

# VỀ CÔNG NGHỆ LIDAR

PGS. TS. TRẦN ĐÌNH TRÍ

Trường ĐH Mỏ Địa chất

ThS. LÊ VĂN HÀ

KS. PHẠM VĂN TUÂN

Tổng CTy Tài nguyên và Môi trường VN

## 1. Giới thiệu về công nghệ

**L**ông nghệ LiDAR là hệ thống tích hợp gồm 3 thành phần chính: Hệ thống định vị toàn cầu GPS; Hệ thống thiết bị quét Laser và Hệ thống đạo hàng quán tính INS (IMU). Hệ thống định vị toàn cầu GPS có nhiệm vụ xác định chính xác toạ độ không gian của thiết bị quét Laser đặt trên máy bay; Thiết bị quét Laser thực hiện các chức năng phát các chùm tia Laser xuống các đối tượng trên mặt đất, thu nhận tia phản xạ và thu nhận cường độ tín hiệu của tia phản xạ từ đối tượng; Hệ thống đạo hàng quán tính INS sử dụng máy gia tốc để xác định vị trí không gian của đối tượng trong trạng thái động, các con quay để đo góc định hướng của các trục máy gia tốc trong hệ toạ độ quán tính, để tính ra góc định hướng của tia quét trong không gian, đồng thời thực hiện các chức năng tính toán xử lý dữ liệu lưu trữ và điều khiển hoạt động các thiết bị của toàn bộ hệ thống.

Trong cùng thời điểm phát và nhận tia Laser thì góc định hướng tia quét, thời gian đi và về của tín hiệu, cường độ tín hiệu phản được xác định và được ghi nhận lại nhờ hệ thống IMU. Hệ thống GPS xác định toạ độ không gian XYZ của tâm anten máy thu. Kết hợp với các thông tin về môi trường truyền sóng, các sai số của các thiết bị và bằng các phần mềm xử lý số liệu sẽ cho ra hàng loạt điểm của bề mặt được quét có toạ độ, độ cao. Tập hợp các điểm này tạo thành đám mây điểm với mật độ dày đặc biểu thị chi tiết bề mặt địa hình. Với mỗi điểm có toạ độ được gắn với các thuộc tính thể hiện qua

cường độ tín hiệu trở lại của tia Laser. Dữ liệu này sẽ tạo ra ảnh Ortho cường độ xám.

**2. Về cấu hình của hệ thống:** Gồm các phân đoạn

\* *Đoạn không gian bao gồm:*

1. Thiết bị bay;

2. Hệ thống LiDAR;

3. Hệ thống định vị và định hướng;

\* *Đoạn mặt đất bao gồm:*

1. Trạm thu GPS vi phân;

2. Hệ thống phần cứng và phần mềm để đồng bộ hóa và ghi nhận từ sóng tải giàn tiếp. (Xem hình 1)

**3. Mối quan hệ không gian của các thành phần trong hệ thống**

Các vector biểu diễn mối quan hệ không gian của các thành phần của hệ thống được biểu thị trên hình vẽ sau: (Xem hình 2)

Cơ sở toán học của toàn bộ hệ thống được xây dựng trên phương trình cơ bản sau:

$$\vec{G} = \vec{r}_L + \vec{S} \quad (1)$$

Trong đó:  $\vec{G}$  - là vector xác định vị trí không gian của điểm trên bề mặt Trái đất trong hệ toạ độ địa tâm;  $\vec{r}_L$  - vector xác định vị trí không gian của tâm thiết bị quét Laser  $\vec{S}$  - vector xác định vị trí điểm trên Trái đất trong hệ toạ độ của hệ thống quét Laser.

Trên thiết bị bay, hệ thống LiDAR được gắn kết với anten máy thu GPS và hệ thống IMU bằng các cánh tay đòn (arm). Các hệ

thống IMU, GPS đều có các hệ toạ độ không gian riêng. Do vậy để thực hiện được phép cộng vector (số 3.1) phải thực hiện các phép xoay các hệ toạ độ trong không gian ứng với các phép xoay, sẽ có các ma trận quay riêng mà các phần tử của chúng là 3 góc xoay:

$$G_{WGS84} = r_{LWGS84} + (A)_H^{WGS84} \cdot (A)_{IMU}^H \cdot (A)_L^{IMU} \cdot S_L \quad (2)$$

