

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KỸ THUẬT SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ GNSS-RTK TRONG THI CÔNG XÂY DỰNG NHÀ SIÊU CAO TẦNG Ở VIỆT NAM

TRẦN VIỆT TUẤN⁽¹⁾, DIÊM CÔNG TRANG⁽²⁾

⁽¹⁾Trường đại học Mở - Địa chất Hà Nội

⁽²⁾Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

Tóm tắt:

Nội dung của bài báo trình bày kết quả nghiên cứu về một số giải pháp kỹ thuật cần ứng dụng khi sử dụng công nghệ GNSS-RTK để bố trí thi công xây dựng công trình nhà siêu cao tầng. Cơ sở lý thuyết, kết quả đo đạc thực nghiệm khi ứng dụng của các giải pháp kỹ thuật này nhằm nâng cao khả năng ứng dụng của công nghệ GNSS-RTK trong quá trình đảm bảo thi công các công trình xây dựng nhà cao tầng và siêu cao tầng ở Việt Nam.

1. Đặt vấn đề

Trong thi công xây dựng công trình nhà siêu cao tầng, để đảm bảo độ chính xác bố trí thi công xây dựng trong điều kiện công trình bị dao động do ảnh hưởng của các điều kiện ngoại cảnh và do bản thân tải trọng của công trình, chúng tôi đã đề nghị sử dụng công nghệ GNSS-RTK để xác định tọa độ tức thời của các điểm cơ sở trên các sàn thi công kết hợp với máy toàn đạc điện tử để bố trí chi tiết công trình [3]. Tuy nhiên khi sử dụng phương pháp bố trí này để bố trí chi tiết trên các sàn xây dựng cần phải xét đến yếu tố độ nghiêng của sàn thi công so với mặt phẳng nằm ngang do sự dao động của công trình gây ra [1] và cần phải tính chuyển kết quả đo GNSS-RTK tại thời điểm t_i về hệ tọa độ thiết kế công trình nhằm đảm bảo yêu cầu: hệ tọa độ thi công xây dựng phải trùng với hệ tọa độ thiết kế công trình và sự biến dạng của chiều dài cạnh đo bằng công nghệ GNSS-RTK có sự biến dạng nhỏ nhất so với chiều dài của cạnh trên mặt đất [2].

Chính vì vậy mà cần phải nghiên cứu bổ sung các giải pháp kỹ thuật cần thiết khi sử dụng công nghệ GNSS-RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử để bố trí thi công xây dựng các công trình nhà siêu cao tầng ở nước ta.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Tính số hiệu chỉnh do độ nghiêng của sàn thi công vào số liệu bố trí công trình.

- Giả sử tại thời điểm t_1 vị trí toà nhà được xác định bởi các điểm (A, B, C, D) có tọa độ là $(x,y)_1$.

- Tại thời điểm t_2 do ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh, các điểm (A,B,C, D) di chuyển đến vị trí (A_1, B_1, C_1, D_1) có tọa độ tức thời $(x,y)_2$. Khi đó mặt sàn thi công bị nghiêng so với phương nằm ngang một góc γ như (hình 1). Giá trị góc nghiêng γ được xác định trực tiếp và liên tục bằng các cảm biến đo nghiêng gắn trực tiếp trên công trình [1].

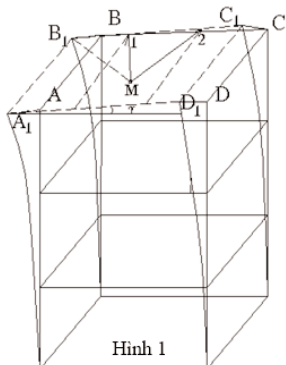
- Nếu từ điểm M - điểm đặt máy toàn đạc điện tử tiến hành bố trí các điểm 1 và 2 theo tọa độ thiết kế dựa vào tọa độ tức thời của các điểm (A_1, B_1, C_1, D_1) thì cần phải tính số hiệu chỉnh vào khoảng cách bố trí do độ nghiêng (γ) của mặt sàn gây ra

Theo công thức:
$$S_{bt} = \frac{S_{tk}}{\cos\gamma} \quad (1)$$

Trong đó: S_{tk} là chiều dài cạnh thiết kế; S_{bt} là chiều dài cạnh bố trí sau hiệu chỉnh

Như vậy, dựa vào kết quả đo góc nghiêng của sàn thi công (γ) bằng các cảm biến đo nghiêng gắn trên công trình có thể tiến hành bố trí chi tiết

theo các khoảng cách nghiêng đã hiệu chỉnh (S_{bt}) hoặc đo theo chế độ đo khoảng cách nằm ngang có sẵn trên máy toàn đạc khi bố trí công trình (S_{tk}).



