

# ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ TÍCH HỢP LIDAR VÀ CHỤP ẢNH HÀNG KHÔNG (CITYMAPPER - LEICA) TRONG THU NHẬN, XỬ LÝ VÀ THÀNH LẬP DỮ LIỆU KHÔNG GIAN ĐỊA LÝ

KS. Lê Tuấn Anh, Ks Trần Đức Thuận, Ths. Phạm Văn Tuấn, Cn Lê Đình Hiền

*Tổng công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam*

## **Tóm tắt:**

*Công nghệ tích hợp LiDAR và chụp ảnh hàng không (Citymapper – Leica) là một hệ thống rất hiện đại với tổ hợp phần phần cứng, phần mềm có tính năng kỹ thuật linh hoạt, vượt trội. Các sản phẩm của hệ thống là đa mô tả các đối tượng địa lý, cung cấp thông tin bề mặt trái đất chính xác, trung thực.*

*Giới thiệu các kết quả ứng dụng hệ thống tích hợp Lidar và chụp ảnh hàng không ở Việt Nam từ năm 2007 đến nay và đưa ra quy trình sản xuất cơ bản, các khả năng ứng dụng của hệ thống Citymapper trong công tác thu thập dữ liệu không gian địa lý nhằm đáp ứng yêu cầu của ngành tài nguyên môi trường và các lĩnh vực khác là các nội dung cốt lõi trong bài viết này.*

## **MỞ ĐẦU**

Cách mạng Công nghiệp lần thứ Tư trên thế giới đã và đang được các nước phát triển quan tâm, đây được coi là xu thế công nghệ tất yếu mà Việt Nam phải hướng đến để theo kịp các nước phát triển trên thế giới. Một trong thành phần của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 là sự phát triển của internet vạn vật giúp tạo ra bản sao ảo của thế giới vật lý, cho phép mọi người ở khắp nơi trên thế giới kết nối với nhau thông qua mạng internet dịch vụ qua các thiết bị di động ở mọi lúc, mọi nơi. Vai trò của công nghệ thu thập dữ liệu địa không gian không thể nằm ngoài sự phát triển đó và là dữ liệu nền cho các dữ liệu khác. Với mục tiêu trước mắt là đáp ứng nhu cầu sử dụng dữ liệu địa không gian ngày càng cao của các ngành trong sự phát triển của nền kinh tế quốc dân, Tổng Công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam đã đầu tư hệ thống Lidar tích hợp chụp ảnh hàng không Citymapper của hãng Leica. Hệ thống Citymapper là công nghệ hàng đầu thế giới trong công tác bay quét Lidar và chụp ảnh hàng không, thu thập, xử lý và thành lập dữ liệu không gian địa lý với độ chính xác cao, chất lượng đáp ứng được yêu cầu của thời đại.

Trong công tác thu nhận dữ liệu không gian địa lý công nghệ Lidar và công nghệ chụp ảnh hàng không là hai phương pháp làm giảm tối đa lao động chân tay của con người và mang lại hiệu quả cao. Với công nghệ Lidar các điểm địa hình, địa vật

được đo trực tiếp nên đạt độ chính xác cao về độ cao, nhưng độ chính xác vị trí mặt phẳng đạt thấp và không có đủ thông tin mô tả tính chất, vị trí của vật thể. Trong khi đó công nghệ đo vẽ ảnh thực hiện đo các điểm địa hình, địa vật gián tiếp nên độ chính xác về độ cao đạt thấp còn độ chính xác vị trí mặt phẳng thu được cao hơn và còn có thông tin mô tả tính chất của vật thể. Sự phát triển của khoa học và công nghệ đã mở ra khả năng tích hợp hai công nghệ nói trên nhằm mang lại hiệu quả lớn hơn cho việc thu nhận dữ liệu không gian địa lý.

Hệ thống công nghệ Lidar tích hợp chụp ảnh hàng không là sự kết hợp 2 bộ thu nhận dữ liệu: cảm biến Lidar, máy ảnh hàng không cùng với hệ thống GNSS/IMU tạo ra một thực thể mới với mục đích kết hợp 2 loại dữ liệu Lidar và ảnh hàng không nhằm thu được thông tin chính xác và tin cậy. Cách thức tích hợp và ghi nhận số liệu Lidar và đo vẽ ảnh bao gồm xác định các đặc tính tham chiếu chung, thiết lập các quan hệ toán học với mô hình tương thích và thực hiện đánh giá đồng dạng.

Sản phẩm chính của hệ thống công nghệ Lidar tích hợp chụp ảnh hàng không: Đám mây điểm Lidar, mô hình số độ cao DEM, mô hình số bề mặt DSM, mô hình số địa hình DTM, ảnh cường độ phản xạ Intensity, ảnh nấn trực giao (orthophoto).

