

**KẾT HỢP CÔNG NGHỆ GNSS VÀ TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ QUAN TRẮC
CHUYỂN DỊCH NGANG BỜ MỎ LỘ THIÊN**
COMBINATION OF GNSS TECHNOLOGY AND TOTAL STATION DISPLACEMENT
MONITORING OF OPEN PIT MINES

NGUYỄN VĂN XUÂN^{a,*}

^aViện KHCN Xây dựng

*Tác giả đại diện: Email: nvxtracdia@gmail.com

Ngày nhận 27/9/2023, Ngày sửa 15/10/2023, Chấp nhận 25/10/2023

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2023.vi.vol3-8>

Tóm tắt: Ở nước ta hiện nay, ngành khai thác mỏ lộ thiên có một vị trí đặc biệt quan trọng trong công cuộc phát triển công nghiệp hóa – hiện đại hóa đất nước. Các khoáng sản khai thác bằng công nghệ khai thác lộ thiên (KTLT) đóng góp lớn cho nền kinh tế đất nước như: Than, đồng, sắt, bauxit, ... Tuy nhiên, các mỏ than khai thác xuống sâu, chiều cao bờ lớn, phay phá đứt gãy nhiều, nhiều lớp đá kẹp; khai thác phải khoan nổ mìn, một số mỏ có nền đất yếu dẫn đến hiện tượng chuyển dịch, biến dạng bờ mỏ ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động khai thác mỏ, gây nguy cơ mất an toàn cho người và thiết bị khai thác hoạt động cũng như hạ tầng, tài sản, con người xung quanh mỏ. Vì vậy, việc quan trắc chuyển dịch các bờ mỏ lộ thiên trong quá trình khai thác là hết sức cần thiết. Trên cơ sở phân tích hiện trạng về khai thác mỏ, điều kiện địa hình địa mạo tại các mỏ lộ thiên, bài báo đề xuất giải pháp khả thi và nâng cao hiệu quả công tác quan trắc chuyển dịch ngang bờ mỏ lộ thiên.

Từ khóa: Quan trắc chuyển dịch bờ mỏ, mỏ lộ thiên.

Abstract: In our country, the surface mining industry currently holds a particularly significant position in the nation's industrialization and modernization process. Minerals exploited using open-cast mining technologies contribute significantly to the country's economy, including coal, copper, iron, bauxite, and more. However, deep coal mining operations often involve substantial bank heights, multiple geological faults, extensive rock layers, and the need for blasting. Some mines are situated in areas with weak ground conditions, resulting in significant ground subsidence, deformations, and open pits, posing a substantial safety risk to personnel, equipment, infrastructure, assets, and the surrounding

environment. Therefore, monitoring the horizontal displacement of mine banks in the process of mining is highly necessary. Based on an analysis of the current mining practices, topographical and geological conditions at open-pit coal mines, this article proposes feasible solutions to enhance the effectiveness of monitoring and managing bank displacement at these mining sites.

Keywords: Monitoring mine horizontal displacement, surface mine, open pit mine.

1. Đặt vấn đề

Công tác quan trắc chuyển dịch biến dạng bờ mỏ lộ thiên, đưa ra các cảnh báo sớm về tình trạng ổn định bờ mỏ là hết sức cần thiết trong quá trình khai thác. Có một số phương pháp quan trắc chuyển dịch bờ mỏ lộ thiên: phương pháp trắc địa với các trị đo truyền thống (góc đo, cạnh đo), phương pháp trắc địa với các trị đo GNSS, đo chuyển dịch ngang bằng inclinometer, quét Laser mặt đất. Mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm khác nhau. Bài báo đưa ra phương án kết hợp giữa công nghệ định vị vệ tinh GNSS và toàn đạc điện tử nhằm tận dụng các ưu điểm, khắc phục nhược điểm của từng phương pháp, đưa ra giải pháp khả thi và nâng cao hiệu quả kinh tế, kỹ thuật công tác quan trắc chuyển dịch bờ mỏ lộ thiên.