Hình 1

Vấn đề cần đặt ra ở đây là xem giới hạn của góc nghiêng (γ) để cần phải tính số hiệu chỉnh khoảng cách. Từ (1) ta có: $S_{tk} = S_{bt} \cos \gamma$

Tiến hành biến đổi:

$$S_{tk} - S_{bt} = S_{bt} \cos \gamma - S_{bt}$$

$$\Delta_S = S_{bt} (\cos \gamma - 1)$$

$$\Delta_S = S_{bt} 2 \sin^2 \frac{\gamma}{2} \quad \text{Suy ra:} \quad \gamma = \rho'' \sqrt{2 \frac{\Delta_S}{S}} \quad (2)$$

Tính giá trị Δ_S cho phép

Từ hình 1: Sai số tổng hợp của điểm 1 được tính như sau:

$$m_1^2 = m_M^2 + m_{bt}^2 + m_\gamma^2 \quad (3)$$

Trong đó: m_{bt} : là sai số bố trí điểm 1 bằng máy toàn đạc điện tử;

m_γ : sai số bố trí điểm 1 do góc nghiêng của sàn (γ) tạo ra;

m_M : sai số của điểm đặt máy M

Để có thể bỏ qua các giá trị m_γ và m_M thì yêu cầu ảnh hưởng của các nguồn sai số này không vượt quá 10% của sai số tổng hợp tức là:

$$m_M = m_\gamma = \frac{m_{bt}}{k} \quad (k=2) \quad (4)$$

Thay vào công thức (3) và biến đổi ta có

$$m_{bt} = \frac{m_1 k}{\sqrt{2+k^2}} \quad (5)$$

Nếu lấy sai số trung phương tương hỗ giữa hai điểm cần bố trí 1 và 2 là $(m_{th})_{1-2} \leq \pm 3 \text{ mm}$ [3],

Ta có $m_1 = \pm 2.1 \text{ mm}$; theo (5): $m_{bt} = \pm 1.7 \text{ mm}$; và $m_\gamma = \pm 0.9 \text{ mm}$

Sử dụng (2) để tính ta thấy: Khi khoảng cách bố trí $S \leq 100 \text{ m}$ thì $\gamma \leq 14'$

Nhận xét: khi bố trí chi tiết trên các sàn thi công tại các công trình nhà siêu cao tầng, nếu góc nghiêng γ của sàn thi công không vượt quá $14'$ thì không cần phải tính số hiệu chỉnh này vào chiều dài cạnh bố trí chi tiết công trình.

2.2. Tính chuyển kết quả đo GNSS-RTK về hệ tọa độ thiết kế của công trình

Tại thời điểm t_i bằng kết quả đo GNSS-RTK cho ta tọa độ tại các điểm (A_1, B_1, C_1, D_1) ở dạng tọa độ địa tâm (X, Y, Z)_i và tọa độ trắc địa (B, L, H)_i hoặc tọa độ (x, y, h)_i trong hệ tọa độ VN - 2000. Trong khi đó công trình lại được xây dựng trên mặt đất và sử dụng hệ tọa độ đã dùng để thiết kế công trình công trình (thường là hệ tọa độ phẳng, giả định). Chính vì vậy để sử dụng các kết quả đo GNSS-RTK ở thời điểm t_i để bố trí các điểm chi tiết điểm 1 và 2 (hình 1) trên công trình cần phải thực hiện phép tính chuyển tọa độ kết quả đo GNSS-RTK về hệ tọa độ thiết kế và thi công của công trình.

Có nhiều phương pháp tính chuyển tọa độ GNSS ở đây chúng tôi chọn phương pháp tính chuyển tọa độ GNSS về hệ tọa độ thi công công trình qua hệ tọa độ địa diện chân trời có nguyên lý như sau [2]:

