



STUDY TO APPLY DUAL MEASUREMENT IN LEVELLING MEASURE FROM MIDDLE FOR ESTABLISHING ELEVATION NETWORK

Tran Dac Su*, Tran Thi Thao

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO:

TYPE: Research Article

Received: 27/03/2023

Revised: 06/04/2023

Accepted: 10/04/2023

Published online: 15/04/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.3.4>

* *Corresponding author*

Email: tdsu@utc.edu.vn; Tel: +84913040312

Abstract. The levelling from middle is a fundamental measurement method in geodesy that meticulously and strictly prescribed in the standards or regulations for establishing the elevation network. However, in cases of complicated terrain which do not allow for the middle sight condition, this method encounters various difficulties in its implementation. This article aims to analyze simultaneous impact of the curvature of the Earth, vertical refraction, and non-horizontal sight axis in the levelling from the middle at one station and during dual measurement with two stations. Firstly, the corrected value of the simultaneous factors was analyzed to define its quantification based on mathematical transformation and correlation with the different sight distance and the total sight distance of a station. Furthermore, this study proposes a rational option of dual measurement for the levelling from the middle to minimize the the corrected value of the simultaneous factors that ensure the accuracy requirement of the elevation network.

Keywords: levelling method, elevation network, vertical refraction, curvature of the Earth



NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG ĐO KÉP TRONG ĐO CAO HÌNH HỌC TỪ GIỮA PHỤC VỤ THÀNH LẬP LƯỚI ĐỘ CAO

Trần Đắc Sử*, Trần Thị Thảo

Trường Đại học Giao thông Vận tải, Số 3 phố Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO:

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 27/03/2023

Ngày nhận bài sửa: 06/04/2023

Ngày chấp nhận đăng: 10/04/2023

Ngày xuất bản Online: 15/04/2023

<https://doi.org/10.47869/tcsj.74.3.4>

* Tác giả liên hệ

Email: tdsu@utc.edu.vn; Tel: +84913040312

Tóm tắt. Đo cao hình học từ giữa là phương pháp đo cao cơ bản trong trắc địa, được quy định chi tiết, chặt chẽ trong các tiêu chuẩn, quy phạm khi ứng dụng thành lập lưới độ cao. Tuy nhiên, khi ứng dụng với điều kiện địa hình phức tạp, không thể đảm bảo điều kiện chênh lệch tia ngắm từ máy đến mia, phương pháp này gặp rất nhiều khó khăn khi triển khai thực hiện theo quy phạm. Nội dung của bài báo khoa học này là phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang trong đo cao hình học từ giữa tại một trạm máy và trong đo kép với hai trạm máy. Trước tiên, số hiệu chỉnh do ảnh hưởng đồng thời của độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang được phân tích bằng cơ sở toán học để định lượng độ lớn dựa trên mối tương quan với chênh lệch khoảng cách tia ngắm và tổng chiều dài tia ngắm trong một trạm máy. Từ đó, bài báo đề xuất phương án áp dụng phương pháp đo kép hợp lý trong đo cao hình học từ giữa để giảm thiểu số hiệu chỉnh do ảnh hưởng đồng thời độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang đảm bảo độ chính xác yêu cầu của lưới độ cao.

Từ khóa: đo cao hình học, lưới độ cao, chiết quang đứng, độ cong quả đất

© 2023 Trường Đại học Giao thông Vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong đo cao hình học từ giữa độ chính xác cao luôn phải tuân thủ thực hiện mọi quy định của quy phạm như: chiều dài đường ngắm, độ cao đường ngắm, độ chênh lệch khoảng cách từ máy đến mia trước và mia sau, những quy định này đã ảnh hưởng lớn đến độ chính xác kết quả