Hệ thống Lidar tích hợp ảnh kỹ thuật số Harrier 56/G4 kết hợp máy quét Lidar LMS-Q560 (Riegl) với máy ảnh Rollei AIC P45 và phần mềm xử lý dữ liệu Lidar TOPPIT được đưa vào sản xuất thành lập bản đồ và CSDL ở Việt Nam từ năm 2007 trong Dự án "Thành lập cơ sở dữ liệu nền thông tin địa lý tỉ lệ 1:2.000, 1:5.000 các khu vực đô thị, khu vực công nghiệp, khu kinh tế trọng điểm" và từ năm 2012 hệ thống này tham gia thực hiện dự án "Xây dựng mô hình số độ cao độ chính xác cao khu vực đồng bằng và ven biển phục vụ công tác nghiên cứu, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng". Năm 2018 bắt đầu giai đoạn tiếp theo của công nghệ Lidar tích hợp chụp ảnh hàng không ở Việt nam với việc Tổng Công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam đầu tư hệ thống Citymapper của hãng Leica (Thụy sỹ). Bước đầu tiên trong việc ứng dụng hệ thống Citymapper trong nghiên cứu và sản xuất là tiếp tục thực hiện công tác bay chụp ảnh và quét Lidar trong Dự án "Xây dựng mô hình số độ cao độ chính xác cao khu vực đồng bằng và ven biển phục vụ công tác nghiên cứu, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng" với các sản phẩm đám mây điểm Lidar, mô hình số bề mặt DSM, mô hình số địa hình DTM và ảnh nấn trực giao (orthophoto). Sau đó sẽ nghiên cứu phân lớp đám mây điểm Lidar, tạo mô hình 3D tiến tới lập bản đồ 3D thành phố và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác như: Quy hoạch và kiến trúc đô thị, quản lý hạ tầng kỹ thuật tuyến phố, giao thông đô thị, môi trường và nghiên cứu phát triển đô thị, du lịch và bảo tồn, khảo cổ, theo dõi, quản lý và đánh giá rủi ro do thảm họa và thiên tai, nông nghiệp, quy hoạch và quản lý rừng, đa dạng sinh học, khai thác mỏ, khảo sát hành lang (Tuyến đường cao tốc, đường sắt, đường dây tải điện ...).

## **PHẦN I: GIỚI THIỆU HỆ THỐNG CITYMAPPER**

Hệ thống Citymapper - Leica là một tổ hợp công nghệ rất hiện đại, bao gồm bộ cảm biến LiDAR Hyperion tích hợp với máy ảnh đa phổ RCD 30 có ống kính thẳng đứng CH82, khi được gắn thêm 4 ống kính xiên CH 81 thì sẽ trở thành hệ thống Citymapper đầy đủ. Máy ảnh RCD 30 sử dụng thiết kế tách chùm tia độc đáo để xuất ra ảnh 4 băng phổ đỏ, xanh lá cây, xanh da trời và cận hồng ngoại với một đầu máy ảnh đơn. Bộ cảm biến Lidar Hyperion sử dụng lăng kính Risley cho phép làm lệch hướng chùm tia laser để thực hiện quét xiên theo chế độ quét vòng tròn và do đó có thể thu được thông tin các bề mặt của các cấu trúc đứng trợ giúp cho việc lập mô hình 3D thành phố trong môi trường đô thị phức tạp. Hệ thống giá đỡ PAV100 đảm bảo ổn định tốt nhất cho bộ cảm biến Lidar và máy ảnh trong suốt quá trình thu nhận dữ liệu với các khả năng tự động hiệu chỉnh chuyển động góc, thu được ảnh thẳng đứng, cài đặt độ dạt tự động và khoảng ổn định rộng.

Hệ thống Citymapper là công nghệ cao cấp hơn so với hệ thống lidar tích hợp máy ảnh kỹ thuật số Harrier56/G4 mà Tổng công ty sử dụng từ năm 2007 đến nay. Các thành phần và tính năng kỹ thuật của hệ thống Citymapper như sau:

### **I.1 Cấu hình phần cứng hệ thống Citymapper**

I.1.1 Bộ cảm biến Lidar Heperion

I.1.2 Đầu máy ảnh đa phổ RCD30 với ống kính thẳng đứng CH82, ống kính  
2.8/80

I.1.3 Hệ thống giá đỡ ổn định: PAV100

I.1.4 Bộ điều khiển CC3X

I.1.5 Bộ lưu trữ dữ liệu: MM30 (4 ổ cứng với tổng dung lượng 48 Tb)

I.1.6 Màn hình điều khiển: OC60

I.1.7 Màn hình hiển thị bay: PD60

I.1.8 Bộ đo quán tính (IMU): LCI-100C của hãng Northrop Grummon (Đức)

### **I.2 Hệ thống phần mềm**

I.2.1 Phần mềm MisionPro (Leica): Thiết kế bay chụp và quét Lidar

I.2.2 Phần mềm Flight Pro (Leica): Điều khiển quá trình bay chụp và quét Lidar

I.2.3 Phần mềm Inertial Explorer (Novatel - Canada): tính toán tọa độ và nguyên tố định hướng tâm máy ảnh, bộ cảm biến lidar và quỹ đạo tuyến bay.

