XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬN TỐC VÀ CÁC TỐC ĐỒ THỜI GIAN TRUYỀN SÓNG ĐỊA CHẤN TRONG VỎ TRÁI ĐẤT CHO CÁC KHU VỰC MIỀN BẮC, MIỀN TRUNG VÀ MIỀN NAM VIỆT NAM

NGÔ THỊ LƯ, TRẦN VIỆT PHƯƠNG, VŨ THỊ HOÃN, LÊ THỊ THUẦN

Viện Vật lý Địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội

Tóm tắt: *Trong công trình này, lần đầu tiên ở Việt Nam, vấn đề xây dựng tốc đồ thời gian truyền sóng và xác định mô hình vận tốc vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam đã được tiến hành một cách hệ thống theo một phương pháp luận thống nhất trên cơ sở sử dụng một tập hợp phong phú các số liệu về thời gian truyền sóng P và sóng S trên băng ghi địa chấn và chương trình tính toán đã được thiết lập bởi tập thể tác giả.*

Đã xây dựng được họ các tốc đồ thời gian truyền sóng trung bình và các mô hình vận tốc vỏ Trái đất theo cả hai loại sóng P và S đối với miền Bắc, miền Trung và miền Nam Việt Nam .

Các mô hình vận tốc sóng P và sóng S của vỏ Trái đất khu vực miền Trung và miền Nam có sự tương đồng rất rõ rệt cả về số lớp trong vỏ Trái đất cũng như độ sâu ranh giới (hay là chiều dày của các lớp) trong mỗi khu vực, chứng tỏ mức độ chính xác của các số liệu được sử dụng cũng như tính đúng đắn của các mô hình đã được xây dựng cho hai khu vực này.

Đối với khu vực miền Bắc, cả hai mô hình vận tốc sóng P và sóng S đều phản ánh môi trường 4 lớp với các độ sâu ranh giới của lớp thứ nhất khá tương đồng nhau H_1 ~ 3-5 km; Chỉ có sự khác biệt về độ sâu ranh giới của các lớp tiếp theo. Sự khác biệt này có thể do sự nhầm lẫn trong quá trình quy toán số liệu, phân biệt và xác định chưa chính xác thời điểm tới của các pha khác nhau của sóng S trên băng ghi động đất.

Các mô hình vận tốc truyền sóng địa chấn trong vỏ Trái đất nhận được trong nghiên cứu này vừa chi tiết, đầy đủ, vừa phù hợp với các điều kiện thực tế của từng khu vực và có độ tin cậy cao. Do đó có thể sử dụng chúng trong công tác định vị chấn tiêu động đất Việt Nam để xác định chính xác các tham số cơ bản của chấn tiêu động đất.

I. MỞ ĐẦU

Mô hình vận tốc truyền sóng địa chấn trong vỏ Trái đất (dưới đây sẽ gọi là *"mô hình vận tốc vỏ Trái đất"*) là một trong những tài liệu quan trọng phục vụ cho công tác quy toán, xử lý số liệu và xác định các tham số cơ bản của động đất. Việc xây dựng mô hình vận tốc vỏ Trái đất phù hợp cho một vùng lãnh thổ có ý nghĩa vô cùng quan trọng giúp cho công tác định vị chấn tiêu động đất đạt độ chính xác cao.

Vấn đề xây dựng mô hình vận tốc vỏ Trái đất đã được đề cập rất sớm, từ những năm 1935 [1]. Kết quả nhận được là mô hình lát cắt vận tốc trung bình của vỏ Trái đất và họ các tốc đồ thời gian truyền sóng tương ứng (Jefreys H. and Bullen K.E. 1940, 1958) [1-3, 12], chúng được sử dụng phổ biến trong phạm vi toàn cầu.

Ở Việt Nam, việc nghiên cứu, xây dựng mô hình vận tốc vỏ Trái đất đã được tiến hành bởi nhiều tác giả trong các công trình khác nhau [6- 11]. Tuy nhiên, phần lớn những nghiên cứu này đều được tiến hành dựa trên các số liệu địa chấn thăm dò hoặc số liệu thời gian truyền sóng địa chấn ghi được bởi mạng lưới các trạm cũ của Việt Nam (chỉ có từ 3-5 trạm ghi bằng máy địa chấn ghi kiểu cơ học trên giấy ảnh). Các nghiên cứu này đã đưa ra được một số mô hình vận tốc vỏ Trái đất cho các khu vực khác nhau trên lãnh thổ Việt Nam. Nhưng đến nay vẫn chưa có sự so sánh để

khẳng định mô hình nào là phù hợp hơn cả và có thể được sử dụng tối ưu trong nghiên cứu động đất ở Việt Nam.

Hiện nay hệ thống trạm ghi động đất của Việt Nam đã phát triển và được quy hoạch tương đối hiện đại ngang tầm quốc tế (26 trạm ghi số, chương trình xử lý số liệu tự động trên máy tính điện tử). Vì vậy đòi hỏi phải có một mô hình vận tốc vỏ Trái đất thực sự phù hợp với điều kiện thực tế Việt Nam, cho phép xác định chính xác hơn các tham số cơ bản của chấn tiêu động đất. Chúng là các tài liệu tối cần thiết phục vụ cho việc giải quyết hàng loạt các nhiệm vụ quan trọng trong nghiên cứu động đất (phân vùng, dự báo, đánh giá độ nguy hiểm động đất và nhiều nhiệm vụ địa chấn kiến tạo khác...). Ngoài ra, như chúng ta đã biết Việt Nam có hình dạng kéo dài rất đặc thù với cấu trúc địa chất của ba miền Bắc, Trung và Nam khác biệt nhau. Các trạm địa chấn hiện có của Việt Nam lại phân bố không đồng đều, tập trung chủ yếu ở miền Bắc, còn ở miền Trung và miền Nam Việt Nam thì rất thưa thớt. Vì vậy, trong nghiên cứu này, tác giả sẽ tiến hành xây dựng các mô hình vận tốc của vỏ Trái đất riêng biệt cho 3 miền Bắc, Trung và Nam Việt Nam phù hợp với môi trường truyền sóng thực tế của mỗi miền.