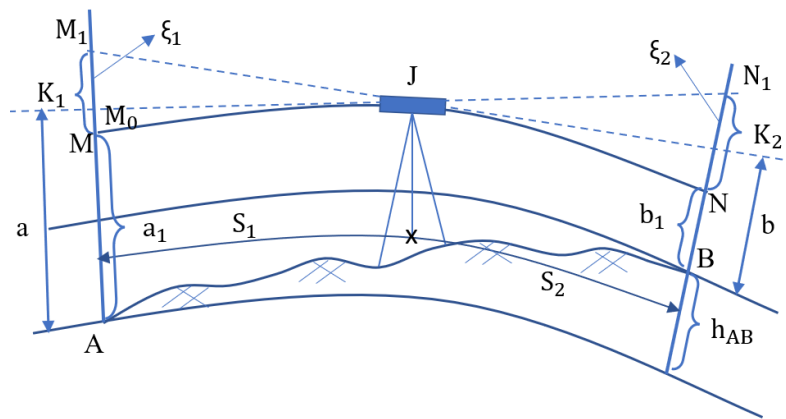
đo. Tuy nhiên, trên thực tế trong nhiều trường hợp do điều kiện địa hình không thể thực hiện được theo quy phạm. Vì vậy, các tác giả bài báo tiến hành phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang đến kết quả đo cao hình học từ giữa, trên cơ sở đó đề xuất phương án đo trong các trường hợp này.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời đến kết quả đo do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang trong đo cao hình học từ giữa

a, Ảnh hưởng do độ cong quả đất và chiết quang đứng

Nguyên lý về ảnh hưởng độ cong quả đất và chiết quang đứng đến đo cao hình học từ giữa được mô tả như hình vẽ sau:



Hình 1. Ảnh hưởng do độ cong quả đất và chiết quang đứng của trục ngắm.

Theo hình 1 [1-7] thì:

$$h_{AB} = (a - b) + V_{h_f} \quad (1)$$

Trong đó:

$$V_{h_f} = f_2 - f_1 \quad (2)$$

$$V_{h_f} = \frac{0.42}{R} (S_2^2 - S_1^2) \quad (3)$$

V_{h_f} là số hiệu chỉnh (mức độ ảnh hưởng) do độ cong quả đất và chiết quang đứng

$$\text{Hay } V_{h_f} = \frac{0.42}{R} \Delta_S \Sigma S \quad (4)$$

Trong đó:

$$\Delta_S = S_2 - S_1 \quad (5)$$

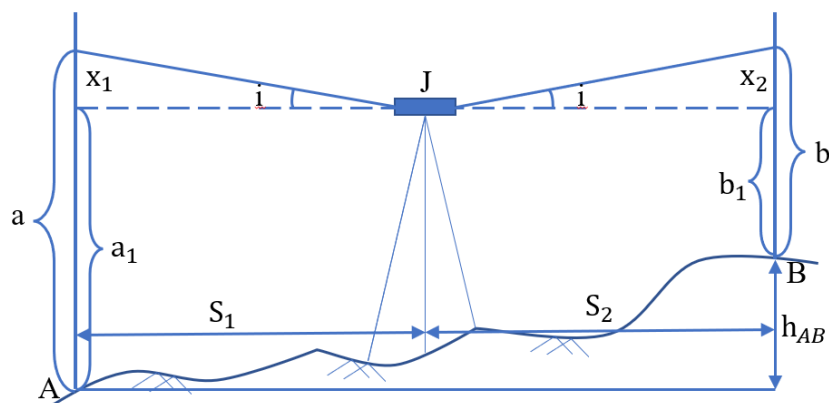
$$\Sigma S = S_2 + S_1 \quad (6)$$

Δ_S là độ chênh lệch khoảng cách từ máy đến mia trước và mia sau.

ΣS là tổng chiều dài đường ngắm từ máy đến mia trước và mia sau.

b, Ảnh hưởng do trục ngắm không nằm ngang

Máy thủy bình sử dụng trong đo cao hình học luôn tồn tại sai số góc i do tia ngắm không nằm ngang, sai số này gây ra sai số khi đo cao mô tả bằng hình vẽ sau:



Hình 2. Ảnh hưởng do trục ngắm không nằm ngang.