I.2.4 Hệ thống phần mềm HxMap: gồm 4 module

+ HxMap APM - đo điểm tự động

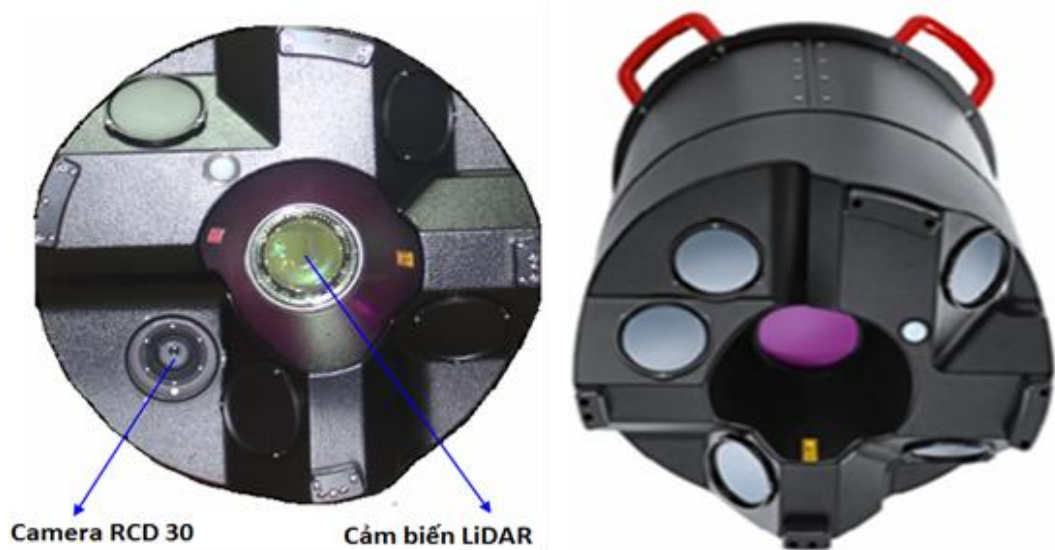
+ HxMap Triangulation - Tính toán tam giác

+ HxMap Ortho Generator - Tổng hợp ảnh ortho

+ HxMap Infocloud - Thông tin đám mây điểm

I.2.5 Phần mềm TerraSolid (Phần Lan) gồm 4 module:

TerraScan, TerraModeler, TerraMatch, TerraPhoto cho phép xử lý đám mây điểm Lidar, phân lớp đám mây điểm, lập mô hình số độ cao (DEM), bản ảnh trực giao, lập mô hình số địa hình (DTM), lập mô hình 3D



Hình 1: Hệ thống Citymapper cơ bản

Hình 2: Hệ thống Citymapper đầy đủ

### I.3. Các tính năng kỹ thuật của hệ thống Citymapper (cơ bản)

#### I.3.1 Bộ cảm biến Lidar Hyperion

Bước sóng laser: 1,064 nm

Tín hiệu laser phân kỳ: 0.25 mrad(1/e<sup>2</sup>)

Tần số xung lặp: lên tới 700 kHz

Tín hiệu xung phản hồi: lập trình có thể lên tới 15 xung tín hiệu.

Độ cao hoạt động: 300 - 2500 m so với mặt đất khi công suất phát tối đa: 700 khz ; 4000m so với mặt đất khi giảm công suất phát.

Tốc độ quét: có thể lập trình lên đến 100 Hz (6000 RPM vòng/phút)

Kiểu quét: Quét xiên (oblique)

Chế độ quét: vòng tròn

Góc nhìn: 40 độ

Độ rộng vật quét: lên tới 70% độ cao bay

Mật độ điểm với tốc độ bay 210 km/h: 8 điểm/m<sup>2</sup> ở độ cao 1000 m,  
4 điểm/m<sup>2</sup> ở độ cao 2000 m

Có khả năng thu dữ liệu với đối tượng có độ phản xạ 10%

Độ chính xác đo khoảng cách: < 2 cm RMS

Độ chính xác độ cao: < 5 cm 1  $\sigma$

Độ chính xác mặt phẳng: <13 cm 1  $\sigma$

### **I.3.2 Máy ảnh đa phổ RCD30 với ống kính thẳng đứng CH82**

Độ phân giải cảm biến (80MP): 10.320 x 7.752 pixels

Kích thước pixel: 5.2 $\mu$ m

Độ phân giải mặt đất đạt 6.5cm tại độ cao bay chụp: 1000m

13 cm tại độ cao bay chụp: 2000m

Giải phổ: Đỏ, xanh lá cây, xanh da trời và cận hồng ngoại (RGB và NIR)

Tiêu cự: 83 mm

### **I.3.3 Bộ đo quán tính IMU LCI – 100C**

Cấu tạo gồm 3 con quay hồi chuyển sợi quang, một bộ ba gia tốc kế B-290 và module xử lý có các thông số kỹ thuật sau:

Khoảng đo cảm biến vận tốc góc:  $\pm 495^\circ/\text{s}$

Khoảng đo của gia tốc kế:  $\pm 10g$

Độ lệch góc ngẫu nhiên lớn nhất:  $> 0.0012^\circ/\sqrt{h}$ ;  $< 0.0035^\circ/\sqrt{h}$