2. Đặc điểm, hiện trạng bờ mỏ lộ thiên và các khó khăn trong công tác quan trắc chuyển dịch

Các mỏ lộ thiên khai thác khoáng sản như: Than, đồng, sắt, bauxit... ở nước ta hiện nay chủ yếu nằm tại các khu vực đồi núi, địa hình địa mạo phức tạp, quy mô, diện tích mỏ lớn, độ dốc, chiều cao bờ mỏ lớn, phía trên bờ mỏ thường là thảm thực vật dày và cao.



Hình 1. Một số hình ảnh lún, nứt, sạt trượt bờ mỏ lộ thiên

Trong quá trình khai thác việc khoan nổ mìn, xe máy hoạt động liên tục, gây nên nhiều khói bụi, nhiều vị trí có hiện tượng rung lắc bề mặt, nhiều mỏ lộ thiên bờ mỏ bị lún, nứt, sạt, trượt lớn. Mặt khác, các mỏ lộ thiên đều nằm trên khu vực địa hình phức tạp, chia cắt, các vị trí sạt trượt thường ở những vị trí nguy hiểm dẫn đến công tác quan trắc chuyển dịch gặp rất nhiều khó khăn. Khi sử dụng các phương pháp quan trắc như đã nêu ở trên áp dụng với từng điều kiện cụ thể tại mỗi mỏ đều có thể gặp phải những vướng mắc, bất khả thi. Với phương pháp quan trắc chuyển dịch ngang bằng inclinometer thì việc thi công hệ thống mốc quan trắc rất tốn kém, thiết bị không đáp ứng được với bờ mỏ có độ cao lớn. Quan trắc chuyển dịch ngang bằng quét Laser mặt đất việc đầu tư thiết bị là tương đối tốn kém, độ chính xác còn chưa được kiểm chứng. Còn đối với phương pháp trắc địa việc lựa chọn đồ hình đo đảm bảo thông hướng giữa các điểm đo đôi khi không thể đạt được, một số điểm quan trắc hoặc điểm lưới cơ sở lại không đảm bảo thông thoáng lên bầu trời để nhận tín hiệu vệ tinh khi sử dụng các máy thu GNSS.

Việc kết hợp giữa công nghệ GNSS và máy toàn đạc trong đo đạc quan trắc chuyển dịch bờ mỏ lộ

thiên có thể khắc phục những hạn chế của các phương pháp trên, giúp linh hoạt trong lựa chọn sơ đồ đo, tiết kiệm thời gian, chi phí đo đạc.

3. Kết hợp công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử xây dựng lưới quan trắc chuyển dịch ngang bờ mỏ lộ thiên

Lưới quan trắc chuyển dịch ngang thông thường gồm 2 bậc lưới: Lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc. Việc kết hợp giữa công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử xây dựng lưới quan trắc chuyển dịch cho các bờ mỏ lộ thiên thường có thể áp dụng các dạng đồ hình sau:

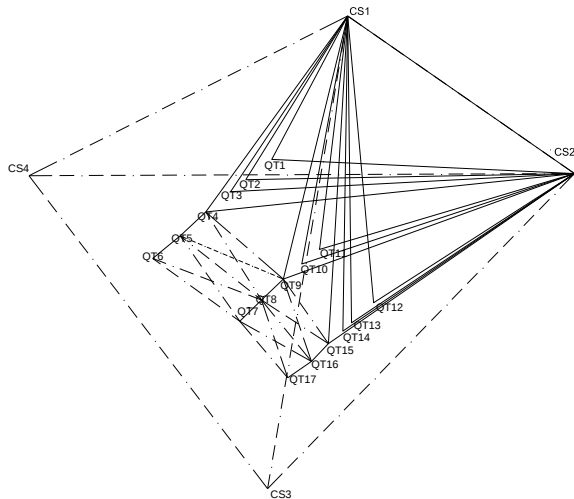
- Lưới cơ sở đo bằng công nghệ GNSS, lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử. Phương án kết hợp này thường được áp dụng khi việc đặt các điểm cơ sở yêu cầu tại những vị trí ổn định nhưng lại không đảm bảo thông hướng khi đo bằng máy toàn đạc điện tử;