Trong đó:  $(A)_{IMU}^H$  là ma trận quay của các trục hệ toạ độ của IMU với các góc nghiêng dọc  $\varphi$ ; nghiêng ngang  $\omega$  và góc xoay  $\kappa$  (thể hiện trên hình vẽ 2). Các phần tử của ma trận  $(A)_{IMU}^H$  được tính như sau:

$$(A)_{IMU}^H = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$a_{11} = \cos(\kappa) \cdot \cos(\varphi);$$

$$a_{12} = \sin(\kappa) \cdot \cos(\varphi);$$

$$a_{13} = -\sin(\varphi);$$

$$a_{21} = \cos(\kappa) \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\omega) - \sin(\kappa) \cdot \cos(\omega);$$

$$a_{22} = \sin(\kappa) \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\omega) - \cos(\kappa) \cdot \cos(\omega);$$

$$a_{23} = \cos(\varphi) \cdot \sin(\omega);$$

$$a_{31} = \cos(\kappa) \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(\omega) - \sin(\kappa) \cdot \sin(\omega);$$

$$a_{32} = \sin(\kappa) \cdot \sin(\varphi) \cdot \cos(\omega) - \cos(\kappa) \cdot \sin(\omega);$$

$$a_{33} = \cos(\varphi) \cdot \cos(\omega);$$

Còn ma trận quay  $(A)_H^{WGS84}$  sử dụng để biến đổi toạ độ thiết bị về hệ WGS84, là hàm của các giá trị độ vĩ  $\Phi_0$  và độ kinh  $\Lambda_0$ ; được tính như sau:

$$(A)_H^{WGS84} = \begin{pmatrix} -\cos(\Lambda_0) \cdot \sin(\Phi_0) & -\sin(\Lambda_0) & -\cos(\Lambda_0) \cdot \cos(\Phi_0) \\ -\sin(\Lambda_0) \cdot \sin(\Phi_0) & \cos(\Lambda_0) & -\sin(\Lambda_0) \cdot \cos(\Phi_0) \\ \cos(\Phi_0) & 0 & \sin(\Phi_0) \end{pmatrix} \quad (4)$$

Riêng ma trận  $(A)_L^{IMU}$ , có các phần tử

được tính từ các sai số góc định hướng  $\delta\varphi$ ,  $\delta\omega$ , và  $\delta\kappa$  của hệ IMU:

$$(A)_L^{IMU} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{21} & b_{31} \\ b_{12} & b_{22} & b_{32} \\ b_{13} & b_{23} & b_{33} \end{pmatrix}; \quad (5)$$

$$b_{11} = \cos(d\kappa) \cdot \cos(d\varphi);$$

$$b_{12} = \sin(d\kappa) \cdot \cos(d\varphi);$$

$$b_{13} = -\sin(d\varphi);$$

$$b_{21} = \cos(d\kappa) \cdot \sin(d\varphi) \cdot \sin(d\omega) - \sin(d\kappa) \cdot \cos(d\omega);$$

$$b_{22} = \sin(d\kappa) \cdot \sin(d\varphi) \cdot \sin(d\omega) - \cos(d\kappa) \cdot \cos(d\omega);$$

$$b_{23} = \cos(d\varphi) \cdot \sin(d\omega);$$

$$b_{31} = \cos(d\kappa) \cdot \sin(d\varphi) \cdot \cos(d\omega) - \sin(d\kappa) \cdot \sin(d\omega);$$

$$b_{32} = \sin(d\kappa) \cdot \sin(d\varphi) \cdot \cos(d\omega) - \cos(d\kappa) \cdot \sin(d\omega);$$

$$b_{33} = \cos(d\varphi) \cdot \cos(d\omega);$$

Trong hệ toạ độ (L) của thiết bị quét, khoảng cách nghiêng (slant ranger) tức thời (instantaneous) được tính theo công thức:

$$S_L = (S + S_{add}) \cdot \begin{pmatrix} \sin(\delta) \cdot \sin(\xi) \\ -\cos(\delta) \\ \sin(\delta) \cdot \cos(\xi) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Với:

$$\delta = 2 \cdot \arccos[\cos(\alpha_\omega) \cdot \sin(\gamma_M) \cdot \sin(\vartheta) + \cos(\gamma_M) \cdot \cos(\vartheta)];$$

$$\xi = -\arctan\left[\frac{\sin(\alpha_\omega) \cdot \sin(\gamma_M)}{\cos(\alpha_M) \cdot \sin(\gamma_M) \cdot \cos(\vartheta) + \sin(\gamma_M) \cdot \sin(\vartheta)}\right]$$

Các giá trị góc định hướng của tia quét được thể hiện trên hình vẽ 2; trong đó:

$S$  - là khoảng cách nghiêng (slant ranger) đo được;

