

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC ĐO KHOẢNG CÁCH KHÔNG GƯƠNG CỦA MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ TS-16

LÊ THỊ HÀ

Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông Vận tải - Phân hiệu tại TP Hồ Chí Minh

## Tóm tắt

Nhờ tích hợp chương trình đo laser, máy toàn đạc điện tử ngày càng được sử dụng rộng rãi bằng phương pháp đo khoảng cách không gương. Đây là phương pháp đo thuận tiện, hiệu quả đặc biệt đối với địa hình chật hẹp, khó tiếp cận. Độ chính xác đo khoảng cách không gương phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó bề mặt phản xạ của vật thể đóng vai trò quan trọng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm độ chính xác đo không gương của máy TS-16 khi đối tượng phản xạ có cấu trúc, hình dáng và chất liệu phản xạ khác nhau.

## 1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, kỹ thuật laser được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực trong đó có các thiết bị đo khoảng cách. Từ các thiết bị đo khoảng cách chuyên dụng như các máy DISTO, các thiết bị Distomat DI .v.v... chương trình đo khoảng cách laser đã được tích hợp trong các loại máy toàn đạc điện tử (total station). Trong thực tế công tác đo đạc, có nhiều điểm trên địa hình như khu vực chật hẹp trong đô thị, các điểm trên các công trình cao tầng, các khu vực sạt lở, dốc đứng... không thể tiếp cận bằng mia hoặc gương phản xạ. Để đo khoảng cách đến các điểm đặc trưng này, phương pháp không gương là giải pháp công nghệ tối ưu vừa thuận tiện, hiệu quả và an toàn. Cũng cần lưu ý rằng: độ chính xác đo khoảng cách không gương phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó có loại hình và công suất laser; các đối tượng phản xạ tia

laser như chất liệu, hình dạng, màu sắc, độ nhẵn bề mặt, trạng thái (khô, ẩm) của đối tượng .v.v.. [1]. Mỗi loại máy toàn đạc điện tử có độ chính xác, ưu nhược điểm và điều kiện ứng dụng khác nhau. Việc khảo sát, kiểm chứng độ chính xác đo không gương của các loại máy đối với các đối tượng phản xạ khác nhau là cần thiết, cho phép kiểm chứng (test) các tiêu chuẩn kỹ thuật của các hãng chế tạo máy và là cơ sở để lựa chọn các chỉ tiêu kỹ thuật phù hợp khi đo khoảng cách không gương bảo đảm độ chính xác theo yêu cầu.

## 2. Khảo sát độ chính xác đo khoảng cách không gương của máy TS-16

### 2.1. Đo đạc thực nghiệm

Chương trình thực nghiệm được tiến hành bằng máy TS-16. TS-16 là máy toàn đạc điện tử laser do hãng Leica (Thụy Sĩ) chế tạo. TS-16 được đặc trưng bằng các tiêu chuẩn kỹ thuật sau đây: [2]

Ngày nhận bài: 14/9/2018, ngày chuyển phân biên: 17/9/2018, ngày chấp nhận phân biên: 20/9/2018, ngày chấp nhận đăng: 21/9/2018

## Nghiên cứu - Ứng dụng

Leica Viva TS16	TS16 M	TS16 A	TS16 P	TS16 I
Đo góc (Angle measurement)	v	v	v	v
Đo khoảng cách tới gương (Distance measurement to prism)	v	v	v	v
Đo khoảng cách tới bề mặt bất kỳ (không gương) (Distance measurement to any reflectorless))	v	v	v	v
Tự động bắt mục tiêu (Automatic Target Aiming - ATRplus)	x	v	v	v
Tự động tìm mục tiêu (Power Search (PS))	x	x	v	v
Camera góc rộng (Wide-Angle Camera)	x	x	x	v
Đèn hướng dẫn (Guide Light (EGL))	v	v	v	v
Giao diện thẻ nhớ SD, USB, RS232 (RS232, USB and SD card interface), bluetooth	v	v	v	v
v Tiêu chuẩn (có sẵn) x Không có sẵn				