- Lưới cơ sở đo bằng công nghệ GNSS, lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử kết hợp GNSS. Phương án kết hợp này được áp dụng khi không lựa chọn được điểm đặt lưới cơ sở đảm bảo thông hướng để đo bằng máy toàn đạc điện tử, một số

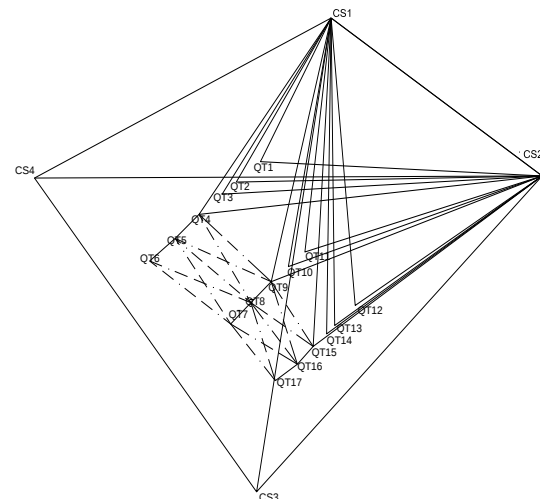
điểm quan trắc cũng không thông hướng đến các điểm cơ sở;

- Lưới cơ sở đo bằng toàn đạc điện tử, lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử kết hợp GNSS.

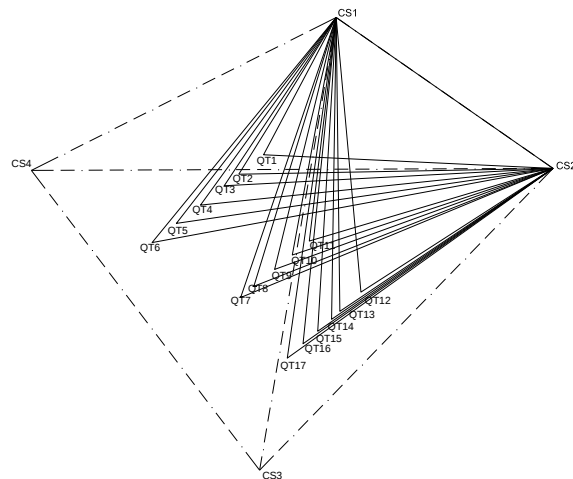
Với dạng kết hợp này các điểm lưới cơ sở đáp ứng được điều kiện thông hướng khi đo bằng toàn đạc điện tử nhưng một số điểm quan trắc lại không thông hướng đến các điểm cơ sở.



Lưới cơ sở đo bằng công nghệ GNSS, lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử kết hợp GNSS



Lưới cơ sở đo bằng toàn đạc điện tử, lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử kết hợp GNSS



Lưới cơ sở đo bằng công nghệ GNSS, lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử

Trong đó:

- Các điểm CS là điểm thuộc lưới cơ sở; QT là các điểm thuộc lưới quan trắc
- — — — — là hướng trị đo GNSS
- là hướng các trị đo đo bằng máy toàn đạc điện tử (góc, cạnh)

Hình 2. Một số dạng đồ hình lưới quan trắc chuyển dịch ngang bờ mở lộ thiên kết hợp giữa trị đo GNSS và trị đo toàn đạc điện tử

Tùy vào điều kiện thực tế tại từng mô, có thể lựa chọn kết hợp theo các phương án lưới như trên hoặc một số dạng kết hợp khác. Việc kết hợp giữa công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử khi xây dựng lưới quan trắc chuyển dịch ngang bờ mở sẽ tận dụng được ưu điểm, khắc phục được nhược điểm của từng phương án.

4. Xử lý số liệu lưới quan trắc chuyển dịch ngang kết hợp giữa trị đo GNSS và trị đo toàn đạc điện tử

a) Xử lý số liệu đánh giá độ ổn định các mốc cơ sở

Có một số phương pháp để xử lý số liệu, đánh giá độ ổn định mốc cơ sở, trong đó phương pháp bình sai lưới tự do thường được sử dụng.

