Tạp chí KHKT Mỏ - Địa chất, số 44, 10-2013, tr.72-76

PHƯƠNG PHÁP TÍNH THỂ TÍCH KHỐI ĐỊA HÌNH THEO LƯỚI TAM GIÁC

NGUYỄN QUANG KHÁNH, *Trường Đại học Mỏ - Địa chất*

Tóm tắt: *Nội dung bài báo trình bày giải pháp tính thể tích khối địa hình thông qua mô hình số dạng lưới tam giác (TIN) của bề mặt địa hình thời điểm đầu kỳ và cuối kỳ. Trong đó sử dụng các thuật toán tam giác hóa bề mặt địa hình; nội suy độ cao điểm trên mô hình số; biên tập, trình bày kết quả tính toán từng tam giác địa hình và tổng hợp kết quả tính trực quan trên Excel. Tác giả đã xây dựng một chương trình phần mềm thực hiện các bước tính toán và tiến hành thực nghiệm với dữ liệu cụ thể để đánh giá so sánh.*

1. Đặt vấn đề

Tính thể tích khối địa hình là công việc thường xuyên phải thực hiện của các đơn vị hoạt động trong lĩnh vực kỹ thuật. Từ kết quả tính thể tích, chúng ta có thể xác định được khối lượng đào đắp trong xây dựng, khối lượng mỏ đã và sẽ khai thác, dung tích các lòng sông, lòng hồ thuỷ lợi v.v. Trên thế giới, đã và đang sử dụng nhiều phương pháp tính thể tích khối địa hình, nhưng phổ dụng nhất hiện nay là các phương pháp sau:

- Phương pháp tính theo mặt cắt địa hình: khối địa hình cần tính toán được chia ra thành các khối nhỏ thông qua các mặt cắt địa hình. Thể tích các khối nhỏ được xác định bởi mặt cắt trên, mặt cắt dưới và khoảng cách giữa hai mặt cắt. Tổng thể tích các khối nhỏ sẽ là thể tích khối địa hình cần xác định. Phương pháp này có ưu điểm là cho độ chính xác cao, tính toán đơn giản, áp dụng được với nhiều dạng địa hình nhưng nhược điểm là việc xác định các mặt cắt đầu kỳ, cuối kỳ phải thực hiện trên thực địa, tại các vị trí cắt cố định, thời gian đo đạc lâu, dữ liệu đầu vào phức tạp.

- Phương pháp tính theo đường đồng mức: khối địa hình cũng được chia thành các khối nhỏ thông qua các đường đồng mức. Thể tích từng khối nhỏ được xác định thông qua diện tích khu vực kẹp giữa hai đường đồng mức và cao độ trung bình của khu vực đó. Phương pháp này có ưu điểm là tính toán đơn giản, dữ liệu đầu vào có thể sử dụng ngay các bản đồ địa hình, nhược điểm là độ chính xác của kết quả tính không cao, chỉ phù hợp với dạng địa hình biến đổi tuyến tính.

- Phương pháp tính theo lưới ô vuông: khối địa hình được chia thành các khối ô vuông nhỏ. Thể tích từng khối được tính thông qua cao độ trung bình của bốn điểm góc ô vuông ở đầu kỳ và cuối kỳ. Phương pháp này có ưu điểm là kết quả tính toán trực quan, độ chính xác tăng khi kích thước ô vuông nhỏ, nhược điểm là đo đạc, xác định cao độ các điểm mắt lưới phức tạp, không phù hợp với dạng địa hình có độ chênh cao lớn.

- Phương pháp tính theo lưới tam giác: khối địa hình được chia thành các khối tam giác đủ nhỏ, liền kề. Thể tích của từng khối địa hình dạng tam giác tính được thông qua cao độ trung bình của ba đỉnh và diện tích tam giác đó. Ưu điểm của phương pháp là độ chính xác tính toán cao, đo đạc thực địa đơn giản, phù hợp với nhiều dạng địa hình, nhược điểm là việc quản lý các tam giác địa hình phức tạp, dữ liệu thể hiện chưa trực quan.

