

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VN**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Trần An Nguyễn

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ BÁO
TIN ĐỘNG ĐẤT**

LUẬN VĂN THẠC SĨ MÁY TÍNH

Ngành: Hệ thống thông tin

Hà Nội - 2024

TRẦN AN NGUYỄN

HỆ THỐNG THÔNG TIN

2024

**BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM
KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ VN**

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ



Trần An Nguyên

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU QUẢ BÁO TIN ĐỘNG
ĐẤT**

LUẬN VĂN THẠC SĨ MÁY TÍNH

Ngành: Hệ thống thông tin

Mã số: 8480104

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

TS. Nguyễn Lê Minh

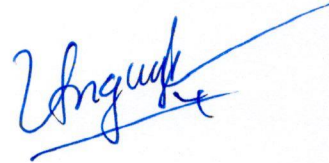
A handwritten signature in blue ink, reading 'Nguyễn Lê Minh', is written over a horizontal line.

Hà Nội - 2024

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đề tài nghiên cứu trong luận văn này là công trình nghiên cứu của tôi dựa trên những tài liệu, số liệu do chính tôi tự tìm hiểu và nghiên cứu. Chính vì vậy, các kết quả nghiên cứu đảm bảo trung thực và khách quan nhất. Đồng thời, kết quả này chưa từng xuất hiện trong bất cứ một nghiên cứu nào. Các số liệu, kết quả nêu trong luận văn là trung thực nếu sai tôi hoàn toàn chịu trách nhiệm trước pháp luật.

Tác giả luận văn



Trần An Nguyên

LỜI CẢM ƠN

Luận văn được hoàn thành tại Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Để hoàn thành luận văn tốt nghiệp này, bên cạnh sự cố gắng nỗ lực của bản thân, tôi đã nhận được sự động viên và giúp đỡ rất lớn của nhiều cá nhân và tập thể.

Trước hết, tôi xin chân thành cảm ơn tới các lãnh đạo Học viện Khoa học và Công nghệ, lãnh đạo Viện Vật lý địa cầu, các thầy cô giáo trong khoa Công nghệ thông tin và Viễn thông – Học viện Khoa học và Công nghệ, tập thể phòng Quan sát động đất đã tạo mọi điều kiện giảng dạy, hướng dẫn và truyền đạt những kiến thức, kinh nghiệm cho tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thành luận văn này.

Nhân dịp này, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành tới TS. Nguyễn Lê Minh, TS. Nguyễn Tiến Hùng, TS. Nguyễn Ánh Dương, TS. Nguyễn Văn Dương, ThS. Đinh Quốc Văn, ThS. Hà Vĩnh Long đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ tôi trong suốt quá trình học tập và hoàn thiện luận văn này.

Qua đây, tôi xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của các đề tài “Nghiên cứu xây dựng hệ thống tự động báo tin nhanh động đất khu vực miền Bắc Việt Nam”, mã số ĐTDL.CN-50/21 và đề tài “Nghiên cứu một số đặc điểm truyền sóng ngang của lớp trầm tích nông phục vụ phân loại nền khu vực nội thành thành phố Hà Nội và lân cận”, mã số VAST05.04/24-25.

Cuối cùng, tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới gia đình, bạn bè và đồng nghiệp đã động viên, giúp đỡ và hỗ trợ tôi vượt qua mọi khó khăn để hoàn thành luận văn này.

Xin trân trọng cảm ơn!

Tác giả luận văn



Trần An Nguyễn

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU.....	1
Chương 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU BÁO TIN ĐỘNG ĐẤT	4
1.1. Tình hình nghiên cứu báo tin động đất trên thế giới.....	4
1.1.1. Báo tin động đất thời cổ đại.....	4
1.1.2. Báo tin động đất sơ khai.....	4
1.1.3. Báo tin động đất cơ khí.....	5
1.1.4. Báo tin động đất thông thường.....	6
1.1.5. Báo tin nhanh động đất.....	8
1.2. Tình hình nghiên cứu báo tin động đất tại Việt Nam.....	11
1.2.1. Giai đoạn trước thế kỷ 20.....	11
1.2.2. Giai đoạn từ 1900 đến 1990.....	12
1.2.3. Giai đoạn từ 1990 đến 2008.....	12
1.2.4. Giai đoạn từ 2008 đến nay.....	13
Chương 2. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP VÀ QUY TRÌNH XỬ LÝ.....	16
2.1. Khái niệm cơ bản về động đất và thông tin động đất.....	16
2.1.2. Sóng động đất.....	16
2.1.3. Các tham số cơ bản của động đất.....	19
2.2. Phương pháp xác định tham số động đất thông thường.....	20
2.2.1. Thời gian và vị trí xảy ra động đất.....	20
2.2.2. Độ lớn động đất.....	21
2.2.3. Phương pháp xác định nhanh tham số động đất.....	23
2.2.3.1. Xác định nhanh chất lượng băng sóng động đất.....	23
2.2.3.2. Xác định nhanh thời gian động đất.....	24
2.2.3.3. Xác định nhanh vị trí trận động đất.....	25
2.2.3.4. Xác định nhanh độ lớn động đất.....	26
2.3. Xây dựng quy trình báo tin nhanh động đất.....	27
2.3.1. Lựa chọn giải pháp báo tin nhanh động đất.....	27
2.3.2. Thiết lập các mô-đun xác định nhanh tham số động đất.....	28
2.3.2.1. Thiết lập mô-đun xác định nhanh thời gian động đất.....	28
2.3.2.2. Thiết lập mô-đun xác định nhanh vị trí trận động đất.....	30
2.3.2.3. Xác định nhanh độ lớn động đất.....	32

2.3.2.4. <i>Thiết lập thang cường độ chấn động</i>	34
Chương 3. NÂNG CAO HIỆU QUẢ TIN NHANH ĐỘNG ĐẤT VÙNG PHÍA ĐÔNG TỈNH KON TUM VÀ LÂN CẬN	35
3.1. Đặc điểm chung của khu vực nghiên cứu	35
3.1.1. <i>Địa hình khu vực nghiên cứu</i>	35
3.1.2. <i>Đặc điểm kiến tạo khu vực nghiên cứu</i>	35
3.3.3. <i>Hoạt động động đất của khu vực nghiên cứu</i>	38
3.2. Kết quả báo tin nhanh động đất vùng phía Đông tỉnh Kon Tum và lân cận	39
3.2.1. <i>Lựa chọn tham số và cấu hình hệ thống cho khu vực nghiên cứu</i>	39
3.2.2. <i>Thời gian tạo thông báo động đất</i>	42
3.2.3. <i>Thời gian phát sinh của trận động đất</i>	43
3.2.4. <i>Vị trí động đất</i>	45
3.2.5. <i>Độ lớn động đất</i>	47
3.2.6. <i>Cường độ động đất</i>	49
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	50
KẾT LUẬN	50
KIẾN NGHỊ	50
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO	51
PHỤ LỤC 1	55
PHỤ LỤC 2	56
PHỤ LỤC 3	60
PHỤ LỤC 4	63
PHỤ LỤC 5	64

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Tiếng Anh	Diễn giải
ADC	Analog to Digital Converter	Bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự sang tín hiệu số
ACCQUI		Chương trình xử lý số liệu động đất
C++		Ngôn ngữ lập trình
CD	Compact Disc	Dạng đĩa lưu trữ quang học
CIRES	Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences	Trung tâm Thiết bị đo đạc và giám sát Địa chấn
COM	Communications Port	Một loại cổng giao tiếp máy tính
CWB	Central Weather Bureau	Cục thời tiết Trung ương Đài Loan
DBMS	Database Management System	Hệ quản trị cơ sở dữ liệu của Oracle
Earthworm		Phần mềm thu thập, xử lý và phân tích số liệu
eBEAR	Enhanced Broadband Earthquake Alerts and Response	Cảnh báo và phản ứng động đất bằng thông rộng nâng cao
EEW	Earthquake Early Warning System	Hệ thống cảnh báo sớm động đất
GEOFON		Mạng lưới địa chấn toàn cầu thuộc GFZ Potsdam
GFZ Potsdam	Geoforschungszentrum Potsdam	Viện Địa chấn học Đức
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu sử dụng vệ tinh
JMA	Japan Meteorological Agency Seismic Intensity Scale	Thang cường độ địa chấn của Cơ quan Khí tượng Nhật Bản
JMA	Japan Meteorological Agency Scale	Thang đo cường độ động đất
m _b	Magnitude Body Wave	Thang đo độ lớn sóng khối

Mercalli	Modified Mercalli Intensity Scale	Thang đo cường độ động đất
M _L	Magnitude Local	Thang độ lớn động đất địa phương
M _s	Magnitude Surface Wave	Thang đo độ lớn theo sóng mặt
MSK-64	Medvedev-Sponheuer-Karnik	Thang đo cường độ động đất
M _w	Magnitude Moment	Thang đo độ lớn mô-men địa chấn
NCREE	National Center for Research on Earthquake Engineering	Trung tâm Nghiên cứu Kỹ thuật Địa chấn Quốc gia tại Đài Loan
P-Alert		Máy địa chấn giá rẻ do giáo sư Yih-Min Wu phát minh
PGA	Peak Ground Acceleration	Giá tốc nền cực đại
PGV	Peak Ground Velocity	Độ dịch chuyển nền cực đại
P-wave	Primary wave	Một loại sóng động đất
Python		Ngôn ngữ lập trình
QuakeCatch		Thu thập và phân tích số liệu động đất
QuakeML	Earthquake Markup Language	Định dạng để mô tả thông tin động đất
REIS	Real-time Earthquake Information System	Hệ thống thông tin động đất thời gian thực
Rossi-Forel		Thang đo cường độ động đất
SAS	Seismic Alert System	Hệ thống cảnh báo động đất
SeedLink		Giao thức truyền dữ liệu địa chấn
Seisan	Seismic Analysis and Information System	Phần mềm xử lý số liệu động đất
SeisComP3	Seismic Communication and Processing version 3	Phần mềm thu thập, xử lý và phân tích số liệu động đất phiên bản thứ 3
ShakeAlert		Hệ thống cảnh báo sớm động đất của Hoa Kỳ
SNR	Signal to noise ratio	Tỷ số tín hiệu trên nhiễu
STA/LTA	Short-Term Average to Long-Term Average	Tỷ lệ Trung bình Ngắn hạn trên Trung bình Dài hạn

S-wave	Secondary wave	Một loại sóng động đất
UDP/IP	User Datagram Protocol	Giao thức truyền dữ liệu
UNDP	United Nations Development Programme	Chương trình Phát triển Liên Hợp Quốc
UrEDAS	Urgent Earthquake Detection and Alarm System	Hệ thống phát hiện và cảnh báo động đất khẩn cấp
USGS	United States Geological Survey	Cơ quan Khảo sát địa chất Hoa Kỳ
USGS Menlo Park	United States Geological Survey Menlo Park	Cơ sở nghiên cứu chính của Cục Địa chất Hoa Kỳ
USSN	United States Seismic Network	Mạng lưới địa chấn Hoa Kỳ

DANH MỤC CÁC BẢNG

- Bảng 2.1 Các tham số của mô-đun xác định nhanh thời gian động đất
- Bảng 2.2 Kết quả xác định vị trí các trận động đất theo phương pháp ô lưới
- Bảng 2.3 Kết quả xác định độ lớn của trận động đất theo phương pháp nhanh
- Bảng 3.1 Thời gian phát hiện động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum
- Bảng 3.2 Thời gian phát sinh trận động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum
- Bảng 3.3 Vị trí xác định động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ VÀ ĐỒ THỊ

- Hình 1.1 Hiện tượng động đất thời cổ đại
- Hình 1.2 Thiết bị đo động đất sơ khai
- Hình 1.3 Thiết bị đo động đất của Ý
- Hình 1.4 Sơ đồ nguyên lý máy đo động đất Seismograph
- Hình 1.5 Thiết bị báo tin động đất thông thường
- Hình 1.6 Hình ảnh minh họa kỹ thuật xác định động đất và thông tin mô tả trận động đất
- Hình 1.7 Hình ảnh minh họa dạng thông báo động đất của hệ thống báo tin động đất tại Viện Vật lý địa cầu
- Hình 1.8 Sơ đồ mạng trạm quan trắc động đất Việt Nam trong giai đoạn hiện nay
- Hình 2.1 Bảng sóng động đất và các loại sóng xuất hiện trên băng ghi theo thời gian sóng lan truyền
- Hình 2.2 Hình ảnh minh họa sự lan truyền của sóng P
- Hình 2.3 Hình ảnh minh họa sự lan truyền của sóng S
- Hình 2.4 Hình ảnh minh họa sự lan truyền của sóng Rayleigh
- Hình 2.5 Hình ảnh minh họa lan truyền của sóng Love
- Hình 2.6 Mô tả bộ lọc và giá trị SNR lựa chọn được cho mỗi trạm đo
- Hình 2.7 Minh họa băng sóng động đất đã lọc và sử dụng tỷ số STA/LTA
- Hình 2.8 Sơ đồ khối quy trình thiết lập cho hệ thống tự động báo tin nhanh động đất
- Hình 2.9 Mô tả các trạm địa chấn xác định đúng thời điểm sóng đến
- Hình 2.10 Mô tả các trạm địa chấn xác định không đúng thời điểm sóng đến
- Hình 2.11 Sơ đồ phân bố vị trí chấn tâm 56 trận động đất và các trạm đo sử dụng để thiết lập mô-đun xác nhanh thời gian động đất
- Hình 2.12 Biểu đồ mô tả sai số giữa độ lớn xác định nhanh động đất (M_{Pd}) và độ lớn thông thường (M_L)
- Hình 2.13 Sơ đồ phân bố trạm địa chấn và chấn tâm động đất được sử dụng
- Hình 3.1 Hình ảnh mô tả đứt gãy Sông Bung – Trà Bồng
- Hình 3.2 Hình ảnh mô tả đứt gãy Phước Sơn – Tam Kỳ
- Hình 3.3 Hình ảnh mô tả đứt gãy sông Pô Kô

- Hình 3.4 Hình ảnh mô tả đứt gãy Ba Tơ – Kon Tum
- Hình 3.5 Hình ảnh mô tả đứt gãy sông Re
- Hình 3.6 Sơ đồ phân bố đứt gãy và chấn tâm động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum và lân cận
- Hình 3.7 Hệ thống tự động báo tin nhanh động đất
- Hình 3.8 Hệ thống tự động tạo bản đồ rung động nền
- Hình 3.9 Cửa sổ trạng thái hoạt động của hệ thống báo tin nhanh động đất
- Hình 3.10 Biểu đồ biểu diễn thời gian tạo thông báo của hệ thống tự động báo tin nhanh
- Hình 3.11 Biểu đồ so sánh độ lệch thời gian của động đất giữa hai phương pháp
- Hình 3.12 Biểu đồ so sánh độ lệch khoảng cách chấn tâm giữa hai phương pháp
- Hình 3.13 Sơ đồ phân bố chấn tâm động đất phát hiện bằng hệ thống tự động báo tin nhanh động đất
- Hình 3.14 Thông tin chọn pha sóng của các trạm của trận động đất ngày 28/7/2024
- Hình 3.15 Biểu đồ so sánh độ lệch về độ lớn của trận động đất giữa hai phương pháp
- Hình 3.16 Bản đồ giá trị gia tốc cực đại và rung động nền của hệ thống tự động báo tin nhanh động đất
- Hình 3.17 Thông báo thông tin trận động đất ngày 22/8/2024 bằng email

MỞ ĐẦU

Thông tin là đối tượng được quan tâm nhiều trong cuộc sống hàng ngày. Đặc biệt là trong thời đại 4.0 hiện nay. Nó giúp định hướng cho chúng ta đưa ra quyết định chính xác hơn. Đặc biệt là trong lĩnh vực phòng chống thiên tai như động đất, bão, gió, ... Việc biết nhanh chóng và chính xác các thông tin này giúp con người dễ dàng ứng phó các sự kiện thiên tai từ đó có thể giảm thiểu thiệt hại về người và của trong mỗi sự kiện thiên tai. Tùy thuộc vào đối tượng nhận tin hay sự phát triển-tiến hoá mà tin tức có thể truyền đi theo các phương thức khác nhau, nhưng về cơ bản có các kiểu như cử chỉ, lời nói, ký hiệu, tín hiệu, ...