*Bảng 1: Tổng hợp số liệu đo khoảng cách*

Trạm đo	Lần đo	Khoảng cách có gương (m)	vi	Khoảng cách không gương (m)	vi
A1	1	29.659	-0.001	29.659	0.000
	2	29.658	0.000	29.659	0.000
	3	29.658	0.000	29.658	0.001
	4	29.658	0.000	29.658	0.001
	5	29.658	0.000	29.659	0.000
	Trung bình	29.658		29.659	
A2	1	67.051	0.000	67.051	0.000
	2	67.051	0.000	67.051	0.000
	3	67.051	0.000	67.052	-0.001
	4	67.050	0.001	67.051	0.000
	5	67.051	0.000	67.050	0.001
	Trung bình	67.051		67.051	
A3	1	86.771	0.000	86.770	0.001
	2	86.771	0.000	86.771	0.000
	3	86.770	0.001	86.772	-0.001
	4	86.771	0.000	86.771	0.000
	5	86.771	0.000	86.771	0.000

*Nghiên cứu - Ứng dụng*

	Trung bình	86.771		86.771	
A4	1	121.913	0.000	121.913	0.000
	2	121.913	0.000	121.914	-0.001
	3	121.913	0.000	121.913	0.000
	4	121.913	0.000	121.913	0.000
	5	121.912	0.001	121.912	0.001
	Trung bình	121.913		121.913	
A5	1	148.011	0.000	148.011	-0.001
	2	148.011	0.000	148.009	0.001
	3	148.010	0.001	148.011	-0.001
	4	148.011	0.000	148.010	0.000
	5	148.011	0.000	148.011	-0.001
	Trung bình	148.011		148.010	
A6	1	178.887	0.000	178.887	0.000
	2	178.887	0.000	178.887	0.000
	3	178.887	0.000	178.887	0.000
	4	178.887	0.000	178.886	0.001
	5	178.886	0.001	178.886	0.001
	Trung bình	178.887		178.887	
A7	1	209.074	0.000	209.075	-0.001
	2	209.074	0.000	209.074	0.000
	3	209.074	0.000	209.074	0.000
	4	209.074	0.000	209.074	0.000
	5	209.073	0.001	209.075	-0.001
	Trung bình	209.074		209.074	
A8	1	238.970	0.000	238.969	0.001
	2	238.969	0.001	238.970	0.000
	3	238.970	0.000	238.970	0.000
	4	238.970	0.000	238.970	0.000
	5	238.970	0.000	238.971	-0.001
	Trung bình	238.970		238.970	
A9	1	269.928	0.000	269.929	-0.001
	2	269.928	0.000	269.928	0.000
	3	269.928	0.000	269.927	0.001
	4	269.927	0.001	269.927	0.001
	5	269.928	0.000	269.928	0.000
	Trung bình	269.928		269.928	
A10	1	299.727	0.000	299.726	0.001
	2	299.727	0.000	299.727	0.000
	3	299.727	0.000	299.727	0.000
	4	299.728	-0.001	299.728	-0.001
	5	299.727	0.000	299.728	-0.001
	Trung bình	299.727		299.727	

*Bảng 2: Kết quả tính toán đánh giá độ chính xác*

Trạm đo	Có gương			Không gương		
	Giá trị xác suất nhất của đoạn thẳng	Sai số trung phương lần đo $\mu$	Sai số trung phương trị xác suất nhất ( $m_x$ )	Giá trị xác suất nhất của đoạn thẳng	Sai số trung phương lần đo $\mu$	Sai số trung phương trị xác suất nhất ( $m_x$ )
1	29.658	± 0.0005	±0.0002	29.659	± 0.0007	±0.0003
2	67.051	± 0.0005	±0.0002	67.051	± 0.0007	±0.0003
3	86.771	± 0.0005	±0.0002	86.771	± 0.0007	±0.0003
4	121.913	± 0.0005	±0.0002	121.913	± 0.0007	±0.0003
5	148.011	± 0.0005	±0.0002	148.010	± 0.0009	±0.0004
6	178.887	± 0.0005	±0.0002	178.887	± 0.0007	±0.0003
7	209.074	± 0.0005	±0.0002	209.075	± 0.0007	±0.0003
8	238.970	± 0.0005	±0.0002	238.970	± 0.0007	±0.0003
9	269.928	± 0.0005	±0.0002	269.928	± 0.0009	±0.0004
10	299.727	± 0.0005	±0.0002	299.727	± 0.0009	±0.0004