Để làm điều đó, chúng tôi sẽ áp dụng cách tiếp cận mới, phù hợp với các công trình [4, 5, 8, 13] để xây dựng mô hình vận tốc vỏ Trái đất trên cơ sở tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn đã được xây dựng cho miền Bắc Việt Nam.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA PHƯƠNG PHÁP XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬN TỐC VỎ TRÁI ĐẤT

Nhiệm vụ xác định mô hình lát cắt vận tốc vỏ Trái đất được giải quyết trên cơ sở giải bài toán xây dựng các tốc đồ thời gian truyền sóng (hay là biểu đồ thời khoảng của sóng địa chấn). Đó chính là xác định vận tốc lan truyền của sóng địa chấn theo tốc đồ thời gian truyền của các sóng này. Trong tất cả các phương pháp nghiên cứu địa vật lý, các tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn mang một lượng thông tin lớn hơn cả về cấu trúc của Trái đất.

Mục tiêu cơ bản của bài toán này là xây dựng đường cong vận tốc V = V (Z) theo các biểu đồ thời khoảng của các sóng khúc xạ, phản xạ và sóng đầu. Vì vậy, để xây dựng mô hình vận tốc vỏ Trái đất cho một khu vực bất kỳ, trước hết cần xây dựng các tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn cho khu vực đó.

1. Phương pháp xây dựng tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn

Để xây dựng các tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn, trong nghiên cứu này sẽ áp dụng phương pháp được đề nghị trong [4, 5] với cơ sở lý thuyết của phương pháp như sau:

Hệ phương pháp bao gồm chu trình nhiều giai đoạn nghiên cứu các đặc điểm thời gian truyền sóng dọc P (hoặc sóng ngang S), áp dụng để giải bài toán định vị chấn tiêu động đất theo các quan sát địa chấn trong vùng gần nhằm nhận được các tài liệu chi tiết về cấu tạo vỏ Trái đất. Chu trình này có mối quan hệ ngược là, khi làm chính xác các toạ độ chấn tiêu động đất cũng đồng thời làm chính xác được cả thời gian truyền sóng địa chấn, từ đó cho phép làm sáng tỏ cả các bất đồng nhất trong môi trường địa chất. Ưu điểm của phương pháp là ở chỗ nó cho phép sử dụng cả các số liệu về các trận động đất mà độ sâu chấn tiêu của chúng chưa được biết. Các bước cơ bản của phương pháp hay là các bước để xây dựng thuật toán như sau:

1/ Đối với mỗi trạm sẽ tính được độ lệch về thời gian truyền sóng P (hoặc sóng S) ở dạng gần đúng bậc nhất theo quan hệ với tốc đồ chuẩn:

$$f_i = t_{pi} - t_p^*$$

trong đó, t_{pi} - thời gian truyền quan sát; t_p^* - thời gian truyền được tính theo tốc đồ chuẩn. Thực hiện việc lựa chọn nhiều lần các giá trị f_i đối với các độ sâu chấn tiêu h_i khác nhau sẽ tìm được giá trị cực tiểu f_i^{min} của chúng.

Khi giả thiết rằng, hàm phân bố f_i^{min} tuân thủ quy luật phân bố Jeffreys [1] và tương tự như trong các công trình [4, 5] sẽ tính được các sai số hệ thống đối với tốc đồ chuẩn (gọi là số hiệu chỉnh α_i) và các sai số ngẫu nhiên.

2/ Xây dựng đường cong phụ thuộc $f_i^{min} = f(\Delta)$ trên cơ sở trung bình hoá trường độ lệch f_i^{min} đối với tất cả các trạm trong sự phụ thuộc vào khoảng cách chấn tâm Δ. Kết quả là có thể tìm được các số hiệu chỉnh $\alpha_{\delta\Delta i}$ trên các khoảng $\delta\Delta_i$ tương ứng.

3/ Tìm thời gian truyền hiệu chỉnh t_p' bằng cách đưa các số hiệu chỉnh $\alpha_{\delta\Delta}$ vào tốc đồ chuẩn.

4/ Hoặc là tính $f(\Delta) = t_p'(\Delta)$; $dt_p'/d\Delta$ và $d^2t_p'/d\Delta^2$ và xác định các điểm uốn của tốc đồ, hoặc là so sánh tốc đồ thực nghiệm với tốc đồ chuẩn sẽ cho phép tìm được mô hình tốc độ tương ứng.

2. Phương pháp xây dựng mô hình vận tốc vỏ Trái đất

Bản chất của phương pháp là sử dụng số liệu về thời gian truyền của các sóng địa chấn từ chấn tiêu động đất đến các trạm địa chấn để xác định vận tốc và chiều dày của các lớp trong vỏ Trái đất theo các phương trình truyền sóng.

Trong thực tế địa chấn hiện có một số mô hình vận tốc vỏ Trái đất chuẩn đã được xây dựng trên cơ sở các số liệu địa chấn thực nghiệm theo các phương trình truyền sóng lý thuyết [1-3, 12]. Một trong chúng là mô hình vận tốc IASPEI, đã được quốc tế công nhận. Tuy nhiên, mô hình này được xây dựng theo số liệu địa chấn thực nghiệm quan sát được từ các trạm địa chấn quốc tế, nên khi áp dụng cho lãnh thổ Việt Nam chắc chắn phải tính hiệu chỉnh về thời gian truyền sóng để đảm bảo tính phù hợp với môi trường thực của Việt Nam. Trong khuôn khổ công trình này, tác giả sẽ sử dụng mô hình IASPEI93 với tư cách là mô hình lý thuyết chuẩn để tính toán.