Ở nước ta, phương pháp tính thể tích dựa theo đường đồng mức, theo mặt cắt địa hình, theo lưới ô vuông đã được sử dụng tương đối phổ biến và linh hoạt trong các lĩnh vực khai thác mỏ, xây dựng, giao thông, thủy lợi... Phương pháp tính theo lưới tam giác có xuất hiện trên một số phần mềm như SoftDesk, Civil3D nhưng chưa được sử dụng phổ biến mà chỉ dừng lại ở mức tham khảo kết quả tính toán. Đây là một phương pháp tính toán có độ chính xác cao, linh hoạt trong mọi địa hình và đơn giản hóa việc đo đạc thực địa do vậy cần phải triển khai vào thực tế sao cho trực quan dễ hiểu như phương pháp lưới ô vuông, tự động tính toán như phương pháp mặt cắt và đơn giản hóa

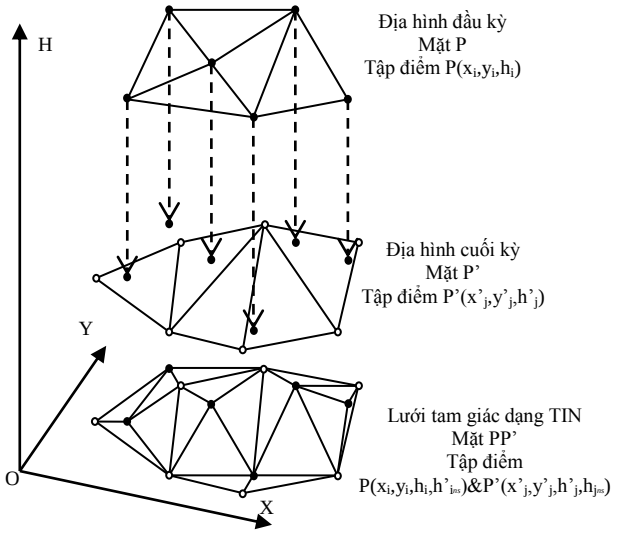
việc tính toán như phương pháp sử dụng đường đồng mức.

2. Cơ sở tính thể tích khối địa hình theo phương pháp lưới tam giác

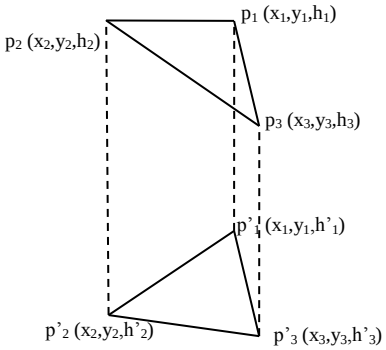
Giả sử thời điểm đầu kỳ có *n* điểm đặc trưng địa hình ký hiệu tập điểm là $P(x_i,y_i,h_i)$ với $i=1\div n$ và xây dựng được lưới tam giác biểu diễn bề mặt địa hình dạng TIN ký hiệu là mặt *P*. Thời điểm cuối kỳ có *m* điểm đặc trưng địa hình ký hiệu tập điểm là $P'(x'_j,y'_j,h'_j)$ với $j=1\div m$ và cũng xây dựng được lưới tam giác biểu diễn bề mặt địa hình ký hiệu là mặt *P'*. Số lượng điểm đầu kỳ *n* có thể khác số lượng điểm cuối kỳ *m*. Chia khối địa hình cần tính thể tích (nằm kẹp giữa hai mặt *P* và *P'*) thành các khối địa hình nhỏ dạng tam giác bằng cách tạo một lưới tam giác dạng TIN (ký hiệu là *PP'*) từ tập điểm $P(x_i,y_i,h_i,h'_{ins})$ & $P'(x'_j,y'_j,h'_j,h_{jns})$ trong đó h'_{ins} là độ cao của điểm $p_i(x_i,y_i)$ nội suy trên mặt *P'* và h_{jns} là độ cao của điểm $p'_j(x'_j,y'_j)$ nội suy trên mặt *P* (hình 1). Như vậy lưới tam giác *PP'* được tạo bởi tập điểm $PP'(x_k,y_k,h_k,h'_k)$ trong đó $PP'(x_k,y_k) = P(x_i,y_i)$& $P'(x'_i,y'_i)$, h_k là độ cao trên mặt *P*, h'_k là độ cao trên mặt P' (gồm độ cao đo được hoặc độ cao nội suy). Với mỗi khối địa hình *l* như hình 2, có thể tính được thể tích V_l theo công thức:

$$V_l = \left[\frac{h_1+h_2+h_3}{3} - \frac{h'_1+h'_2+h'_3}{3}\right] \times S_p \ , \qquad (1)$$

trong đó, S_p là diện tích tam giác $p_1p_2p_3$, $l= 1 \div n$ (với n là số tam giác địa hình).