Độ lệch vận tốc ngẫu nhiên lớn nhất:  $< 100 \text{ mg}/\sqrt{\text{Hz}}$

Độ lệch trục lớn nhất:  $\leq 0.5 \text{ mrad}$

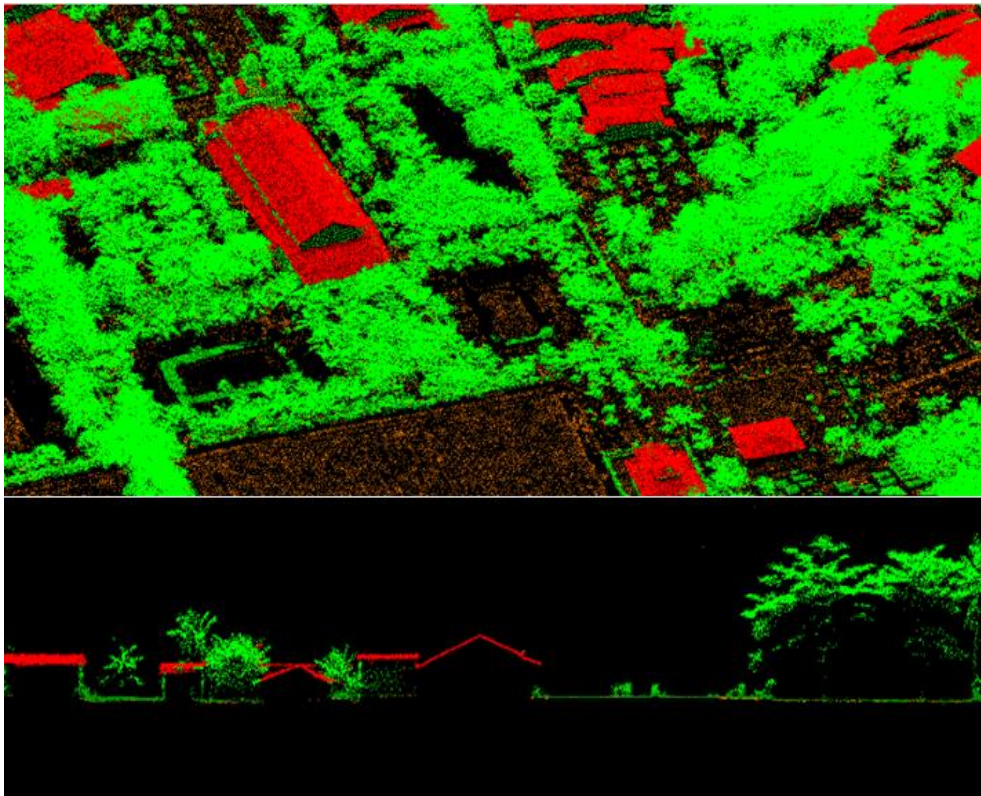
### **I.3.4 Hệ thống giá đỡ ổn định PAV100**

Hệ thống giá đỡ ổn định PAV100 với bộ cảm biến con quay hồi chuyển cân bằng luôn ổn định máy ảnh, bộ cảm biến lidar theo phương thẳng đứng ; bù trừ đầy đủ các chuyển dịch của máy bay tại thời điểm lộ quang ; cung cấp số liệu điều khiển tự động góc dạt (yaw) và bù trừ góc nghiêng (pitch) và xoắn (roll) nhờ sử dụng dữ liệu IMU chính xác.

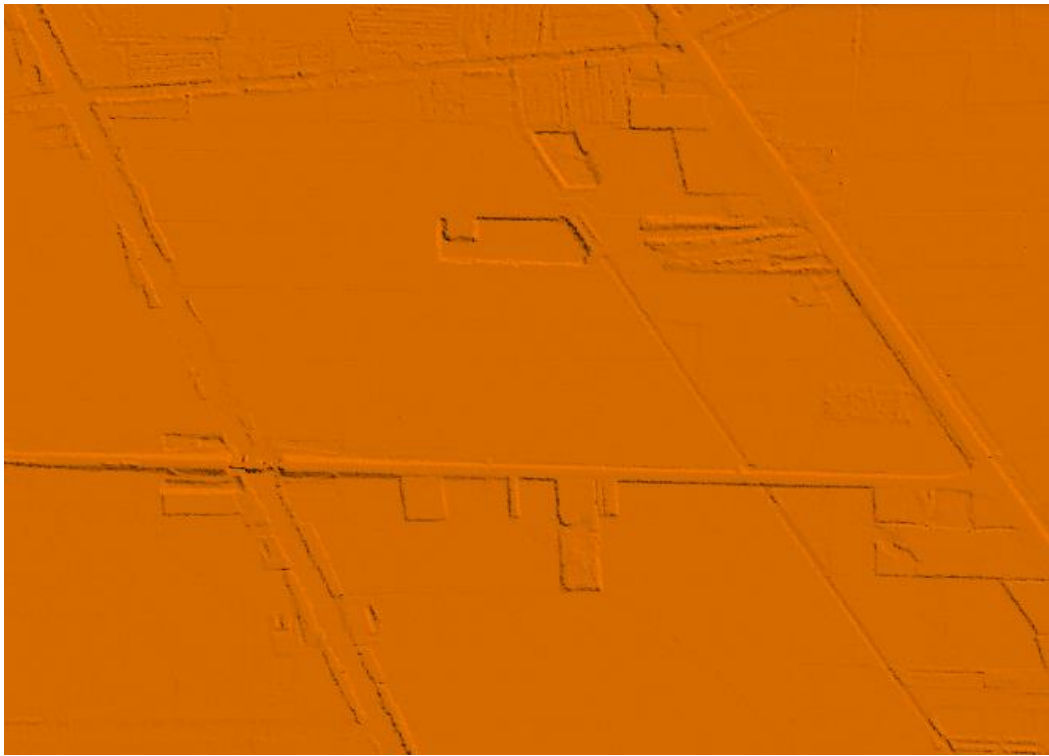
#### I.4 Các dạng sản phẩm chính:



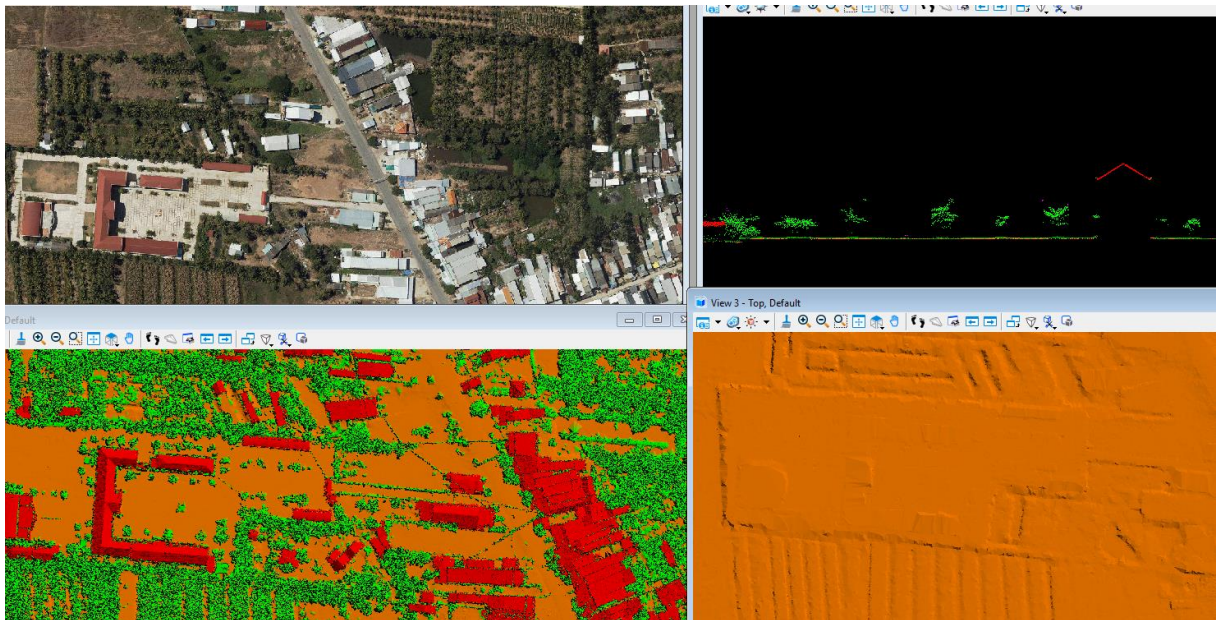
Hình 3: Ảnh nấn trực giao (orthophoto )