*Bảng 3: Kết quả đo thực nghiệm trên bìi giấy*

STT	Khoảng cách	Ghi chú	STT	Khoảng cách	Ghi chú	STT	Khoảng cách	Ghi chú
1	17.147	Bìa vàng	1	17.146	Bìa đỏ	1	17.146	Bìa xanh
2	17.146	Bìa vàng	2	17.147	Bìa đỏ	2	17.147	Bìa xanh
3	17.147	Bìa vàng	3	17.147	Bìa đỏ	3	17.146	Bìa xanh
4	17.147	Bìa vàng	4	17.147	Bìa đỏ	4	17.146	Bìa xanh
5	17.146	Bìa vàng	5	17.146	Bìa đỏ	5	17.146	Bìa xanh
6	132.647	Bìa vàng	6	132.647	Bìa đỏ	6	132.647	Bìa xanh
7	132.647	Bìa vàng	7	132.646	Bìa đỏ	7	132.647	Bìa xanh
8	132.647	Bìa vàng	8	132.647	Bìa đỏ	8	132.647	Bìa xanh
9	132.646	Bìa vàng	9	132.646	Bìa đỏ	9	132.646	Bìa xanh
10	132.647	Bìa vàng	10	132.647	Bìa đỏ	10	132.647	Bìa xanh

*Bảng 4: Kết quả đo thực nghiệm trên gỗ*

STT	Khoảng cách	Ghi chú	STT	Khoảng cách	Ghi chú	STT	Khoảng cách	Ghi chú
1	17.123	Gỗ sơn vàng	1	17.123	Gỗ sơn đỏ	1	17.122	Gỗ sơn xanh
2	17.123	Gỗ sơn vàng	2	17.122	Gỗ sơn đỏ	2	17.122	Gỗ sơn xanh
3	17.123	Gỗ sơn vàng	3	17.123	Gỗ sơn đỏ	3	17.123	Gỗ sơn xanh
4	17.123	Gỗ sơn vàng	4	17.123	Gỗ sơn đỏ	4	17.123	Gỗ sơn xanh
5	17.123	Gỗ sơn vàng	5	17.123	Gỗ sơn đỏ	5	17.123	Gỗ sơn xanh
6	132.641	Gỗ sơn vàng	6	132.641	Gỗ sơn đỏ	6	132.642	Gỗ sơn xanh
7	132.641	Gỗ sơn vàng	7	132.641	Gỗ sơn đỏ	7	132.641	Gỗ sơn xanh
8	132.641	Gỗ sơn vàng	8	132.641	Gỗ sơn đỏ	8	132.641	Gỗ sơn xanh
9	132.642	Gỗ sơn vàng	9	132.642	Gỗ sơn đỏ	9	132.641	Gỗ sơn xanh
10	132.641	Gỗ sơn vàng	10	132.641	Gỗ sơn đỏ	10	132.641	Gỗ sơn xanh

*Bảng 5: Kết quả đo thực nghiệm trên sắt*

STT	Khoảng cách	Ghi chú	STT	Khoảng cách	Ghi chú	STT	Khoảng cách	Ghi chú
1	17.147	Sắt sơn vàng	1	17.147	Sắt sơn đỏ	1	17.146	Sắt sơn xanh
2	17.147	Sắt sơn vàng	2	17.147	Sắt sơn đỏ	2	17.146	Sắt sơn xanh
3	17.147	Sắt sơn vàng	3	17.147	Sắt sơn đỏ	3	17.146	Sắt sơn xanh
4	17.147	Sắt sơn vàng	4	17.145	Sắt sơn đỏ	4	17.146	Sắt sơn xanh
5	17.147	Sắt sơn vàng	5	17.146	Sắt sơn đỏ	5	17.146	Sắt sơn xanh
6	17.147	Sắt sơn vàng	6	152.647	Sắt sơn đỏ	6	132.647	Sắt sơn xanh
7	17.147	Sắt sơn vàng	7	152.646	Sắt sơn đỏ	7	132.647	Sắt sơn xanh
8	132.646	Sắt sơn vàng	8	132.646	Sắt sơn đỏ	8	132.646	Sắt sơn xanh
9	132.647	Sắt sơn vàng	9	132.647	Sắt sơn đỏ	9	132.647	Sắt sơn xanh
10	132.647	Sắt sơn vàng	10	132.647	Sắt sơn đỏ	10	132.647	Sắt sơn xanh

