

# Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS động (GNSS RTK) kết hợp toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ phục vụ đào tạo sinh viên Ngành Trắc địa – Quản Lý Đất Đai

Nguyễn Văn Quang\*, Nguyễn Thanh Tùng\*

\*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Received: 24/9/2024; Accepted: 4/10/2024; Published: 11/10/2024

**Abstract:** This article investigates the application of GNSS RTK technology in combination with electronic total stations in the cadastral surveying practice course for map creation. The objective of the study is to enhance the quality of training and improve practical skills for students majoring in Geodesy and Land Management (GLM). The results show that the adoption of modern technology has brought significant efficiency and time savings in the training process.

**Keywords:** GNSS RTK, Total Stations, surveying

## 1. Đặt vấn đề

Việc ứng dụng công nghệ GNSS RTK và toàn đạc điện tử là rất cần thiết để trang bị cho sinh viên (SV) những kỹ năng thực hành hiệu quả. Công nghệ GNSS RTK cho phép SV thực hiện đo đạc với độ chính xác cao trong thời gian thực, giúp SV hiểu rõ cách thức hoạt động của hệ thống định vị toàn cầu và cách ứng dụng trong các dự án thực tế. Bên cạnh đó, máy toàn đạc điện tử cung cấp cho SV đo các đại lượng về góc và khoảng cách, từ đó hình thành kỹ năng xử lý và phân tích dữ liệu địa lý. Sự kết hợp giữa hai công nghệ này không chỉ giúp SV nắm vững lý thuyết mà còn tạo cơ hội cho SV thực hành trong các tình huống thực tế, chuẩn bị tốt hơn cho công việc sau khi ra trường.

Địa điểm nghiên cứu là khu đất giá 2,5ha tại phường Phúc Diễn, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội. Khu vực có địa hình bằng phẳng, thuận lợi cho việc đo đạc và thu thập dữ liệu.

## 2. Nội dung nghiên cứu

### 2.1. Công nghệ GNSS RTK

#### 2.1.1. Khái niệm công nghệ GNSS RTK

Công nghệ GNSS RTK (Real – Time Kinematic) là một phương pháp định vị vệ tinh sử dụng các hệ thống định vị toàn cầu (Global Navigation Satellite Systems) như GPS, Glonass, Galileo hay Beidou để cung cấp thông tin vị trí với độ chính xác cao trong thời gian thực.

Nguyên lý hoạt động của GNSS RTK dựa trên việc sử dụng một trạm tham chiếu cố định (trạm gốc) và một hoặc nhiều thiết bị di động (rover), cả hai đều nhận tín hiệu vệ tinh và so sánh chúng để cải thiện độ

chính xác vị trí. Trạm tham chiếu cố định truyền các tín hiệu hiệu chỉnh đến thiết bị di động qua sóng vô tuyến hoặc kết nối dữ liệu di động. Thiết bị di động sau đó sử dụng những hiệu chỉnh này để cải thiện độ chính xác của vị trí đo được, thường đạt đến mức centimet. Do đó, công nghệ GNSS RTK trở thành một công cụ rất hữu ích trong các lĩnh vực như trắc địa, xây dựng hay quản lý đất đai.

2.1.2. Công thức cơ bản tính khoảng cách từ vệ tinh đến thiết bị đo:

Khoảng cách  $\rho_i$  từ vệ tinh thứ  $i$  đến thiết bị đo (rover) được biểu diễn dưới dạng [1]:

$$\rho_i = c \cdot (t_{ri} - t_{si}) + \Delta\rho \quad (1)$$

Trong đó:  $c$  là tốc độ ánh sáng (khoảng  $3 \cdot 10^8$  m/s)

$t_{ri} - t_{si}$  là thời gian lan truyền tín hiệu từ vệ tinh  $i$  đến thiết bị đo

$\Delta\rho$  là các sai số do tầng đối lưu, tầng điện ly và các yếu tố môi trường.

