

# PHÁT TRIỂN ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP TRẮC ĐẠC ẢNH ĐỂ TÁI TẠO BỀ MẶT 3 CHIỀU (3D)

PHÍ TRƯỜNG THÀNH<sup>1</sup>, NGUYỄN QUỐC PHÍ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện Địa chất và Địa vật lý Biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội;

<sup>2</sup> Trường Đại học Mở - Địa chất, Phường Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

**Tóm tắt:** Sự ra đời của phương pháp trắc đạc ảnh với những tính năng đa dạng đã giải quyết được các vấn đề phức tạp thuộc nhiều lĩnh vực nghiên cứu khác nhau, như việc chụp ảnh lập thể từ máy bay để vẽ đường đồng mức địa hình. Mặc dù phương pháp này có nhiều ưu điểm vượt trội so với các phương pháp truyền thống song việc ứng dụng nó cho những nghiên cứu về địa chất vẫn còn có phần hạn chế. Trong bài báo này, tác giả giới thiệu kết quả thực nghiệm bằng việc sử dụng thuật toán của phương pháp trắc đạc ảnh cho việc tái tạo lại bề mặt của một vật thể dựa trên ảnh số và một số ứng dụng trong việc vẽ lại bề mặt, mặt cắt của bờ dốc theo không gian 3 chiều từ các dữ liệu phân tích ổn định bờ đá trên tuyến đường cao tốc ở Hà Nội.

## I. MỞ ĐẦU

Để mô phỏng lại một vật thể trong không gian 3 chiều thì tọa độ của mỗi điểm đo theo 3 trục X, Y, Z phải được xác định. Giá trị của từng điểm đo có thể thu nhận được thông qua việc sử dụng các phương pháp truyền thống như đo trực tiếp bằng thước dây, máy kinh vĩ hoặc một số thiết bị đo khác. Tuy nhiên, với những đối tượng nghiên cứu quá lớn, quá xa, hay do ảnh hưởng của địa hình hoặc bề mặt đối tượng gồ ghề thì việc áp dụng các phương pháp này có thể gặp một số khó khăn cũng như đòi hỏi phải tiêu tốn một lượng thời gian nhất định. Điều này đã thúc đẩy việc cần thiết ứng dụng của phương pháp trắc đạc ảnh, một phần ứng dụng của phương pháp viễn thám, mà phương pháp này đã được áp dụng hiệu quả đối với nhiều lĩnh vực như: chụp ảnh hàng không, đo vẽ địa hình đáy biển hoặc trong y học... [4]. Mặc dù vậy, nó vẫn chưa được đưa vào ứng dụng trong nghiên cứu địa chất. Từ đầu những năm 2000, nhóm nghiên cứu GIS của Trường Đại học Paichai, Hà Nội đã tiến hành thử nghiệm ứng dụng đối với lĩnh vực địa chất phục vụ cho công tác phân tích, đánh giá mức độ ổn định bờ đá và trong đường hầm.

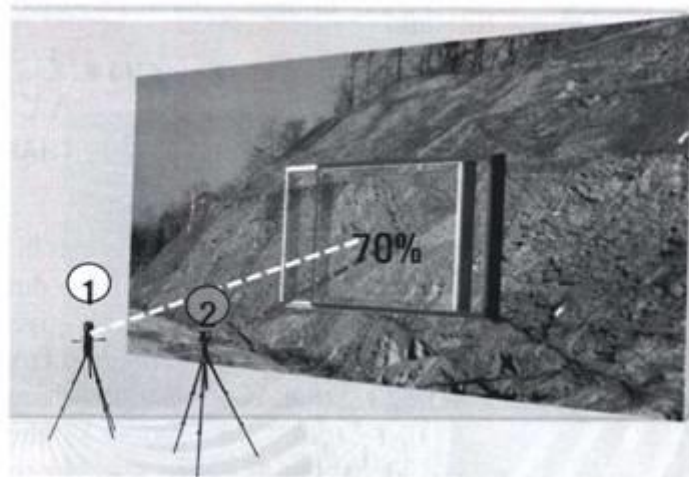
Sau một thời gian nghiên cứu, nhóm đã đưa ra chương trình có tên gọi "SurfaceMapper" và được chính thức đưa vào ứng dụng trong thực tiễn và có hiệu quả đối với nhiều dự án phân tích, đánh giá ổn định bờ đá dọc theo các tuyến đường cao tốc và đường hầm ở Hà Nội từ năm 2007 đến nay. Các module của chương trình được thiết kế để thực hiện các chức năng phân tích, xử lý các thông tin địa chất như: đo thể tích, chiều dài, độ mở, độ nhám, mật độ khe nứt, khoảng cách dịch chuyển của khe nứt và bề mặt, góc dốc của bờ đá trong không gian 3 chiều; từ đó phục vụ đánh giá tính ổn định bờ đá dọc theo tuyến đường cao tốc và đường hầm. Liên quan đến ứng dụng này, một số công trình nghiên cứu đã được xuất bản, trong đó nổi bật là nghiên cứu của một số tác giả như: [2, 3, 6, 7]. Đặc biệt, thành công của ứng dụng kết hợp với các dự án là đã đào tạo được một số thạc sĩ và tiến sĩ [1, 5, 9]. Các kết quả trình bày trong bài báo này được trích ra từ các số liệu thực nghiệm và một phần ứng dụng của [10].