Quy trình đánh giá độ ổn định mốc cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang kết hợp giữa trị đo GNSS và trị đo toàn đạc điện tử giống như quy trình đánh giá độ ổn định mốc cơ sở lưới mặt bằng đo bằng máy toàn đạc điện tử chỉ khác số liệu đầu vào có thêm các véc tơ cạnh GNSS (Δx , Δy) trong hệ tọa độ phẳng với ma trận tương quan $Q_{\Delta r}$.

Phương trình số hiệu chỉnh gia số tọa độ phẳng Δx , Δy của các trị đo GNSS:

Xét hai điểm i , k có các gia số tọa độ Δx_{ik} , Δy_{ik} của các baseline đo, ta lập được phương trình trị bình sai như sau:

$$\begin{pmatrix} \Delta x_{ik} \\ \Delta y_{ik} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_k - x_i \\ y_k - y_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$v\Delta x_{ik} = -\delta x_i + \delta x_k + l\Delta x_{ik} \quad (2)$$

$$v\Delta y_{ik} = -\delta y_i + \delta y_k + l\Delta y_{ik}$$

Các số hạng tự do $l\Delta x_{ik}$, $l\Delta y_{ik}$ được tính từ tọa độ gần đúng của các điểm i , k và các gia số tọa độ phẳng của các baseline đo của điểm i , k theo công thức sau:

$$l\Delta x_{ik} = (x_k^0 - x_i^0) - \Delta x_{ik}^* \quad (3)$$

$$l\Delta y_{ik} = (y_k^0 - y_i^0) - \Delta y_{ik}^*$$

Đối với các gia số tọa độ phẳng Δx , Δy của các trị đo GNSS, trọng số $P_{\Delta r}$ được tính từ ma trận tương quan $Q_{\Delta r}$:

$$P_{\Delta x} = \frac{1}{Q_{\Delta x}} ; \quad P_{\Delta y} = \frac{1}{Q_{\Delta y}} \quad (4)$$

Khi bình sai kết hợp lưới trị đo GNSS và trị đo mặt đất, sai số trung phương đơn vị trọng số thường khác xa 1 do trọng số của các trị đo GNSS khi đưa vào bình sai phản ánh không đúng sai số đo GNSS. Vì vậy cần chuẩn hóa lại trọng số của các trị đo GNSS và tiến hành bình sai lại.

Các bước tính toán trong bình sai lần 2 giống như trong bình sai lần 1, chỉ khác là tọa độ gần đúng của các điểm cần xác định được lấy bằng tọa độ sau bình sai lần 1 và trọng số của các trị đo GNSS được chuẩn hóa bằng cách nhân thêm với $1/\mu_1^2$; với μ_1 là sai số trung phương trọng số đơn vị khi bình sai lần 1.

Trước khi đưa vào bình sai kết hợp giữa trị đo GNSS và trị đo của máy toàn đạc điện tử thì các trị đo GNSS cần hiệu chỉnh cạnh do chịu sự biến dạng của phép chiếu với công thức đã biết như sau:

$$\Delta S_{UTM} = S \left(m_o - 1 + \frac{y_m^2}{2R_m^2} \right) \quad (5)$$

Giá trị hiệu chỉnh này được chuyển đổi cho các gia số tọa độ (Δx , Δy) như sau:

$$d\Delta x = \Delta S_{UTM} \cos \alpha$$

$$d\Delta y = \Delta S_{UTM} \sin \alpha \quad (6)$$

Trong đó: α là góc phương vị của cạnh baseline trị đo GNSS.

Việc đánh giá độ ổn định mốc chuẩn bằng phương pháp bình sai lưới tự do với những thuật toán như trên có thể được mô hình hóa bằng chương trình máy tính.

b) Xử lý số liệu, bình sai lưới quan trắc

Lưới quan trắc chuyển dịch ngang được xử lý bằng phương pháp bình sai phụ thuộc, trong đó số liệu gốc là tọa độ của các điểm lưới cơ sở sau khi đã đánh giá độ ổn định.

