

ỨNG DỤNG TIN HỌC PHÂN TÍCH TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH BỜ MỎ LỘ THIÊN

PGS.TS. KIỂU KIM TRÚC

Tập đoàn Công nghiệp Than-Khoáng sản Việt Nam

Phân tích, tính toán ổn định bờ mỏ lộ thiên là công việc phức tạp và tốn nhiều thời gian, như xây dựng cấu trúc địa chất, xác định các thông số địa cơ mỏ, áp dụng các phương pháp tính toán địa kỹ thuật, thay đổi phương án, nhất là với cấu trúc địa chất đất đá bất đồng nhất. Bài báo giới thiệu phương pháp ứng dụng công nghệ thông tin với các phần mềm xây dựng mô hình địa chất, thành lập mặt cắt địa chất, tính toán ổn định bờ mỏ và thực hiện cho một số khu vực bờ mỏ lộ thiên Quảng Ninh, với kết quả nhanh chóng và chính xác.

1. Tổng quan về các phần mềm Địa kỹ thuật

Các phần mềm ứng dụng trong lĩnh vực Địa kỹ thuật có thể được chia ra làm nhiều loại. Nếu xét về tính độc lập của chúng thì có hai nhóm chính: các phần mềm chuyên sâu một lĩnh vực chuyên môn hoặc các phần mềm tích hợp đa chức năng của nhiều lĩnh vực chuyên môn. Xét về tính chuyên môn của chúng thì có các phần mềm khảo sát địa chất, phần mềm tính toán ổn định mái dốc, phần mềm môi trường, phần mềm mô hình hóa, phần mềm xây dựng cơ sở dữ liệu...

Hiện nay đã có nhiều phần mềm ứng dụng trên thế giới như TECHBASE, ROCKWARE, MAPINFO, SURFER (Mỹ), PAMAP (Canada), MINEMAP (Australia)... liên quan đến Địa kỹ thuật. Chúng có những chức năng giống và khác nhau, và cũng thể hiện những điểm mạnh yếu khác nhau, kể cả giá cả.

Phần mềm TECHBASE có nhiều chức năng như lập mô hình H.1 chiều, vẽ các loại đồ thị, phân tích, thống kê, thiết kế mỏ, với cơ sở dữ liệu lớn hàng tỷ điểm, có tốc độ xử lý nhanh, đồng thời cho phép tính ổn định bờ mỏ theo phương pháp lực nằm ngang Log Angeles County. TECHBASE là phần mềm tích hợp đa chức năng nên có giá thương mại trong phạm vi rộng; Phần mềm ROCKWORK rất phù hợp với công tác khảo sát địa chất, trắc địa vì được thiết kế chuyên dụng cho lĩnh vực này. Trong nhiều chức năng của nó phải

kể đến truy nhập dữ liệu khảo sát trắc địa, tính tọa độ điểm đo, lập mô hình vẽ các đường đồng mức, lập cơ sở dữ liệu địa chất và vẽ cấu trúc địa chất; Phần mềm SURFER có chức năng tiện lợi trong lập mô hình dữ liệu 2÷3 chiều, vẽ hiển thị các đường đẳng trị, tính khối lượng và đặc biệt rất linh hoạt và có giao diện thân thiện với người dùng; Phần mềm ARCINFO, MAPINFO, ARCGIS là hệ quản trị thông tin địa lý GIS cho phép quản lý, phân tích, xử lý thông tin không gian và phi không gian (số liệu, tính chất, thống kê...), lập cơ sở dữ liệu cho nhiều lớp thông tin và hiển thị linh hoạt. Chúng có thể được tích hợp và hỗ trợ số hóa xây dựng mặt cắt trong chuyển đổi đồ họa giữa các phần mềm tính toán. Các phần mềm tính toán ổn định mái dốc riêng biệt còn có GEOSLOPE của Canada, SLIDE của Mỹ, GALENA của Australia... với nhiều phương pháp tính toán phong phú.

Trong khuôn khổ bài báo, dưới đây là trình bày nguyên tắc, phương pháp và một số kết quả xử lý dữ liệu về xây dựng mặt cắt, hiển thị mô hình 3D, tính toán ổn định bờ mỏ với việc ứng dụng các phần mềm Surpac, GeoLynx, Mapinfo và Galena.