Theo hình 2 [1], [2], [6], [8], [9], [10], [11] thì:

$$h_{AB} = (a - b) + V_{h_x} \quad (7)$$

Trong đó:

$$V_{h_x} = x_2 - x_1 \quad (8)$$

$$V_{h_x} = \frac{i''}{\rho''} (S_2 - S_1) \quad (9)$$

$$V_{h_x} = \frac{i''}{\rho''} \Delta S \quad (10)$$

V_{h_x} là số hiệu chỉnh (mức độ ảnh hưởng) do trục ngắm không nằm ngang

c, Ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang

Theo hình 1, hình 2 và [1] thì:

$$h_{AB} = (a - b) + \Delta_{h_{f,x}} \quad (11)$$

Trong đó:

$$\Delta_{h_{f,x}} = V_{h_f} + V_{h_x} \quad (12)$$

Theo công thức (4) và (10) thì:

$$\Delta_{h_{f,x}} = \Delta_S \left(\frac{0.42}{R} \sum S + \frac{i''}{\rho''} \right) \quad (13)$$

$\Delta_{h_{f,x}}$ là số hiệu chỉnh (mức độ ảnh hưởng đồng thời) do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang.

Xét công thức (13) thì $\Delta_{h_{f,x}}$ là hàm số luôn luôn đồng biến và phụ thuộc vào các đối số Δ_S ; $\sum S$; i'' . Đối với một máy thủy chuẩn được sử dụng để đo đạc thì giá trị i'' coi là không đổi vì vậy $\Delta_{h_{f,x}}$ chỉ còn phụ thuộc vào Δ_S ; $\sum S$.

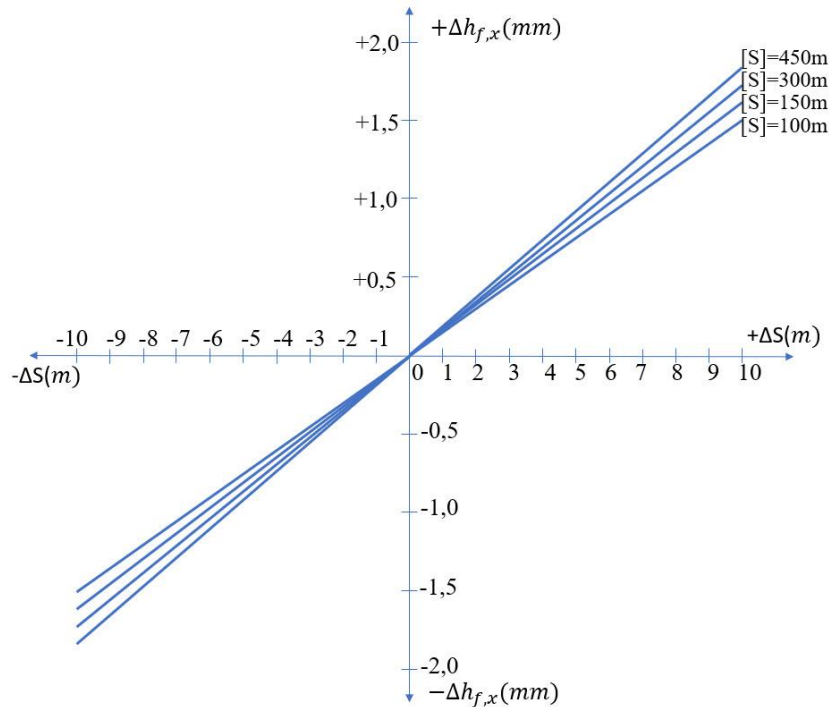
d, Khảo sát mức độ tương quan giữa $\Delta_{h_{f,x}}$ và Δ_S ; $\sum S$

* Đối với máy thủy chuẩn có $i = 30''$, kết quả khảo sát được ghi trong bảng 1

Bảng 1. Mức độ tương quan giữa đối với máy thủy chuẩn $i = 30''$.