GNSS RTK sử dụng tín hiệu pha sóng mang để tính khoảng cách chính xác hơn giữa vệ tinh và thiết bị đo (rover). Pha sóng mang  $\phi_i$  của tín hiệu từ vệ tinh  $i$  đến thiết bị đo được mô tả theo công thức [1]:

$$\Phi_i = \frac{1}{\lambda} \cdot \rho_i + N_i \quad (2)$$

Trong đó:  $\lambda$  là bước sóng của tín hiệu sóng mang  $\rho_i$  là khoảng cách từ vệ tinh  $i$  đến thiết bị đo (rover) theo công thức trên.

$N_i$  là số chu kỳ pha ban đầu chưa biết.

Do khoảng cách từ vệ tinh đến thiết bị thu lớn, sai số lan truyền tín hiệu ảnh hưởng đến cả trạm gốc và trạm rover. Khi trạm gốc (Base Station) tính được sai

số  $\Delta\rho$ , nó sẽ truyền thông tin này đến trạm rover. Sai số  $\Delta\rho_b$  được tính tại trạm gốc:

$$\Delta\rho_b = \rho_b - \widehat{\rho}_b$$

Trong đó:  $\rho_b$  là khoảng cách từ vệ tinh đến trạm gốc

$\widehat{\rho}_b$  là khoảng cách chính xác đã biết của trạm gốc

Rover sẽ nhận thông tin sai số này và hiệu chỉnh khoảng cách tính toán của nó:

$$\widehat{\rho}_r = \rho_r - \Delta\rho_b$$

Trong đó:  $\widehat{\rho}_r$  là khoảng cách đã được sửa lỗi cho rover

$\rho_r$  là khoảng cách tính toán ban đầu từ vệ tinh đến rover.

### 2.1.3. Công thức tính vị trí trong GNSS RTK

Vị trí của rover có thể được xác định bằng cách sử dụng tọa độ từ nhiều vệ tinh và kết hợp với thông tin sửa lỗi từ trạm gốc. Vị trí  $X_r$  của rover được xác định thông qua hệ phương trình sau [1]:

$$X_r = X_b + \sum_{i=1}^n (X_i - X_b) \quad (3)$$

Trong đó:  $X_r$  là tọa độ của rover cần tìm

$X_b$  là tọa độ của trạm gốc (đã biết),

$X_i$  là tọa độ của vệ tinh thứ  $i$

$n$  là số lượng vệ tinh được sử dụng để tính toán.

## 2.2. Toàn đạc điện tử

Máy toàn đạc điện tử là một thiết bị đo đạc hiện đại, kết hợp giữa máy đo khoảng cách điện tử (EDM) và máy kinh vĩ (theodolite) để đo khoảng cách, góc và tọa độ của các điểm trên bề mặt đất. Dưới đây là các công thức chính để mô tả nguyên lý hoạt động của máy toàn đạc điện tử:

### 2.2.1. Công thức tính khoảng cách nghiêng

Máy toàn đạc đo khoảng cách nghiêng  $D_s$  giữa hai điểm (trạm đo và mục tiêu) bằng sóng ánh sáng hoặc sóng vô tuyến theo công thức [2]:

$$D_s = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \quad (4)$$

Trong đó:  $D_s$  là khoảng cách nghiêng

$c$  là tốc độ ánh sáng (hoặc tốc độ sóng tín hiệu)

$\Delta t$  là thời gian tín hiệu của sóng trong không gian.

### 2.2.2. Công thức tính khoảng cách ngang

Khoảng cách ngang được tính theo công thức [2]:

$$D_h = D_s \cdot \cos(\theta) \quad (5)$$

Trong đó:  $D_h$  là khoảng cách ngang

$\theta$  là góc đứng của máy đo được

### 2.2.3. Công thức tính chênh cao

Máy toàn đạc cũng cho phép tính toán chênh cao

giữa trạm đo và mục tiêu. Chênh cao  $\Delta H$  được tính theo công thức [2]:

$$\Delta H = D_s \cdot \sin(\theta) \quad (6)$$

Trong đó:  $\Delta H$  là chênh cao giữa trạm đo và mục tiêu

$D_s$  là khoảng cách nghiêng

$\theta$  là góc nghiêng

### 2.2.4. Công thức tính tọa độ

Từ các phép đo khoảng cách ngang  $D_h$ , góc phương vị ngang  $\alpha$  và tọa độ của trạm đo, có thể tính tọa độ của các điểm đo ( $X_i$ ;  $Y_i$ ;  $Z_i$ ) theo hệ tọa độ Đề - các:

- Tính tọa độ  $X_i$ ;  $Y_i$

$$X_i = X_0 + D_h \cdot \sin(\alpha) \quad (7)$$

$$Y_i = Y_0 + D_h \cdot \cos(\alpha)$$

Trong đó:  $X_i$ ;  $Y_i$  là tọa độ điểm đo

$X_0$ ;  $Y_0$  là tọa độ điểm trạm đo

$D_h$  là khoảng cách ngang

$\alpha$  là góc phương vị ngang

- Tính tọa độ  $Z_i$

$$Z_i = Z_0 + \Delta H \quad (8)$$

Trong đó  $Z_i$  là độ cao điểm đo

$Z_0$  là độ cao điểm trạm đo

$\Delta H$  là chênh cao đo tính theo công thức trên.

## 2.3. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS động (GNSS RTK) kết hợp toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ phục vụ đào tạo sinh viên Ngành Trắc địa – Quản Lý Đất Đai

### 2.3.1. Lập kế hoạch thực địa

- **Chọn địa điểm:** Khu đất giá 2,5ha, phường Phúc Diễn, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội, được chọn vì tính đa dạng địa hình và sự cần thiết trong việc lập bản đồ.

- **Thiết lập lưới đo:** Sử dụng máy GNSS RTK tạo lưới đo gồm 12 điểm đường chuyền kinh vĩ, phân bố đều để đảm bảo độ phủ và độ chính xác của dữ liệu.

### 2.3.2. Sử dụng thiết bị

**GNSS RTK EFIX F7+:** Triển khai trạm gốc và trạm di động. Đảm bảo thiết bị được hiệu chuẩn và cài đặt đúng thông số trước khi bắt đầu đo đạc.

- **Máy toàn đạc điện tử TOPcon 220:** Được sử dụng để đo các điểm trong lưới, thu thập dữ liệu về địa chính và các cấu trúc có liên quan.

Trong những năm qua, sinh viên ngành Trắc địa và Quản lý đất đai, trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội đã ứng dụng thiết bị trong thực tế và làm được những sản phẩm đúng, chất lượng. Dưới đây là một số hình ảnh đo đạc thực tế của SV ngành Trắc địa – Quản lý đất đai và kết quả xử lý.



Hình 2.1. Đo GNSS RTK tại khu vực thực nghiệm



Hình 2.2. SV tham gia thực tập

2.3.3. Xử lý dữ liệu

(1). Thu thập dữ liệu đo

Dữ liệu thu thập bằng máy GNSS RTK EFIX F7+ được xử lý bằng phần mềm chuyên dụng. Kết quả xử lý là tọa độ của 12 điểm khống chế mặt bằng và độ cao.

Bảng 2.1. Tọa độ sau bình sai và sai số vị trí điểm Hệ tọa độ VN2000 – Múi chiếu 3<sup>0</sup>. Kinh tuyến trục 105<sup>0</sup>Đ