2. Xây dựng mặt cắt địa chất

Các phần mềm tính toán ổn định bờ mỏ hiện nay sử dụng phương pháp cân bằng giới hạn trên cơ sở hình học 2 chiều trên các mặt cắt địa chất tại khu vực có độ bền yếu nhất.

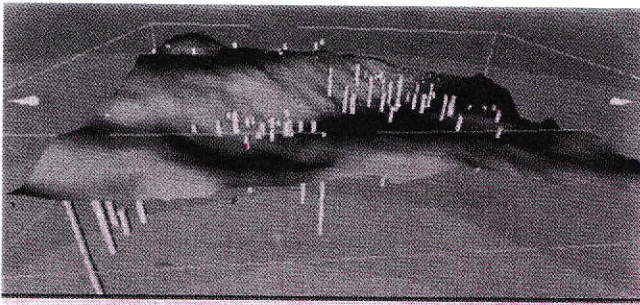
Các phần mềm Địa kỹ thuật hiện đại cho phép xây dựng mặt cắt địa chất nhanh chóng, tự động với vài thao tác. Tuy nhiên công tác chuẩn bị trước đó phải đầy đủ và chính xác. Tức là phải có được các cơ sở và công cụ như: cập nhật kết quả khảo sát thăm dò, xây dựng cơ sở dữ liệu địa chất, mô hình hóa cấu trúc địa chất và tất cả được lưu giữ và truy cập thuận tiện.

❖ Xử lý số đo thăm dò khảo sát: máy tính tiếp nhận các số liệu hiện trường từ sổ đo điện tử, bàn phím, tính tọa độ, vẽ bản đồ, xây dựng các tài liệu địa chất...;

❖ Xây dựng cơ sở dữ liệu (CSDL): xây dựng cơ sở dữ liệu địa chất quan hệ (relational geological database) là nội dung quan trọng và có ý nghĩa thiết thực. Nhập 1 lần và sử dụng nhiều lần, xây dựng từ các phần mềm tích hợp, trong đó dữ liệu sắp xếp thành các trường và bản ghi, liên kết chặt chẽ với nhau qua các Bảng và trường khóa (key field). Chữ “quan hệ” (relational) ở đây thể hiện tính liên quan logic và không gian trong cơ sở dữ liệu, ví dụ như nếu có dữ liệu 1 lỗ khoan mới thì các mặt cắt qua đó sẽ tự thay đổi, không thể có lỗ khoan trùng tên nhau, hay các đoạn chiều sâu khoan trùng nhau trong 1 lỗ khoan...;

❖ Mô hình hóa cấu trúc khoáng sàng: đây là khâu khó khăn và quan trọng nhất trong ứng dụng tin học, bởi khối lượng tính toán lớn và tiện ích phong phú. Đồng thời đây cũng là cơ sở cho việc phát triển các ứng dụng khác như thiết kế mỏ, tính hiệu quả kinh tế... trên máy tính một cách liên hoàn và tích hợp. Mô hình hóa dữ liệu bằng máy tính điện tử là quá trình biến đổi từ tập hợp mẫu rời rạc thành một tập hợp giá trị bằng số liên tục. Mảng giá trị số này (array of values) có thể hiển thị bằng hình ảnh, bản đồ, mặt cắt [3].

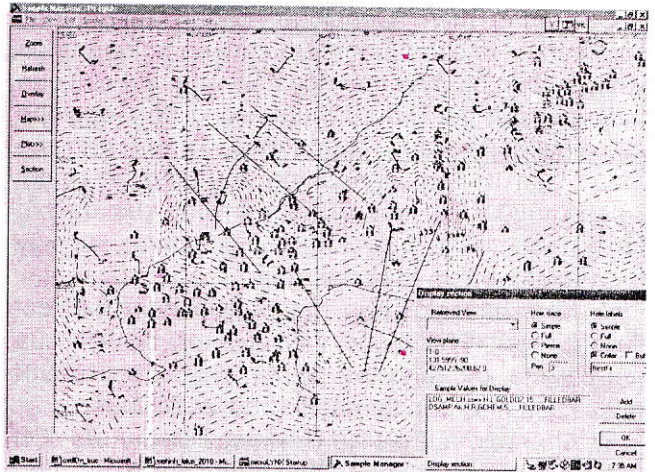
Trên cơ sở xây dựng mô hình cấu trúc, phần mềm cho phép lập các mặt cắt bất kỳ theo giới hạn và phương vị yêu cầu. Ví dụ được minh họa trong trường hợp mỏ Đèo Nai, khi đã đầy đủ CSDL với các lỗ khoan thăm dò (hình H.1), thông số địa kỹ thuật, mô hình địa hình, biên giới kết thúc, vỉa than, đứt gãy... Mặt cắt địa chất được xây dựng đơn giản bằng cách kẻ 1 nét tuyến trên bản đồ và khai báo các thông số cần hiển thị.