Đối với lĩnh vực động đất, ban đầu thông tin động đất được coi là là hiện tượng siêu nhiên và liên quan đến thần thánh. Bởi vậy, chúng được truyền đi dưới dạng các tài liệu ghi chép về tôn giáo, huyền thoại hay truyền thuyết dân gian. Ví dụ như ở Nhật Bản, người ta cho rằng động đất là kết quả của các thần linh gây ra bởi sự vùng vẫy của một con cá trê rất lớn [1]. Năm 132, người Trung Quốc đã chế tạo ra máy đo động đất đầu tiên [2]. Do đó, con người đã có hiểu sơ khai về hiện tượng động đất và hiện tượng này được cho là do thiên nhiên gây ra. Thông tin động đất bắt đầu được lưu lại theo các tài liệu lịch sử. Đến thế kỷ 16, người Châu Âu đã chế tạo ra thiết bị đo động đất bằng cơ khí [3, 4]. Thông tin động đất lúc này được lưu trữ dưới dạng tín hiệu tương tự trên giấy ảnh hay nhiệt. Đây là bước tiến quan trọng trong việc báo tin động đất bởi vì hình dạng sóng động đất đã được phát hiện, được ghi lại tại đúng thời điểm động đất xảy ra và có nhận thức ban đầu về các sóng và độ lớn của chúng. Đến thế kỷ 20, nhờ sự phát triển của ngành khoa học kỹ thuật, tín hiệu động đất được chuyển đổi sang tín hiệu số, truyền bằng internet và đồng bộ với thời gian thực tế bằng hệ thống định vị toàn cầu (GPS) [5]. Điều này giúp cho thông tin động đất truyền đi với dung lượng lớn, nhanh chóng và đồng bộ thời gian. Bởi vậy, thông tin về hiện tượng động đất được thông báo kịp thời. Trong những năm gần đây, do sự phát triển vượt bậc của ngành khoa học kỹ thuật đã giúp cho thông tin động đất được truyền bằng tốc độ ánh sáng (cấp quang), cùng với sự cải tiến của thiết bị đo đã giúp cho việc định vị động đất được nhanh chóng và chính xác [6]. Do đó, việc báo tin sớm sự phá huỷ do động đất có thể thực hiện được, bởi vì tốc độ truyền thông tin động đất bằng cấp quang (300.000 km/s) lớn hơn nhiều so với tốc độ truyền sóng địa chấn trong lòng đất (5 km/s). Cho đến nay, việc báo tin sớm động đất này được áp dụng nhiều trong việc quan trắc tại các công trình có độ rủi ro lớn như nhà máy điện hạt nhân, nhà máy quan trọng, đập thủy điện lớn, hệ thống tàu điện ngầm, đường sắt cao tốc, cầu lớn, ... bởi vì chúng có thể tắt hệ thống trước khi sự phá huỷ của động đất diễn ra.

Tại Việt Nam, việc quan trắc, báo tin động đất đã được thực hiện cách đây hàng nghìn năm [7, 8]. Đặc biệt là trong mấy thập kỷ gần đây hoạt động động đất có phần gia tăng cùng với đó là sự gia tăng về số lượng công trình xây dựng quan trọng như thủy điện, nhiệt điện, giao thông, khu công nghiệp, nhà cao tầng, ... với mức độ rủi ro động đất lớn. Bởi vậy, Viện Vật lý địa cầu được Chính phủ trạng bị cho hệ thống mạng trạm quan trắc động đất hiện đại, số liệu được truyền trực tuyến từ các trạm về trung tâm xử lý bằng cáp quang và được xử lý tự động [9]. Hệ thống này đảm bảo công tác báo tin động đất với độ lớn lớn hơn 3.5 trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Tuy nhiên, thời gian đưa ra một bản tin vẫn còn chậm (3 phút tương ứng với khoảng cách sóng P truyền đi là 1500 km), điều này chưa đáp ứng được việc báo tin nhanh động đất. Trên cơ sở nhu cầu báo tin nhanh, năm 2021 đề tài “Nghiên cứu, xây dựng hệ thống tự động báo tin nhanh động đất khu vực miền Bắc Việt Nam”, mã số: ĐTDL.CN-50/21 cấp Nhà nước được triển khai. Mục tiêu chính là xây dựng được một hệ thống báo tin nhanh động đất cho vùng độ hoạt động động đất cao nhất theo công nghệ được chuyển giao từ trường đại học Quốc gia Đài Loan, Trung Quốc (NTU). Trong đề tài này, học viên là người tham gia và tiếp nhận công nghệ này. Bên cạnh đó, trong mấy năm gần đây hiện tượng động đất có biểu hiện hoạt động mạnh tại một số hồ chứa ở khu vực miền Trung như Sông Tranh 2, Kon Tum, ... gây ra sự hoang mang, hoảng loạn trong cộng đồng dân cư và xã hội. Điều này đặt ra vấn đề là cần quan trắc chi tiết hơn, đặc biệt là việc báo tin sớm sự kiện động đất phục vụ công tác vận hành an toàn hồ chứa. Vì vậy, nhiệm vụ đặt ra là tìm hiểu, nghiên cứu giải pháp thu thập, xử lý số liệu nhằm nâng cao hiệu quả báo tin động đất với tên đề tài **“Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả báo tin động đất”**. Trên cơ sở giải pháp đạt được, học viên áp dụng thực tế tại vùng hồ chứa phía Đông tỉnh Kon Tum nơi mà có độ hoạt động động đất cao nhất trong năm 2024.

1. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chính là lựa chọn được giải pháp báo tin động đất hợp lý phục vụ theo dõi hoạt động động đất và vận hành an toàn hồ chứa trong vùng hoạt động động đất.

2. Nội dung nghiên cứu

Để đạt được mục tiêu trên, các nội dung nghiên cứu chính cần thực hiện là:

- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết, phương pháp luận nhằm thiết lập quy trình báo tin động đất hợp lý phục vụ theo dõi và vận hành an toàn hồ chứa trong vùng hoạt động động đất.
- Áp dụng thực tế tại hồ chứa vùng phía Đông tỉnh Kon Tum và lân cận.

3. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của luận văn là thông tin sự kiện động đất bao gồm: Thời gian xảy ra trận động đất, vị trí trận động đất, độ lớn động đất và cường độ động đất.

4. Cơ sở khoa học và tính thực tiễn của đề tài

Hiện tượng động đất là sự giải phóng năng lượng đột ngột dưới dạng các sóng địa chấn đàn hồi bên trong trái đất. Các sóng này sẽ lan toả bên trong trái đất và giải phóng phần lớn năng lượng tại mặt đất (bề mặt tự do). Khi đó chúng gây ra hiện tượng rung động hay phá huỷ tại bề mặt. Bằng cách quan sát, đo đạc tại bề mặt chúng ta sẽ biết được thông tin của trận động đất này.

Viện Vật lý địa cầu được Chính phủ trang bị cho hệ thống báo tin động đất hiện đại bao gồm các máy ghi kỹ thuật số độ phân giải - độ nhạy cao, hệ thống xử lý số liệu hiện đại, số liệu truyền trực tuyến bằng cáp quang và đối tác có nhiều kinh nghiệm trong việc nghiên cứu báo tin động đất.

Những đóng góp của luận văn

- Cơ sở phương pháp luận, các giải pháp lựa chọn và quy trình quy trình xây dựng được đóng góp nhiều trong lĩnh vực quan trắc động đất tại Viện Vật lý địa cầu và các lĩnh vực quan trắc phòng tránh thiên tai khác như sạt lở đất, lũ lụt, ...
- Kết quả áp dụng thành công bước đầu tại hồ chứa vùng phía Đông tỉnh Kon Tum đã cho thấy việc áp dụng thực tế giải pháp này hợp lý cho vùng hoạt động động đất.

Chương 1. TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU BÁO TIN ĐỘNG ĐẤT

1.1. Tình hình nghiên cứu báo tin động đất trên thế giới

1.1.1. Báo tin động đất thời cổ đại

Trong các nền văn minh cổ đại, động đất được coi là hiện tượng do thần linh tạo ra. Ví dụ, như ở Nhật Bản người ta cho rằng động đất là do sự di chuyển của một con cá trê rất lớn bên trong lòng đất gây ra, Hình 1.1 [1]. Còn người Hy Lạp thì coi động đất là thần biển Poseidon gây ra khi ông tức giận. Một số trường hợp khác, động đất được xem là dấu hiệu của một cuộc chiến tranh giữa các thần linh và thường tổ chức các nghi lễ để xin tha thứ hay xua đuổi. Ở giai đoạn này, con người chưa có sự hiểu biết về hiện tượng động đất nên các thông tin về động đất chưa được lưu trữ và thực hiện.

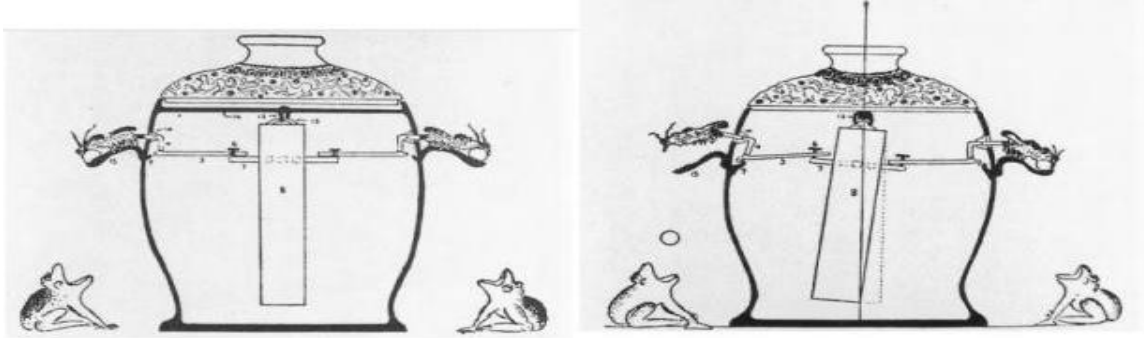


Hình 1.1. Hiện tượng động đất thời cổ đại (theo historyofgeology.fieldofscience).

1.1.2. Báo tin động đất sơ khai

Năm 132, thiết bị đo động đất đầu tiên được phát minh bởi một nhà khoa học và thiên văn Trung Quốc [2]. Địa chấn kế được ông chế tạo có dạng một cái bình bằng đồng, cao khoảng hai mét, xung quanh thân bình gắn tám con rồng theo 8 hướng khác nhau (Đông, Tây, Nam, Bắc, Đông Bắc, Đông Nam, Tây Bắc và Tây Nam). Bên trong miệng mỗi con rồng ngậm một quả cầu đá nhỏ, phía dưới mỗi con rồng tương ứng là một con cóc bằng đồng đang há miệng và ngẩng đầu lên phía trên để đón quả cầu, Hình 1.2. Khi động đất xảy ra, một cơ chế bên trong thiết bị sẽ làm quả cầu rơi ra khỏi miệng con rồng vào miệng con cóc. Nhờ vào vị trí quả cầu rơi mà người ta có thể biết được hướng của động đất. Đây được coi là thiết bị đo động đất đầu tiên trên thế giới. Nó là cơ sở để chế tạo ra các máy đo động đất sau này. Tuy nhiên, nhược

điểm của nó là chỉ xác định được hướng của động đất và không xác định được độ lớn hay độ sâu động đất. Công tác báo tin ở thời điểm này được thực hiện theo dạng mô tả rồi ghi chép lại trong các tài liệu lịch sử.



Hình 1.2. Thiết bị đo động đất sơ khai (theo Chin-Der Ou, 2016).

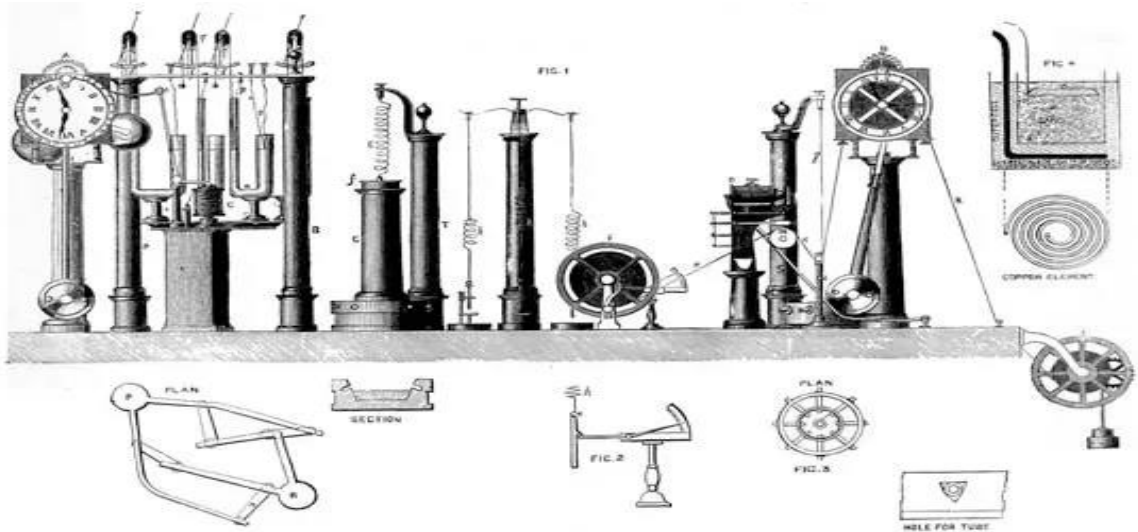
1.1.3. Báo tin động đất cơ khí

Vào đầu thập kỷ 50 của thế kỷ 19, khi cuộc cách mạng công nghiệp lần thứ 2 tại Châu Âu diễn ra đã thúc đẩy ngành cơ khí và điện tín phát triển. Điều này dẫn đến có sự phát triển nhảy vọt về kỹ thuật chế tạo các thiết bị cơ khí. Năm 1857, thiết bị động đất cơ khí đầu tiên được nhà địa chấn và vật lý học người Ý chế tạo [3]. Thiết bị sử dụng thủy ngân để ghi lại các chuyển động của mặt đất. Thiết bị gồm nhiều ống thủy ngân bố trí theo các hướng khác nhau. Khi động đất xảy ra, các rung động của mặt đất sẽ làm dịch chuyển thủy ngân bên trong các ống làm cho các mạch điện sẽ đóng/mở rồi kích hoạt bộ phận ghi thời gian và độ lớn của trận động đất, Hình 1.3. Thiết bị này ghi nhận được cả rung động ngang và dọc của mặt đất, vì thế nó có thể ước lượng phương hướng và độ lớn của mỗi trận chấn động. Sau đó, nó được sử dụng để quan trắc các trận động đất nhỏ hoặc các vụ phun trào núi lửa ở Vesuvius, nước Ý. Đây là thiết bị đã có đóng góp quan trọng trong việc phát hiện và báo tin về động đất.