Nội dung cơ bản của cách tiếp cận này là thiết lập một chương trình tính toán cho phép lựa chọn chiều dày của các lớp trong vỏ Trái đất và vận tốc lan truyền của sóng địa chấn trong các lớp đó, trên cơ sở so sánh thời gian truyền sóng được tính theo tốc đồ lý thuyết với thời gian truyền quan sát như sau:

Nếu cho trước một mô hình vận tốc bất kỳ và giả thiết rằng chấn tiêu động đất nằm ở độ sâu H nào đó, khi đó tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn lý thuyết có dạng:

$$T = T(V, H, \Delta) \qquad (1)$$

trong đó: V - Tốc độ lan truyền của sóng địa chấn; H - Độ sâu chấn tiêu; Δ - Khoảng cách từ chấn tâm đến trạm địa chấn (gọi là khoảng cách chấn tâm).

Nhiệm vụ của chúng ta là cần phải thay đổi hoặc đồng thời tất cả các biến số V_i, h_i, H (V_i, h_i - vận tốc và chiều dày tương ứng của các lớp trong vỏ Trái đất) và tham số Δ hoặc thay đổi riêng mỗi một trong chúng để sao cho tốc đồ lý thuyết T = T (V, H, Δ) có thể gần hơn cả với thời gian truyền quan sát. Điều đó có nghĩa là cần phải cực tiểu hoá các độ lệch thời gian, được xác định bởi hàm số:

$$F = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (T_i - T'_{pi})^2}$$

Trong đó: T_i: thời gian truyền của sóng P, nhận được tại điểm i theo tốc đồ lý thuyết; T'_{pi}: thời gian truyền tương ứng của sóng P, được biểu thị bằng quan hệ với khoảng cách chấn tâm Δ, có dạng tương tự như (1); n: Số điểm đã cho để cực tiểu hoá hàm F (hay là số sự kiện sử dụng trong tính toán); F: hàm mục tiêu, được xác định bởi tốc đồ thực nghiệm và tốc đồ tính toán.

Chương trình được xây dựng trên cơ sở phương pháp này cho phép xác định được mô hình vận tốc với các tham số V_i, h_i, H.

Cần chú ý rằng, việc cực tiểu hoá hàm mục tiêu F có thể tiến hành theo các phương án khác nhau tuỳ thuộc vào việc lựa chọn nhiều lần hoặc đồng thời tất cả các tham số V_i, h_i, H; hoặc riêng biệt từng tham số trong chúng. Kết quả của việc lựa chọn như vậy sẽ chỉ ra sự trùng hợp hơn cả giữa các tốc đồ thực nghiệm và tốc đồ lý thuyết.

III. SỐ LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trước hết cần lưu ý rằng, số lượng trạm địa chấn Việt Nam hiện có phân bố không đồng đều, phần lớn tập trung ở miền Bắc trong khi ở khu vực miền Trung và miền Nam rất thưa thớt nên hầu như các số liệu về thời gian truyền sóng ghi nhận được trong hai khu vực này rất ít. Do đó, nếu chỉ sử dụng tập hợp các cặp số liệu (x_i, t_i) thu thập được từ các trạm địa chấn Việt Nam thì không thể đủ để xây dựng các tốc đồ thời gian truyền sóng và tính mô hình vận tốc vỏ Trái đất cho khu vực miền Trung và miền Nam. Để khắc phục hạn chế này, chúng tôi còn thu thập và sử dụng thêm số liệu về thời gian truyền sóng địa chấn của các trạm địa chấn quốc tế lân cận đối với các trận động đất xảy ra ở trong và xung quanh lãnh thổ Việt Nam để đảm bảo việc xây dựng các tốc đồ đến khoảng cách 800 km. Đây là nguồn dữ liệu khá đầy đủ, chứa các thông tin cần thiết cho việc xây dựng tốc đồ thời gian truyền sóng. Chúng bao gồm: thời gian xảy ra động đất t_0, thời điểm tới của các loại sóng khác nhau (Pn, P, Pg, Sn, Sg, S, v.v…), thời gian truyền của các sóng từ chấn tiêu tới trạm (t_i), các tọa độ chấn tâm động đất, độ sâu chấn tiêu và nhiều dữ liệu quan trọng khác).

Đồ thị $t = f(x)$ xây dựng trên cơ sở các cặp số liệu (x_i, t_i) được gọi là tốc đồ thực nghiệm, trong đó, x_i là khoảng cách chấn tâm, t_i là khoảng thời gian sóng địa chấn truyền từ chấn tiêu động đất đến trạm ghi.

IV. XỬ LÝ SỐ LIỆU VÀ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Đối với khu vực miền Bắc Việt Nam, tác giả đã thu thập được 5183 cặp giá trị (x_i, t_i) từ 5252 sự kiện riêng biệt, ghi được bởi các trạm địa chấn Việt Nam và khu vực lân cận trong giai đoạn từ tháng 4 năm 1996 đến tháng 1 năm 2008. Đối với khu vực miền Trung Việt Nam đã thu thập được 275 cặp (x_i, t_i) và 643 cặp (x_i, t_i) đối với khu vực miền Nam Việt Nam.