## II. NỘI DUNG PHƯƠNG PHÁP

### 1. Khái quát

Ứng dụng của phương pháp được thực hiện bằng việc phân tích và tính toán trên cặp ảnh nổi. Các kết quả thực nghiệm cho thấy diện tích chồng chấp tốt nhất giữa hai ảnh (ảnh trái và ảnh phải) nằm trong khoảng 60-70% và cặp ảnh này nên được chụp ở cùng độ cao và góc chụp (Hình 1).

Hình 1 mô phỏng các vị trí đặt máy ảnh và phạm vi giới hạn của ảnh trái và ảnh phải. Diện tích được bao bởi đường màu trắng thể hiện ảnh trái và diện tích được bao bởi đường màu tím thể hiện ảnh phải.

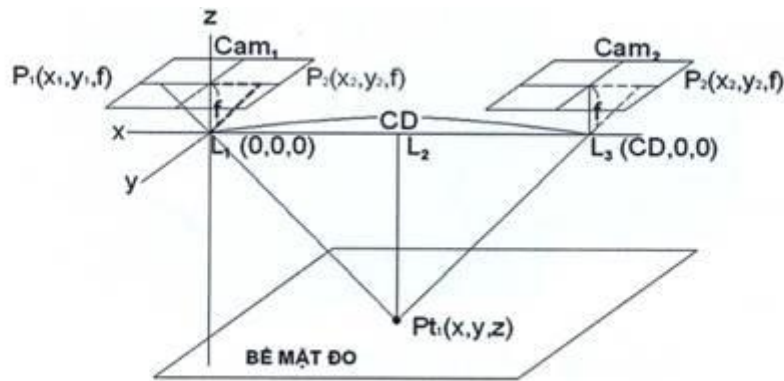


Hình 1. Mô hình chụp chồng chập giữa hai ảnh trái (màu trắng) và ảnh phải (màu tím).

Về mặt lý thuyết, những điểm xuất hiện trong diện tích chồng chập đều tồn tại trên cả hai ảnh (ảnh trái và ảnh phải). Theo quy tắc ảnh lập thể, tại những điểm này ta xác định được tọa độ (X, Y, Z) của nó trong không gian 3 chiều.

## 2. Tính toán tọa độ điểm ảnh

Thực chất đây là bước chuyển đổi từ tọa độ của điểm ảnh (pixel) sang tọa độ (X, Y, Z) trong không gian 3 chiều (3D). Mô hình tính toán được thể hiện như Hình 2.



Hình 2. Minh họa mô hình tính toán tọa độ X, Y, Z bằng phương pháp trắc đạc ảnh (Hwang, 2001).

Hình 2 biểu diễn mô hình chụp cặp ảnh nổi, trong đó:  $L_1$  và  $L_3$  là vị trí được thiết lập cho việc chụp ảnh;  $Pt_1$  là vị trí thực của điểm đo;  $CD$  là khoảng cách giữa hai ống kính;  $f$  là tiêu cự ống kính.

Vị trí thực của điểm  $Pt_1$  trên mặt phẳng có tọa độ  $X, Y, Z$ . Điểm này nằm trên ảnh trái là  $P_1$  với tọa độ ảnh  $x_1, y_1, f$  và nằm trên ảnh phải là điểm  $P_2$  với tọa độ ảnh  $x_2, y_2, f$ .