Hình 4: Đám mây điểm Lidar và mặt cắt ngang



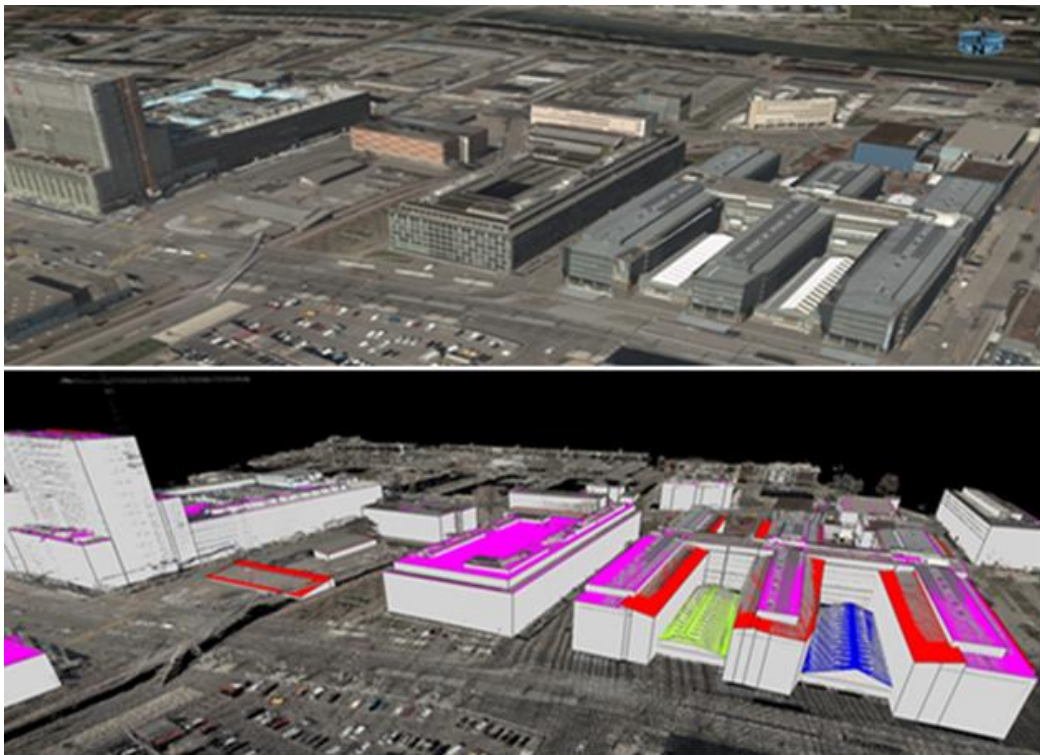
*Hình 5: Mô hình số địa hình DTM*



*Hình 6: Ảnh nấn trực giao, đám mây điểm Lidar, mô hình số địa hình DTM*



*Hình 7: Lưới RGB (RGB mesh) trùm lên đám mây điểm*

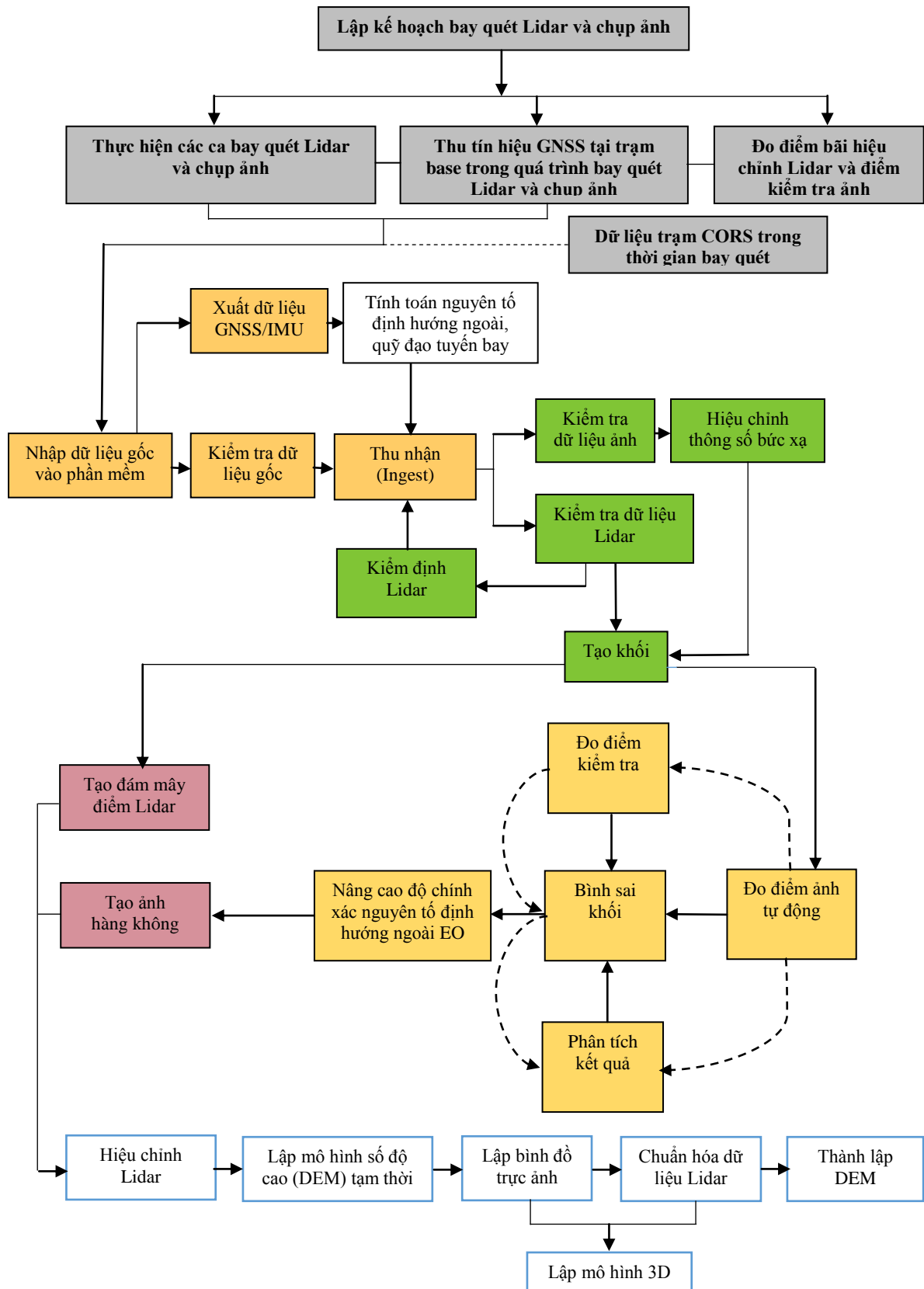


*Hình 8: Sản phẩm của mô hình hóa thành phố:  
lưới kết cấu (textured mesh) và mô hình CAD*