Vì nguồn dữ liệu dồi dào như vậy, việc phân tích một cách trực quan (bằng mắt) là khá vất vả. Hơn nữa, trong tập hợp các số liệu (x_i, t_i) quan sát được có rất nhiều cặp số liệu chứa các sai số khác nhau. Vì thế cần phải loại bỏ các cặp dữ liệu (x_i, t_i) với sai số lớn khỏi nguồn dữ liệu để đảm bảo độ chính xác của các kết quả tính toán. Chúng tôi tiến hành giải quyết vấn đề này với sự trợ giúp của máy tính theo các bước như sau:

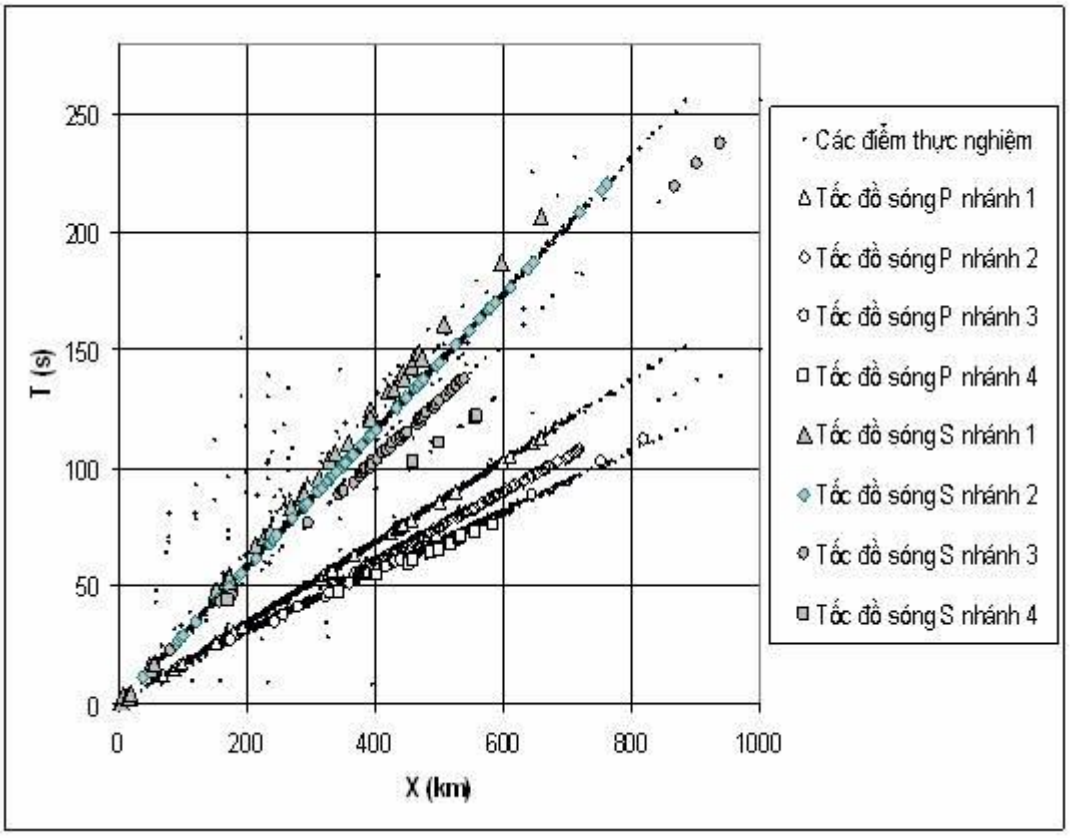
- Vẽ đồ thị các điểm thực nghiệm (x_i, t_i).
- Vẽ đường thẳng $T = f(x)$ bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Xác định các hệ số: a, b, r của đường thẳng.
- Loại bỏ những điểm nhiễu, là những điểm nằm xa đường thẳng $T = f(x)$ bằng cách so sánh hiệu $t(x_i) – T_i$ với chuẩn thời gian hiệu chỉnh tối đa.
- Vẽ lại đồ thị các điểm thực nghiệm (X_i, T_i) sau khi đã loại bỏ nhiễu.
- Vẽ đường thẳng $t = f(X_i)$ mới bằng phương pháp bình phương tối thiểu. Xác định các tham số (a, b, r) mới của đường thẳng. Đây chính là tốc đồ thời gian truyền sóng trung bình cần xây dựng.
- Tiến hành tính mô hình vận tốc của vỏ Trái đất tương ứng cho các khu vực nghiên cứu nhờ chương trình tính toán đã được thiết lập trên cơ sở các tốc đồ thời gian truyền sóng trung bình nhận được.

V. KẾT QUẢ XÂY DỰNG CÁC TỐC ĐỒ THỜI GIAN TRUYỀN SÓNG VÀ TÍNH TOÁN CÁC MÔ HÌNH VẬN TỐC VỎ TRÁI ĐẤT ĐỐI VỚI CÁC KHU VỰC MIỀN BẮC, MIỀN TRUNG VÀ MIỀN NAM VIỆT NAM