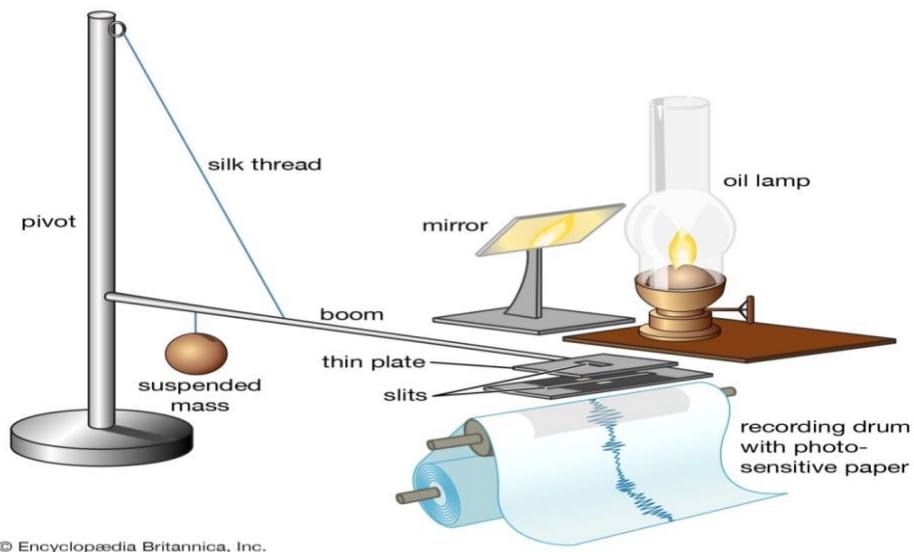
Năm 1880, John Milne đã cải tiến máy địa chấn này nhằm đo được thông tin các trận động đất chính xác hơn [4]. Đây là máy ghi dao động ngang của mặt đất, nó là thiết bị đo động đất hiệu quả đầu tiên trên thế giới, Hình 1.4. Thiết bị này gọi là Seismograph, nó sử dụng con lắc đơn để phát hiện và ghi lại các dao động của mặt đất. Năm 1895, Milne và các công sự đã cải tiến thiết bị này và thiết lập một mạng lưới quan trắc địa chấn nhỏ. Mạng lưới này cho phép quan sát các trận động đất ở nhiều nơi trên thế giới. Đây là mô hình mạng trạm quan sát động đất đầu tiên trên thế giới.

Ở giai đoạn này, thông tin động đất bắt đầu được ghi lại bằng hình ảnh dưới dạng tín hiệu tương tự trên giấy ảnh hay giấy nhiệt. Khi đó, con người bắt đầu có sự hiểu biết về sóng động đất, cụ thể là sóng đến đầu tiên (Primary - sóng P) và sóng đến

thứ hai (Secondary-sóng S). Việc báo tin động đất ở giai đoạn này chủ yếu theo hình thức tổng hợp, ghi chép lại các sự kiện động đất xảy ra dưới dạng các danh mục thống kê các trận động đất.



Hình 1.3. Thiết bị đo động đất của Ý (theo Luigi Palmieri, 1873).



Hình 1.4. Sơ đồ nguyên lý máy đo động đất Seismograph (theo Encyclopædia Britannica, Inc.)

1.1.4. Báo tin động đất thông thường

Vào những năm cuối thế kỷ 19 đầu thế kỷ 20, khi hệ thống viễn thông toàn cầu (internet) ra đời dẫn đến cuộc cách mạng về chuyển đổi tín hiệu từ tương tự sang số và kỹ thuật truyền dẫn tín hiệu tốc độ cao. Tất cả các máy đo động đất được chuyển đổi từ tín hiệu tương tự sang tín hiệu số và truyền số liệu bằng internet bằng thông rộng. Về cấu tạo, do được sử dụng đa mục đích nên nó thường gồm 2 phần tách rời đó là đầu đo và máy ghi.

+ Đầu đo gồm một vật nặng được giữ ở trạng thái cân bằng trong một khung cơ khí cố định gắn chặt vào mặt đất. Khi mặt đất dao động, khung cơ khí cũng dao động làm vật nặng dao động theo sự chuyển động của mặt đất. Các chuyển động này được khuếch đại rồi chuyển đổi sang tín hiệu điện theo nguyên lý cảm ứng điện từ. Sự di chuyển của vật nặng sẽ tạo ra dòng điện biến thiên bên trong cuộn dây của đầu đo. Dòng điện này chính là rung động gây ra bởi các rung chấn động hay sóng động đất. Chúng được gọi là tín hiệu địa chấn và được truyền tới máy ghi để ghi lại các tín hiệu này.

+ Máy ghi có chức năng ghi nhận, chuyển đổi, lưu trữ, xử lý sơ bộ và truyền/nhận tín hiệu. Tín hiệu truyền từ đầu đo được máy ghi chuyển đổi sang tín hiệu số bằng bộ chuyển đổi ADC (thường là 24 bit). Sau đó tín hiệu được đánh mốc thời gian và được gọi là số liệu. Số liệu này được lưu trữ tại máy ghi và truyền về trung tâm xử lý. Ngày nay, các máy ghi là đều là thiết bị băng thông rộng ($>130\text{dB}$) nên đều truyền được dữ liệu có dung lượng lớn theo thời gian thực. Bởi vậy, chúng đáp ứng được việc báo tin, thông báo động đất tức thời.



Hình 1.5. Thiết bị báo tin động đất thông thường. (a) Đầu đo; (b) Máy ghi; (c) Máy ghi tích hợp đầu đo.

Các thiết bị báo tin động đất này thuận tiện cho việc triển khai lắp đặt nên chúng ta dễ dàng thiết lập được mạng trạm quan trắc phục vụ việc nghiên cứu hoạt động địa chấn cấp khu vực hay địa phương hay giám sát cho một công trình cụ thể. Bên cạnh đó, việc sử dụng dữ liệu số nên dễ dàng tích hợp được vào các phần mềm xử lý số liệu tự động như Earthworm, SeisComP, Antelope, ... để phát triển thành hệ thống xử lý số liệu toàn cầu. Các phần mềm này đều xử lý và xác định các tham số động đất tự động phục vụ cho việc thông báo hay báo tin động đất. Tuy nhiên, nhược điểm của chúng là phải cần thu thập được đầy đủ băng sóng động đất (sóng P và sóng

S). Bởi vậy chúng chưa đảm bảo được việc báo tin sớm động đất phục vụ hoạt động vận hành an toàn công trình trong vùng động đất. Bởi vì khi sóng phá huỷ (sóng S) ghi nhận được tại trạm sẽ trùng với thời điểm sự phá huỷ xảy ra.

1.1.5. Báo tin nhanh động đất

Mục đích chính của việc báo tin nhanh là thông báo thông tin động đất tới người dùng một cách nhanh chóng. Điều này đòi hỏi thiết bị trong hệ thống phải được kết nối internet và được xử lý tự động. Khác với kỹ thuật báo tin động đất thông thường là phải thu thập đầy đủ băng sóng P và sóng S của mỗi trận động đất truyền đến trạm đo. Ở kỹ thuật này chỉ sử dụng 3 giây đầu tiên của sóng P để đưa ra thông báo về động đất. Điều này nhằm rút ngắn thời gian thông báo tới người dùng xuống rất nhiều. Bởi vì, theo Carmichael (2013) [10] vận tốc trung bình sóng P (sóng đến đầu tiên) đạt 5 km/s còn sóng S (sóng phá huỷ) đạt 3 km/s, trong khi đó vận tốc của cáp quang đạt 300.000 km/s nhanh hơn rất nhiều so với sóng địa chấn. Xét trường hợp cụ thể, nếu vị trí động đất cách trạm 100 km thì thời gian ghi được sóng P tại trạm là 20 giây, sóng S là 33 giây, còn cáp quang là ~0 giây. Như vậy có thể thấy rằng khi hệ thống báo tin nhanh phát hiện được trận động đất thì 30 giây sau sóng phá huỷ mới lan truyền đến. Đây là khoảng thời gian rất quan trọng để người điều khiển có thể dừng các hệ thống bằng các biện pháp khẩn cấp từ đó có thể giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản trong động đất.

Ở một số quốc gia có hoạt động động đất mạnh như Nhật Bản, Mỹ, Mê Xi Cô, Đài Loan,... họ đã lắp đặt hệ thống báo tin nhanh động đất cho một số thành phố hay công trình quan trọng, cụ thể là:

+ Ở Nhật, người ta đã xây dựng hệ thống cảnh báo tại chỗ UrEDAS (Urgent Earthquake Detection and Alarm System) dọc theo đường ray tàu điện Shinkansen năm 1992, đến năm 1995 được áp dụng trên toàn hệ thống đường sắt. Năm 1998, hệ thống UrEDAS triển khai cho cả hệ thống tàu điện ngầm. Hệ thống này gồm khoảng 800 máy địa chấn và 200 máy dao động mạnh với khoảng cách giữa các trạm từ 20 – 25 km. Hệ thống này xác định các thông số như: thời gian, độ sâu và vị trí chấn tâm động đất theo các phương pháp của Odaka và nnk, 2003 [11], Huriuchi và nnk, 2005 [12], Nakamura và nnk, 2009 [13]; độ lớn động đất dựa vào mối liên hệ giữa biên độ sóng P với độ lớn động đất và biên độ sóng S với độ lớn động đất (Kamigaichi, 2004) [14]; cấp chấn động cực đại (thang JMA); thời gian sớm nhất mà chấn động cực đại sẽ lan truyền đến các khu vực quan tâm. Song song với hệ thống UrEDAS, Nhật Bản còn có hệ thống REIS (Real-time Earthquake Information System) cảnh báo động đất theo thời gian thực, và dùng chung dữ liệu từ hệ thống UrEDAS. REIS được phát triển và vận hành bởi Cơ quan khí tượng Nhật Bản (Japan Meteorological Agency –

JMA), tổ chức có trách nhiệm giám sát và cảnh báo về các tình huống động đất và thiên tai khẩn cấp tại Nhật Bản. Mục tiêu chính của REIS là cung cấp thông tin động đất thời gian thực và cảnh báo sớm động đất cho người dân, tổ chức cứu hộ và nhà chức trách để giúp họ chuẩn bị và đối phó với các tình huống khẩn cấp. Hệ thống REIS có khả năng cảnh báo sớm khi phát hiện một sự kiện động đất, cảnh báo được phát qua các phương tiện truyền thông như truyền hình, radio, điện thoại di động để hướng dẫn người dân thực hiện các biện pháp an toàn. Theo Nakamura và nnk, 2009 [15], với khoảng cách giữa các trạm từ 20 – 25 km và số liệu tại các trạm được lấy ghi ở tần số 100 Hz, bộ chuyển đổi 24 bit ADC, hệ thống REIS có thể tự động phát hiện và phát tin cảnh báo các trận động đất có độ lớn $M \geq 3$ trong vòng 3 – 4 sau khi có sóng P đến trạm. Khoảng 80% các sự kiện có độ lệch vị trí chấn tâm dưới 20 km so với xử lý thủ công. Đây là các kết quả của báo cáo đầu tiên, chủ yếu xác định bằng cách sử dụng dữ liệu của 4 – 5 trạm. REIS sửa đổi thông tin động đất mỗi giây, do đó khi số trạm tăng lên thì độ chính xác cũng được tăng lên. Hệ thống này được triển khai thực tế vào năm 2007, và là hệ thống cảnh báo sớm động đất cho toàn quốc đầu tiên trên thế giới.

+ Ở Mỹ, từ năm 2006, cơ quan Khảo sát địa chất Hoa Kỳ (USGS) đã hợp tác với một số đối tác để phát triển hệ thống cảnh báo sớm động đất, được gọi ShakeAlert cho các khu vực có nguy cơ xảy ra động đất cao của Hoa Kỳ, bắt đầu với các tiểu bang ở Nam California. Đến năm 2012, hệ thống ShakeAlert bắt đầu chạy thử nghiệm. Trong giai đoạn 2012 – 2015, các nhà khoa học ở đây tập chung vào việc phát triển phần mềm, thuật toán xử lý dữ liệu động đất và phát tin cảnh báo. Năm 2016, hệ thống đã đi vào hoạt động chính thức (Given và nnk, 2014) [16]. Mục đích của hệ thống ShakeAlert là cảnh báo động đất sớm để giảm thiểu thiệt hại và cứu người trong trường hợp động đất xảy ra. Hệ thống này có khả năng cảnh báo đến người dân và tổ chức cứu hộ trước khi sóng động đất đến. Cảnh báo có thể được phát thông qua nhiều kênh truyền thông bao gồm điện thoại di động, truyền hình, radio và hệ thống cảnh báo công cộng. Tính đến năm 2017, hệ thống ShakeAlert sử dụng mạng lưới 760 trạm địa chấn phân bố trên khắp miền Nam California, tín hiệu được truyền trực tiếp theo thời gian thực về trung tâm [17]. Kế hoạch phát triển hệ thống ShakeAlert cho cả bờ Tây với ước tính cần tổng cộng 1.675 trạm địa chấn với sự kết hợp giữa tài trợ của liên bang, tiểu bang và tư nhân. Hệ thống ShakeAlert được xây dựng và phát triển dựa trên phần mềm Earthworm theo dạng mô-đun. Mỗi thuật toán có một mô-đun riêng kiểm tra dữ liệu địa chấn từ các cảm biến và lấy được các tham số phù hợp với phương pháp của nó. Các phương pháp sử dụng trong ShakeAlert để phát hiện vị trí, độ lớn động đất được gọi là Onsite (sử dụng phương pháp τ -Pd) và

ElarmS (sử dụng phương pháp Pd). ShakeAlert có thể phát hiện một trận động đất vài giây sau khi nó bắt đầu, tính toán vị trí, độ lớn và ước tính cường độ rung lắc. Sau đó, cảnh báo có thể được gửi đến những người dân và tổ chức cứu hộ có thể bị ảnh hưởng, cho phép họ thực hiện các hành động bảo vệ thích hợp. Tùy thuộc vào khoảng cách của người dùng với trận động đất, cảnh báo có thể được gửi trước, trong hoặc sau khi xuất hiện rung lắc mạnh. Hệ thống ShakeAlert cung cấp một số dữ liệu và cảnh báo để đáp ứng nhu cầu của những người dùng khác nhau bao gồm vị trí trận động đất và độ lớn của nó. Các ước tính rung động nền được công bố dưới hai dạng, đường bao chuyển động trên mặt đất hoặc lưới bản đồ. Các cảnh báo được phát hành cho các tổ chức với các trận động đất có độ lớn từ 3.5 trở lên, công khai rộng rãi đến người dân các trận động đất có độ lớn 5.0 trở lên.