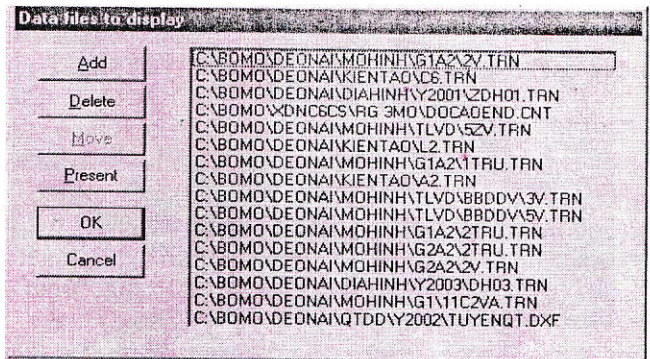
H.1. Địa hình 3D bờ mỏ Đèo Nai cùng các lỗ khoan thăm dò [2]

Thực hiện lệnh vẽ mặt cắt địa chất “COMPUTE > CROSS SECTION” và chọn tuyến bất kỳ (ví dụ tuyến Eb ngoài cùng bên trái, hình H.2), chọn phạm vi ảnh hưởng, màu sắc, góc dốc và hiển thị trên đó các thông số, lỗ khoan như độ sâu trụ lớp đá, độ tro mẫu than, phân bố các vỉa than, địa hình và đứt gãy kiến tạo... (hình H.3). Sản phẩm nhận được là mặt cắt tuyến Eb sau một số biên tập tiếng

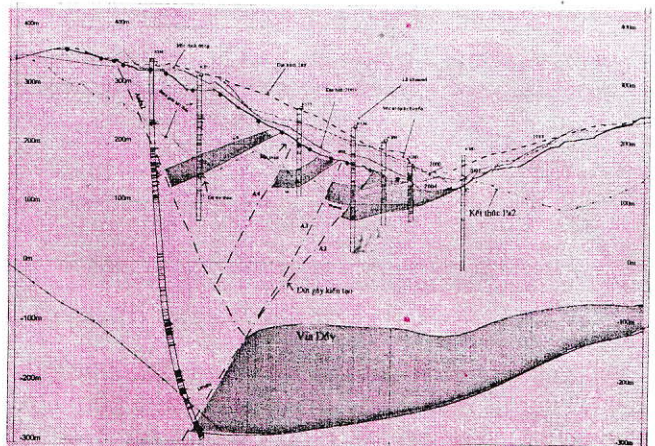
Việt như trên hình H.4 với các cấu trúc đứt gãy kiến tạo, vỉa than, địa hình các năm, Kết thúc Pa2 và Kết thúc khai thác Vía Dầy (Khác với các mặt cắt truyền thống, trên mặt cắt do máy tính lập ra ban đầu các lớp đất đá chỉ thể hiện là nằm ngang như trục lỗ khoan).



H.2. Lập tuyến mặt cắt trên địa hình bờ mỏ Đèo Nai với các lỗ khoan [2]



H.3. Đưa thông tin cần thiết vào mặt cắt (địa hình, đứt gãy, vỉa than, lỗ khoan...)



H.4. Kết quả xây dựng mặt cắt địa chất bờ mỏ (Tuyến Eb, Đèo Nai) [2]

Trên mặt cắt trong ví dụ này tiến hành phân tích ổn định bờ công tác theo 3 giai đoạn: 1 là thời gian hiện trạng năm 1988 với khối trượt lớn xuất hiện, 2 là Kết thúc theo Phương án 2 (Pa2, độ sâu 75 m), 3 là Kết thúc khai thác Vía Dày (độ sâu -285 m).