Nối hai điểm  $P_1$  với  $P_2$  và vị trí máy ảnh  $L_1$  ta được tam giác  $L_1P_1P_2$ . Tương tự, nối vị trí điểm  $Pt_1$  trên mặt phẳng và 2 vị trí đặt máy ảnh  $L_1, L_3$  ta cũng được tam giác  $Pt_1L_1L_3$ . Hai tam giác  $L_1P_1P_2$  và  $Pt_1L_1L_3$  đồng dạng. Tỷ số đồng dạng giữa 2 tam giác là:

$$\frac{P_1P_2}{L_1P_1} = \frac{f}{L_1L_3} \quad (1)$$

Trong đó:  $L_1, L_3$  là khoảng cách giữa 2 ống kính máy ảnh;  $f$  là tiêu cự của ống kính máy ảnh;  $P_1, P_2$  là độ lệch của điểm  $Pt_1$  trên ảnh trái và ảnh phải;  $L_2Pt_1$  là khoảng cách từ điểm  $Pt_1$  đến đường thẳng nối hai vị trí đặt máy ảnh ( $L_1$  và  $L_3$ ).

Từ công thức (1) ta tính được:

$$L_2Pt_1 = \frac{f * L_1L_3}{n} \quad (2)$$

Đặt khoảng cách giữa hai máy ảnh  $L_1$  và  $L_2$  là  $CD$ ;

Khoảng cách từ  $Pt_1$  đến đường thẳng nối  $L_1$  và  $L_2$  là  $Z$ ;

Độ lệch của điểm  $Pt_1$  trên hai ảnh  $L_1$  và  $L_2$  là  $\Delta X$ ;

Thay lại phương trình (2) ta được:

$$Z = f * \frac{CD}{\Delta X} \quad (3)$$

Toạ độ  $X$  và  $Y$  theo công thức 4 và 5.

$$X = CD * \frac{x_1}{\Delta x} \quad (4)$$

$$Y = CD * \frac{y_1}{\Delta y} \quad (5)$$

### III. THIẾT BỊ THU THẬP DỮ LIỆU

#### 1. Máy ảnh số

Máy ảnh số là thiết bị được dùng để thu thập và lưu ảnh chụp dưới dạng số. Trong đó, thế hệ máy ảnh quyết định khá lớn tới chất lượng của ảnh. Trong quá trình phát triển chương trình, nhiều loại máy ảnh đã được đưa vào thử nghiệm và ứng dụng thực tế. Hiện tại, loại máy được sử dụng trong ứng dụng này là Sony  $\alpha$  900, có kích thước phần cảm biến là 3,59 X 2,4 cm, độ phân giải 6048 X 4032 pixel, kích thước lớn nhất của ảnh chụp là 25 MP (Hình 3).



Hình 3. Máy ảnh số Sony  $\alpha$  900 và ống kính 50 mm.

#### 2. Giá đỡ máy ảnh

Thiết bị này được thiết kế để đỡ máy ảnh cũng như để điều chỉnh độ cao và góc quay, góc nghiêng trong quá trình chụp ảnh (Hình 1).

### III. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM VÀ MỘT SỐ KẾT QUẢ ỨNG DỤNG

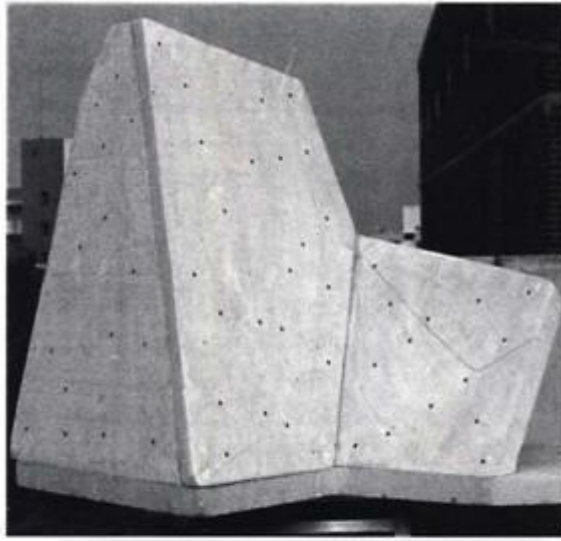
#### 1. Mô hình thực nghiệm

Mô hình thực nghiệm của bài viết được tiến hành bằng việc chụp cặp ảnh nổi của một vật thể mẫu như ở Hình 4. Toàn bộ phần diện tích trong hình mẫu được bố trí nằm trọn trong hai ảnh (ảnh trái và ảnh phải). Theo lý thuyết, những điểm chấm xanh, vàng trên hình này đều có thể chuyển đổi từ toạ độ ảnh sang toạ độ thực ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) trong không gian 3 chiều.