+ Ở Mexico xảy ra trận động đất vào ngày 19/9/1985 có độ lớn 8.1 độ Richter. Trận động đất này gây ra nhiều thiệt hại nghiêm trọng về cuộc sống và tài sản. Có hàng nghìn người thiệt mạng và hàng ngàn ngôi nhà, tòa nhà, cơ sở hạ tầng bị phát hủy. Thành phố Mexico chịu thiệt hại nặng nề, việc cứu hộ và tái thiết là nhiệm vụ khó khăn và kéo dài. Trận động đất cũng gây ra sóng thần trên biển Thái Bình Dương. Chính vì vậy, Trung tâm Thiết bị đo đạc và giám sát Địa chấn (CIRES) đã thiết lập hệ thống SAS (Seismic Alert System) cho thành phố Mexico. Mục tiêu của hệ thống này là để giảm thiểu ảnh hưởng của các trận động đất tại vùng Guerrero Gap. Vùng Guerrero Gap cách thành phố Mexico khoảng 320 km, tương ứng với khoảng 60 giây để tiến hành cảnh báo. Trong hệ thống này, tại mỗi trạm sẽ tự động phát hiện sự kiện theo tỷ số STA/LTA sau đó gửi tín hiệu về trung tâm. Tại trung tâm, hệ thống ước lượng độ lớn động đất, cấp chấn động và phát tin cảnh báo (Espinosa Aranda và cộng sự, 1989b) [18]. Tại thành phố Mexico, hệ thống cho phép thời gian cảnh báo từ 60 đến 120 giây trước khi sóng S đến. Thời gian này có cơ hội cho phép đưa ra các biện pháp ứng phó để giảm thiệt hại về người trong thành phố. SAS bắt đầu thử nghiệm vào năm 1991, đưa vào hoạt động chính thức cho thành phố vào năm 1993. Hiện nay, hệ thống SAS có 97 trạm địa chấn nằm trên toàn bộ đới hút chìm của Mexico, dữ liệu từ các trạm này được truyền theo thời gian thực về trung tâm [19]. Các thiết bị ban đầu của hệ thống do CIRES tự chế tạo là thiết bị địa chấn có bộ chuyển đổi 10 bit và dải đo 50 Hz. Thế hệ thứ ba triển khai trong hệ thống là các thiết bị có bộ chuyển đổi 24 bit và dải đo 100 Hz. Các trạm được đặt dọc theo bờ biển Thái Bình Dương của Mexico với khoảng cách trung bình là 25 km. Sau gần 10 năm xảy ra trận động đất thảm khốc năm 1985, SAS đã xác định chính xác trận động đất Copala ngày 14/9/1995 (độ lớn là 7,3) có khả năng gây ra thiệt hại cho thành phố Mexico. Một

cảnh báo được phát hành trước khi động đất ảnh hưởng đến thành phố Mexico là 70 giây. Nhiều trường học đã sơ tán kịp thời, chứng tỏ sự hữu ích của hệ thống.

+ Ở Đài Loan, Sau trận động đất mạnh tại Hoa Liên ngày 15/11/1986 có độ lớn 6.8, Đài Loan đã phát triển hệ thống EEW (Earthquake Early Warning System) đầu tiên ở Đài Loan và được thử nghiệm vào năm 1998 (Wu và nnk, 1999) [20]. Hệ thống này có thời gian báo tin trung bình khoảng 22 giây và cảnh báo kịp thời cho các khu vực các tâm chấn khoảng 70 km [21]. Từ năm 2012, hệ thống EEW đã tích hợp các thiết bị địa chấn khác nhau thông qua phần mềm Earthworm, hệ thống này gọi là eBEAR [22], nhằm mục đích rút ngắn thời gian và cải thiện độ chính xác cho các cảnh báo. Hệ thống eBEAR bao gồm các mô-đun mới để quản lý việc chọn pha sóng P, kích hoạt báo cáo, vị trí chấn tâm, ước tính độ lớn và lọc cảnh báo trước khi thông báo. Thời gian cảnh báo trung bình của hệ thống đối với các trận động đất trong đất liền và ngoài khơi lần lượt là 15 và 26 giây sau khi động đất xảy ra. eBEAR được tích hợp để cảnh báo cho các trường tiểu học và trung học cơ sở ở Đài Loan. Để cải thiện khả năng tự động nhận biết động đất, Đài Loan đã thiết lập một mạng lưới cảm biến địa chấn giá rẻ P-Alert dày đặc do Giáo sư Yih-Min WU tại Đại học Quốc lập Đài Loan phát triển, phân bố trên cả nước với gần 600 máy địa chấn. Ưu điểm của máy địa chấn này là giá rẻ hơn rất nhiều so với các loại máy địa chấn đang có. Kết quả cho thấy, hệ thống tích hợp các cảm biến giá rẻ khá ổn định về các thông số nguồn và đưa ra cảnh báo nhanh hơn so với hệ thống cũ từ 13,1 đến 14,7 giây. Cho đến nay, tại Đài Loan có ba hệ thống EEW khác nhau đang hoạt động. Hệ thống eBEAR do Cục thời tiết Trung ương Đài Loan (CWB) vận hành là hệ thống chính thức và chịu trách nhiệm đưa ra cảnh báo cho các trận động đất từ trung bình đến lớn. Hệ thống NCREE vai gồm 98 thiết bị là hệ thống cảnh báo tại chỗ và có thể cung cấp cảnh báo cho những nơi rơi vào vùng điểm mù của hệ thống eBEAR. CWB hợp tác với NCREE lắp đặt các hệ thống cảnh báo tại 3.514 trường học tại Đài Loan. Ngoài ra, còn hệ thống mạng trạm cảm biến giá rẻ P-Alert có thể hoạt động như một hệ thống cảnh báo tại chỗ, cũng như khu vực và đưa ra được bản đồ rung động nền cho các khu vực ảnh hưởng của trận động đất. Hiện nay, hệ thống P-Alert đã được lắp đặt với mạng lưới gồm 761 thiết bị trải khắp Đài Loan.

1.2. Tình hình nghiên cứu báo tin động đất tại Việt Nam

1.2.1. Giai đoạn trước thế kỷ 20

Ở giai đoạn này việc hiểu biết về động đất vẫn còn hạn chế, bởi vậy việc ghi nhận và báo tin động đất chủ yếu được thực hiện theo dạng truyền miệng và ghi chép trong các tài liệu của lịch sử. Vì vậy, các hoạt động động đất thường bị gián đoạn và

không liên tục. Hơn nữa, việc ghi chép được mô tả theo địa danh và tình trạng nên các tham số về động đất còn chung chung.

1.2.2. Giai đoạn từ 1900 đến 1990

Đánh dấu mốc giai đoạn này là việc xây dựng trạm địa chấn đầu tiên của Việt Nam tại Phủ Liễn, Hải Phòng năm 1924. Trạm này do người Pháp xây dựng, tuy nhiên hoạt động của nó thường xuyên bị gián đoạn do ảnh hưởng bởi chiến tranh. Năm 1957, trạm được khôi phục lại bởi sự giúp đỡ của Ba Lan. Cũng ở thời điểm này, một loạt các trạm động đất mới được xây dựng như : Nha Trang (1957), Sa Pa (1961), Bắc Giang (1967), Tuyên Quang (1973) và Hòa Bình (1972) [8, 9].

Từ năm 1976 đến năm 1990, bổ sung thêm trạm Đà Lạt và thay các máy đo động đất bằng máy đo chu kỳ ngắn CM3 do Liên Xô chế tạo. Số liệu được ghi trên giấy ảnh. Các tham số động đất được xác định bằng tay và được lưu trữ dưới dạng nhật ký. Tuy nhiên, các tham số như độ lớn, vị trí động đất vẫn chưa được xác định chính xác.

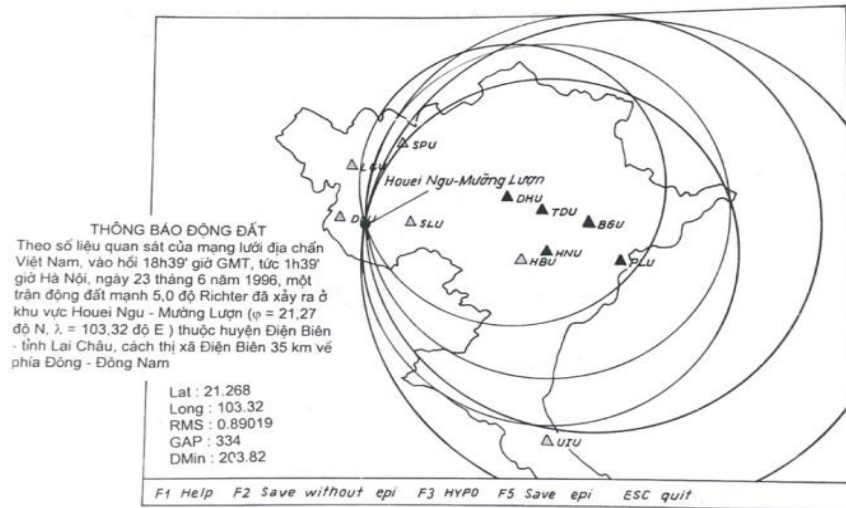
1.2.3. Giai đoạn từ 1990 đến 2008

Giai đoạn này được chia ra làm hai pha:

+ Pha 1, từ 1990 – 2000, nâng cấp, mở rộng mạng trạm quan trắc động đất bằng việc bổ sung các trạm Điện Biên, Lai Châu, Vinh, Sơn La, Huế và 05 trạm bao quanh Hà Nội. Chúng sử dụng máy ghi LE-3D của Đức và đầu đo chu kỳ ngắn Mark Product L-4 của Mỹ. Tín hiệu động đất được ghi trên giấy nhiệt, và thông tin động đất được xác định bằng tay. Đến năm 1995, mạng lưới trạm địa chấn đã được chuyển đổi sang dạng ghi số trên máy tính PC-386 và PC-586 và được đồng bộ theo thời gian thực bằng hệ thống GPS toàn cầu.

+ Pha 2, từ 2000 – 2008, nâng cấp hệ thống mạng trạm và phần mềm xử lý số liệu. Mở rộng hệ trạm bao quanh Hà Nội lên thành 09 trạm, trang bị các thiết bị ghi số cho toàn bộ mạng trạm và chuyển đổi sang kỹ thuật xử lý tín hiệu số. Bên cạnh đó, thực hiện các nhiệm vụ hợp tác quốc tế như Nhật Bản, Đài Loan, ... đã triển khai lắp đặt thiết bị đo địa chấn dải rộng hiện đại đầu tiên, cụ thể là: 1- Nhật Bản lắp đặt tại Phủ Liễn, Sa Pa, Điện Biên, Vinh, Nha Trang và Đà Lạt; 2- Đài Loan lắp đặt tại 25 trạm mới phân bố đều trên khu vực miền Bắc [23]. Số liệu được lưu trữ trên ổ cứng dung lượng lớn và theo định dạng chuẩn xử lý số liệu địa chấn toàn cầu. Các hợp tác này là cơ sở để xây dựng và phát triển hệ thống báo tin động đất hiện đại sau này.

Như vậy có thể thấy rằng ở giai đoạn này thông tin động đất được chuyển đổi từ dạng tín hiệu tương tự sang dạng tín hiệu số theo thời gian thực. Do đó, các thông tin động đất đã đạt được ở mức độ thông báo các tham số động đất.



Hình 1.6. Hình ảnh minh họa kỹ thuật xác định động đất và thông tin mô tả trận động đất (theo Trần Quang Khóa và Lê Tử Sơn, 1997).

1.2.4. Giai đoạn từ 2008 đến nay

Năm 2008, Viện Vật lý địa cầu được Chính phủ trang bị 30 trạm địa chấn dải rộng hiện đại, phân bố trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Hệ thống mạng trạm gồm: máy ghi số dải rộng (144-145 dB), độ phân giải cao (24-26 bit) Quanterra do hãng Kinemetrics (Mỹ); Đầu đo vận tốc dải rộng (50 Hz – 120s) kết hợp với đầu đo gia tốc Episensor (± 4 g) [9] và trung tâm xử lý số liệu tự động. Tín hiệu từ các trạm truyền trực tuyến về trung tâm bằng cáp quang tốc độ cao. Với hệ thống như này sẽ phục vụ tốt công tác báo tin động đất và bước đầu đạt được báo tin nhanh động đất.

Số liệu tại trung tâm được xử lý tự động bằng phần mềm SeisComP3 (Seismic Communication Processor) được phát triển bởi nhóm GEOFON tại GFZ Potsdam (Geo Forschungs Zentrum) của Đức. Phần mềm này gồm các giao diện đồ họa trực quan, chủ yếu được xây dựng bằng C++, với hầu hết các chức năng thư viện có thể truy cập được từ bên ngoài bằng các tập lệnh Python [23]. SeisComP3 hỗ trợ nhiều giao thức để kết nối với các máy địa chấn như SeedLink, QuakeML, QuakeCatch và nhiều giao thức khác. Tùy vào từng loại thiết bị sẽ lựa chọn được giao thức kết nối thích hợp. Vì có giao diện đồ họa nên SeisComP3 nhanh chóng trở nên phổ biến, đặc biệt là ở châu Âu. Phần mềm chỉ hoạt động trên môi trường Linux. Tuy nhiên, nó có thể tự động phát hiện tốt những trận động đất có độ lớn lớn hơn 4.0. Đối với Việt Nam, yêu cầu đặt là phải phát hiện được các trận động đất có độ lớn lớn hơn 3.0 và thông báo được các trận động đất có độ lớn lớn hơn 3.5 xảy ra trên lãnh thổ và thềm lục địa. Do đó, nhiệm vụ đặt ra là nâng cấp hệ thống mạng trạm này cho phù hợp với điều kiện của Việt Nam. Bằng cách cải tiến và triển khai thử nghiệm hệ thống báo tin nhanh động đất cho một vùng đặc trưng nào đó.

Việc báo tin động đất ở giai đoạn này đã đạt được mức độ ra thông báo tự động đến người dùng với thời gian gần với thực tế. Hơn nữa, do độ chính xác của các thiết bị, các thông tin động đất có thể giúp cho các nhà nghiên cứu đánh giá chi tiết hơn về các đặc điểm bên trong trái đất phục vụ mục tiêu xây dựng các công trình an toàn trong vùng hoạt động động đất.