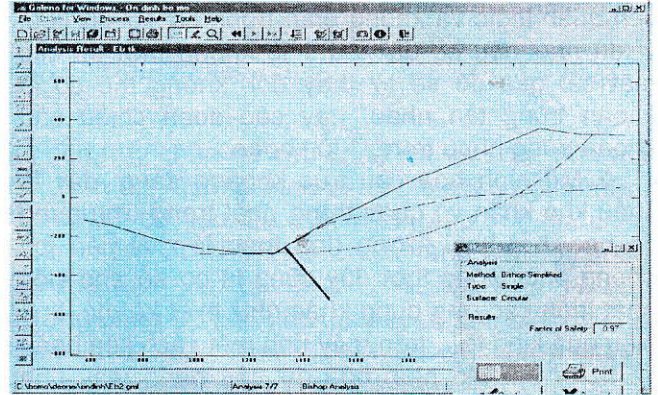
3. Tính toán ổn định bờ mờ

Các phần mềm Geoslope, Slide, Galena hay Rockwork... là các phần mềm chuyên nghiệp phân tích tính toán ổn định mái dốc đáp ứng yêu cầu của nhiều chuyên gia Địa kỹ thuật, trong đó Geoslope có nhiều chức năng phong phú, kể cả phương pháp Phần tử hữu hạn. Slide sử dụng dễ dàng, Galena thuận tiện xây dựng mô hình đất đá bất đồng nhất... Các bước thực hiện chính khi xây dựng mô hình tính toán bao gồm:

- ❖ Khai báo giới hạn tọa độ mô hình mặt cắt (Axis Limits): Phụ thuộc vào quy mô độ lớn của mặt cắt mà xác định tọa độ XY phù hợp. Đối với mặt cắt Eb như trên thì chọn 1500 và 2000 m;

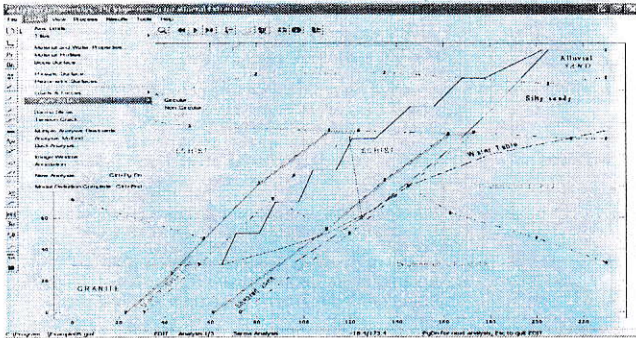
- ❖ Khai báo tên dự án (Project Title), ví dụ "Ổn định Bờ mờ", tên nội dung tính toán (Analysis Title), ví dụ "Eb tk" (bờ mờ thiết kế kết thúc tại -285 m) - xem hình H.5, H.7, H.8;

địa chất liên quan đến tính chất cơ lý của chúng, ví dụ như đới đứt gãy Anfa, đứt gãy A4, lớp than, đất đá chung (Rock general)... Nên chọn hệ đơn vị đo lường quốc tế SI thống nhất (chiều dài là mét, góc là độ, lực tính là kPa - kiloPascal), dù hệ đo lường của Mỹ, Anh (inch, radiant...) cũng chấp nhận (hình H.6, H.7, H.8);



H.7. Kết quả tính ổn định bờ tây bắc Đèo Nai, tuyến Eb, Kết thúc mức -285 m

a)



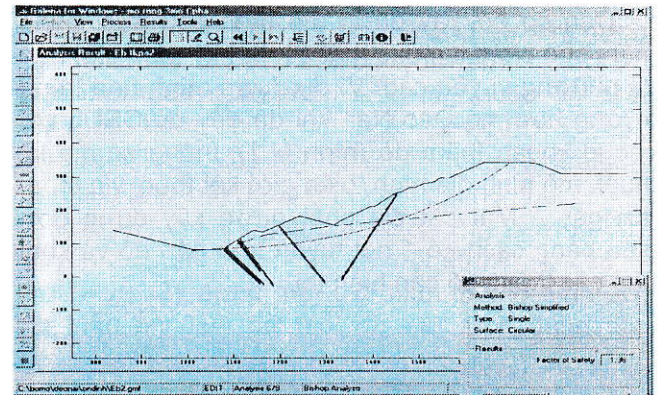
H.5. Giao diện và các bước thực hiện lập mô hình, tính toán ổn định bờ mờ [5].