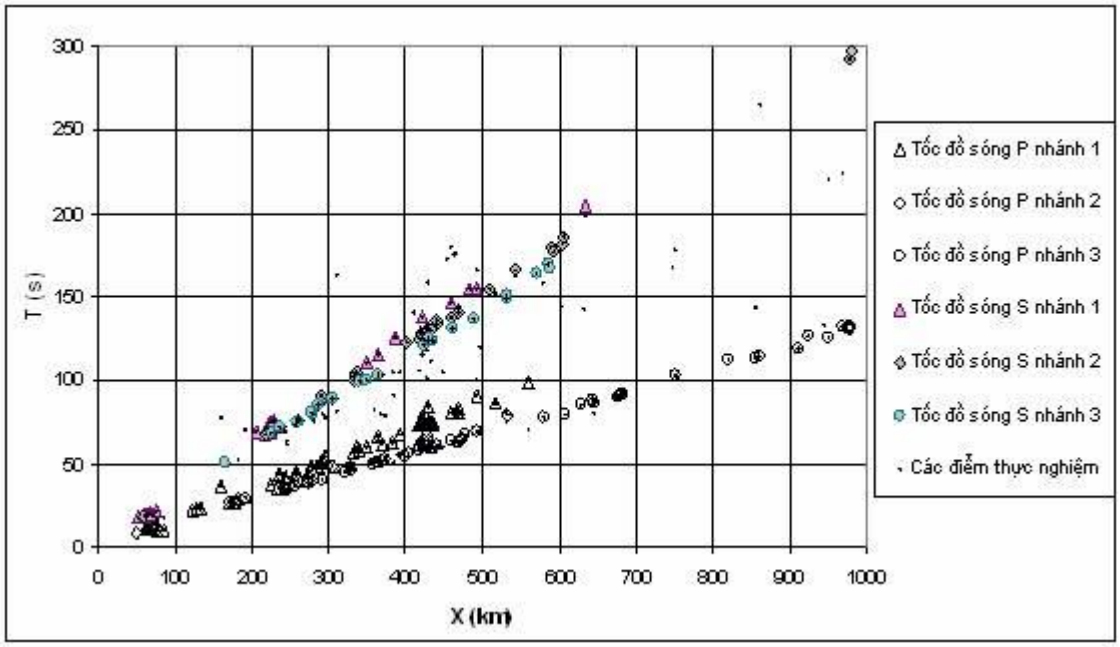
Theo phương pháp trình bày ở trên, tác giả đã xây dựng được các nhánh của tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn P và S đối với ba khu vực miền Bắc, miền Trung và miền Nam Việt Nam (Hình 1-3). Chúng được dùng để tính mô hình vận tốc vỏ Trái đất cho ba khu vực nói trên và được biểu diễn dưới dạng các phương trình tương quan như trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1. **Phương trình các nhánh tốc đồ thời gian truyền sóng**

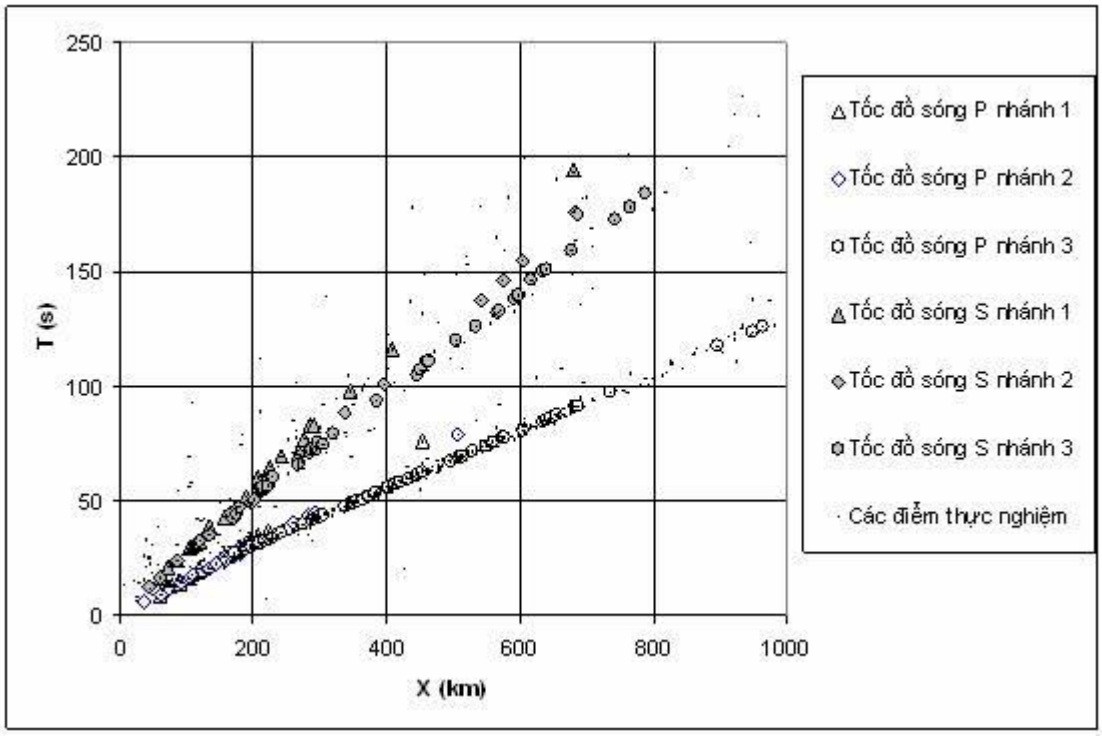
Khu vực nghiên cứu	Sóng P	Hệ số tương quan R	Sóng S	Hệ số tương quan R
Miền Bắc	T_{P1} = 0,1714 X + 0,0356	0,999	T_{S1} = 0,3153X – 0,7407	0,999
	T_{P2} = 0,1496 X + 0,3549	0,999	T_{S2} = 0,2896X + 0,156	0,999
	T_{P3} = 0,1321X + 3,4127	0,999	T_{S3} = 0,2505X + 2,6786	0,999
	T_{P4} = 0,1195X + 6,2857	0,998	T_{S4} = 0,2018X + 9,7261	0,999
Miền Trung	T_{P1} = 0,1785X – 1,5055	0,984	T_{S1} = 0,3206X – 0,6073	0,998
	T_{P2} = 0,1473X + 0,5326	0,993	T_{S2} = 0,3013X + 0,6946	0,999
	T_{P3} = 0,1304X + 3,3316	0,998	T_{S3}= 0,2760X + 4,5956	0,998
Miền Nam	T_{P1} = 0,1686X – 0,0473	0,999	T_{S1} = 0,2866X – 0,2170	0,999
	T_{P2} = 0,1551X + 0,2401	0,999	T_{S2} = 0,2534X + 1,3519	0,999
	T_{P3} = 0,1250X + 5,6022	0,999	T_{S3} = 0,2219X + 8,0878	0,999