Hình 4 có 75 điểm được đánh dấu để tính toán chuyển đổi từ toạ độ ảnh (hàng, cột pixel) sang toạ độ thực ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ) trong không gian 3 chiều theo các công thức từ (3) đến (5). Các kết quả tính toán được tóm lược trong Bảng 1.

Các giá trị  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  của từng điểm ảnh trong không gian 3 chiều ở Bảng 1 được sử dụng để mô phỏng lại bề mặt vật thể mẫu ở Hình 5.

Trên Hình 5A, điểm ký hiệu màu đỏ thể hiện vị trí của những điểm đánh dấu được vẽ lại trong không gian 3 chiều. Các hình 5B và 5C biểu diễn lại bề mặt 3 chiều của hình mẫu.

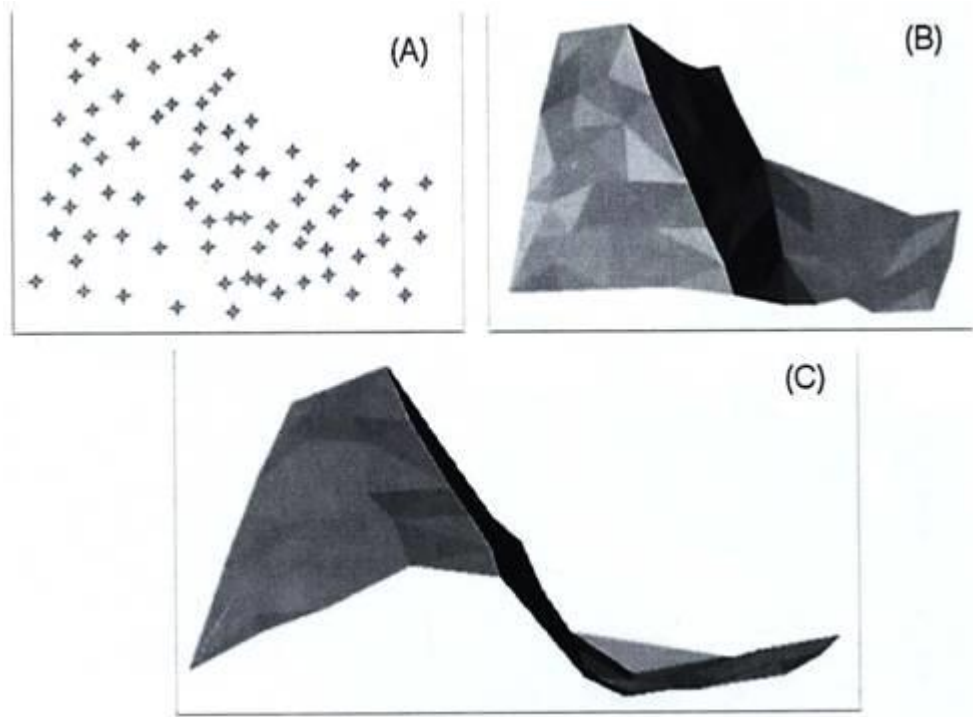


Hình 4. Mô hình vật thể mẫu.