a. Từ kết quả đo GNSS-RTK cho ta tọa độ trong hệ tọa độ địa tâm của điểm j (X, Y, Z)_j tiến hành tính chuyển tọa độ địa tâm của điểm j về hệ tọa độ địa diện chân trời theo công thức [2]:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin B_0 \cdot \cos L_0 & -\sin B_0 \cdot \sin L_0 & \cos B_0 \\ -\sin L_0 & \cos L_0 & 0 \\ \cos B_0 \cdot \cos L_0 & \cos B_0 \cdot \sin L_0 & \sin B_0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_j - (N_0 + H_0) \cdot \cos B_0 \cdot \cos L_0 \\ Y_j - (N_0 + H_0) \cdot \cos B_0 \cdot \sin L_0 \\ Z_j - [N_0(1 - e^2) + H_0] \cdot \sin B_0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Trong đó: - (X_j, Y_j, Z_j) là tọa độ vuông góc

không gian địa tâm của điểm GNSS cần tính chuyển

- (B_0, L_0, H_0) là điểm gốc của hệ tọa độ địa diện chân trời.

- N_0 là bán kính cong vòng thẳng đứng thứ nhất đi qua điểm gốc của hệ tọa độ địa tâm [2]

Khi áp dụng cho công trình nhà siêu cao tầng, nên chọn gốc hệ tọa độ địa diện chân trời như sau

$$B_0 = \frac{\sum B_j}{n} \quad (7)$$

Với n là số điểm đo GNSS trong lưới bố trí.

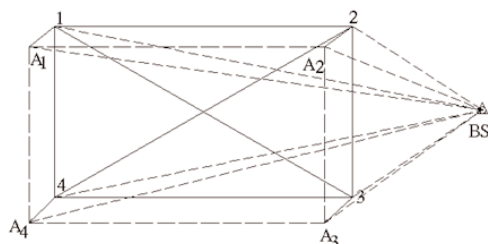
Giá trị độ cao của gốc hệ tọa độ địa diện (H_0) chọn bằng độ cao bề mặt móng công trình.

b. Sử dụng phép tính chuyển Helmert để tính chuyển tọa độ các điểm đo GNSS tại thời điểm t từ hệ tọa độ địa diện chân trời về hệ tọa độ thiết kế và thi công của công trình dựa vào các điểm song trùng [2].

3. Kết quả đo đạc và tính toán thực nghiệm

Để minh họa cho những nội dung nghiên cứu về lý thuyết đã nêu trên, chúng tôi đã tiến hành đo đạc tại khu vực Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng với hệ thống máy thu của hãng Trimble: GNSS R8S

- Thành lập trên mặt đất một lưới đo góc-cạnh bao gồm 8 điểm như (hình 2);



Hình 2

- Dùng máy toàn đạc điện tử TCR-1201 (độ chính xác đo góc cạnh là: $m_\beta = \pm 1''$; $m_S = \pm 1,5$ mm) và thước thép đo góc và cạnh trong lưới; xử lý số liệu trong hệ tọa độ giả định được coi là hệ tọa độ thiết kế và thi công của công trình.

Dùng 05 máy thu GNSS R8S (Trimble): 01

máy đặt tại điểm BS là điểm trạm base đã có tọa độ và độ cao trong hệ tọa độ VN-2000; 04 máy thu GNSS R8S đặt tại các điểm (1, 2, 3, 4), (A1, A2, A3, A4) đo theo chế độ đo tĩnh (hai ca đo). Kết quả đo GNSS tĩnh cho như cột (1), (2) trên bảng 1.

Sau đó chuyển sang chế độ đo GNSS-RTK với trạm base đặt tại điểm BS với tần suất thu tín hiệu là 1'' và thời gian thu tại các điểm đo khoảng 10'. Sau khi xử lý số liệu có kết quả đo GNSS-RTK như phần 2 các cột (1), (2) trong bảng 1.

Lấy tọa độ đo GNSS tĩnh tại các điểm 3 và 4 làm tọa độ khởi tính để tính toán số liệu lưới đo góc cạnh trên mặt đất theo hệ tọa độ VN2000. Kết quả đo cho như cột (3), (4) của bảng 1. Tọa độ các điểm trong lưới lấy theo hệ tọa độ thiết kế công trình cho như các cột (1), (2) của bảng 2.

- Độ lệch tọa độ của các điểm trong lưới đo bằng các phương pháp đo khác nhau thể hiện trên cột (5), (6), (7) trên bảng 1.

Nhận xét: Từ kết quả so sánh tọa độ các điểm của lưới thực nghiệm đo theo các phương pháp khác nhau trình bày trên bảng 1 và giá trị tọa độ thiết kế các điểm của lưới trên bảng 2 ta thấy: (Xem bảng 1)

Không thể sử dụng trực tiếp tọa độ các điểm đo GNSS-RTK trên các sàn thi công để xác định tọa độ điểm đặt máy toàn đạc điện tử và bố trí chi tiết công trình được vì các lý do sau đây:

- Sự khác biệt về hệ tọa độ giữa hệ tọa độ đo bằng GNSS-RTK (hệ VN 2000) và hệ tọa độ thiết kế và thi công công trình (hệ giả định).