Trong thực tế, để đạt được độ chính xác cao hơn so với phương pháp báo tin tự động, tại trung tâm việc xử lý được hiệu chỉnh bằng tay trước khi gửi thông báo đến cơ quan quản lý theo quy trình như sau:

+ Bước 1: Kiểm tra, nhận biết động đất: Thông qua phần mềm SeisComP3, tín hiệu động đất có thể nhìn thấy ngay trên màn hình máy tính. Phần mềm SeisComP3 cũng có thể tự động nhận biết được động đất. Tuy nhiên, trên thực tế các cán bộ trực ca tại trung tâm báo tin động đất và cảnh báo sóng thần phải luôn luôn theo dõi trên màn hình để biết được khi nào trận động đất xảy ra.

+ Bước 2: Thu thập, hiệu chỉnh, xử lý số liệu: Phần mềm SeisComP3 có thể tự động nhận dạng và xử lý số liệu để đưa ra thông tin động đất. Tuy nhiên, hệ thống đòi hỏi ít nhất 8 trạm cùng ghi được trận động đất và cần thời gian tương đối lâu. Do vậy, để có được thông tin trận động đất chủ yếu vẫn dựa theo cách truyền thống là sử dụng phần mềm Seisan để xử lý một cách thủ công. Sau khi phát hiện ra động đất, người xử lý sẽ tập hợp số liệu từ các trạm có ghi được cùng một trận động đất và tiến hành xử lý.

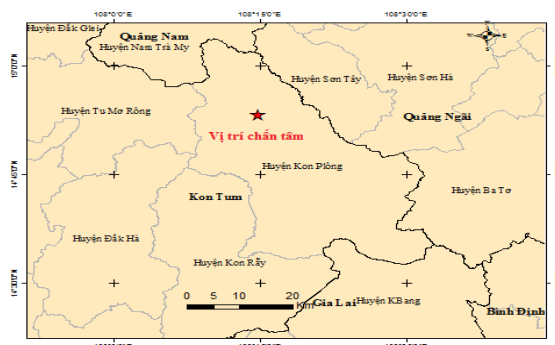
+ Bước 3: Phát tin động đất: Sau khi có được thông tin của trận động đất một cách thủ công, trung tâm báo tin động đất sẽ tổng hợp, xây dựng bản tin và gửi thông tin đi theo quy định.

Thông báo tin động đất ngày 07 tháng 07 năm 2023 (Trận 11)

THÔNG BÁO ĐỘNG ĐẤT
Vào hồi 04 giờ 42 phút 34 giây (giờ GMT) ngày 07 tháng 7 năm 2023 tức 11 giờ 09 phút 34 giây (giờ Hà Nội) ngày 07 tháng 7 năm 2023 một trận động đất có độ lớn 2.9 xảy ra tại vị trí có tọa độ (14.887 độ vĩ Bắc, 108.245 độ kinh Đông), độ sâu chấn tiêu khoảng 10 km. Động đất xảy ra tại huyện Kon Plông, tỉnh Kon Tum. Cấp độ rủi ro thiên tai cấp 0.

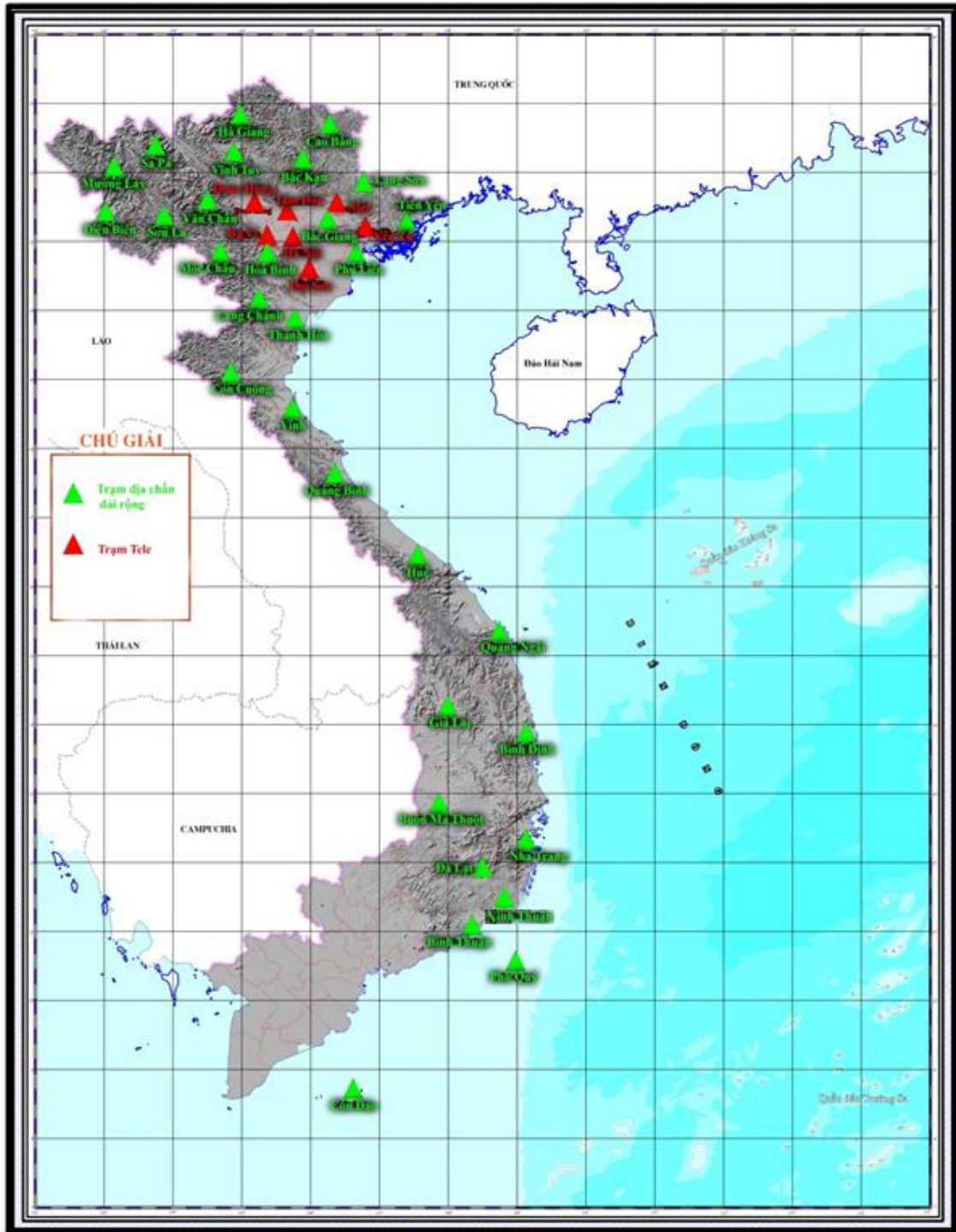
Trung tâm báo tin động đất và cảnh báo sóng thần - Viện Vật lý Địa cầu vẫn đang tiếp tục theo dõi trận động đất này.

BẢN ĐỒ CHÂN TÂM ĐỘNG ĐẤT



Hình 1.7. Hình ảnh minh họa dạng thông báo động đất của hệ thống báo tin động đất tại Viện Vật lý địa cầu.

Việc xử lý số liệu hiện nay cho thấy phần mềm Seisan xác định các tham số động đất chính xác hơn phần mềm Seiscomp. Tuy nhiên nó mất thời gian hơn nhiều so với phần mềm Seiscomp. Thông thường thời gian để xử lý một trận động đất phát sinh thêm là từ từ 5 đến 30 phút. Như vậy có thể thấy rằng tùy thuộc vào mỗi sự kiện động đất mà ta có thể lựa chọn phương thức báo tin khác nhau.



Hình 1.8. Sơ đồ mạng trạm quan trắc động đất Việt Nam trong giai đoạn hiện nay.

Chương 2. CƠ SỞ PHƯƠNG PHÁP VÀ QUY TRÌNH XỬ LÝ

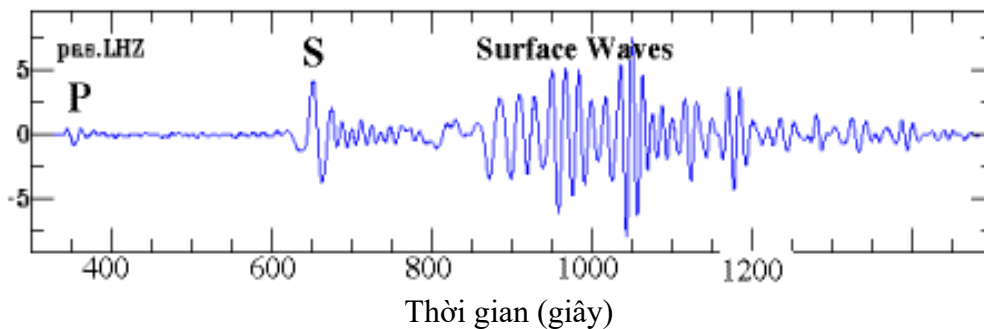
2.1. Khái niệm cơ bản về động đất và thông tin động đất

2.1.1. Động đất là gì

Động đất là hiện tượng mất cân bằng ứng suất đột ngột trong môi trường đất đá của Trái Đất (do vận động kiến tạo, hoạt động núi lửa, sập hang động, các vụ nổ, v.v...) dẫn đến giải phóng năng lượng dưới dạng các sóng đàn hồi, gây ra rung động trong một vùng rộng lớn trên bề mặt trái đất. Động đất một mặt bị xem như là dạng thiên tai đặc biệt nguy hiểm do gây ra rung động nền hoặc biến dạng mặt đất, có thể phá hủy nhà cửa, công trình, gây sóng thần, cướp đi của cải và sinh mạng của nhân loại. Mặt khác, động đất là nguồn phát sóng địa chấn có ích với năng lượng vô cùng lớn nên truyền qua được các phần khác nhau của Trái Đất, khi tới các máy ghi địa chấn mang rất nhiều thông tin về cấu trúc cũng như đặc tính của Trái Đất.

2.1.2. Sóng động đất

Sóng động đất hay sóng địa chấn là sóng đàn hồi lan tỏa từ việc giải phóng năng lượng đột ngột trong lòng trái đất (động đất), từ vụ nổ hay các nguồn năng lượng khác. Năng lượng được truyền trong lòng đất, lan tỏa ra mọi hướng từ nguồn phát sinh (vùng nguồn). Sóng địa chấn gây rung động nền đất và là nguyên nhân chính gây nên phá hoại nhà và công trình. Có nhiều loại sóng địa chấn khác nhau, phụ thuộc vào phương thức dao động của phần tử vật chất so với phương truyền sóng và cơ chế tạo ra sóng. Có hai dạng địa chấn là sóng khối (Body wave) và sóng mặt (Surface wave). Sóng khối lan từ nguồn ra không gian xung quanh, truyền qua các lớp vật chất trong lòng Trái đất, còn sóng mặt truyền trên bề mặt Trái đất và trong các lớp dẫn sóng. Vận tốc lan truyền của sóng địa chấn trong môi trường rắn biến đổi trong giới hạn từ 3 – 15 km/s.

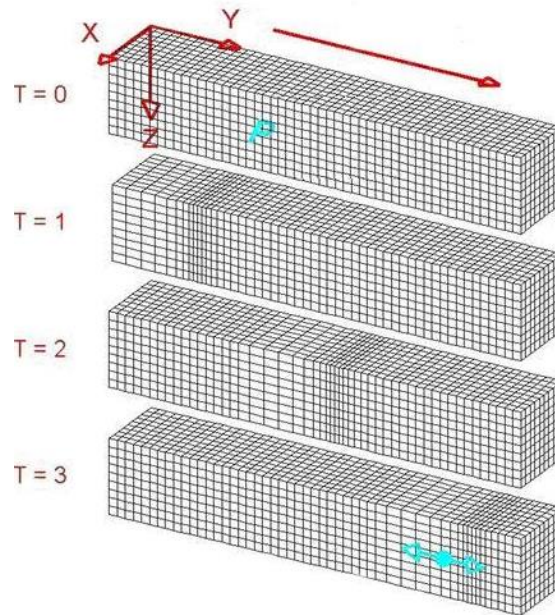


Hình 2.1. Bảng sóng động đất và các loại sóng xuất hiện trên băng ghi theo thời gian sóng lan truyền.

- Sóng dọc *P* (Primary wave)

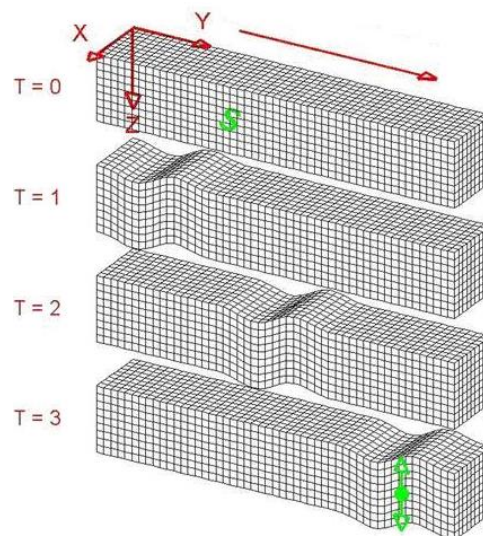
Sóng P được Poisson (1830) [24] phát hiện bằng việc sử dụng các phương trình dao

động và các định luật đàn hồi. Nó lan truyền theo cơ chế nén ép-tách giãn, phương dao động trùng với phương truyền sóng (giống như sóng âm) (Hình 2.2). Vận tốc sóng P là lớn nhất bởi vậy nó ghi được sớm nhất trên băng ghi địa chấn. Vận tốc sóng P đạt từ 1,5 đến 11,0 km/s. Sóng P lan truyền được trong cả ba môi trường vật chất đó là rắn, lỏng và không khí. Vận tốc sóng P trong các môi trường cụ thể như: không khí là 0,3 km/s, nước là 1,45 km/s và đá granite là 6,0 km/s. Chính vì vận tốc cao này nên sóng P được sử dụng để xác định thời điểm xảy ra trận động đất phục vụ công tác báo tin hay cảnh báo động đất.



Hình 2.2. Hình ảnh minh họa sự lan truyền của sóng P (nguồn: Lawrence B, 2006 [25]). X, Y, Z là phương dao động, T là thời gian lan truyền.