**Bảng 1. Giá trị tọa độ của điểm đánh dấu trên vật thể mẫu và trong không gian 3 chiều (3D)**

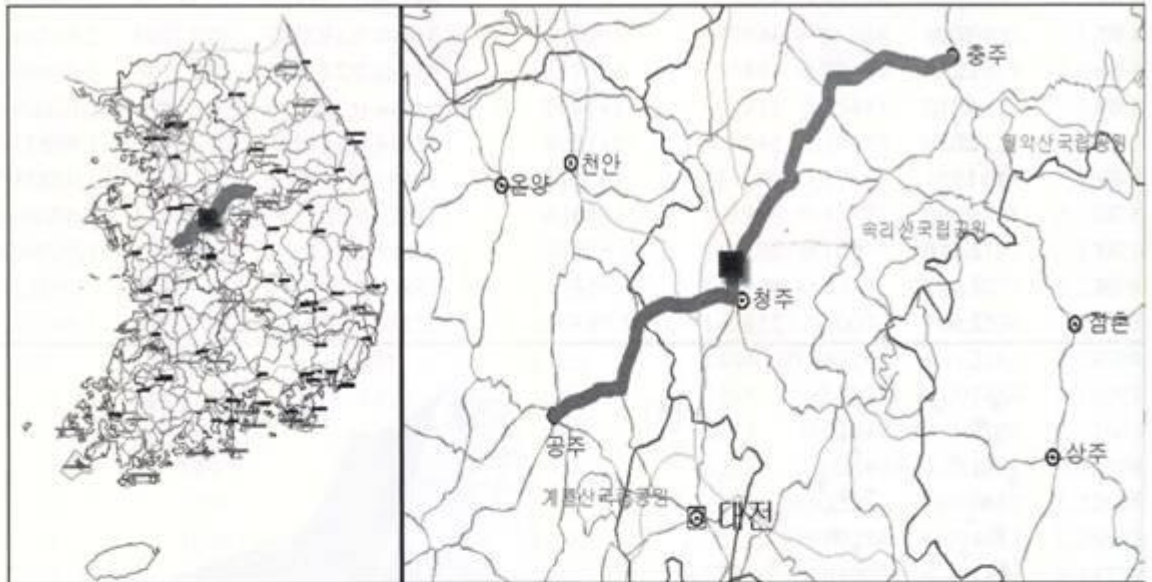
Số điểm mẫu	Tọa độ điểm ảnh (Xpixel) trên ảnh trái	Tọa độ điểm ảnh (Y pixel) trên ảnh trái	Tọa độ điểm ảnh (X pixel) trên ảnh phải	Tọa độ điểm ảnh (Y pixel) trên ảnh phải	Tọa độ của điểm ảnh trong 3D		
					X	Y	Z
1	851	1.563	397	1.553	-0,23013	0,198414	2,236473
2	917	1.516	457	1.505	-0,20417	0,179478	2,207301
3	832	1.420	374	1.411	-0,23476	0,146725	2,21694
4	992	1.371	521	1.362	-0,17393	0,12603	2,155751
5	870	1.289	402	1.280	-0,21675	0,098803	2,16957
6	741	1.197	282	1.188	-0,26597	0,068671	2,21211
7	840	1.130	371	1.121	-0,22652	0,04435	2,164944
8	1.029	1.159	547	1.151	-0,15768	0,05278	2,106553
9	884	1.052	409	1.044	-0,20884	0,017516	2,137597
10	773	958	305	948	-0,24991	-0,01436	2,16957
11	897	876	417	867	-0,20233	-0,04133	2,115331
12	1017	878	527	870	-0,15902	-0,03984	2,072161
13	643	802	177	794	-0,29562	-0,06798	2,178881
14	726	772	254	765	-0,26373	-0,07729	2,151184
15	926	668	436	661	-0,18873	-0,10841	2,072161
16	658	617	188	608	-0,288	-0,13038	2,160338
17	793	633	313	627	-0,237	-0,12233	2,115331
18	1077	638	573	631	-0,13556	-0,11492	2,0146
19	723	493	244	483	-0,26088	-0,16935	2,119747
20	552	361	82	354	-0,32409	-0,21753	2,160338
21	730	347	244	337	-0,25481	-0,21498	2,089215
22	900	342	403	336	-0,19445	-0,21183	2,042975
23	1127	319	610	313	-0,11667	-0,21075	1,963943
24	1102	1622	635	1613	-0,13773	0,213105	2,174216
25	1211	1485	744	1475	-0,10039	0,166167	2,174216
26	1394	1458	937	1451	-0,03851	0,16035	2,221791
27	1513	1432	1063	1427	0,0032	0,1536	2,256353
28	1624	1450	1180	1444	0,043243	0,162162	2,286844
29	1167	1293	686	1285	-0,1121	0,097464	2,110933
30	1284	1302	811	1293	-0,07442	0,102156	2,146636
31	1486	1236	1021	1229	-0,00619	0,081204	2,183567
32	1596	1247	1140	1240	0,032281	0,086667	2,226664
33	1698	1265	1250	1261	0,069286	0,094643	2,266426
34	1442	1152	968	1145	-0,02093	0,051308	2,142107
35	1388	1075	908	1065	-0,03867	0,025	2,115331
36	1628	1064	1162	1060	0,042575	0,021974	2,178881
37	1789	1048	1333	1043	0,1	0,016842	2,226664
38	1301	980	811	974	-0,06629	-0,00653	2,072161
39	1701	962	1235	958	0,067639	-0,01305	2,178881
40	1282	866	782	860	-0,07104	-0,04288	2,030717
41	1496	869	1012	862	-0,00264	-0,04331	2,097848
42	1653	879	1179	873	0,050295	-0,04084	2,142107
43	1809	824	1340	820	0,104051	-0,06004	2,164944
44	1390	739	891	733	-0,03655	-0,08369	2,034787
45	1547	709	1055	704	0,013984	-0,09463	2,063737
46	1636	685	1147	682	0,04319	-0,10307	2,076398
47	1336	643	825	637	-0,0526	-0,11178	1,987003
48	1703	523	1209	518	0,064453	-0,15449	2,055382
49	1822	577	1341	572	0,10578	-0,14071	2,110933
50	1408	443	889	440	-0,0296	-0,17171	1,956375
51	1586	411	1078	406	0,025827	-0,18551	1,998737
52	1673	370	1169	367	0,053651	-0,2	2,0146