Hình 1. *Các nhánh tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn P và S khu vực miền Bắc Việt Nam.*



Hình 2. *Các nhánh tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn P và S khu vực miền Trung Việt Nam.*



Hình 3. *Các nhánh tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn P và S khu vực miền Nam Việt Nam.*

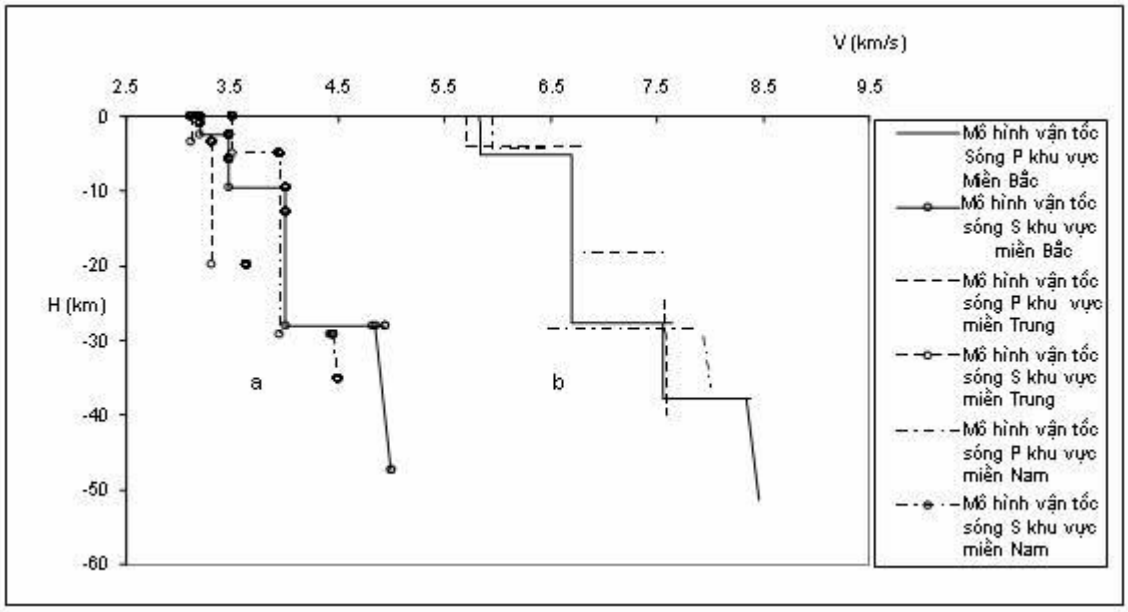
Kết quả tính toán các mô hình vận tốc vỏ Trái đất

Trên cơ sở các nhánh tốc đồ thời gian truyền sóng P và sóng S cho các miền (Hình 1, 2, 3 và Bảng 1), tác giả tiến hành tính mô hình vận tốc vỏ Trái đất theo từng loại sóng tương ứng đối với 3 miền khu vực nói trên. Các kết quả trình bày trên Hình 4 cho thấy:

a) Theo mô hình vận tốc sóng P:

Mô hình vận tốc vỏ Trái đất của cả ba miền Bắc, Trung và Nam có sự tương đồng về độ sâu ranh giới của lớp thứ nhất khá rõ (H~ 4-5 km). Khu vực miền Bắc và miền Nam có sự tương đồng

về độ sâu ranh giới của lớp thứ hai (H~ 27-28 km). Tuy nhiên, có sự khác biệt về số lớp trong các mô hình. Mô hình vận tốc vỏ Trái đất khu vực miền Bắc có 4 lớp trong khi các mô hình vận tốc vỏ Trái đất khu vực miền Trung và miền Nam chỉ có 3 lớp. Sự khác biệt này một mặt có thể do sự không đầy đủ các số liệu về thời gian truyền sóng của miền Trung và miền Nam, nhưng mặt khác nó cũng phản ánh sự khác biệt về cấu trúc địa chất vỏ Trái đất giữa ba miền. Đáng chú ý là mô hình vận tốc khu vực miền Trung thể hiện độ sâu ranh giới của lớp thứ hai nông hơn hẳn (H ~20 km) so với mô hình vận tốc của hai miền Bắc và Nam. Vận tốc sóng P (V_P) trong các lớp của vỏ Trái đất có sự khác biệt giữa ba miền khá rõ. Giá trị V_P trong hai lớp trên cùng của miền Bắc có xu hướng nhỏ hơn giá trị V_P của miền trung nhưng lớn hơn giá trị V_P của miền Nam (V_{PMT} (5,7) < V_{PMB} (5,85) < V_{PMN} 5,98 km/s). Giá trị V_P trong lớp thứ ba của mô hình miền Bắc và miền Trung là khá tương đồng nhau (V_P = 7,5-7,6 km/s), nhưng giá trị V_P trong lớp thứ 3 của mô hình miền Nam thì lớn hơn chút ít (V_{PMN} ~ 8,0 km/s).