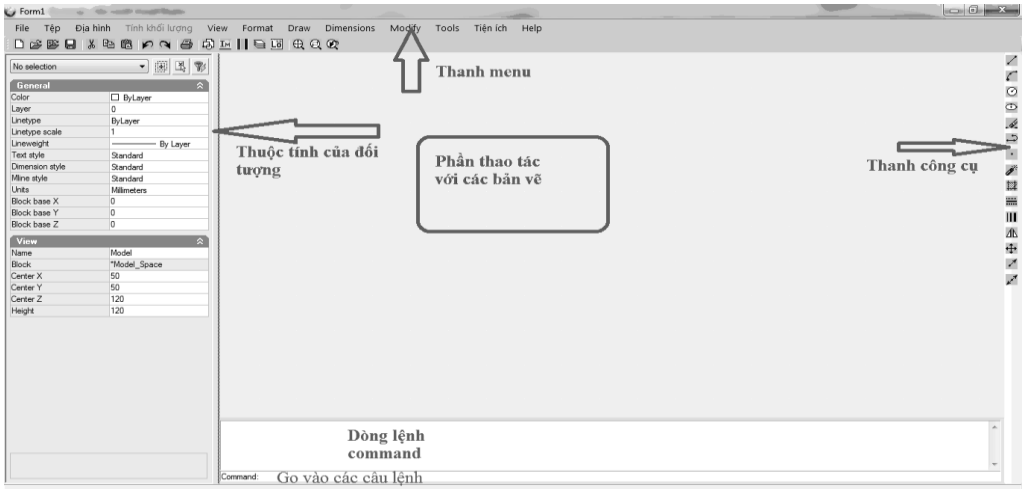


Hình 1. Phương pháp lưới tam giác



Hình 2. Khối địa hình trụ tam giác

Và tổng thể tích khối địa hình được tính theo công thức: $V = \sum V_l$. (2)