Với lưới quan trắc chỉ gồm những trị mặt đất thông thường thì phương trình số hiệu chỉnh cần lập chỉ gồm phương trình số hiệu chỉnh trị đo góc và phương trình số hiệu chỉnh trị đo cạnh. Với lưới quan trắc kết hợp giữa trị đo GNSS và trị đo mặt đất, ngoài phương trình số hiệu chỉnh các trị đo mặt đất cần lập thêm phương trình số hiệu chỉnh các gia số tọa độ (Δx , Δy) theo các công thức (1), (2), (3), trọng số xác định theo công thức (4).

c) Tính toán các thông số dịch chuyển ngang

Đối với công tác quan trắc chuyển dịch ngang bờ mỏ lộ thiên, để cung cấp số liệu cho các kỹ sư thiết kế khai thác đánh giá độ ổn định bờ mỏ, cần tính toán cung cấp các thông số chuyển dịch cục bộ tại từng vị trí quan trắc như sau:

+ Chuyển dịch theo hướng trực tọa độ:

- Chuyển dịch theo hướng trục X và trục Y :

$$\begin{aligned} Q_x &= X^{(i)} - X^{(j)} \\ Q_y &= Y^{(i)} - Y^{(j)} \end{aligned} \quad (7)$$

- Giá trị Vector chuyển dịch tổng hợp:

$$Q = \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \quad (8)$$

- Hướng của Vector chuyển dịch:

$$\alpha = \text{Arctg} \frac{Q_x}{Q_y} \quad (9)$$

- Tốc độ chuyển dịch tổng hợp:

$$v = \frac{Q}{\Delta t} \quad (\text{mm/ngđ}) \quad (10)$$

+ Chuyển dịch theo hướng tuyến (hướng áp lực):

- Giá trị chuyển dịch theo hướng tuyến:

$$Q_\varphi = Q_x \cos \varphi + Q_y \sin \varphi \quad (11)$$

- Tốc độ chuyển dịch theo hướng tuyến:

$$v_\varphi = \frac{Q_\varphi}{\Delta t} \quad (\text{mm/ngđ}) \quad (12)$$

Trong đó:

$X^{(i)}, Y^{(i)}, X^{(j)}, Y^{(j)}$ là tọa độ điểm quan trắc, được xác định trong 2 chu kỳ i và j tương ứng.

φ là góc phương vị của hướng tuyến (hướng áp lực).

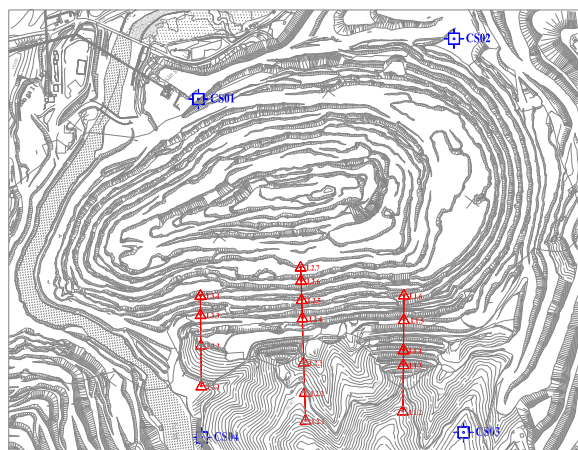
Ngoài các thông số chuyển dịch cục bộ như trên, tùy theo yêu cầu của các kỹ sư thiết kế khai thác có thể xác định thêm các thông số chuyển dịch tổng thể khác.