Được tích hợp chương trình đo laser, các máy toàn đạc điện tử thuộc dòng TS nói chung và TS-16 nói riêng đều có thể đo không gương tới các đối tượng khác nhau. Tuy vậy, tùy vào khả năng phản xạ của vật thể, hình dáng, màu sắc, độ thô ráp, độ ẩm của bề mặt phản xạ, các đối tượng có thể phản xạ chùm tia laser với cường độ khác nhau và độ chính xác đo khoảng cách đến các đối tượng khác nhau cũng khác nhau. Mục tiêu của chương trình nghiên cứu là khảo sát độ chính xác đo khoảng cách không gương tới các đối tượng có khả năng phản xạ khác nhau. Các vật liệu sau đây đã được lựa chọn:

Bìa giấy (màu đỏ, vàng, xanh)

Gỗ (sơn màu đỏ, vàng, xanh)

Sắt (màu đỏ, vàng, xanh)

Đá granit (màu nâu đỏ, nâu sẫm, vàng nhạt)

Để đánh giá độ chính xác thực tế của phương pháp đo khoảng cách không gương của máy toàn đạc điện tử, bố trí một tuyến đo thực nghiệm bao gồm 10 điểm  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8, A_9, A_{10}$  (hình 1). Khoảng cách từ điểm đầu  $A_0$  đến các điểm liên tiếp được tiến hành đo bằng hai

phương pháp: có gương và không gương. (Xem hình 1)

Trong quá trình đo không gương, các tiêu ngắm vật liệu khác nhau bao gồm bìa giấy, gỗ, sắt và đá granit với màu sắc khác nhau lần lượt được thay thế gương trên các đế máy. Để loại trừ sai số thô các đoạn thẳng được tiến hành với số trị đo  $n = 5$ . Kết quả đo đạc thực nghiệm, giá trị xác suất nhất và số hiệu chỉnh được thể hiện trong bảng 1.

### 2.2. Xử lý kết quả thực nghiệm

Độ chính xác phương pháp đo khoảng cách của máy TS-16 được đánh giá qua việc so sánh giá trị dao động khoảng cách giữa các lần đo và sai số trung phương trị xác suất nhất của chế độ đo có gương và chế độ đo không gương trong trường hợp bề mặt phản xạ vuông góc với hướng đo. (Xem bảng 1)

Kết quả tính toán đánh giá độ chính xác được đưa ra trong bảng 2. (Xem bảng 2)

Từ số liệu và xử lý kết quả thực nghiệm cho thấy rằng:

- Cùng một chiều dài cho trước, chế độ đo



Hình 1: Sơ đồ đo thực nghiệm khoảng cách bằng máy toàn đạc laser

dùng gương theo nguyên lý hồng ngoại, chế độ đo khoảng cách không gương theo chương trình đo laser, khoảng cách đo cho độ chính xác cao, dao động trong khoảng  $mD = \pm 1\text{mm}$

- Cùng một chiều dài, chế độ đo khoảng cách không gương cho độ chính xác thấp hơn, giá trị đo dao động trong khoảng  $mD = \pm 1\text{mm} - 3\text{mm}$ .

- Sai số trung phương trị xác suất nhất của chế độ đo có gương và chế độ đo không gương chênh nhau nhiều nhất khoảng  $\pm 0.0002\text{mm}$ .