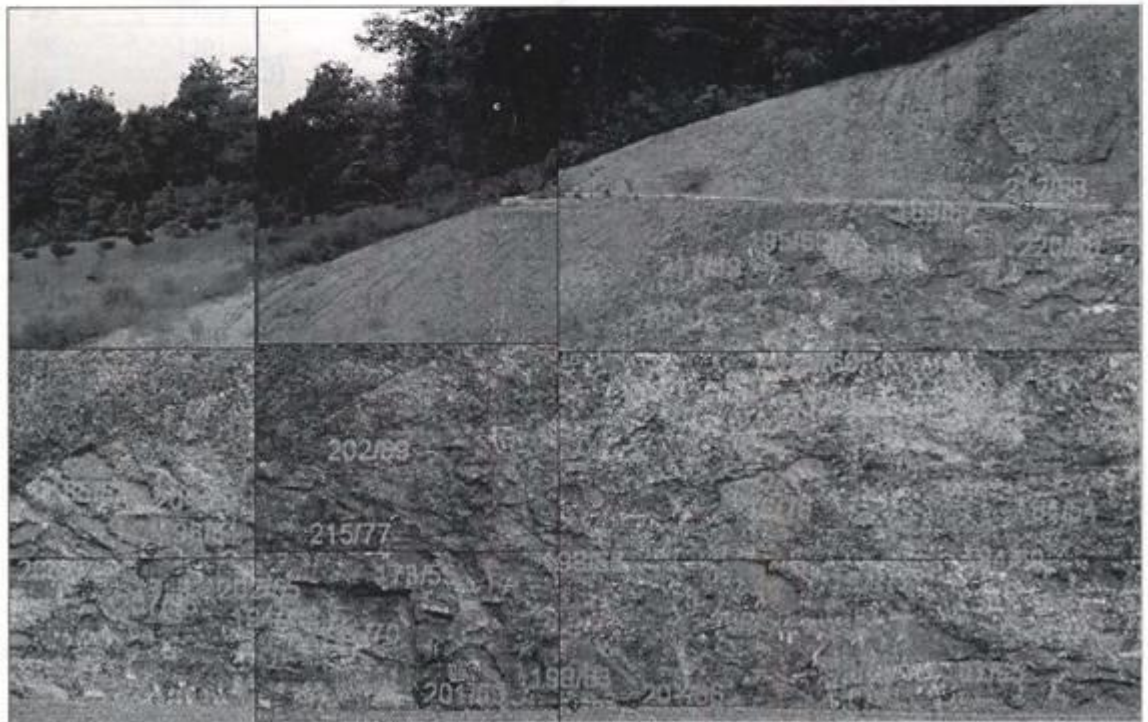
Hình 5. Bề mặt 3 chiều xây dựng lại từ vật thể ở mẫu Hình 4.

## 2. Ứng dụng thực tế

Ứng dụng thực tế của phương pháp này được thực hiện tại một bờ đá thuộc Tp. ChongJu trên tuyến đường từ KongJu đi ChongJu, miền trung Hàn Quốc bằng việc ứng dụng phương pháp trắc đạc ảnh. Toàn bộ hình ảnh của bờ đá được ghi lại và hiển thị như ở Hình 6. Sau đó, các tham số về thể tích của khe nứt, chiều dài và độ nhám của mỗi khe nứt... thuộc bề mặt của bờ đá đều được xác định trực tiếp từ ảnh thông qua phần mềm “SurfaceMapper” và được tham chiếu chính xác đến từng vị trí tọa độ của chính nó trong cơ sở dữ liệu. Các tham số này có thể kiểm tra, điều chỉnh, tra cứu và hiển thị dễ dàng thông qua các menu của chương trình phần mềm. Việc mô phỏng hình ảnh 3 chiều bề mặt bờ đá được tiến hành từ thuật toán tương tự như ở phần thực nghiệm. Các vị trí tọa độ trên ảnh trái và phải được lựa chọn từ hai cửa sổ trái và phải ở Hình 8. Trên cửa sổ trái, đường màu cam thể hiện phạm vi lựa chọn và trên cửa sổ phải, những chấm màu vàng thể hiện những pixel ảnh đã được chọn. Các điểm đánh dấu sử dụng cho việc tái tạo bề mặt 3 chiều của bờ đá được lấy theo những vị trí tọa độ pixel (hàng, cột) liên tiếp trên ảnh nổi (Hình 7).