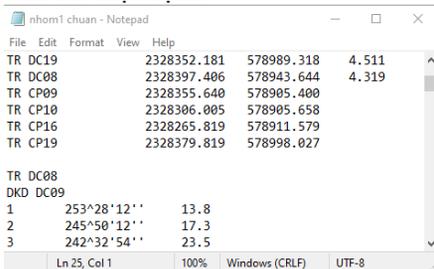
TT	Tên điểm	X (m)	Y (m)	H (m)	M <sub>x</sub> (m)	M <sub>y</sub> (m)	M <sub>xy</sub> (m)	M <sub>H</sub> (mm)
1	GT1	2328221.866	2328154.209	4.654	0.001	0.001	0.001	3.0
2	GT2	2328228.483	475014.990	4.856	0.001	0.001	0.001	2.8
3	GT3	2328161.751	474945.278	4.891	0.000	0.000	0.000	2.9
4	GT4	2328117.866	474892.398	4.772	0.000	0.000	0.000	3.5
5	GT5	2328059.412	474999.918	4.864	0.000	0.000	0.000	3.4
6	GT6	2328093.708	475024.355	4.838	0.000	0.000	0.000	3.6
7	GT7	2328130.363	475024.355	4.658	0.001	0.000	0.001	3.1
8	GT8	2328154.209	475054.054	4.780	0.001	0.001	0.001	2.7
9	KV1	2328183.017	475060.391	4.764	0.010	0.003	0.010	3.4
10	KV2	2328185.980	475039.638	4.812	0.010	0.010	0.014	3.6
11	KV3	2328171.173	475016.428	4.685	0.009	0.010	0.014	3.3
12	KV4	2328135.100	474977.838	4.738	0.006	0.008	0.010	3.5

Đối chiếu với quy phạm thành lập lưới khống chế mặt bằng hạng IV và lưới thủy chuẩn kỹ thuật, thấy kết quả hoàn toàn phù hợp làm cơ sở để đo vẽ chi tiết thành lập bản đồ bằng máy toàn đạc điện tử.

(2). Biên tập bản đồ bằng Phần mềm MicroStation SE

Số liệu đo bằng máy Toàn đạc điện tử được trút và biên tập bằng phần mềm chuyên dụng.

Dưới đây là bảng minh họa dữ liệu trạm đo và dữ liệu đo chi tiết một trạm.



Hình 2.3: File số liệu đo chi tiết được sử dụng để biên tập bản đồ

Tiếp theo, dữ liệu được biên tập trên phần mềm Famis chạy trên nền MicroStation SE. Kết quả là bản đồ hoàn chỉnh có thể được sử dụng trong các công việc tiếp theo.



Hình 2.4. Trích bản đồ được biên tập bằng phần mềm MicroStation SE

2.3.4. Đánh giá kết quả: So sánh độ chính xác: Đánh giá độ chính xác của bản đồ thành lập bằng cách so sánh với các bản đồ hiện có, phân tích sai số và độ tin cậy của dữ liệu thu thập.

2.4. Kết quả và thảo luận. Kết quả từ quá trình thực hiện cho thấy:

- **Độ chính xác:** Công nghệ GNSS RTK kết hợp với toàn đạc điện tử đã giúp giảm sai số đo đạc xuống dưới 5 cm, đảm bảo độ chính xác cao cho bản đồ.

- **Thời gian thu thập dữ liệu:** Thời gian thực hiện đo đạc được rút ngắn đáng kể so với phương pháp truyền thống, cho phép SV có nhiều thời gian thực hành hơn.

- **Nâng cao kỹ năng:** SV đã có cơ hội thực hành với thiết bị hiện đại, từ việc thiết lập thiết bị đến xử lý dữ liệu, giúp họ nắm vững quy trình đo đạc và ứng dụng thực tiễn.

3. Kết luận

Nghiên cứu khẳng định rằng việc ứng dụng công nghệ GNSS RTK kết hợp với toàn đạc điện tử trong thành lập bản đồ tại khu đất giá 2,5ha, phường Phúc Diễn là rất hiệu quả. Công nghệ hiện đại không chỉ nâng cao chất lượng bản đồ mà còn tạo điều kiện cho SV phát triển kỹ năng thực hành, góp phần chuẩn bị cho chính SV trong môi trường làm việc thực tế sau khi ra trường.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Đặng Nam Chinh, Đỗ Ngọc Đường (2012), *Định vị vệ tinh*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Nguyễn Trọng Sang và nnk (2017) *Trắc địa cơ sở*, NXB Xây dựng, Hà Nội.
- [3]. Hồ Việt Hoàng và nnk (2021), *Ứng dụng GPS động và máy toàn đạc điện tử xây dựng lưới khống chế phục vụ lập bản đồ trích đo địa chính tại viện nghiên cứu và phát triển, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*, Tạp chí Khoa học và công nghệ nông nghiệp, tập 5 (2) – 2021.