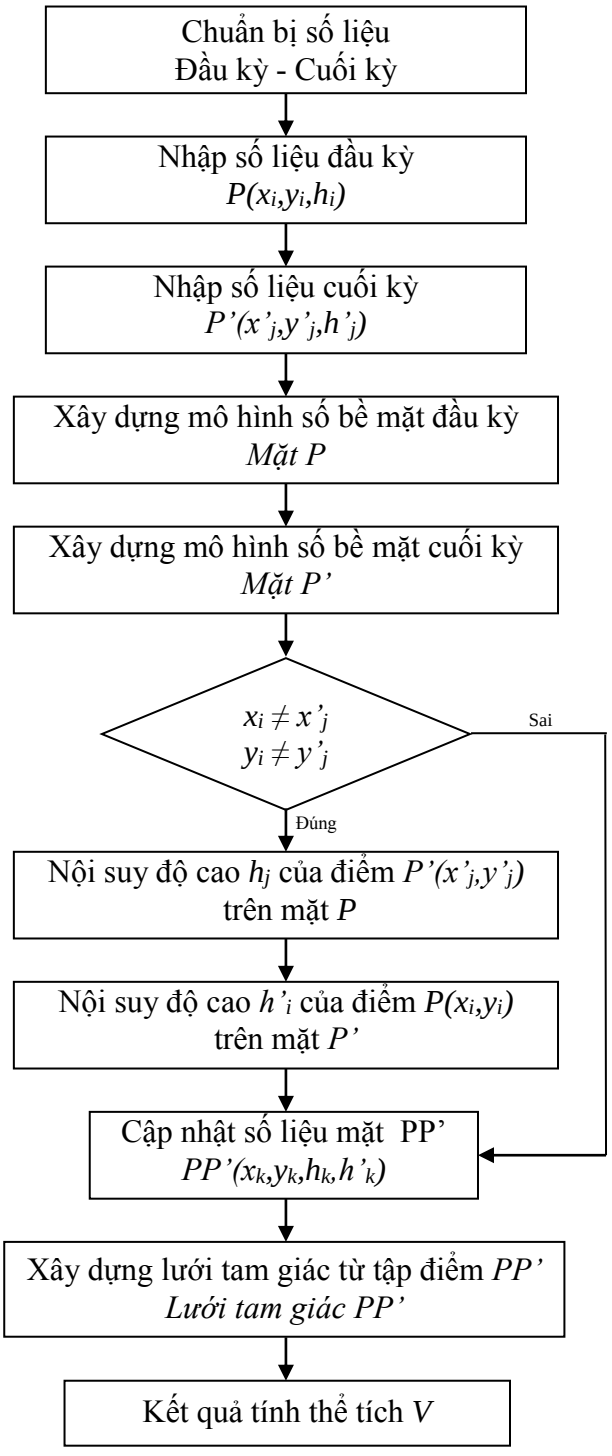


Hình 3. Giao diện chương trình tính thể tích

3. Xây dựng phần mềm tính thể tích khối địa hình

3.1. Quy trình tính

Quy trình tính thể tích được thực hiện như trong hình 4.



Hình 4. Quy trình tính thể tích

3.2. Xây dựng thuật toán

Các thuật toán thực hiện các bước trong quy trình tính thể tích như trên chủ yếu tập trung việc tổ chức dữ liệu, xây dựng lưới tam giác từ tập điểm và nội suy độ cao trên mô hình số.

a) Tổ chức dữ liệu

Dữ liệu tham gia tính được xây dựng gồm:

- Danh sách các tập điểm $P(x_i,y_i,h_i)$, $P'(x'_j,y'_j,h'_j)$ và $PP'(x_k,y_k,h_k,h'_k)$;
- Danh sách các tam giác $\Delta(p_{i1},p_{i2},p_{i3})$, mỗi tam giác chứa dữ liệu của ba đỉnh;
- Danh sách các cạnh $S(p_{id},p_{ic})$ chứa điểm đầu, điểm cuối của cạnh.

b) Thuật toán xây dựng mô hình lưới tam giác

Lưới tam giác được xây dựng trên cơ sở thuật toán Tăng tiến ngẫu nhiên [1] như sau: Khi thêm một điểm vào mô hình TIN thì sẽ chia tam giác chứa điểm đó thành nhiều tam giác nhỏ và thực hiện kiểm tra các tam giác đó để thỏa mãn điều kiện là các tam giác tối ưu. Do các điểm thêm vào nằm ngẫu nhiên trên toàn mặt phẳng nên việc kiểm tra các tam giác này được tiến hành trên tất cả các tam giác hiện có trên mô hình TIN và thời gian tính toán trong trường hợp xấu nhất là $O(n^2)$, trường hợp tốt nhất là O(nlogn) phụ thuộc vào sự phân bố của các điểm đặc trưng địa hình. Thuật toán được mô tả như sau [2]:

Thuốt to□n **T**AM**G**IAC**H**OA**D**ELAUNAY(P)
Input: Tốp P g□m n □i□m trần mđt ph□ng.
Output: L- □i tam gi□c Delaunay c□a P.
(1) X□c □□nh p_{-1}, p_{-2} và p_{-3} sao cho tam gi□c $p_{-1}p_{-2}p_{-3}$ ch□ac□c □i□m thu□c P.
(2) Kh□i t□o l- □i tam gi□c (k□hi□u là T) v□i tam gi□c □□u tiằn là $p_{-1}p_{-2}p_{-3}$.
(3) T□nh to□n v□i t□ng □i□m $p_1, p_2, ..., p_n$ thu□c P.
For *r = 1* **to** n
do (* thằm □i□m pr vào trong T *)
Tìm tam giác $p_ip_jp_k$ thuộc T và chứa điểm p_r
if *p_r nằm trong tam giác $p_ip_jp_k$* **then**
Chia tam giác $p_ip_jp_k$ thành ba tam giác.
CANH**H**OP**L**E (p_r, p_ip_j,T)
CANH**H**OP**L**E (p_r, p_jp_k,T)
CANH**H**OP**L**E (p_r, p_kp_i,T)
else (* □i□m p_r n□m trằn m□t c□nh c□a

$p_ip_jp_k$, v□d□c□nh p_ip_j *)

Thêm các cạnh nối từ p_r tới p_k và tới đỉnh thứ ba p_l của tam giác có chung cạnh p_ip_j và chia hai tam giác có chung cạnh

p_ip_j thành bốn tam giác.