- Sóng ngang S (Secondary wave)

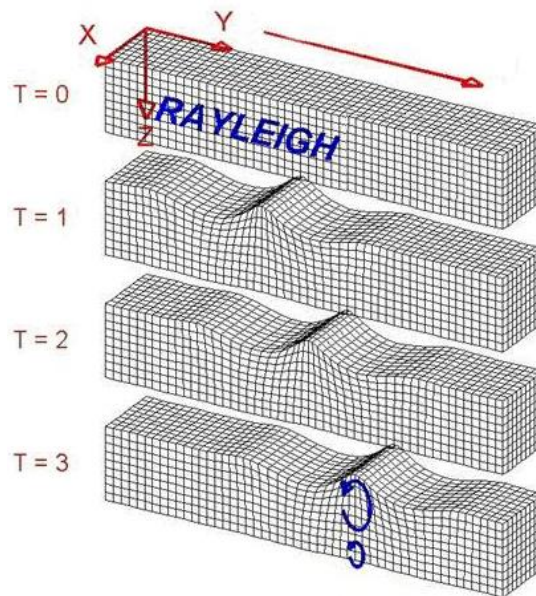


Hình 2.3. Hình ảnh minh họa sự lan truyền của sóng S (nguồn: Lawrence B, 2006). X, Y, Z là phương dao động, T là thời gian lan truyền.

Sóng S cũng được Poisson (1830) phát hiện bằng việc sử dụng các phương trình dao động và các định luật đàn hồi. Nó là dạng sóng lan truyền có phương dao động vuông góc với phương truyền sóng (*Hình 2.3*). Sóng S không truyền được qua chất lỏng. Vận tốc sóng S chậm hơn vận tốc sóng P nên nó được ghi nhận sau sóng P trên băng ghi địa chấn. Trong lớp vỏ trái đất, sự thay đổi vận tốc giữa sóng P và sóng S khác nhau không nhiều nên có thể được sử dụng để ước lượng khoảng các chấn tâm của trận động đất. Ngoài ra, trong trận động đất gần, biên độ sóng S lớn hơn nhiều so với sóng P nên nó được sử dụng để tính độ lớn động đất phục vụ công tác báo tin, cảnh báo hay nghiên cứu rủi ro động đất.

- *Sóng Rayleigh*

Sóng Rayleigh được Rayleigh L [26] phát hiện bằng lý thuyết về sự tồn tại của sóng khác lan truyền dọc theo bề mặt chất rắn, sinh ra do sự tương tác của các sóng P và S với bề mặt tự do. Vận tốc sóng Rayleigh nhỏ hơn vận tốc của sóng S bởi vậy nó xuất hiện sau sóng S trên băng ghi địa chấn. Sóng Rayleigh truyền dọc tại mặt đất tương tự như sóng nước trên mặt đại dương hoặc hồ (*Hình 2.4*). Chu kỳ dao động của sóng Rayleigh lớn hơn sóng S nên nó truyền được xa hơn sóng S và biên độ lớn hơn. Do đó, sóng Rayleigh được sử dụng để nghiên cứu cấu trúc sâu đặc biệt là cấu trúc bên trong trái đất. Hơn nữa, do chúng truyền được đi xa nên chúng được sử dụng để nghiên cứu các hiệu ứng khuếch đại nền cho các bồn trầm tích sâu.

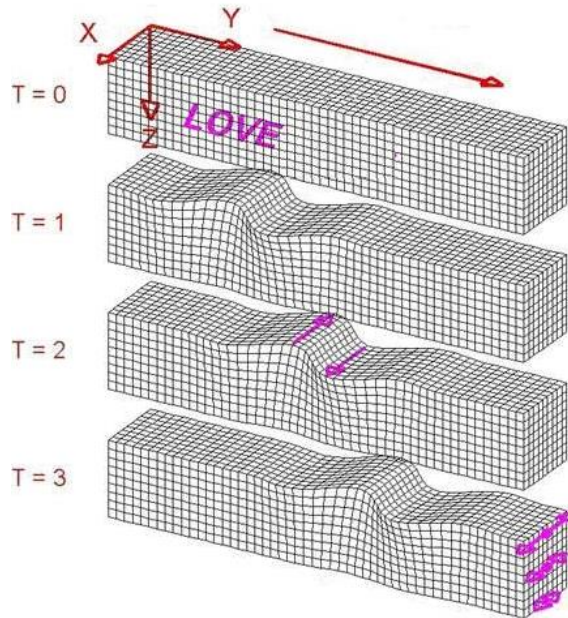


Hình 2.4. Hình ảnh minh họa sự lan truyền của sóng Rayleigh (nguồn: Lawrence B, 2006). X, Y, Z là phương dao động, T là thời gian lan truyền.

- *Sóng Love*

Nhà khoa học Love [27] đã chứng minh sự tồn tại của một loại sóng tương tự như sóng Rayleigh vào năm 1911. Tương tự như sóng Rayleigh, sóng Love cũng lan

truyền dọc bề mặt ranh giới giữa các lớp trong vỏ Trái đất (Hình 2.5). Nó được tạo thành bởi sự giao thoa của các sóng phản xạ từ mặt đất và khúc xạ, phản xạ qua giới hạn của một lớp nhất định trong vỏ Trái đất. Trên băng ghi địa chấn gây ra bởi động đất xa, sóng Love thường có biên độ lớn nhất. Chúng lan truyền với tốc độ xấp xỉ 90% tốc độ lan truyền của sóng S.



Hình 2.5. Hình ảnh minh họa lan truyền của sóng Love (nguồn: Lawrence B, 2006).

2.1.3. Các tham số cơ bản của động đất

Mỗi trận động đất được đặc trưng bởi các thông số cơ bản sau:

- (1) thời điểm phát sinh động đất;
- (2) vị trí xảy ra động đất (vĩ độ ϕ , kinh độ λ) và độ sâu chấn tiêu (h);
- (3) độ lớn của động đất (Magnitude – M);
- (4) cường độ chấn động (Intensity – I).

- *Thời điểm phát sinh động đất*

Thời điểm phát sinh động đất là khoảnh khắc mà sự mất cân bằng ứng suất (sự phá vỡ) diễn ra trong môi trường đất-đá của vỏ Trái đất. Khi đó năng lượng được giải phóng dưới dạng các sóng địa chấn được gọi là động đất. Thời điểm này diễn ra trước thời điểm sóng ghi nhận được trên các băng ghi tại trạm đo.

- *Chấn tiêu và chấn tâm động đất*

Chấn tiêu (hypocenter) của động đất là tâm điểm phát ra sóng địa chấn khi động đất xảy ra. Hình chiếu theo phương thẳng đứng của chấn tiêu lên mặt đất gọi là chấn tâm (epicenter) động đất. Trong thực tế, chấn tiêu động đất không phải là một điểm mà là cả một vùng đứt đoạn trong động đất. Tương ứng, vùng chấn tâm là hình chiếu của vùng chấn tiêu lên mặt đất.

Khoảng cách từ chấn tiêu tới mặt đất cũng là khoảng cách giữa chấn tiêu và chấn tâm, gọi là độ sâu chấn tiêu. Khoảng cách từ một điểm quan tâm trên mặt đất đến chấn tiêu gọi là khoảng cách chấn tiêu, còn khoảng cách từ điểm đó đến chấn tâm gọi là khoảng cách chấn tâm.

- *Độ lớn động đất*

Độ lớn động đất là một chỉ số dùng để đo mức độ năng lượng được giải phóng trong mỗi trận động đất. Nó đo được bằng các thang đo thực nghiệm. Thang đo độ lớn động đất đầu tiên được phát minh bởi Richter (1935) [28] và được sử dụng để tính độ lớn tại vùng phía Nam California nước Mỹ. Sau đó nó được sử dụng phổ biến trên thế giới. Dựa vào thang đo này, nhiều tác giả đã xây dựng các thang đo khác phù hợp với điều kiện của khu vực nghiên cứu. Một số thang đo có thể kể đến như : Thang đo độ lớn động đất địa phương (M_L); Thang đo độ lớn theo sóng mặt (M_S); Thang đo độ lớn sóng khối (m_b); Thang đo độ lớn mô-men địa chấn (M_w), đây là thang đo hiện đại nhất và ưu điểm của nó là không bị bão hoà năng lượng đối với trận động đất lớn.

- *Cường độ chấn động động đất*

Cường độ chấn động là mức độ cảm nhận của người, vật hay công trình trên mặt đất. Cũng tương tự như độ lớn, cường độ chấn động được đánh giá theo các thang khác nhau. Một số thang đo điển hình có thể được kể đến như:

+ Thang đo Mercalli của Mỹ, nó được cải tiến từ thang đo (Modified Mercalli Scale) và chia ra làm 12 cấp chấn động;

+ Thang đo MSK-64 (Medvedev-Sponheuer-Karnik) ban đầu nó dùng ở các nước Tây Âu, sau đó được Hội đồng Địa chấn châu Âu thông qua năm 1964. Đến nay, nó được sử dụng rộng rãi ở các nước trên thế giới trong đó có Việt Nam. Thang đo này được phân ra làm 12 cấp (Phụ lục 1);

+ Ngoài ra, có một số thang đo khác như: Thang đo Rossi-Forel gồm 10 cấp dùng phổ biến ở Ý, Thụy Sĩ; Thang đo JMA gồm 7 cấp được sử dụng ở Nhật.

2.2. Phương pháp xác định tham số động đất thông thường

2.2.1. Thời gian và vị trí xảy ra động đất

Trong động đất gần (khoảng cách chấn tâm nhỏ hơn 600 km), có thể coi đường truyền sóng là thẳng. Khi đó, nếu thời điểm phát sinh động đất là t_0 , thời điểm ghi được sóng địa chấn ở trạm đầu tiên là t , thì thời gian truyền sóng từ chấn tiêu đến trạm quan sát là:

$$T = t - t_0 = \frac{R}{v} \quad (2.1)$$

trong đó: R – khoảng cách chấn tiêu ; v – vận tốc sóng địa chấn.

Trong động đất gần, khi có thể bỏ qua độ cong của mặt đất, R được xác định

theo tọa độ φ , λ , h của chấn tiêu và φ_0 , λ_0 của trạm địa chấn theo công thức sau:

$$R = \sqrt{(\varphi - \varphi_0)^2 + (\lambda - \lambda_0)^2 + h^2} \quad (2.2)$$

Vì vậy phương trình (2.1) có thể được viết lại như sau:

$$T = t - t_0 = \frac{\sqrt{(\varphi - \varphi_0)^2 + (\lambda - \lambda_0)^2 + h^2}}{v} \quad (2.3)$$

Công thức (2.3) cho thấy đây là phương trình 4 ẩn số (φ , λ , h và v). Do đó, để giải được phương trình này, chúng ta cần phải xây dựng hệ 4 phương trình. Thông thường, đối với mỗi khu vực, người ta xác định vận tốc trung bình của sóng và sử dụng như một tham số đã biết trong định vị chấn tiêu. Vì vậy, chỉ còn lại 3 ẩn số là tọa độ chấn tâm và độ sâu chấn tiêu, và chỉ cần 3 trạm quan trắc là đã có thể định vị được chấn tiêu. Đó là số lượng tối thiểu cần có cho một hệ thống quan sát động đất. Số lượng trạm càng nhiều thì vị trí chấn tiêu được xác định càng chính xác. Chấn tiêu động đất xác định theo số liệu quan sát của mạng lưới địa chấn như trên đồng nhất với một điểm. Chấn tâm là giao điểm của các đường tròn tâm ở trạm quan sát và bán kính bằng khoảng cách chấn tâm (Δ) của trạm. Nhưng trong thực tế thì chấn tiêu là một đứt đoạn trong thạch quyển với kích thước phụ thuộc vào độ lớn của động đất. Thường thì đó là một phần của đứt gãy kiến tạo. Tương ứng ta có vùng chấn tâm là hình chiếu của vùng chấn tiêu trên mặt đất. Tâm của vùng này thường là nơi có cường độ chấn động mạnh nhất và được coi là chấn tâm. Chấn tâm xác định theo số liệu quan sát bằng máy nằm trong vùng chấn tâm nhưng có thể không trùng với tâm của vùng.

2.2.2. Độ lớn động đất

- *Độ lớn động đất*

Độ lớn động đất được xác định dựa theo biên độ của các sóng do trận động đất gây ra đo được trên băng địa chấn dưới dạng chung như sau:

$$M = \log\left(\frac{A}{T}\right) + F(h, \Delta) + C \quad (2.4)$$

trong đó A là biên độ của tín hiệu, T là chu kỳ tương ứng, F là hàm hiệu chỉnh cho biên độ theo độ sâu h của chấn tiêu động đất và khoảng cách chấn tâm Δ , còn C là hệ số hiệu chỉnh địa phương.

- *Độ lớn địa phương (M_L)*

Thang đo độ lớn động đất của Richter xây dựng dựa trên giải thuyết được chứng minh qua một số quan sát ở Nhật Bản và California. Từ tín hiệu ghi được bởi máy địa chấn Wood-Anderson (chu kỳ riêng 0,8 giây), độ lớn M_L của động đất xảy

ra ở phía nam California được Richter định nghĩa như sau:

$$M_L = \log A + 2,67 \log \Delta - 2,48 \quad (2.5)$$

với A là biên độ của tín hiệu lớn nhất ghi được (thường là sóng S), Δ được xác định thông qua sự chênh lệch thời gian tới của sóng P và sóng S.

Ngày nay thang độ lớn M_L ít được sử dụng vì động đất không chỉ xảy ra ở California và máy địa chấn Wood-Anderson đã rất lạc hậu. Tuy nhiên, vì rất nhiều công trình có tần số dao động riêng xấp xỉ 1 giây, gần sát với chu kỳ dao động riêng của máy địa chấn Wood-Anderson, M_L thường được xem như là thước đo của mức thiệt hại mà một trận động đất có thể gây ra cho công trình. Chính vì lý do này mà thi thoảng thang độ lớn M_L vẫn còn được đề cập.

- *Độ lớn sóng mặt (M_S)*

Cùng với sự phát triển của máy địa chấn, sau này các nhà địa chấn đã xây dựng các thang độ lớn của động đất xác định theo sóng mặt (M_S). Thang M_S thường sử dụng cho trường hợp động đất chấn tiêu nông, được xác định như sau:

$$M_S = \log A + \alpha \log \Delta + \beta \quad (2.6)$$

với A là biên độ cực đại (đơn vị là μm) của các sóng mặt có chu kỳ 20 giây; $\alpha = 1,66$; $\beta = 1,82$ cho trường hợp thành phần nằm ngang của các sóng Rayleigh do động đất nông sinh ra.

- *Độ lớn sóng khối (m_b)*

Ở khoảng cách xa hơn 600 km, sóng dọc P trực tiếp phân biệt rõ ràng với các pha sóng khác và ghi nhận tốt trên máy địa chấn với chu kỳ xấp xỉ 1 giây. Vì vậy người ta cũng sử dụng sóng này để đánh giá độ lớn của động đất, đặc biệt phù hợp với động đất sâu, khi sóng mặt không rõ ràng hoặc không có. Độ lớn theo sóng khối ký hiệu là m_b và được định nghĩa như sau:

$$M_b = \log \left(\frac{A}{t} \right) + Q(h, \Delta) \quad (2.7)$$

với A là biên độ cực đại của sóng khối (thường là sóng P) có đơn vị là μm , T là chu kỳ tương ứng có đơn vị là giây, Q là hàm thực nghiệm phụ thuộc vào khoảng cách chấn tâm Δ và độ sâu chấn tiêu h .