5. Số liệu quan trắc thực tế

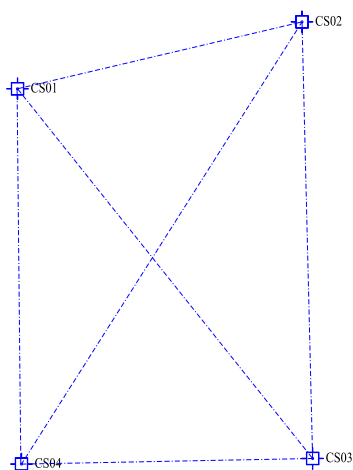
Trong phần thực nghiệm này, chúng tôi trình bày kết quả đo đạc quan trắc tại mỏ lộ thiên khai thác quặng kim loại nằm tại khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam. Mỏ lộ thiên nằm tại khu vực có địa hình núi đất đá hỗn hợp, địa chất, địa hình phức tạp, phía trên bờ mỏ là rừng cây, phía dưới bờ mỏ là khai trường hàng ngày xe, máy khai thác và công tác khoan nổ mìn hoạt động liên tục. Bờ mỏ có hiện

tượng nứt, sạt trượt thấy rõ, nhiệm vụ của công tác quan trắc là xác định và cung cấp chính xác giá trị chuyển dịch và tốc độ chuyển dịch trong thời gian quan trắc cho các kỹ sư thiết kế khai thác mỏ đánh giá độ ổn định của bờ mỏ và đưa ra các giải pháp an toàn để tiếp tục khai thác.

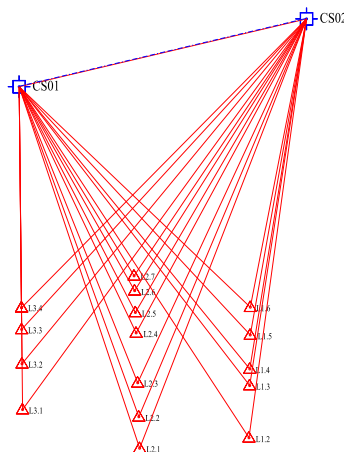
Các điểm quan trắc chuyển dịch đã được các kỹ sư khai thác thiết kế tại những vị trí sạt trượt và có nguy cơ chuyển dịch lớn theo các tuyến vuông góc với bờ mỏ. Với các vị trí điểm quan trắc đã xác định, điều kiện địa hình thì không thể lựa chọn phương án quan trắc đơn thuần lưới mặt đất hoặc lưới GNSS. Phương án tối ưu được đưa ra đo là kết hợp giữa các trị đo GNSS và các trị đo mặt đất của máy toàn đạc. Trong đó, lưới cơ sở được đo bằng công nghệ GNSS sử dụng 04 máy thu GNSS 2 tần Leica GS14 độ chính xác đo tĩnh $3\text{mm} + 0.1\text{ppm}$. Lưới quan trắc được đo bằng máy toàn đạc điện tử Leica TS09 độ chính xác đo góc $2''$, đo cạnh $2\text{mm} + 2\text{ppm}$.



Hình 3. Bình đồ vị trí điểm quan trắc



Hình 4. Sơ đồ lưới cơ sở đo bằng công nghệ GNSS



Hình 5. Đồ hình lưới quan trắc đo bằng toàn đạc điện tử

ĐỊA KỸ THUẬT - TRẮC ĐỊA

Kết quả đánh giá độ ổn định mốc chuẩn.

Bảng 1. Kết quả đánh giá độ ổn định mốc chuẩn

Tên	Tọa độ				Độ lệch			Đánh giá
	Chu kỳ 0		Chu kỳ 4					
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	Qx (m)	Qy (m)	Q (m)	
CS1	2502564.109	378053.822	2502564.107	378053.821	-0.002	-0.001	0.002	Ổn định
CS2	2502316.963	378426.682	2502316.961	378426.683	-0.002	0.001	0.002	Ổn định
CS3	2501505.786	377490.799	2501505.751	377490.790	-0.035	-0.009	0.036	Không ổn định
CS4	2502003.746	377333.779	2502003.744	377333.778	-0.002	-0.001	0.002	Ổn định

Kết quả tính toán chuyển dịch ngang.