Hình 6. Vị trí bề mặt bờ đá được sử dụng trong bài viết này thuộc Tp. ChongJu trên tuyến đường từ KongJu đi ChungJu, miền Trung Hàn Quốc.



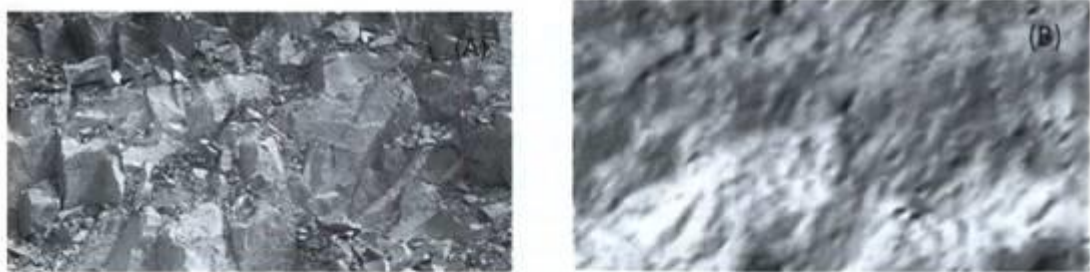
Hình 7. Hình ảnh bờ đá và số đo thể nằm của khe nứt của điểm khảo sát ở Hình 6 (Trong đó, các số 197/72... là góc phương vị hướng dốc/góc dốc).



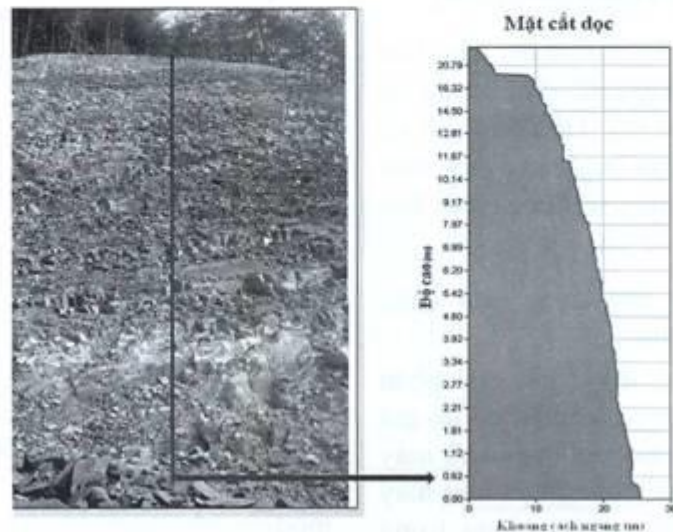


Hình 8. Vị trí lấy mẫu trong phân tích bề mặt 3 chiều (3D).

Các giá trị tọa độ của những điểm đánh dấu nằm trong phần diện tích bao bởi đường màu cam ở Hình 8 và Hình 9A, được vẽ lại trong không gian 3 chiều như Hình 9B.



Hình 9. (A) Bề mặt đá, (B) Bề mặt mô phỏng lại từ phân tích ảnh.



Hình 10. Mô phỏng lại mặt cắt bờ dốc theo chiều đứng.

Tương tự như việc vẽ lại hình ảnh bề mặt của bờ đá trong không gian 3 chiều, mặt cắt dọc của nó cũng được thực hiện dựa vào các giá trị X, Y, Z sau khi tính toán từ các công thức từ (3) đến (5). Hình mô phỏng cho mặt cắt dọc được thể hiện ở Hình 10.