## PHẦN II: ỨNG DỤNG HỆ THỐNG CITYMAPPER TẠI TỔNG CÔNG TY TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG VIỆT NAM

### II.1 Quy trình công nghệ lập mô hình số độ cao (DEM) và bình đồ trực ảnh



Hình 9: Sơ đồ quy trình công nghệ của hệ thống Citymapper

## **II.2 Các ứng dụng, dịch vụ cơ bản của hệ thống City mapper cho các ngành, các lĩnh vực.**

1- Thành lập mô hình DEM; DTM và CSDL địa lý cho các dự án quốc gia, vùng, miền, tỉnh thành tỷ lệ 1/1000 -1/10000.

2. Thành lập CSDL không gian và bản đồ 3D ứng dụng cho: Thành phố thông minh và bản đồ 3D gắn thông tin GIS; Lĩnh vực bản đồ địa chính 3D, các vấn đề liên quan đến bất động sản 3D; Dữ liệu quan trọng trong hợp phần của hệ thống hạ tầng CSDL Địa lý quốc gia tương lai

3- Quy hoạch, quản lý và kiến trúc đô thị:

- Lập bản vẽ 3D của khu phố như chiều cao nhà, các công trình xây mới (cũ), nhà công cộng, xác định không gian và cảnh quan của khu vực quy hoạch; Lập kế hoạch sử dụng đất, mô phỏng ảnh hưởng của các phương án qui hoạch, trình bày các phương án qui hoạch một cách trực quan trên nền 3D; Tạo ra một bản đồ 3D thực tế và giả lập (ảo) cho phép thử nghiệm các giải pháp quy hoạch và xây dựng đô thị.
- Mô hình số độ cao DEM cùng với hình ảnh 3D cung cấp thông tin chính xác về độ cao mặt đất, nền đường, nền công trình phục vụ nghiên cứu cấp thoát nước;
- Cung cấp hình ảnh 3D và thông tin độ cao chính xác về hạ tầng kỹ thuật ngành điện lực, viễn thông: đường dây, trạm điện, trạm phát sóng điện thoại di động... phục vụ quy hoạch, xây dựng và phát triển mạng lưới điện, viễn thông.
- Cung cấp mô hình số địa hình (DTM), mô hình số bề mặt (DSM), độ cao nhà phục vụ phân tích trường quan sát, phân tích khả năng hấp thụ và tán xạ tín hiệu; Mô phỏng khả năng phủ sóng trong không gian nhất là trong môi trường đô thị cho nhiều loại mạng không dây khác nhau; Cung cấp các số liệu 3D về các công trình trên tuyến phố như nhà chờ xe buýt, bến tàu, nhà ga đường sắt trên cao, tàu điện ngầm, đường trên cao, cầu, cống, vỉa hè, biển báo giao thông, hệ thống đèn chiếu sáng, đèn hiệu,... phục vụ cho quản lý, quy hoạch giao thông đô thị

4- Khảo sát hành lang: Lập bản đồ địa hình, bản đồ hiện trạng, mô hình số địa hình DTM dọc theo tuyến khảo sát phục vụ cho các công việc lập thiết kế tuyến đường, tính toán đền bù giải phóng mặt bằng, tính toán khối lượng đào, đắp...

5- Lập bản đồ, mô hình số độ cao cho các khu công nghiệp, công trình xây dựng, nhà máy, các dự án xây dựng đô thị, nhà ở cao tầng,..

6- Cung cấp mô hình số độ cao (DEM) độ chính xác cao phục vụ xây dựng các chương trình phòng chống lũ lụt, lập kịch bản ngập lụt, nước biển dâng.

7- Lập mô hình số bề mặt (DSM) khu vực sân bay, khu vực bố trí trận địa bảo vệ vùng trời của Bộ Quốc phòng phục vụ công tác quản lý, điều hành bay; quản lý độ cao chương ngại vật hàng không.

8- Lập mô hình số độ cao (DEM) độ chính xác cao cho xây dựng chương trình mô phỏng địa hình 3D phục vụ các hoạt động quân sự như: huấn luyện, diễn tập, chiến đấu, đổ bộ...

9- Nông nghiệp, quy hoạch và quản lý rừng: Quản lý, quy hoạch các vùng canh tác, quy hoạch, thiết kế, vận hành các hệ thống tưới tiêu; Theo dõi đánh giá sự phát triển của cây trồng, phân tích, theo dõi hiện trạng, sự phát triển của rừng.