$\Delta_S(m)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ghi chú
$\sum S = 100m$ $\Delta_{h_{f,x}}(mm)$	0	0,15	0,30	0,45	0,60	0,75	0,90	1,05	1,20	1,35	1,50	
$\sum S = 150m$ $\Delta_{h_{f,x}}(mm)$	0	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60	
$\sum S = 300m$ $\Delta_{h_{f,x}}(mm)$	0	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	1,70	
$\sum S = 450m$ $\Delta_{h_{f,x}}(mm)$	0	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,08	1,26	1,44	1,62	1,80	

* Mức độ tương quan giữa $\Delta_{h_{f,x}}$ và $\Delta_S; \sum S$ (hình 3):



Hình 3. Biểu đồ tương quan giữa $\Delta_{h_{f,x}}$ và $\Delta_S; \sum S$.

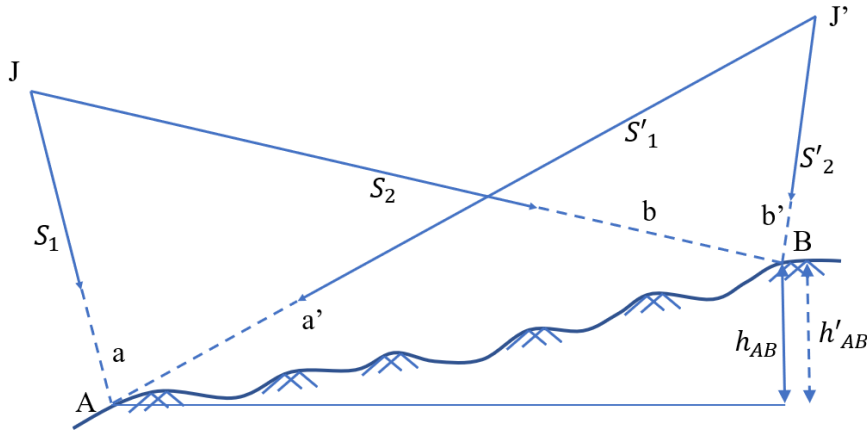
Nhận xét:

- Số hiệu chỉnh (mức độ tương quan) $\Delta_{h_{f,x}}$ là hàm số luôn luôn đồng biến tỷ lệ với $\Delta_S, \sum S$.

- + Với mọi giá trị $\sum S$ khi $\Delta_S = 0$ thì $\Delta_{h_{f,x}} = 0$
- + Với mọi giá trị $\sum S$ khi Δ_S tăng từ $1^m \div 10^m$ thì $\Delta_{h_{f,x}}$ tăng 10 lần.
- + Với mọi giá trị Δ_S khi $\sum S$ tăng từ $100^m \div 450^m$ thì $\Delta_{h_{f,x}}$ chỉ tăng 1,2 lần.

- Số hiệu chỉnh $\Delta_{h_{f,x}}$ chủ yếu phụ thuộc vào Δ_S .

2.2. Phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đúng và trực ngắm không nằm ngang đến kết quả đo kép trong đo cao hình học từ giữa



Hình 4. Sơ đồ đo kép trong đo cao hình học từ giữa.

Theo sơ đồ đo (hình 4) [1] và căn cứ vào công thức (11):

- Khi máy thủy bình đặt tại J :

$$h_{AB} = (a - b) + \Delta_{h_{f,x}} \quad (14)$$

- Khi máy thủy bình đặt tại J' :

$$h'_{AB} = (a' - b') + \Delta'_{h_{f,x}} \quad (15)$$

Khi đó, độ chênh cao đo kép là:

$$h_{AB}^{TB} = \frac{1}{2}(h_{AB} + h'_{AB}) \quad (16)$$

$$\text{Hay } h_{AB}^{TB} = \frac{1}{2}[(a - b) + (a' - b')] + \Delta_{h_{f,x}}^{TB} \quad (17)$$

Trong đó:

$$\Delta_{h_{f,x}}^{TB} = \frac{1}{2}(\Delta_{h_{f,x}} + \Delta'_{h_{f,x}}) \quad (18)$$

$\Delta_{h_{f,x}}^{TB}$ là số hiệu chỉnh do ảnh hưởng đồng thời độ cong quả đất, chiết quang đúng và trực ngắm không nằm ngang đến kết quả đo kép chênh cao bằng phương pháp đo cao hình học từ giữa.