CANH**H**OP**L**E (p_r, p_ip_l,T)

CANH**H**OP**L**E (p_r, p_ip_j,T)

CANH**H**OP**L**E (p_r, p_jp_k,T)

CANH**H**OP**L**E (p_r, p_kp_i,T)

next *r*

(4) X□a b□c□c □i□m p_{-1} , p_{-2} và p_{-3} và c□c c□nh n□i v□i ba □i□m này kh□i T.

(5) T là l- □i tam gi□c Delaunay c□a t□p □i□m P.

c) Thuật toán nội suy điểm

Công thức nội suy độ cao điểm *P(x,y,z)* nằm trong tam giác $p_1(x_1,y_1,z_1)$, $p_2(x_2,y_2,z_2)$ và $p_3(x_3,y_3,z_3)$ theo phương pháp nội suy tuyến tính như sau [2]:

$$z = z_1 - \frac{(x-x_1)(y_{21}.z_{31} - y_{31}.z_{21}) + (y-y_1)(z_{21}.x_{31} - z_{31}.x_{21})}{x_{21}.y_{31} - y_{21}.x_{31}} \quad (3)$$

Trên cơ sở đó, thuật toán nội suy độ cao trên mô hình số thực hiện như sau:

(1) *Input*: T□p c□c tam gi□c thu□c TIN, t□a □□c□c □□nh c□c tam gi□c và t□a □□□i□m P c□n n□i suy □□ cao.

(2) X□c □□nh □i□m □□n□m trong tam gi□c nào.

For i = 1 **to** s□tam gi□c trong T

Ki□m tra □i□m P c□n□m trong tam gi□c □□ khằng

next i

(3) T□nh □□cao □i□m P theo c□ng th□c (3).

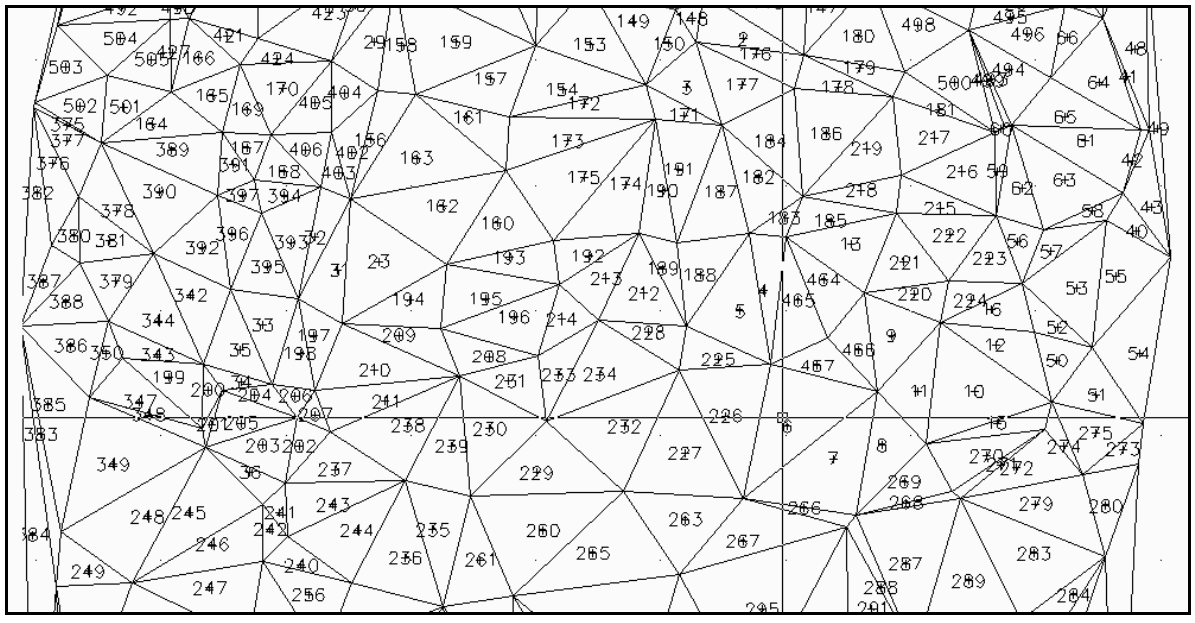
3.3. Xây dựng phần mềm

Phần mềm được xây dựng bằng ngôn ngữ lập trình C#, nền đồ họa sử dụng thư viện LiteCAD. Giao diện chương trình như thể hiện trong hình 3, kết quả tính thể tích được thể hiện bằng sơ đồ lưới tam giác trên tệp DWG trong AutoCAD và XLS trong Excel.