Material and Water Properties - Analysis 1						
Material Properties						
	Cohesion	Phi	P.I	Weight	Ru	Description
1	210.00	30.0	0	25.00	1.10	rock general with leak
2	100.00	26.0	0	24.00	1.10	anfa2
3	70.00	27.0	0	24.00	1.10	A4
4	21.00	17.0	0	15.00	1.10	than
5						
6						
7						
8						
9						
4						

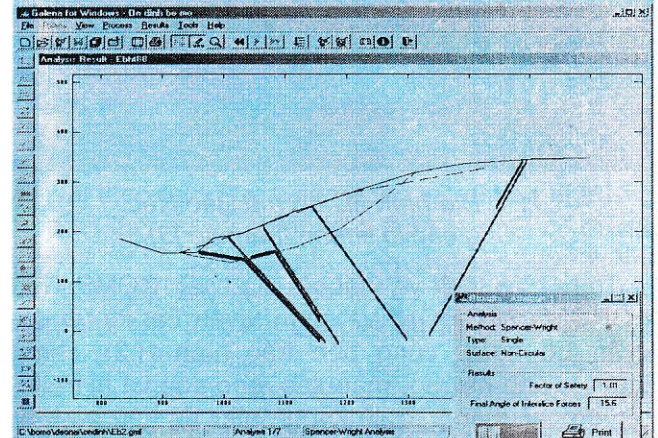
Material Strength Parameters		Water/Medium Unit Weights	
<input checked="" type="checkbox"/> Mohr-Coulomb (c & Phi)		Water (in-ground)	9.81
<input type="checkbox"/> Hoek-Brown (m, s & UICS)		Water/Medium (above-ground)	0.00

H.6. Khai báo các chỉ tiêu độ bền cơ lý đá (Tuyến Eb)

- ❖ Xác định tính chất cơ lý đá và địa chất thủy văn (Material and Water Properties): bao gồm Lực dính kết C (Cohesion), Góc ma sát trong (Phi), Trọng lượng thể tích (Weight), Chỉ số Đàn hồi (P.I), Hệ số Ru... Mục Description có thể mô tả các đới



b)



H.8. Kết quả tính ổn định bờ tây bắc Đèo Nai, tuyến Eb mức 75 m (hình a) và 150 m (hình b)

❖ Xác định cấu trúc đất đá (Material Profile): nhập các cấu trúc địa chất (đứt gãy, lớp đá khác nhau...) từ mặt cắt hình H.4. Có thể sử dụng chức năng chuyển đổi file đồ họa (Graphic Interchange) để xuất và nhập đồ họa, hoặc trích điểm tọa độ các bề mặt cần thiết;

❖ Xác định bề mặt địa hình (Slope Surface): bề mặt địa hình của các phương án khác nhau (3 phương án) từ hình H.4 cần được nhập vào mô hình tính toán, tuy nhiên do mặt cắt lập kéo dài cho cả bờ trụ và bờ vách, mà phần mềm chỉ tính độ ổn định cho từng bờ nên cần nhập từng đường địa hình của bờ vách, chú ý hướng mặt cắt giữa các phần mềm;

❖ Xác định mức nước ngầm (Phreatic Surface, Piezometric Surface): vẽ đường đẳng áp hay bề mặt thủy tĩnh trong khối đá bờ mỏ với các điều kiện tháo khô khác nhau;

❖ Xác định lực tác động (Load&Forces): đưa giá trị vào nếu có tải trọng của đường ôtô, nhà xưởng, động đất... tác động lên bờ mỏ;

❖ Xác định mặt trượt tiềm năng (Failure Surface): dựa vào cấu trúc địa chất xác định mặt trượt tiềm năng, hoặc chỉ định để phần mềm xác định theo các điều kiện cung trụ tròn;

❖ Xác định các lớp chia khối Sarma, khe nứt (Sarma Slice, Tension Crack);

❖ Xác định các ứng suất tương hỗ nếu có (Multiple Analysis Strain);

❖ Chọn phương pháp tính toán ổn định (Analysis Method): chọn một trong các phương pháp Bishop, Spencer-Wright hoặc Sarma cho các dạng mặt trượt khác nhau;

❖ Tính ngược tìm các thông số cơ lý đá như C, Phi (Back Analysis): sử dụng lệnh này trong trường hợp tính ngược xác định tính chất cơ lý đá trong trạng thái cân bằng giới hạn;

❖ Chọn cửa sổ thể hiện khi lưu hình vẽ (Image Windows);

❖ Ghi chú biên tập (Anotation): biên tập, soạn thảo các ghi chú cần thiết;

❖ Thực hiện tính toán mới (New Analysis): chỉ định nội dung tính toán mới hoặc có thay đổi khai báo.