Theo công thức (13):

- Khi đo tại trạm máy J :

$$\Delta_{h_{f,x}} = \Delta_S \left(\frac{0.42}{R} \sum S + \frac{i''}{\rho''} \right) \quad (19)$$

- Khi đo tại trạm máy J' :

$$\Delta_{h'_{f,x}} = \Delta_{S'} \left(\frac{0.42}{R} \sum S' + \frac{i''}{\rho} \right) \quad (20)$$

Trong đó:

$$\Delta_{S'} = S'_2 - S'_1 \quad (21)$$

$$\sum S' = S'_2 + S'_1 \quad (22)$$

Thay (19); (20) vào công thức (18):

$$\Delta_{h'_{f,x}}^{TB} = \frac{0.21}{R} (\Delta_S \sum S + \Delta_{S'} \sum S') + \frac{1}{2} \frac{i''}{\rho} (\Delta_S + \Delta_{S'}) \quad (23)$$

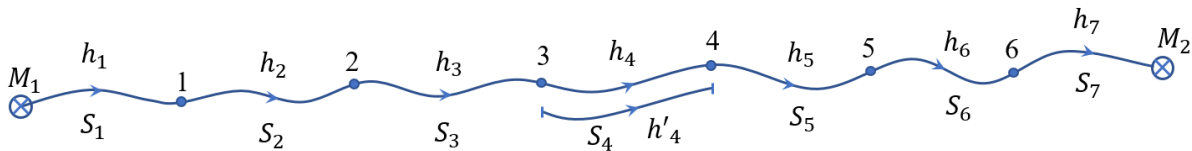
Nhận xét:

Xét công thức (23) thì $\Delta_{h'_{f,x}}^{TB}$ là hàm số luôn luôn đồng biến và phụ thuộc vào các giá trị $(\Delta_S \sum S + \Delta_{S'} \sum S')$; $(\Delta_S + \Delta_{S'})$ và i'' . Đối với một máy thủy chuẩn được sử dụng để đo đạc thì giá trị i'' coi là không đổi. Vì vậy, $\Delta_{h'_{f,x}}^{TB}$ chỉ còn phụ thuộc vào $(\Delta_S \sum S + \Delta_{S'} \sum S')$ và $(\Delta_S + \Delta_{S'})$ nghĩa là phụ thuộc vào Δ_S ; $\sum S$; $\Delta_{S'}$; $\sum S'$.

- Nếu $\Delta_S \approx \Delta_{S'}$; $\sum S \approx \sum S'$ nghĩa là $S_1 \approx S'_2$; $S_2 = S'_1$ thì $\Delta_{h'_{f,x}}^{TB} = 0$

- Nếu $\Delta_S \approx -\Delta_{S'}$; $\sum S \neq \sum S'$ thì $\Delta_{h'_{f,x}}^{TB}$ phụ thuộc (tương quan) với $(\Delta_S \sum S + \Delta_{S'} \sum S')$.

2.3. Khảo sát tuyến độ cao hạng III có trị đo kép



Hình 5. Tuyến độ cao có trị đo kép.

Sơ đồ tuyến độ cao như hình 5. Kết quả đo và tính toán số hiệu chỉnh độ chênh cao đo và độ cao các điểm tuyến được ghi trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo và tính toán số hiệu chỉnh độ chênh cao đo và độ cao các điểm của tuyến.

STT điểm	Khoảng cách (S_i^m)	Độ chênh cao đo (h_i^m)	Độ chênh cao đo kép (h_j^m)	Số hiệu chỉnh V_i^{mm}	Độ chênh cao sau bình sai h_i^m	Độ cao điểm H_i^m
M_1						10,000
	150	+0,427		-1,0	+0,426	
1						10,426
	175	+0,526		-1,3	+0,5247	

STT điểm	Khoảng cách (S_i^m)	Độ chênh cao đo (h_i^m)	Độ chênh cao đo kép (h_j^m)	Số hiệu chỉnh V_i^{mm}	Độ chênh cao sau bình sai h_i^m	Độ cao điểm H_i^m
2						10,9507
	185	+0,632		-1,2	+0,6308	
3						11,5815
	350	+0,347	+0,342	-2,4	+0,3396	
4						11,9211
	200	-1,765		-1,4	-1,7664	
5						10,1547
	195	-1,852		-1,4	-1,8534	
6						8,3013
	180	+0,450		-1,3	+0,4487	
M_2						8,750
	$\sum S$ = 1,435	$\sum h_d$ = -1,235	h_4 đo kép $\sum h_{dk} = -1,240$	$\sum V_i = -10$	$\sum h_i = -1,250$	