- Sự biến dạng chiều dài các cạnh của lưới đo bằng GNSS-RTK so với chiều dài cạnh trên mặt đất là tương đối lớn, vượt quá giới hạn độ chính xác cho phép bố trí chi tiết công trình - Trên bảng 1: Độ lệch tọa độ từ 3 mm ÷ 9 mm.

Chính vì vậy mà cần phải tiến hành tính chuyển tọa độ từ hệ tọa độ địa tâm khi đo GNSS-RTK về hệ tọa độ thiết kế và thi công công trình. (Xem bảng 2)

Ở đây chúng tôi đã sử dụng phương pháp tính chuyển kết quả đo GNSS về hệ tọa độ thi công theo phương pháp tính chuyển qua hệ tọa độ địa diện chân trời [2] bằng cách sử dụng thuật toán tính chuyển (6), (7) kết hợp với phép tính chuyển Helmert. Kết quả tính chuyển được trình bày trong các (3), (4) của bảng 2. Từ kết quả so sánh trong bảng 2 cho thấy: khi thực phép tính chuyển tọa độ đo GNSS-RTK từ hệ tọa độ địa tâm về hệ tọa độ thi công trình qua hệ tọa độ địa diện chân trời sẽ đáp ứng được các yêu cầu:

- Các điểm đo GNSS-RTK dùng làm điểm gốc giao hội trên các sàn thi công sẽ có tọa độ trùng với hệ tọa độ đã dùng để thiết kế và thi công công trình.

- Sự biến dạng về chiều dài cạnh lưới (hoặc sai số xác định tọa của các điểm đo GNSS-RTK) có giá trị nhỏ nằm trong giới hạn cho phép về độ

chính xác bố trí công trình.

4. Kết luận và kiến nghị

Khi sử dụng công nghệ GNSS-RTK kết hợp với máy toàn đạc điện tử để bố trí chi tiết trên các sàn thi công nhà siêu cao tầng cần phải áp dụng một số giải pháp kỹ thuật sau đây nhằm đảm bảo độ chính xác bố trí công trình:

- Cần tiến hành đo độ nghiêng của các sàn thi công do sự dao động của công trình gây ra bằng các cảm biến đo nghiêng gắn trực tiếp trên công trình, tùy theo giá trị góc nghiêng γ đo được tiến hành tính số hiệu chỉnh vào khoảng cách khi bố trí chi tiết công trình.

- Cần phải tiến hành tính chuyển kết quả đo GNSS-RTK tại các thời điểm bố trí thi công về hệ tọa độ thiết kế và thi công của công trình. Giải pháp này sẽ đảm bảo sự đồng nhất về hệ tọa độ thiết kế và thi công công trình và làm giảm sai số

Bảng 1: Kết quả đo xác định tọa độ lưới thực nghiệm theo các phương pháp đo khác nhau

TT	GPS TỈNH		LƯỚI ĐO GÓC-CẠNH		ΔX (m)	ΔY (m)	ΔS (m)
	X (m)	Y(m)	X (m)	Y(m)			
	(1)	(2)	(3)	(4)			
A1	2328533.453	581781.627	2328533.454	581781.630	-0.001	-0.003	0.0032
A2	2328530.272	581716.662	2328530.280	581716.659	-0.008	0.003	0.0085
A3	2328554.318	581716.58	2328554.318	581716.580	0	0	0.0000
A4	2328553.32	581777.104	2328553.317	581777.104	0.003	0	0.0030
1	2328533.591	581781.789	2328533.592	581781.793	-0.001	-0.004	0.0041
2	2328530.448	581716.783	2328530.451	581716.790	-0.003	-0.007	0.0076
GNSS-RTK							
A1	2328533.453	581781.627	2328533.454	581781.630	-0.001	-0.003	0.0030
A2	2328530.272	581716.662	2328530.28	581716.659	-0.008	0.003	0.0085
A3	2328554.318	581716.580	2328554.318	581716.580	0.000	0.000	0.0002
1	2328533.593	581781.788	2328533.592	581781.793	0.001	-0.005	0.0051
2	2328530.447	581716.782	2328530.451	581716.790	-0.004	-0.008	0.0089