Bảng 2. Tọa độ các điểm quan trắc

STT	Tên mốc	Hướng tuyến	Tọa độ			
			Chu kỳ 0		Chu kỳ 4	
			X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
1	L1-2	49 06 18	2501631.145	377635.216	2501631.217	377635.254
2	L1-3	49 06 18	2501770.79	377796.425	2501772.583	377797.623
3	L1-4	49 06 18	2501851.822	377889.971	2501852.733	377890.815
4	L1-5	49 06 18	2501870.259	377911.253	2501870.982	377911.878
5	L1-6	49 06 18	2501922.684	377971.838	2501922.881	377972.103
6	L3-1	52 05 01	2502087.722	377441.676	2502087.727	377441.681
7	L3-2	52 05 01	2502157.549	377531.534	2502157.559	377531.551
8	L3-3	52 05 01	2502209.449	377598.178	2502209.442	377598.199
9	L3-4	52 05 01	2502239.755	377637.13	2502239.743	377637.144
10	L3-5	52 05 01	2502292.255	377704.414	2502292.243	377704.443
11	L2-1	51 10 37	2501843.45	377559.079	2501843.471	377559.1
12	L2-2	51 10 37	2501881.949	377607.301	2501881.988	377607.343
13	L2-3	51 10 37	2501909.09	377641.105	2501909.133	377641.159
14	L2-4	51 10 37	2501996.758	377749.479	2501996.838	377749.563
15	L2-5	51 10 37	2502024.549	377784.053	2502024.673	377784.149
16	L2-6	51 10 37	2502059.347	377827.38	2502059.428	377827.461

Bảng 3. Kết quả tính toán tham số chuyển dịch

Số TT	Tên	Hướng tuyến	Chuyển dịch theo hướng trục tọa độ					Chuyển dịch theo hướng tuyến	
			Qx (m)	Qy (m)	Q(m)	Hướng c/ dịch (o ' ")	Tốc độ c/ dịch (mm/ng.đêm)	Qt	Tốc độ c/ dịch (mm/ng.đêm)
1	L1-2	49 06 18	0.072	0.038	0.081	64 58 44	1.4	0.076	1.3
2	L1-3	49 06 18	1.793	1.198	2.156	60 56 43	35.9	2.079	34.7
3	L1-4	49 06 18	0.911	0.844	1.242	55 47 58	20.7	1.234	20.6
4	L1-5	49 06 18	0.723	0.625	0.956	56 48 59	15.9	0.946	15.8
5	L1-6	49 06 18	0.197	0.265	0.330	51 15 6	5.5	0.329	5.5
6	L3-1	52 05 01	0.005	0.005	0.007	54 44 8	0.1	0.007	0.1
7	L3-2	52 05 01	0.010	0.017	0.020	49 14 27	0.3	0.019	0.3

Số TT	Tên	Hướng tuyến	Chuyển dịch theo hướng trục tọa độ					Chuyển dịch theo hướng tuyến	
			Qx (m)	Qy (m)	Q(m)	Hướng c/ dịch (o ' ")	Tốc độ c/ dịch (mm/ng.đêm)	Qt	Tốc độ c/dịch (mm/ng.đêm)
8	L3-3	52 05 01	-0.007	0.021	0.022	46 30 31	0.4	0.011	0.2
9	L3-4	52 05 01	-0.012	0.014	0.018	52 47 32	0.3	0.003	0.0
10	L3-5	52 05 01	-0.012	0.029	0.031	47 15 42	0.5	0.014	0.2
11	L2-1	51 10 37	0.021	0.021	0.030	54 44 8	0.5	0.030	0.5
12	L2-2	51 10 37	0.039	0.042	0.057	53 45 59	1.0	0.057	1.0
13	L2-3	51 10 37	0.043	0.054	0.069	51 57 53	1.2	0.069	1.1
14	L2-4	51 10 37	0.080	0.084	0.116	54 5 25	1.9	0.116	1.9
15	L2-5	51 10 37	0.124	0.096	0.157	58 31 34	2.6	0.154	2.6
16	L2-6	51 10 37	0.081	0.081	0.115	54 44 8	1.9	0.114	1.9