❖ Thông báo hoàn thiện lập mô hình (Model Definition Complete): kết thúc phần lập mô hình tính toán;

❖ Thực hiện tính toán (Process): tính toán xác định hệ số ổn định n;

❖ Hiện thị kết quả (Result): xem kết quả tính toán tổng hợp hoặc chi tiết (hình H.7, H.8).

Kết quả tính toán cho thấy bờ mỏ thiết kế kết thúc khai thác Vía Dày mức -285 m không ổn định (n=0,97), bờ mỏ thiết kế Kết thúc khai thác vỉa G mức 75 m ổn định (n=1,38), và bờ mỏ hiện trạng mức 150 m biến dạng ở mức độ cân bằng giới hạn (n=1).

Kết quả trên đây chỉ là một trong số nhiều phép chọn tính toán khác nhau nhưng có giá trị ổn định bé nhất.

Đây chính là tính ưu việt của công nghệ thông tin khi dễ dàng thay đổi các lựa chọn và phân tích kết quả. Trên cơ sở đó tiếp tục điều chỉnh thiết kế hình dạng và các biện pháp đảm bảo ổn định bờ mỏ tối ưu. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đoàn Văn Kiên, Nguyễn Chí Quang, Kiều Kim Trúc và nnk. Xây dựng Cơ sở dữ liệu địa chất khoáng sàng than Tổng Cty TVN. Báo cáo Dự án TVN. Công ty ITE. Hà Nội. 2001.

2. Kiều Kim Trúc và nnk. Xây dựng cơ sở dữ liệu điều kiện địa chất mỏ phục vụ điều khiển ổn định bờ mỏ lộ thiên. Báo cáo đề tài Bộ Công nghiệp. Viện KHCN Mỏ. Hà Nội. 2000.

3. Kiều Kim Trúc. Ứng dụng máy tính với chức năng mô hình hóa địa chất và mỏ. TCÍ Công nghiệp Mỏ, ISSN 0868-7052, số 5/2005, tr. 29-33, Hội KHCN Mỏ Việt Nam, Hà Nội. 2005.

4. Pustovoitova T.K., Kiều Kim Trúc và nnk. Nghiên cứu biến dạng bờ mỏ và các biện pháp đảm bảo ổn định bờ mỏ lộ thiên ở các mỏ Đèo Nai, Cọc Sáu, Cao Sơn, Hà Tu, Núi Béo và Na Dương. Báo cáo đề tài TVN. Viện KHCN Mỏ-Viện VNIMI. Hà Nội-St. Petersburg. 2003.

5. Galena 3.1 for Windows. Clover Technonogy Associates Pty. Ltd. Robertson, NSW. Australia. 2001.

6. RockWorks TM. Instruction Manual. RockWare Inc. Golden, Colorado. USA. 2010.

7. Slide 5.0 for Windows. Limit equilibrium analysis of slope stability. Rocksciences Inc. Toronto, Ontario. Canada. 2011.

8. Smith M. L. Geologic and Mine Modelling using Techbase and Lynx. AA. Balkema. Rotterdam. Netherland. 1999.

9. Фисенко Г. Л. Устойчивость бортов карьеров и отвалов. – М.: Недра, 1965. – 378 с.

10. Правила обеспечения устойчивости откосов на угольных разрезах. СПб.: ВНИМИ, 1998. 205 с.

Người biên tập: Nguyễn Bình

SUMMARY

Open pit slope stability is complicated and time-cause work, as it includes defining geological and geotechnical model, selecting methods of analysis, giving variants, especially in discontinuous media like rock mass. The paper introduces application of professional softwares to model the geology, creating geological section, analyzing pit slope stability for coal pit in Quảng Ninh, with the results as rapid and right answers.