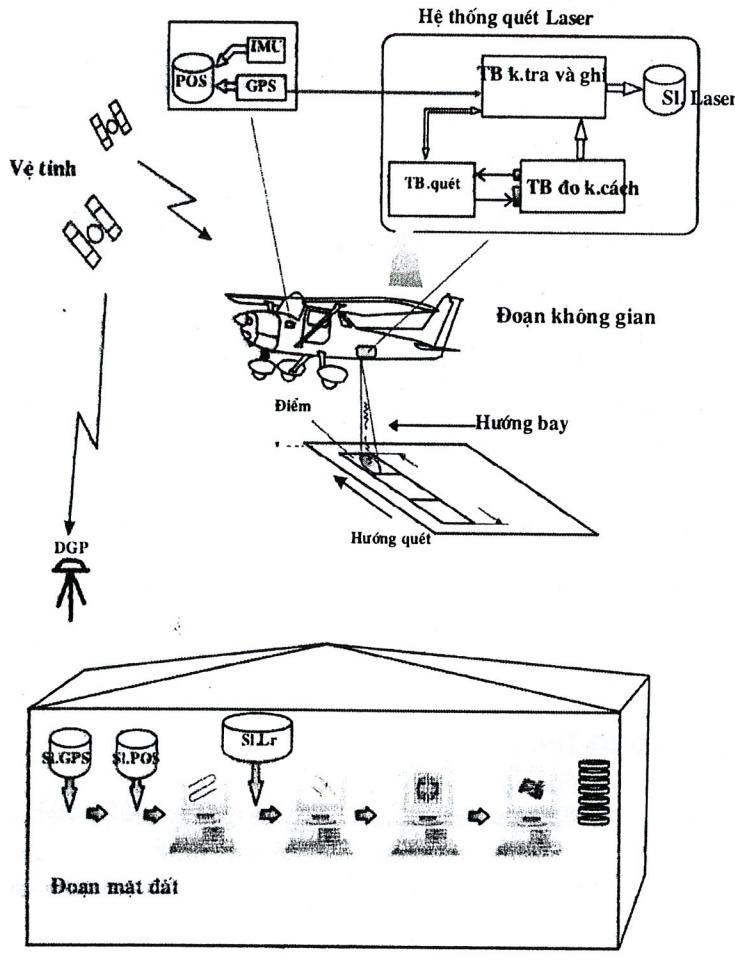
$\alpha_\omega$  - góc quay tức thời của trục môtor;

$\vartheta$  - góc nghiêng của trục môtor;

Như vậy, dưới dạng tổng quan, vị trí của điểm trên bề mặt Trái đất có vị trí được xác định trong hệ toạ độ WGS84 bằng vector  $G_{WGS84}$ .

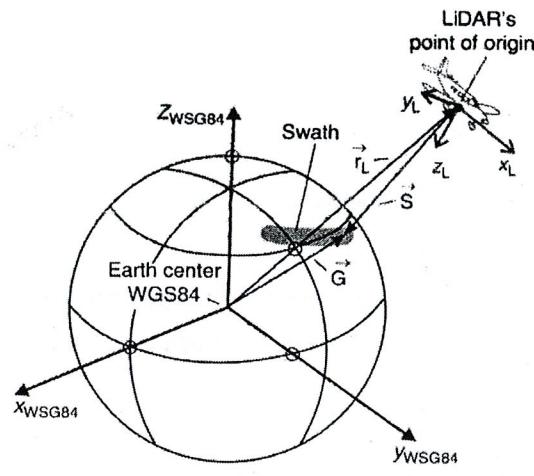
## Trao đổi - Ý kiến

$$G^{WGS\ 84} = r_L^{WGS\ 84} + (\Lambda_0 \Phi_0)_H^{WGS\ 84} \cdot (\omega, \kappa, \varphi)_{IMU}^H \cdot (\delta\omega, \delta\kappa, \delta\varphi)_L^{IMU} \cdot S_L(S_{add}, \gamma_M)$$



Hệ thống LiDAR

Hình 1



Hình 2

#### 4. Kết luận

Như vậy công nghệ LiDAR là một công nghệ mới, hiện đại và rất phức tạp, đang được nghiên cứu và hoàn thiện phát triển và được ứng dụng rất có hiệu quả trong lĩnh vực nghiên cứu, quản lý tài nguyên và môi trường. Sự ra đời và nhanh chóng ứng dụng công nghệ LiDAR đã mở ra một kỷ nguyên mới trong hoạt động của các ngành Trắc địa và Bản đồ trên thế giới và ở Việt Nam. Những ứng dụng công nghệ LiDAR rất khả quan, hiệu quả kinh tế cũng rất lớn và là một hướng đi trong tương lai của ngành Trắc địa và Bản đồ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Cáp Xuân Tú, (2008). Nghiên cứu ứng dụng hệ thống tích hợp LiDAR và máy chụp ảnh số trong thành lập CSDL mô hình số độ cao và bình đồ trực ảnh tại Việt Nam. Tuyển tập báo cáo HNKH lần thứ 18, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Q.5/2008.

[2]. Jie Shan, Charler K. Toth. Topographic Laser Ranging and Scanning. CRC Press, 2008 by Taylor & Francis Group, LLC.

#### XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THÔNG TIN...

(Tiếp theo trang 18)

##### Summary

DETERMINATION OF THE CHARACTERISTIC INFORMATIONS OF SEABED TOPOGRAPHY

Dang Nam Chinh

Hanoi University of Mining and Geology

Duong Minh Cuong

Center for Sea Survey and Mapping

Le Thi Thanh Tam

Hanoi University of Mining and Geology

This paper introduces a method for determination of the characteristic information of seabed topography in investigative region by survey-line. This characteristic information are necessary to technical planning for seabed mapping using singlebeam echosounder or multibeam echosounder.○