Hình 4. *Các mô hình vận tốc vỏ Trái đất theo từng loại sóng tương ứng đối với ba miền khu vực Bắc, Trung và Nam:*
a) Các mô hình vận tốc sóng S; b) Các mô hình vận tốc sóng P.

b) Theo mô hình vận tốc sóng S:

Loại trừ trường hợp lớp thứ ba của mô hình vận tốc vỏ Trái đất của khu vực miền Bắc có sự tương đồng khá rõ về giá trị vận tốc và độ sâu ranh giới so với lớp thứ hai của mô hình vận tốc sóng S khu vực miền Nam (H~ 29-30 km), còn lại các mô hình của ba miền có sự khác biệt rõ rệt cả về số lớp lẫn vận tốc và chiều dày của các lớp trong chúng. Cũng tương tự như mô hình vận tốc sóng P, mô hình vận tốc sóng S của vỏ Trái đất khu vực miền Bắc Việt Nam có 4 lớp trong khi các mô hình vận tốc sóng S của vỏ Trái đất khu vực miền Trung và miền Nam chỉ có 3 lớp. Một lần nữa ta thấy sự khác biệt này không những do sự không đầy đủ các số liệu về thời gian truyền sóng của hai miền Trung và miền Nam so với khu vực miền Bắc, mà nó cũng phản ánh sự khác biệt về cấu trúc địa chất vỏ Trái đất giữa ba miền. Đáng chú ý là mô hình vận tốc sóng S khu vực miền Nam thể hiện độ sâu ranh giới của lớp thứ hai sâu hơn hẳn (H ~28 km) so với mô hình vận tốc của hai miền Bắc và Nam. Vận tốc sóng S (V_S) trong các lớp của vỏ Trái đất có sự khác biệt giữa ba miền khá rõ. Ở hai lớp trên cùng của mô hình vận tốc, giá trị V_S của miền Bắc có xu hướng nhỏ hơn giá trị V_S của miền Trung và lớn hơn giá trị V_S của miền Nam (V_{SMT1} (3,15) < V_{SMB1} (3,25) < V_{SMN1} (4,82) km/s); (V_{SMT2} (3,37) < V_{SMB2} (3,49) < V_{SMN2} (4,5) km/s). Tuy nhiên, từ lớp thứ ba trở đi, giá trị V_S của mô hình miền Bắc lớn hơn giá trị V_S của các mô hình miền Trung và miền Nam.

Nếu so sánh mô hình vận tốc sóng P với mô hình vận tốc sóng S trong cùng một miền thì thấy một điểm đặc biệt rất đáng lưu ý là cả hai mô hình vận tốc sóng P và sóng S của khu vực miền Trung và miền Nam đều có sự tương đồng rất rõ rệt cả về số lớp trong vỏ Trái đất cũng như độ sâu ranh giới (hay là chiều dày của các lớp) trong mỗi khu vực đó. Ví dụ, từ Hình 4 cho thấy cả hai mô hình vận tốc sóng P và sóng S của hai khu vực này đều phản ánh 3 lớp với các độ sâu ranh giới tương ứng H_1 ~ 4-5 km; H_2 ~ 20 km; H_3 > 20 km đối với khu vực miền Trung và tương ứng H_1 ~ 4-5 km; H_2 ~ 30 km; H_3 > 30 km đối với khu vực miền Nam. Sự tương đồng này vừa chứng tỏ mức độ chính xác của các tập số liệu được sử dụng cho tính toán vừa chứng tỏ tính đúng đắn của các mô hình cấu tạo vỏ Trái đất được xây dựng cho hai khu vực này. Như vậy các mô hình này có thể sử dụng như là các mô hình vận tốc trung bình cho mỗi khu vực tương ứng.

Riêng đối với khu vực miền Bắc, cả hai mô hình vận tốc sóng P và sóng S đều phản ánh môi trường 4 lớp với các độ sâu ranh giới của lớp thứ nhất khá tương đồng nhau H_1 ~ 3-5 km; Có sự khác biệt về độ sâu ranh giới của các lớp tiếp theo. Trong đó, độ sâu ranh giới của lớp thứ hai trong mô hình vận tốc sóng P tương đồng với độ sâu ranh giới của lớp thứ ba trong mô hình vận tốc sóng S; còn độ sâu ranh giới của lớp thứ hai trong mô hình vận tốc sóng S thì nông hơn so với mô hình sóng P (H_{2S} ~ 10 km < H_{2P} ~ 29 km); và độ sâu ranh giới của lớp thứ ba trong mô hình vận tốc sóng P lại sâu hơn so với mô hình sóng S (H_{3P} ~ 39 km > H_{3S} ~ 29 km); Sự khác biệt này có thể do sự nhầm lẫn trong quá trình quy toán số liệu, phân biệt và xác định chưa chính xác thời điểm tới của các pha khác nhau của sóng S trên băng ghi động đất bởi hầu hết các pha sóng P được sử dụng trong tính toán đều được đánh dấu với ký hiệu "i" (nghĩa là pha sóng được xác định rõ ràng); còn các pha của sóng S thì có rất nhiều pha được ký hiệu bằng chữ "e" (nghĩa là pha sóng được xác định không rõ ràng). Ngoài ra, nếu so sánh mô hình vận tốc sóng P của miền Bắc với các mô hình đã nhận được trước đây bởi các tác giả của công trình [5-10] cho thấy mô hình này có sự phù hợp khá tốt với các kết quả của những nghiên cứu trước đây về số lớp cũng như chiều dày của các lớp trong vỏ Trái đất. Nó chỉ khác biệt chút ít về độ sâu ranh giới dưới của lớp thứ hai (sâu hơn) so với các mô hình của các tác giả trước đây. Tuy nhiên, do tập hợp số liệu đã được sử dụng trong công trình này rất phong phú, quá trình xử lý số liệu rất chi tiết, bài bản và hầu hết xử lý tự động bằng các chương trình máy tính chuyên dụng. Do đó, các kết quả nhận được có độ tin cậy rất cao. Với ý nghĩa này tác giả sẽ chọn mô hình vận tốc sóng P là mô hình vận tốc trung bình của vỏ Trái đất khu vực miền Bắc Việt Nam.