- *Độ lớn Moment (M_w)*

Điểm hạn chế của hai thang độ lớn nêu trên là chúng phụ thuộc vào tần số của sóng địa chấn. Hơn thế, khi kích cỡ của các trận động đất lớn đến một mức nhất định các thang M_S và m_b có xu thế bão hòa và không phản ánh đúng độ lớn của động đất. Chính vì vậy, một thang độ lớn động đất khác, gọi là thang độ lớn momen M_w , đã được xây dựng:

$$M_w = \frac{2}{3} \log M_0 - 10,7 \quad (2.8)$$

ở đây M_0 là momen địa chấn của động đất (đơn vị là đin-cm) và được xác định như sau:

$$M_0 = \mu DA \quad (2.9)$$

với μ là môđun cắt (bằng 3×10^{11} đin/cm² cho các đứt gãy vỏ), D là dịch trượt trung bình của bề mặt đứt gãy và A là diện tích của mặt đứt gãy đã dịch trượt. Thang M_w có ưu điểm là đưa ra độ lớn của động đất gắn với quá trình nguồn và không bị bão hòa. Ngoài ra, nó cho thấy mối liên hệ giữa kích thước của đứt gãy sinh chấn và độ lớn của động đất được sinh ra.

Để hình dung cụ thể hơn về độ lớn của động đất, các nhà địa chấn đã đưa ra mối liên hệ giữa độ lớn của động đất M_w và năng lượng địa chấn phát ra tương ứng E như sau [29]:

$$\log E = 1,5 M_w + 11,8 \quad (2.10)$$

Ở đây E có đơn vị là ec ($1 \text{ ec} = 1 \text{ đin-cm}$). Từ đây ta có một liên hệ như sau: Năng lượng của một vụ nổ bom 1 megaton (một triệu tấn) là khoảng $5 \cdot 10^{22}$ ec, nhưng chỉ một phần năng lượng ấy phát ra dưới dạng sóng địa chấn. Để có năng lượng sóng địa chấn tương đương năng lượng phát ra từ một trận động đất có độ lớn $M_w = 7,3$ cần phải nổ một quả bom khoảng 50 megaton.

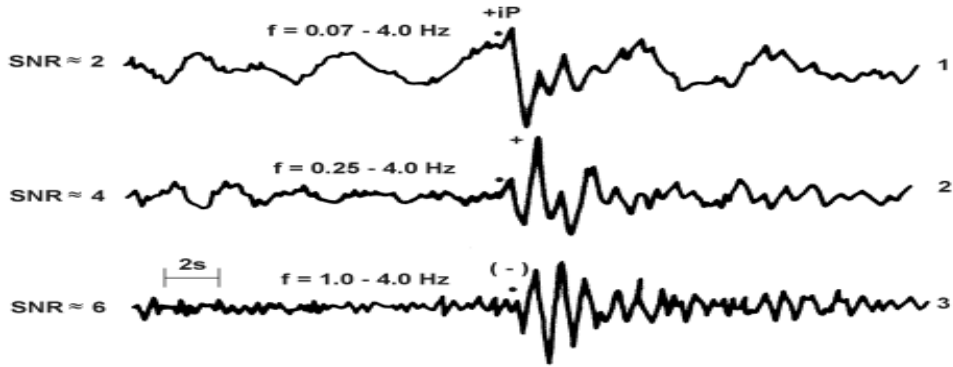
2.2.3. Phương pháp xác định nhanh tham số động đất

2.2.3.1. Xác định nhanh chất lượng băng sóng động đất

Tỷ số tín hiệu trên nhiễu (SNR) là tham số nhằm so sánh chất lượng tín hiệu động đất thực tế và mức nhiễu tại trạm đo đều ghi được bởi cùng một thiết bị đo. Thực tế giá trị SNR là tỷ lệ năng lượng của tín hiệu động đất và nhiễu. Tuy nhiên, do việc phân tách rõ tín hiệu và nhiễu, nên cách gọi giá trị SNR cũng khác nhau. Trong luận văn này, học viên sử dụng công thức tính giá trị SNR như sau:

$$SNR = \log \frac{\sum_{i=1}^n (sig_i)^2}{\sum_{j=1}^l (nois_j)^2} \quad (2.11)$$

Giá trị SNR phản ánh chất lượng của băng ghi động đất ghi được tại trạm đo, Giá trị SNR càng cao thì mức tín hiệu động đất lớn hơn mức nhiễu nghĩa là chất lượng băng ghi động đất thu được tại trạm đo là tốt. Đây là kỹ thuật kiểm tra đóng vai trò quan trọng của hệ thống phát hiện các sự kiện động đất. Vì vậy, nhiệm vụ đặt ra ở đây là lựa chọn giá trị SNR phù hợp với các trạm đo sao cho chúng có thể phát hiện được các trận động đất độc lập. Sử dụng các trận động đất đã xảy ra sau đó tái tạo lại bằng các bộ lọc và giá trị SNR khác nhau. Cuối cùng, các giá trị được tổng hợp để lựa chọn ra dải tần số và giá trị SNR phù hợp nhất với mỗi trạm đo, Hình 2.6



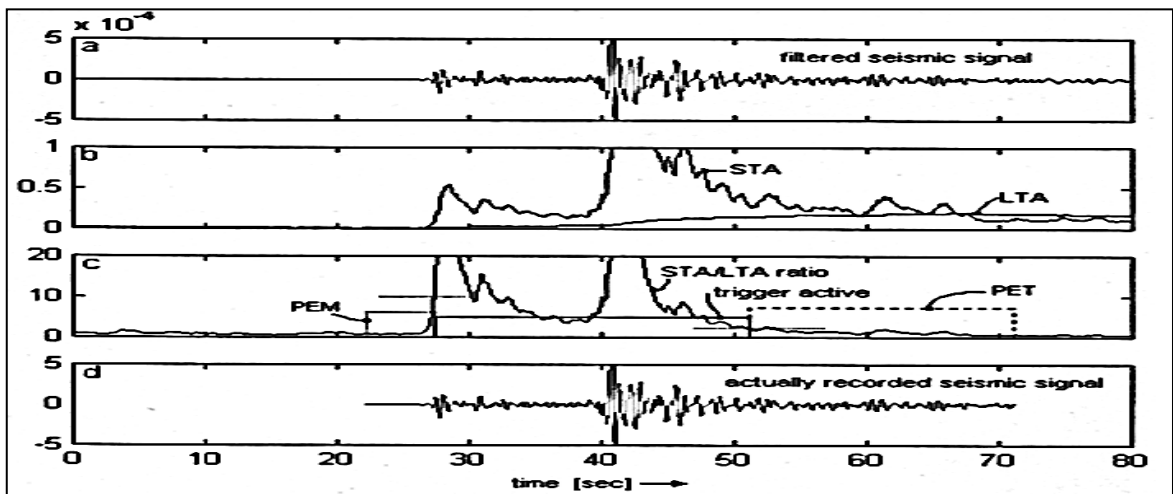
Hình 2.6. Mô tả bộ lọc và giá trị SNR lựa chọn được cho mỗi trạm đo.

2.2.3.2. *Xác định nhanh thời gian động đất*

Khi động đất xảy ra (thường được gọi là event), sóng động đất sẽ lan truyền từ chấn tiêu đến khắp môi trường vật chất bên trong Trái đất. Sự lan truyền này tạo ra các dao động riêng cho các phần tử vật chất bên trong Trái đất, được ghi lại bởi các máy động đất và được hiển thị trên giản đồ địa chấn hay băng sóng động đất. Sự khác nhau về biên độ của sóng động đất và phong nhiễu có thể phân biệt dễ dàng bằng mắt thường và giúp cho chúng ta có thể lựa chọn được phần tín hiệu động đất của mỗi trận động đất [30, 31]. Khác với kỹ thuật xác định thời gian động đất thông thường đó là phải sử dụng đoạn băng ghi cáo cả sóng P (đến sớm nhất) và sóng S (đến tiếp theo). Ở kỹ thuật này chỉ sử dụng 3 giây đầu tiên của sóng đến sớm nhất (sóng P). Khi đó, thời gian động đất được xác theo tỉ số sau :

$$\frac{STA}{LTA}(i) = \frac{STA(i)}{LTA(i)} = \frac{\frac{1}{n_s} \sum_{j=i-n_s}^i S_j^2}{\frac{1}{n_l} \sum_{j=i-n_l}^i S_j^2} \quad (2.14)$$

trong đó S_j là biên độ tín hiệu tại thời điểm i , n_s là số mẫu của cửa sổ STA, n_l là số mẫu của cửa sổ LTA.



Hình 2.7. Minh họa băng sóng động đất đã lọc và sử dụng tỷ số STA/LTA (theo Amadej, 2009). (a) Băng sóng đã lọc; (b) Băng sóng theo giá trị trung bình của STA

và LTA ; (c) Bảng sóng theo tỷ số STA/LTA ; (d) Bảng sóng ban đầu.

Nếu tỷ số này lớn hơn giá trị SNR (lựa chọn như trên), thì được coi là sự kiện động đất, khi đó thời điểm này được gọi là thời điểm phát hiện được sự kiện động đất tại trạm đo. Thời điểm phát sinh động đất là thời điểm phát hiện động đất tại trạm trừ đi phần thời gian truyền sóng từ vị trí động đất đến trạm. Thông thường, thời điểm truyền sóng từ vị trí ban đầu đến trạm được xác định theo vận tốc truyền sóng P trung bình trong đá gốc và khoảng cách từ trạm đến vị trí trung tâm của vùng nghiên cứu. Sau đó, vị trí này được hiệu chỉnh bởi tín hiệu truyền về từ các trạm tiếp theo. Bởi vậy, việc xác định thời gian động đất đầu tiên thường bị loại bỏ trong kỹ thuật này.

2.2.3.3. Xác định nhanh vị trí trận động đất

Đối với với phương pháp thông thường việc xác định vị trí động đất là sử dụng thời điểm tới của sóng P và sóng S cùng với giá trị vận tốc của các sóng P và sóng S lan truyền trong môi trường phân lớp. Còn phương pháp này xác định theo kỹ thuật giả định đó là chia chu vực nghiên cứu ra thành nhiều ô lưới có kích thước đều nhau. Vị trí trung tâm của mỗi ô lưới được coi là vị trí động đất của ô này. Bởi vậy, kỹ thuật này phụ thuộc vào mật độ phân bố trạm đo trong khu vực nghiên cứu. Ví dụ đối với vùng Tây Bắc Việt Nam, kích thước ô lưới là 50km Vận tốc sử dụng để tính toán là vận tốc truyền sóng P trung bình trong đá gốc. Thực tế cho thấy, nếu độ bao phủ của các trạm ghi đối với một trận động đất $< 90^0$ và có hơn một trạm có khoảng cách chấn tâm nhỏ hơn độ sâu của trận động đất, thì kết quả định vị trận động đất này là tin cậy.

Toàn bộ quy trình có thể được liệt kê tóm tắt như sau:

Giả sử chúng ta có một tập thời gian sóng động đất P đến trạm đo (t_k) tại các vị trí chấn tiêu (x_k, y_k, z_k), $k = 1, 2, \dots, m$. Khi đó chúng ta cần phải xác định thời gian trận động đất xảy ra (t_0) và vị trí chấn tiêu động đất (x_0, y_0, z_0). Kỹ thuật xử lý gồm các bước sau:

- (1) Gán thời điểm xảy ra trận động đất (t^*) và vị trí chấn tiêu ban đầu (x^*, y^*, z^*);
- (2) Tính thời gian lan truyền lý thuyết (T_k) từ vị trí chấn tiêu ban đầu đến trạm đo thứ k theo vận tốc sóng P. Đồng thời, tính các đạo hàm của thời gian lan truyền

$$\frac{\partial T_k}{\partial x}, \frac{\partial T_k}{\partial y}, \frac{\partial T_k}{\partial z} \text{ cho chấn tiêu ban đầu;}$$

- (3) Xây dựng ma trận hàm green (G) và véc tơ \mathbf{p}

Ma trận G được xây dựng theo các đạo hàm thời gian lan truyền lý thuyết

$$G = \begin{pmatrix} \frac{\partial T_1}{\partial t} & \frac{\partial T_1}{\partial x} & \frac{\partial T_1}{\partial y} & \frac{\partial T_1}{\partial z} \\ \frac{\partial T_2}{\partial t} & \frac{\partial T_2}{\partial x} & \frac{\partial T_2}{\partial y} & \frac{\partial T_2}{\partial z} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial T_m}{\partial t} & \frac{\partial T_m}{\partial x} & \frac{\partial T_m}{\partial y} & \frac{\partial T_m}{\partial z} \end{pmatrix} \quad (2.15)$$

Véc tơ $\boldsymbol{\rho}$ là sai số giữa thời gian đo được t_k và thời gian lan truyền lý thuyết T_k :

$$\boldsymbol{\rho} = \begin{pmatrix} t_1 - T_1 \\ t_2 - T_2 \\ \dots \\ t_m - T_m \end{pmatrix} \quad (2.16)$$

- (4) Giải hệ phương trình tuyến tính $G \cdot \Delta = \boldsymbol{\rho}$ sẽ tìm được các giá trị hiệu chỉnh δt , δx , δy , và δz , với:

$$\Delta = \begin{pmatrix} \delta t \\ \delta x \\ \delta y \\ \delta z \end{pmatrix} \quad (2.17)$$

- (5) Thời gian xảy ra trận động đất mới là $t^* + \delta t$ và chân tiêu động đất là $(x^* + \delta x, y^* + \delta y, z^* + \delta z)$. Gán $t^* = t^* + \delta t$; $(x^*, y^*, z^*) = (x^* + \delta x, y^* + \delta y, z^* + \delta z)$.
- (6) Tiếp tục lặp lại các bước từ 2 đến 5 cho tới khi đạt được giá trị phù hợp. Khi đó, $t_0 = t^*$ và $(x_0, y_0, z_0) = (x^*, y^*, z^*)$ chính là thời gian xảy ra trận động đất và chân tiêu động đất.