### 3. Thực nghiệm đo khoảng cách không gương trên một số bề mặt vật liệu

Số liệu đo đặc khoảng cách trên một số bề mặt vật liệu, màu sắc khác nhau được trình bày trong bảng 3, bảng 4, bảng 5. (Xem bảng 3, 4, 5)

Từ số liệu đo và xử lý kết quả thực nghiệm cho thấy rằng:

- Các bề mặt đối tượng màu sẫm có mức độ hấp thụ nhiệt cao (màu đỏ, xanh, và các màu sẫm) khả năng phản xạ chùm laser kém - giá trị đo dao động trong khoảng  $\pm 2\text{mm}$ .

- Đối với các bề mặt đối tượng màu sáng, khả năng phản xạ chùm tia laser mạnh hơn, giá trị đo dao động trong khoảng  $\pm 1\text{mm}$ .

- Độ chính xác đo khoảng cách cao hơn đối với các đối tượng có bề mặt phản xạ nhẵn, thấp hơn đối với các đối tượng có bề mặt thô ráp.

- Độ chính xác đo khoảng cách cao hơn đối với các đối tượng khô, thấp hơn đối với các đối

tượng ẩm ướt.

- Trường hợp tia ngắm (chùm laser) vuông góc với đối tượng mục tiêu, độ chính xác cao hơn so với trường hợp tia ngắm nghiêng hoặc bị lệch khỏi mặt phẳng vuông góc.

### 4. Kết luận

Từ số liệu khảo sát thực nghiệm và xử lý kết quả có thể rút ra một số kết luận sau đây:

1. TS-16 là máy toàn đạc điện tử laser thế hệ mới do hãng Leica chế tạo. Với công suất laser lớn, độ hội tụ chùm tia cao, TS-16 là thiết bị phù hợp cho các nội dung đo không gương. Trong trường hợp đo tới các đối tượng nguy hiểm không thể tiếp cận, các công trình cao tầng .v.v... chế độ đo không gương của máy TS-16 là phương án hiệu quả nhằm bảo đảm độ chính xác đo khoảng cách, giảm thời gian, công sức và an toàn.

2. Tùy vào khoảng cách cần đo đặc, độ chính xác đo khoảng cách không gương của máy TS-16 dao động từ:  $mD = \pm 10\text{mm}$  đến  $\pm (5\text{mm} + 2\text{ppm} \times D)\text{mm}$ . Kết quả tính toán đánh giá độ chính xác cho thấy rằng: với chiều dài đoạn đo  $D \leq 150\text{m}$ , giá trị đo được dao động  $\pm 1\text{mm}$ ; với chiều dài  $D > 150\text{m}$  độ chính xác thấp hơn, giá trị đo được dao động từ  $\pm 1-3\text{mm}$ .

3. Trong trường hợp có thể, khi đo không gương, cần lựa chọn các đối tượng có bề mặt phản xạ nhẵn, màu sáng và tránh các ngày mưa, có độ ẩm cao.

4. Sai số do các hãng sản xuất máy trắc địa giới thiệu trong catalog thường xuất phát từ phòng thí nghiệm. Để lựa chọn các chỉ tiêu đo đạc hợp lý phù hợp với điều kiện thực tế và yêu cầu về độ chính xác, trước khi đo, cần phải tiến hành kiểm định chế độ đo không gương của các máy toàn đạc điện tử. ○

#### **Tài liệu tham khảo**

[1]. Võ Chí Mỹ, 2005, *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ laser trong các công trình mỏ và đường hầm*. Đề tài cấp Nhà nước, mã số HTNC-01, Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội.

[2]. Leica Geosystems, Total Ttation TS-16, Specification and standards. Công ty cổ phần thiết bị SISC, Hà Nội. ○

#### **Summary**

#### **On the accuracy of distance measured by reflectorless total station of TS-16**

*Le Thi Ha*

*University of Communication and Transport,*

*Ho Chi Minh City*

*The accuracy of distances measured by reflectorless total station of TS-16 depend on several factors in which the targets play an important role. The paper presented the results investigation on accuracy of distances measured by totalstaion TS-16 with defferent materials such as paper, wood and iron.* ○