10- Khả năng của Lidar đo xuyên qua tán cây với 15 lần phản hồi của tín hiệu cùng với ảnh đa phổ giúp cho nghiên cứu sinh khối, diện tích che phủ thực vật trong các công viên, khu vực bảo tồn, vườn Quốc gia...;

11- Theo dõi, quản lý và đánh giá rủi ro do thảm họa và thiên tai: trợ giúp thống kê diện tích, tính toán khối lượng do rủi ro thảm họa; So sánh hiện trạng trước và sau tai biến môi trường, ngập lụt, cháy rừng...

12- Cung cấp mô hình số độ cao (DEM) độ chính xác cao phục vụ xây dựng các chương trình tìm kiếm, cứu hộ, cứu nạn.

13- Du lịch và bảo tồn, khảo cổ: cung cấp số liệu 3D về điểm du lịch, di tích văn hóa, cảnh quan, khu vực khảo cổ.

Ngoài ra sản phẩm của hệ thống còn được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác như: an ninh, quân sự, bản đồ hướng ngầm, mô hình thực tế ảo...

## KẾT LUẬN

Công nghệ thu thập và xử lý dữ liệu không gian địa lý ở Việt Nam và trên thế giới trải nhiều giai đoạn phát triển, đó là: Giai đoạn gắn với sự phát triển của công nghệ GPS và toàn đạc điện tử, đã giải phóng căn bản việc đo đạc, thu thập dữ liệu ngoại nghiệp; Công nghệ đo vẽ ảnh số đã thay đổi một cách toàn diện việc thành lập bản đồ địa hình; Giai đoạn từ năm 2008 với sự phát triển của hệ thống thông tin địa lý (GIS), việc thu thập và xử lý dữ liệu không gian địa lý ngày càng quan trọng và việc ứng dụng cơ sở dữ liệu nền địa lý trong các ngành, các lĩnh vực là tất yếu. Hiện nay, thế giới đang bước vào cuộc cách mạng công nghiệp 4.0, dữ liệu địa không gian có yêu cầu ngày càng cao hơn. Đó là thu thập, xử lý dữ liệu và xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý 3D làm cơ sở dữ liệu nền để xây dựng các cơ sở dữ liệu chuyên ngành khác.

Hệ thống công nghệ Lidar tích hợp chụp ảnh hàng không Citymapper cùng với phần mềm Terrasolid là bộ công cụ đầy đủ cho các công việc thu nhận dữ liệu Lidar và ảnh từ trên máy bay với độ chính xác cao, chất lượng đáng tin cậy và quy trình xử lý

dữ liệu làm ra các sản phẩm: đám mây điểm, mô hình số độ cao (DEM), mô hình số bề mặt (DSM), bình đồ ảnh, mô hình 3D... Trong thời gian tới, Tổng Công ty Tài nguyên và Môi trường Việt Nam tiếp tục hoàn thiện quy trình công nghệ của Hệ thống Citymapper và nghiên cứu ứng dụng sản phẩm của Hệ thống này cho công tác xây dựng cơ sở dữ liệu không gian địa lý, dữ liệu 3D... đáp ứng tốt hơn các yêu cầu của lĩnh vực tài nguyên môi trường, xây dựng thành phố thông minh, chính phủ điện tử và các lĩnh vực khác trong sự phát triển chung của nền kinh tế quốc dân, góp phần giúp chúng ta bước chân lên con tàu Cách mạng Công nghiệp lần thứ Tư.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Văn bản giới thiệu năng lực hệ thống Citymapper - hãng Leica (Thụy sỹ).
- [2]. Hướng dẫn sử dụng phần mềm HxMap của hãng Hexagon (Thụy điển).
- [3]. Hướng dẫn sử dụng phần mềm Terrasolid ( Phần Lan )
- [4]. Bài giảng Đào tạo hệ thống Citymapper - Kapoun Gerald – Hãng Leica
- [5]. Bản giới thiệu Improvement in Citymodelling - Ron Roth- product manager  
Airborn Topographic Lidar – Leica Geosystem
- [6]. Integration of Lidar and photogrametric data for enhanced aerial triangulation and camera calibration. Abdulhamed Salhen Gneesis, School of Engineering and Geosciences Newcastle University 2013.

#### **APPLICATION OF LIDAR INTEGRATED AERIAL PHOTOGRAPHY TECHNOLOGY WITH SYSTEM CITYMAPPER IN CAPTURING, PROCESSING AND BUILDING GEOGRAPHIC SPACE DATA**

*Eng. Le Tuan Anh; Eng. Tran Duc Thuan, MSc Pham Van Tuan, BSc Le Dinh Hien  
Coorporation of Natural resources and environment Viet Nam*

Abstracts: Integrated technology LiDAR and aerial photography (Citymapper - Leica) is a very modern system combining hardware, software with superior, flexible technical features. The products of the system are multi-descriptive geographic objects, providing accurate earth surface information honestly.

Introduction of integrated aerial lidar and photography system's applications in Vietnam from 2007, presentation of basic production workflow, application capabilities of Citymapper system in geographic space data collection to meet the requirements of the natural resources and environment sector are the core content of this article.