Bảng 2: So sánh tọa độ các điểm lưới thực nghiệm sau tính chuyển

TT	Tọa độ thiết kế		Tọa độ đo GNSS-RTK sau tính chuyển		ΔX (m)	ΔY (m)	ΔS (m)
	X (m)	Y(m)	X (m)	Y(m)			
	(1)	(2)	(3)	(4)			
A ₁	995.294	480.061	995.297	480.062	0.003	0.001	0.003
A ₂	1060.201	475.824	1060.199	475.821	-0.001	-0.003	0.003
A ₃	1060.675	499.857	1060.675	499.857	0	0	0
A ₄	1000.145	499.849	1000.145	499.851	0	0.002	0.002
1	995.133	480.202	995.136	480.203	0.003	0.001	0.003
2	1060.073	475.997	1060.075	475.995	0.002	-0.002	0.003
3	1060.513	500.000	1060.513	500.000	Điểm song trùng		
4	1000.000	500.000	1000.000	500.000	Điểm song trùng		

xác định tọa độ của các điểm đo GNSS-RTK dùng làm cơ sở để bố trí chi tiết trên các sàn thi công nhà siêu cao tầng ở nước ta.○

Tài liệu tham khảo

[1]. Ngô Văn Hiếu và nnk (2018), “Sử dụng hệ thống VAS trong việc đảm bảo độ thẳng đứng của toà nhà siêu cao tầng LAND MARK 81 TP Hồ Chí Minh”, *Tuyển tập báo cáo hội nghị khoa học quốc tế ACI, Viện khoa học công nghệ xây dựng*, Hà Nội

[2]. Trần Viết Tuấn (2005), “Nghiên cứu phương pháp tính chuyển tọa độ các điểm đo GPS về hệ tọa độ thi công công trình”, *Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất số 11/7-2005*, Hà Nội.

[3]. Trần Viết Tuấn, Diêm Công Trang (2019), “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GNSS-RTK trong thi công xây dựng nhà siêu cao tầng ở Việt Nam”, *Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 40 tháng 6/2019*, Hà Nội.○

Summary

Research on technical solution of GNSS-RTK technology in construction of super high-rise building in Vietnam

Tran Viet Tuan, Hanoi University of Mining and Geology

Diem Cong Trang, Vietnam Institute for Building Science and Technology

The content of the article presents the research results of some technical solutions to be applied when using GNSS-RTK technology to arrange the construction of super-high-rise buildings. Theoretical basis, experimental measurement results during application of these technical solutions to improve the applicability of GNSS-RTK technology in the process of ensuring construction of high-rise buildings and super high-rise in Vietnam.○

ĐO SÂU ĐỊA HÌNH ĐÁY BIỂN VÙNG NƯỚC NÔNG.....

(Tiếp theo trang 38)

[5]. Dietrich 2017, Bathymetric Structure-from-Motion: Extracting shallow stream bathymetry from multi-view stereo photogrammetry, *Earth Surfaces Processes and Landforms*,

Vol. 45, pp. 355 - 364.

[6]. Seeber, G. 2003, *Satellite Geodesy*, 2nd edition, Walter de Gruyter, Berlin, 2003.○

Summary

Shallow-water Bathymetry by stereo photogrammetric approach using satellite imageries WorldView-2, experimental case in submerged reef Hai Sam, Spratly Islands, Vietnam

Nguyen Ha Phu, National Remote Sensing Department

Pham Minh Hai, Institute of Geodesy and Cartography

Nguyen Trong Truong Son, Hanoi University of Natural Resources and Environment

Satellite multispectral image data is being applied effectively in bathymetry in shallow water areas. Most of studies are focused on determining the water depth using the radiometric approach. However, with the acquiring ability of stereo image data in a single pass from WorldView-2 satellite, the photogrammetric approach is becoming more interestingly because the advantage of without using *In-Situ* data. In this experimental case, the near-shore bathymetry by stereo photogrammetry using WorldView-2 satellite data is conducted at the coral reef Hai Sam that belong to Spratly Islands (Vietnam). After removing the affects of atmosphere and sun-glint as well as adjusting the depth difference caused by refraction at the water/air interface, the achieved depth can be up to over 42,0 m. These results show that the applicability of shallow-water bathymetry by stereo photogrammetry can be applied spreadly to other islands, islets and surmerged reefs at the Paracel Islands and the Spratly Islands.○