VI. KẾT LUẬN

Trên cơ sở sử dụng các số liệu về thời gian truyền sóng P và sóng S, thu được từ các băng ghi động đất, đã xây dựng được họ các tốc đồ thời gian truyền sóng trung bình và xác định được các mô hình vận tốc vỏ Trái đất theo cả hai loại sóng P và sóng S đối với miền Bắc, miền Trung và miền Nam Việt Nam.

Có thể nói đây là lần đầu tiên ở Việt Nam, vấn đề xây dựng tốc đồ thời gian truyền sóng và xác định mô hình vận tốc vỏ Trái đất lãnh thổ Việt Nam được tiến hành một cách hệ thống theo một phương pháp luận thống nhất với việc sử dụng một tập hợp phong phú và đầy đủ các số liệu về thời gian truyền sóng P và sóng S. Đây cũng là lần đầu tiên mô hình vận tốc vỏ Trái đất của miền Bắc, miền Trung và miền Nam được xây dựng đồng thời theo cả hai loại sóng địa chấn (sóng dọc P và sóng ngang S), cho phép so sánh để lựa chọn mô hình tối ưu và đánh giá độ tin cậy của các mô hình. Vì vậy các mô hình vận tốc vỏ Trái đất nhận được trong nghiên cứu này vừa chi tiết, đầy đủ, vừa phù hợp với các điều kiện thực tế của từng khu vực và có độ tin cậy cao. Do đó có thể sử dụng chúng trong công tác định vị chấn tiêu động đất Việt Nam để xác định chính xác các tham số cơ bản của chấn tiêu động đất, phục vụ cho việc giải quyết hàng loạt các nhiệm vụ quan trọng trong nghiên cứu động đất ở Việt Nam (phân vùng, dự báo, đánh giá độ nguy hiểm động đất và nhiều nhiệm vụ địa chấn kiến tạo khác).

Lời cảm ơn: Trong quá trình thực hiện, tập thể tác giả luôn nhận được sự giúp đỡ, hỗ trợ về kinh phí của Nhiệm vụ hợp tác quốc tế Việt Nam - Liên bang Nga theo Nghị định thư cấp Nhà

nước giai đoạn 2012-2013. Nhân dịp này, tập thể tác giả xin được bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc và lời cảm ơn chân thành nhất.

VĂN LIỆU

1. Jeffreys H., 1935. On travel times in Seismology. Publ. Du Burerau international de seismologue Ser. *A travaux Scient. Fast. 1935, № 11. Tr 1-10.*

2. Jeffreys H., Bullen K.E., 1940. Seismological Tables. Brit. Ass. Gray. *Milne Trust. 1940. P 1-30.*

3. Jeffreys H., Bullen K.E., 1958. Seismological Tables. *Office of the British Associantion. London. 1958.*

4. Kondorskaia N.V., Saakian A.A., 1984. Các đặc điểm động học của sóng P đối với các trận động đất vùng cao nguyên Armian. *Tin tức Viện HLKH LX. Tập Vật lý Địa cầu. 1984, №2. Tr. 67-71.*

5. Kondorskaia N.V., Slavina L.B., // Một số các kết quả nghiên cứu thời gian truyền sóng dọc P. *Tin tức Viện HLKH Liên xô. Vật lý Địa cầu. 1969. № 2. Tr. 19-36.*

6. Lê Tử Sơn, 1996. Hoàn thiện một bước cơ sở phương pháp xử lý số liệu động đất gần ở Việt Nam. Luận án Tiến sĩ. *Viện Vật lý Địa cầu - TTKHTN&CNQG. Hà Nội.*

7. Ngô Thi Lư, 1990. Các tham số động học và động lực học của chấn tiêu động đất miền Bắc Việt Nam. Luận án Phó tiến sĩ toán-lý, chuyên ngành Vật lý Trái đất. *Viện Vật lý Địa cầu - Viện Hàn lâm Khoa học Liên xô. Matxcơva, 1990. 134 tr.*

8. Ngô Thị Lư, 1999. Các đặc điểm của tính địa chấn và các đặc trưng cơ bản của động đất mạnh khu vực Đông Nam Á từ quan điểm làm sáng tỏ các cấu trúc kiến tạo mới. Luận án tiến sĩ khoa học toán-lý, chuyên ngành Vật lý Trái đất. *Viện Vật lý Địa cầu - Viện Hàn lâm Khoa học Nga. Matxcơva, 1999. 342 tr.*

9. Nguyễn Đình Xuyên, 1999. Seismic Velocity Structure in North Vietnam. Some seismotectonic features of the Red river fault and the velocity structure in north Vietnam. *Chung-li, November 1999. Tr 18-33.*

10. Vũ Ngọc Tân, 1979. Thời gian truyền sóng dọc P dưới các trạm Phủ Liễn, Bắc Giang và Sa Pa. Các kết quả nghiên cứu của Viện Các Khoa học về Trái đất năm 1977-1978. Tập Vật lý Địa cầu. *Viện Khoa học Việt Nam. Hà Nội, 1979. Tr. 214-224.*

11. Vũ Ngọc Tân, Nguyễn Đình Xuyên, 1980. Các tốc đồ thời gian truyền sóng địa chấn của các trận động đất gần miền Bắc Việt Nam và các vùng lân cận. Các kết quả nghiên cứu Vật lý Địa cầu năm 1979. *Viện Khoa học Việt Nam. Hà Nội, 1980. Tr. 101-118.*

12. Www.http://gji.oxfordjournals.org/content/112/2.toc (Articles: Andrea Morelli and Adam M. Dziewonski, 1993. Body Wave Traveltimes and A Spherically Symmetric *P*- and *S*-Wave Velocity Model. Geophysical Journal International; Volume 112, Issue 2; Pp. 178-194).