* Trường hợp tuyến độ cao có độ chênh cao (h_4) khi đo không đảm bảo điều kiện quy định của quy phạm về độ chênh lệch khoảng cách từ máy đến mia trước và mia sau; độ dài của đường ngắm.

Kiểm tra:

$$f_{h_d} = \sum h_d + (H_{M_1} - H_{M_2}) = \pm 15mm$$

$$f_{h_{cp}} = \pm 10\sqrt{L} = 12mm$$

Như vậy $f_{h_d} > |f_{h_{cp}}|$

* Trường hợp độ chênh c Kiểm tra:

$$f_{h_{dk}} = \sum h_{dk} + (H_{M_1} - H_{M_2}) = \pm 10mm$$

Như vậy $f_{h_d} < |f_{h_{cp}}|$

Kết quả tính số hiệu chỉnh độ chênh cao và độ cao các điểm của tuyến độ cao trong bảng 2.

3. KẾT LUẬN

- Trong đo cao hình học từ giữa mức độ ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang đến kết quả đo phụ thuộc chủ yếu vào độ chênh lệch khoảng cách từ máy đến mia trước và mia sau cho nên khi đo trên địa hình không thuận lợi phải ưu tiên điểm đặt máy sao cho độ chênh lệch khoảng cách là nhỏ nhất.

- Trường hợp đo kép bằng phương pháp đo cao hình học từ giữa thì mức độ ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang phụ thuộc chủ yếu vào giá trị tổng độ lệch của chênh lệch tia ngắm tại hai trạm máy. Vì vậy, khi đo trên địa hình không thuận lợi phải chú ý ưu tiên chọn các điểm đặt máy sao cho chênh lệch tia ngắm của hai trạm máy xấp xỉ bằng nhau để giảm thiểu tối đa ảnh hưởng trên.

- Qua kết quả phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời do độ cong quả đất, chiết quang đứng và trục ngắm không nằm ngang đến độ chênh cao đo kép bằng phương pháp đo cao hình học từ giữa thì phương pháp đo kép đã đạt được độ chính xác yêu cầu nhằm khắc phục những điều kiện không thuận lợi của địa hình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Đắc Sử, Trần Thị Thảo, Phân tích đánh giá mức độ ảnh hưởng đồng thời độ cong quả đất, chiết quang đứng và tia ngắm nghiêng trong máy thủy bình đến kết quả đo kép độ chênh cao trong đo cao hình học từ giữa, Tạp chí GTVT, 6 (2021) 116.
- [2]. G.S BranStein và các tác giả, Trắc địa công trình, Moscova, 1999.
- [3]. V.G Selikhanovich và các tác giả, Thực hành trắc địa, Nhedra, Moscova, 1978.
- [4]. V.G Aphanasiev và các tác giả, Trắc địa trong xây dựng giao thông, Nhedra, Moscova, 1978.
- [5]. V.D. BalSakov và các tác giả, Lý thuyết xử lý kết quả đo đạc, Nhedra, Moscova, 1977.
- [6]. P.S Zaxatov và các tác giả, Trắc địa công trình, Nhedra, Moscova, 1976.
- [7]. V.D. BalSakov và các tác giả, Cẩm nang của người trắc địa (quyển 2), Nhedra, Moscova, 1975.
- [8]. M.P Sirotkin, Cẩm nang trắc địa của người xây dựng, Nhedra, Moscova, 1975.
- [9]. Quy phạm thủy chuẩn hạng I, II, III, IV, Nhedra, Moscova, 1974.
- [10]. V.Shill, Trắc địa công trình, Nhedra, Moscova, 1974.
- [11]. V.G Selikhanovich và các tác giả, Bài tập trắc địa, Nhedra, Moscova, 1970.