4. Thực nghiệm và kết luận

4.1. Thực nghiệm

Chương trình tính thể tích theo phương pháp tam giác được thực nghiệm với dữ liệu của mỏ than Khe Tam, Quảng Ninh. Dữ liệu đầu kỳ đo đạc ngày 01/09/2011 gồm 133 điểm, dữ liệu cuối kỳ đo ngày 01/10/2011 gồm 136 điểm. Sau khi chạy chương trình, lưới tam giác PP' tạo được là 505 tam giác được đánh số từ 1 đến 505 và thể hiện trên bản vẽ như hình 5, kết quả tính thể tích từng khối tam giác và kết quả tổng hợp được thể hiện trong bảng tính Excel như hình 6. Kết quả tính được so sánh với số liệu thực tế của đơn vị khai thác mỏ đang quản lý có độ lệch không vượt quá 5%.



Hình 5. Sơ đồ lưới tam giác PP'

TG	P1			P2			P3			CAO_DO	DIEN_TICH	KHOI_LUONG	
	X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	X3	Y3	Z3			Đào	Đắp
1	2327942,89	451053,62	135,76	2327919,62	451057,60	135,64	2327926,17	451058,81	135,32	-2,11	16,26	-34,28	0,00
2	2327922,90	451041,47	135,77	2327923,61	451045,36	135,84	2327931,55	451040,39	135,74	-1,90	17,19	-32,68	0,00
3	2327918,80	451038,04	136,20	2327922,90	135,77	135,77	2327924,97	451034,81	136,10	-1,66	17,20	-28,58	0,00
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
504	2327871,69	451042,81	153,26	2327880,75	451043,22	150,16	2327875,68	451038,79	140,44	10,29	19,01		195,70
505	2327880,75	451043,22	150,16	2327880,83	451037,51	142,26	2327875,68	451038,79	140,44	6,62	14,64		96,95
									Tổng		**21337**	**-80199**	**26085**

Hình 6. Bảng kết quả tính thể tích theo phương pháp tam giác

4.2. Kết luận

Tính thể tích khối địa hình theo phương pháp tam giác trong quy trình trên đã đảm bảo được tính trực quan và độ chính xác trong kết quả tính. Thao tác tính toán đơn giản, số liệu đo đạc, vị trí điểm đo không cần phải giống nhau ở đầu kỳ và cuối kỳ mà chỉ lấy theo quy tắc đo địa hình thông thường với các điểm đo là các điểm đặc trưng địa hình ở đầu và cuối kỳ.

Phương pháp này kết hợp với phần mềm tính toán có thể được triển khai trong thực tế sản xuất đem lại hiệu quả và chất lượng cho các sản phẩm đo đạc tính khối lượng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Mark De Berg, Mark Van Kreveld, Overmars, Schwarzkopf, 2000. Computational Geometry algorithms and applications (2ed), London, 367p.

[2]. Nguyễn Quang Khánh, 2011. Nghiên cứu hệ phần mềm quản lý khai thác cơ sở dữ liệu địa hình, luận án tiến sĩ kỹ thuật.

SUMMARY

Calculating volume of terrain by the triangulation method

Nguyen Quang Khanh, *Hanoi University of Mining and Geology*

The article presents the solutions for the volume calculation using the TIN network of terrain surface with the beginning and the end of period, it also including the software program to perform the calculation experimental and result is reported in the Excel file format. This method can apply to the real volume works with easy using and release the rules of getting survey data on the field.

NGHIÊN CỨU HOÀN THIỆN PHƯƠNG PHÁP CHUYỀN ĐỘ CAO… ***(tiếp theo trang 65)***

SUMMARY

The improving research of method that carry elevation from the earth's surface into the tunel through vertical well by total stations

Tran Viet Tuan, *Hanoi University of mining and geology.*

The content of this paper presents the principle and possibility of method that carry vertical control from the ground into tunnel through vertical well by total stations. In the content article also inlucdes results of experimental measurements when applying special solution so that transfers vertical into tunnel through vertical well by total stations.