#### IV. THẢO LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Các kết quả trình bày trong bài viết này là một trong số những ứng dụng của chương trình “Surface Mapper” thông qua phương pháp trắc đạc ảnh, cho thấy, phương pháp đã đáp ứng được những yêu cầu thực tế đối với việc tính toán và mô phỏng lại vật thể trong không gian 3 chiều bằng ảnh số. Mặc dù vậy, không thể hoàn toàn khẳng định phương pháp này đã là một giải pháp



hoàn thiện. Song với thời điểm hiện tại, đây đang là một trong những phương pháp đã nhận được sự tin cậy nhờ vào những ưu điểm mà nó mang lại. Cụ thể, phương pháp đã giúp người sử dụng:

- Dễ dàng mô phỏng lại bề mặt của vật thể 3 chiều thông qua việc phân tích ảnh số;
- Xác định được các kích thước (dài, rộng và cao) của vật thể nhanh chóng;
- Giúp khảo sát địa chất từ xa mà không cần tiếp xúc trực tiếp nên tránh được nguy hiểm trong những trường hợp với sườn dốc cao và không an toàn [8].
- Sai số đối với việc đo vẽ thể nằm khe nứt nằm trong khoảng 0-5°, là khoảng có thể chấp nhận được [8]. Để đánh giá về mức độ chính xác của ứng dụng này, một số kết quả thực nghiệm sẽ được trình bày và thảo luận ở bài viết sau của tác giả.
- Thiết bị trong ứng dụng đơn giản, gọn nhẹ và dễ sử dụng;

Tuy nhiên, để có được kết quả phân tích tốt cho ứng dụng, cần phải có bộ giá đỡ chắc chắn, góc quay chính xác và máy ảnh độ phân giải cao, chẳng hạn như máy ảnh Sony  $\alpha$  900, tác giả sử dụng trong ứng dụng này.

Bên cạnh đó, việc thực hiện phương pháp này cũng đòi hỏi phải có mặt bằng để lắp đặt thiết bị và phải có khoảng cách vừa đủ để chụp ảnh. Trong trường hợp bề mặt đối tượng bị phủ hoặc phân dị màu kém thì việc sử dụng chương trình có một số hạn chế nhất định.

Trên đây là một đề xuất mới nhằm góp phần mở rộng hơn sự lựa chọn, phục vụ tốt cho công việc nghiên cứu cũng như ứng dụng đối với lĩnh vực địa chất. Tác giả hy vọng đây sẽ là cơ sở ban đầu để phát triển cho các nghiên cứu khác sau này.

*Lời cảm ơn:* Tác giả bài báo cảm ơn Đề tài cấp Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, mã số VAST05.02/15-16 và GIS-Lab, trường Đại học Pai Chai, Hàn Quốc đã hỗ trợ thuật toán và số liệu để hoàn thành nghiên cứu này.

## VĂN LIỆU

1. **Trung Thanh Dang, 2007.** Application of photogrammetry in measuring geologic structures and creating a 3D model on exposed rock faces. *M. Sc. Thesis. PaiChai University Daejeon, South Korea, 57 pp.*

2. **Hwang S.G., 2001.** Photogrammetric measurement of the attitude of planar and linear features. *Mathematical Geology Conference (IAMG2001), proceeding CD.*

3. **Hwang S.G., Ji I.T., 2010.** New survey techniques for rock slope engineering and their application examples. *International conference on slope, Thailand, p. 303-308.*

4. **Mikhail E.M., Bethel J.S. and McGlone J.C., 2001.** Introduction to modern photogrammetry, *John Wiley & Son, 496 pp.*

5. **Quoc Phi Nguyen, 2009.** Analysing rock stability using block theory and 3D surveying tools. *PhD thesis, PaiChai University, Daejeon, South Korea, 149 pp.*

6. **Quoc Phi Nguyen, Sang Gi Hwang, Truong Thanh Phi, Phuong Nguyen, 2012.** Structural domain identification by fracture orientation and fracture density in rock mass. *International Journal of Geoinformatics 8, p. 35-40.*

7. **Phí Trường Thành và Phùng Văn Phách, 2011.** Số hóa hệ thống thu thập và xử lý số liệu khe nứt. Các Công trình nghiên cứu Địa chất và Địa vật lý Biên. *Nxb KHTN&CN, tr. 139-147.*

8. **Phí Trường Thành, Hwang Sang Gi, Phùng Văn Phách, Nguyễn Quốc Phi, 2014.** Một số kết quả so sánh số đo thể nằm của khe nứt bằng việc ứng dụng phương pháp trắc đạc ảnh. *TC Các Khoa học về Trái đất, 3 (T.36), tr. 383-388.*

**9. Truong Thanh Phi, 2012.** Problems of 3D fracture survey during tunnel constructions and their solutions. *PhD thesis, Pai Chai University, Daejeon, South Korea, 97pp.*

**10. Geological survey of Kangnam- Sunhwan highway, 2008.** *Paichai University reports, 135 pp.*