Từ kết quả thực nghiệm có thể nhận thấy rằng, kết hợp giữa công nghệ GNSS và máy toàn đạc trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang bờ mỏ lộ thiên đã giải quyết được các vấn đề khó khăn đối với công tác này. Các kết quả đánh giá độ chính xác lưới cơ sở và lưới quan trắc đều đạt yêu cầu. Các giá trị chuyển dịch ngang phù hợp với quy luật và đã xác định được các vị trí cục bộ có dịch chuyển lớn từ đó cung cấp số liệu chính xác, cần thiết cho bộ phận thiết kế đánh giá ổn định bờ mỏ và đưa ra biện pháp xử lý an toàn cho hoạt động khai thác mỏ trong thời gian tiếp theo.

Trong khuôn khổ của bài báo, tác giả mới tiếp cận được công tác quan trắc chuyển dịch ngang bờ mỏ ở trên với phương án kết hợp lưới cơ sở đo bằng công nghệ GNSS, lưới quan trắc được đo bằng máy toàn đạc điện tử. Để chứng minh ý nghĩa thực tiễn hơn nữa của phương pháp kết giữa công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử trong công tác quan trắc chuyển dịch ngang bờ mỏ lộ thiên cần tiếp cận và đo đạc thực tế với các dạng kết hợp khác.

5. Kết luận

Ứng dụng công nghệ định vị vệ tinh GNSS kết hợp với máy toàn đạc điện tử đã giải quyết những khó khăn, bất cập trong công tác quan trắc chuyển dịch bờ mỏ lộ thiên, giúp linh hoạt trong lựa chọn sơ đồ đo, tiết kiệm thời gian, chi phí đo đạc.

Việc xử lý số liệu, bình sai lưới cơ sở, lưới quan trắc kết hợp giữa các trị đo GNSS và trị đo mặt đất của máy toàn đạc điện tử có những đặc điểm riêng vì vậy cần được quan tâm đặc biệt. Có thể tự động tính toán xử lý số liệu cho dạng lưới kết hợp này với chương trình xử lý số liệu, bình sai trên máy tính.

Ngoài công tác quan trắc chuyển dịch ngang thì công tác quan trắc độ lún bờ mỏ lộ thiên cũng cần được thực hiện. Hiện nay, công tác quan trắc lún chủ yếu sử dụng phương pháp đo cao hình học, có những vị trí không thể thực hiện được do địa hình khó khăn, chia cắt, chênh cao lớn. Vì vậy cần nghiên cứu phương pháp đo đặc quan trắc độ lún đảm bảo độ chính xác và khả thi khi quan trắc chuyển dịch biến dạng bờ mỏ lộ thiên.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc (2010). *Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình*, NXB Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [2] Hoàng Ngọc Hà (2021). *Bình sai tính toán lưới trắc địa và GPS*. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật.
- [3] Võ Chí Mỹ (2002). *Trắc địa mỏ*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [4] Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha (2004). *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*. Nhà xuất bản giao thông vận tải.
- [5] Trần Khánh (1996). *Nghiên cứu ứng dụng bình sai lưới trắc địa tự do trong trắc địa công trình*. Luận án phó tiến sỹ khoa học kỹ thuật.
- [6] Trần Mạnh Tuấn, Nguyễn Văn Xuân (2019). *Nghiên cứu thành lập chương trình xử lý số liệu đánh giá độ ổn định mốc cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang đo bằng công nghệ GPS*. Hội nghị Khoa học Cán bộ trẻ lần thứ XIV, Viện KHCN Xây dựng.
- [7] Nguyễn Văn Xuân (2014). *Thành lập chương trình BSHH V1.0 bình sai hỗn hợp lưới trắc địa mặt đất - GPS trong hệ tọa độ phẳng*. Tạp chí KHCN Xây dựng – Số 4.
- [8] TCVN 9399:2012. *Nhà và công trình xây dựng - Xác định chuyển dịch ngang bằng phương pháp trắc địa*. Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam.
- [9] TCVN 10673:2015. *Trắc địa mỏ*. Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam.

