloway, M., Kanuk, J., Hofier, J., Minar, J. (2019). Combined Use of Terrestrial Laser Scanning and UAV Photogrammetry in Mapping Alpine Terrain. Remote sensing. Remote Sens. 2019, 11, 2154; doi:10.3390/rs11182154, pp. 1-25.
- Dang, Q., et al. (2019). 3D Laser scanning-The Applications of Point Cloud Model in Quality Assurance, Quality Control, And Construction Site Inspection. The 5th Science and Technology Symposium for OISP Students. pp. 1-5.
- FARO, 2019. "Training manual for SCENE". 1st ed. [pdf file]. USA. Available at <https://faro.app.box.com/s/7v2xd8j6id4wf9g5jllhedha18s9506b/file/438034801350/> [Accessed 8 Oct. 2019].
- Leica, 2017. "Leica Cyclone Basic User Manual". 1st ed. [pdf file]. USA. Available at <https://www.sdm.co.th/pdf/Cyclone%20Basic%20Tutorial.pdf/> [Accessed 12 Nov. 2019].
- STORMBEE, 2018. "Stormbee User Manual" 1.1 ed. [pdf file]. Belgium. Available at <https://www.stormbee.com/wp-content/uploads/2018/12/Stormbee-User-Manual-1.1-revision-2018-09-30.pdf/> [Accessed 11 August. 2019]