2.2.3.4. Xác định nhanh độ lớn động đất

Theo Wu và Kanamori [32], P_d là giá trị biên độ dịch chuyển đỉnh được xác định bằng cách sử dụng bộ lọc băng thông rộng ở tần số 0.075Hz trong 3 giây đầu tiên của sóng P trên băng ghi độ dịch chuyển. Các nghiên cứu tiếp theo [33, 34] cho đã chỉ ra được giữa độ dịch chuyển (P_d), độ lớn động đất (M) và khoảng cách chân tiêu (R) có mối liên hệ với nhau. Hàm liên hệ có dạng:

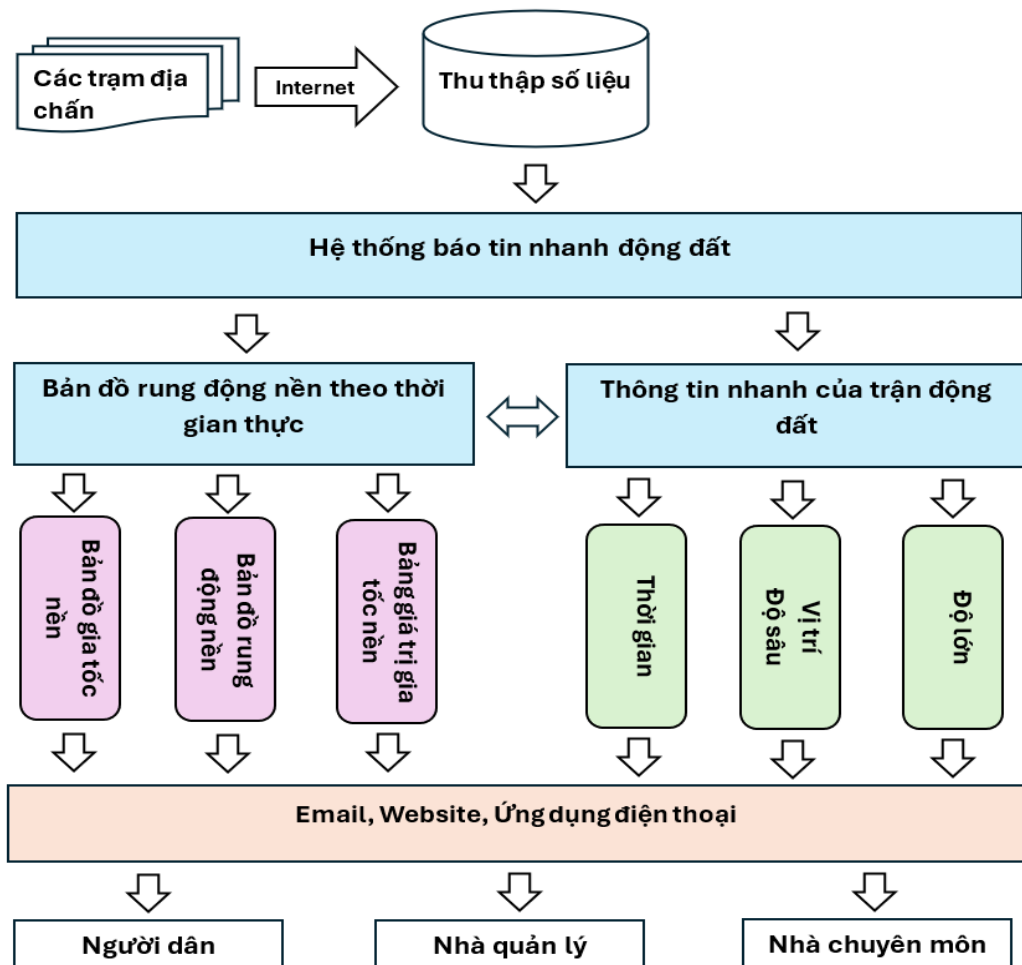
$$\log(P_d) = A + B * M + C * \log(R) \quad (2.18)$$

Trong đó A , B và C là các tham số tìm được bằng phép hồi quy từ tập các giá trị M và R . Phương trình (2.18) cho thấy sóng P ngoài sự suy giảm dọc theo khoảng cách còn phụ thuộc vào phạm vi bức xạ sóng P. Do đó, phạm vi bao phủ để thu được sóng P gây ra bởi mỗi trận động đất là rất quan trọng để lựa chọn các tham số hồi quy của công thức (2.18). Đối với đại lượng R , kết quả hồi quy cho thấy nó ít ảnh hưởng đến phép hồi quy này bởi vậy đại lượng R không có nhiều ý nghĩa về mặt thống kê.

2.3. Xây dựng quy trình báo tin nhanh động đất

2.3.1. Lựa chọn giải pháp báo tin nhanh động đất

Đối với kỹ thuật báo tin thông thường, thông tin động đất được xử sau khi hệ thống ghi nhận được đầy đủ các băng sóng động đất điều này có thể mất nhiều thời gian bởi vì tốc độ truyền sóng địa chấn trong lòng đất nhỏ hơn nhiều so với tốc độ truyền tín hiệu bằng cáp quang. Đối với kỹ thuật báo tin nhanh, thông tin động đất cần phải được phát hiện nhanh chóng đặc biệt là tham số thời gian động đất. Hình 2.1 cho thấy biên độ sóng đến đầu tiên (sóng P) nhỏ hơn nhiều so với biên độ của các sóng phá huỷ (sóng S hay sóng mặt). Do đó, nhiệm vụ đối với hệ báo tin nhanh là có thể phát hiện được động đất tại các vị trí trước khi sóng phá huỷ lan truyền tới bằng cách chỉ sử dụng 3 giây sóng động đất đến đầu tiên để xác định các tham số động đất. Điều này được thực hiện bằng việc cho máy học các sự kiện động đất đã có để đưa ra các tham số dự đoán. Sau đó sử dụng các phép hồi quy để lựa chọn ra các hệ số phù hợp với mức độ hoạt động địa chấn của khu vực nghiên cứu. Để giảm thời gian tính toán và tăng hiệu quả xử lý thì mỗi tham số được cấu hình theo các mô-đun làm việc độc lập, Hình 2.8.



Hình 2.8. Sơ đồ khối quy trình thiết lập cho hệ thống tự động báo tin nhanh động đất.

Công nghệ xử lý ban đầu được GS. Wu phát triển sau đó được cải tiến bởi các học trò của ông và hiện nay được sử dụng phổ biến tại Đài Loan và một số quốc gia khác như Ấn Độ, Iberia, .. (Hsiao và nnk 2009 [21]; Wu và nnk, 2013 [25]; Chen và nnk 2015, 2019 [22, 35]; Cremen và nnk 2020 [36]). Trong hệ thống này, chúng tôi được phía Đài Loan chuyển giao toàn bộ công nghệ và phần mềm. Tuy nhiên, các tham số của phần mềm phải được hiệu chỉnh bởi phía Việt Nam sau đó tích hợp vào hệ thống của Đề tài này.

2.3.2. Thiết lập các mô-đun xác định nhanh tham số động đất

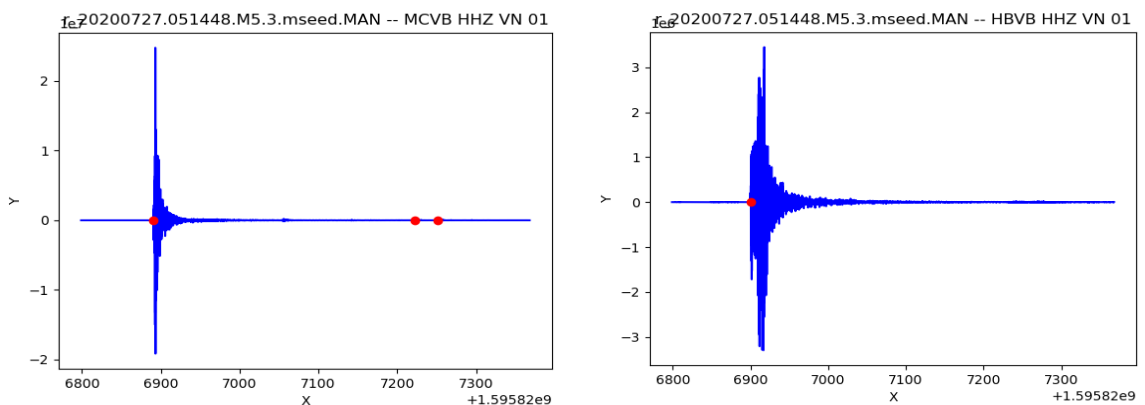
2.3.2.1. Thiết lập mô-đun xác định nhanh thời gian động đất

Mô-đun được thiết lập trên cơ sở lựa chọn giá trị tỉ số STA/LTA phù hợp với khu vực nghiên cứu. Để lựa chọn được tham số này, học viên sử dụng các băng ghi của 56 trận động đất với $M_L \geq 3.0$, Hình 2.11. Bằng cách, sử dụng trận động đất tiêu biểu đó là động đất Mộc Châu ngày 27/7/2020 để tái tạo lại thời gian sóng động đất đến mỗi trạm sao cho hệ thống có thể xác định đúng thời điểm sóng động đất đến các trạm này, Hình 2.9. Khi đó, tham số đó được lựa chọn là tham số hợp lý ban đầu và được gán vào mô-đun xác định nhanh thời gian động đất, Bảng 2.1. Dựa vào mô-đun này, học viên thực hiện kiểm nghiệm cho các trận động đất tiếp theo. Trong trường hợp, các trạm không xác định đúng thời điểm sóng đến (Hình 2.10) thì các tham số cần phải được hiệu chỉnh bằng tay cho đến khi đạt được kết quả phù hợp. Cuối cùng lấy trung bình của các giá trị thu được các tham số hoàn chỉnh cho khu vực nghiên cứu, Phụ lục 2.

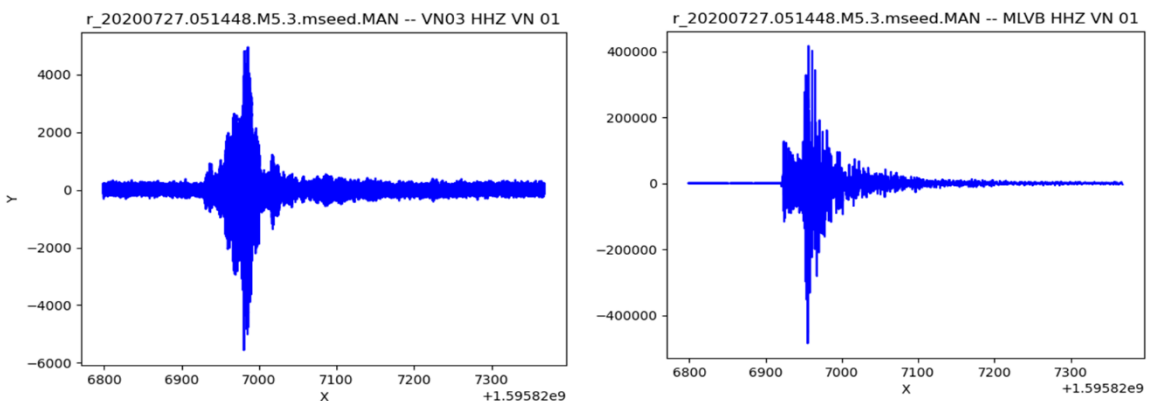
Bảng 2.1. Các tham số của mô-đun xác định nhanh thời gian động đất.

Ký hiệu	Giá trị	Diễn giải
No.	0	Số thứ tự
Station	VNVB	Mã trạm
Channel	HHZ	Kênh
Network	VN	Mã mạng lưới
Location code	01	Mã vị trí
MinSmallZC	3	Xác định số lần giao cắt 0 tối thiểu cho lựa chọn hợp lệ trong vòng giây đầu tiên khi sóng P đến, 3 đối với máy dài rộng, 5 đối với máy gia tốc
MaxMint	100	Tần số lấy mẫu
RawDataFilt	0.939	Đặt tham số bộ lọc cho dữ liệu thô

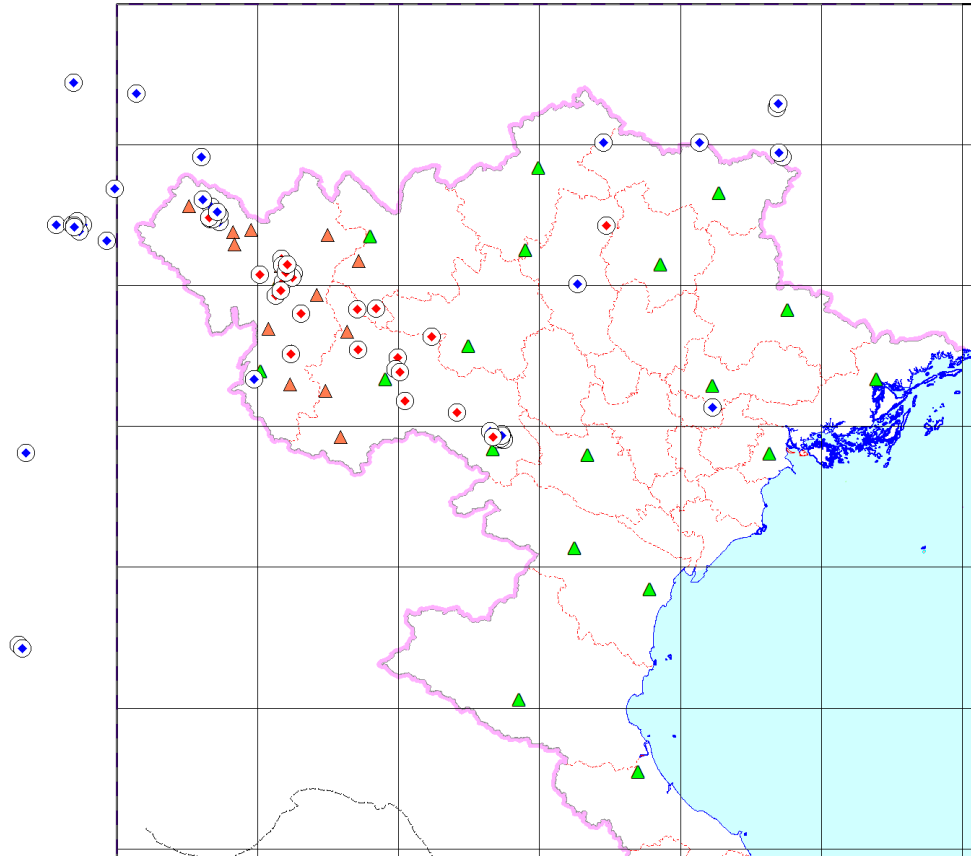
CharFuncFilt	3.0	Đặt tham số bộ lọc được áp dụng trong quá trình tính toán chức năng đặc trưng của dữ liệu
StaFilt	0.6	Đặt tham số bộ lọc (hằng số thời gian) được sử dụng để tính giá trị trung bình ngắn hạn (STA) hàm đặc trưng của sự kiện
LtaFilt	0.15	Đặt tham số bộ lọc (hằng số thời gian) được sử dụng để tính giá trị trung bình dài hạn (LTA) hàm đặc trưng của sự kiện
EventThresh	3.0	Đặt ngưỡng sự kiện STA/LTA
RmavFilt	0.9961	Tham số bộ lọc (hằng số thời gian) được sử dụng để tính giá trị trung bình giá trị tuyệt đối của dữ liệu
DeadSta	1000000	Đặt ngưỡng trạm chết (số lượng)
MinPa	0.0001	Xác định giá trị nhỏ nhất của biên độ gia tốc đỉnh để chọn hợp lệ
MinPv	0.0001	Xác định giá trị nhỏ nhất của biên độ vận tốc đỉnh để chọn hợp lệ



Hình 2.9. Mô tả các trạm địa chấn xác định đúng thời điểm sóng đến.



Hình 2.10. Mô tả các trạm địa chấn xác định không đúng thời điểm sóng đến.



Hình 2.11. Sơ đồ phân bố vị trí chấn tâm 56 trận động đất và các trạm đo sử dụng để thiết lập mô-đun xác nhanh thời gian động đất. Hình tròn vị trí chấn tâm của các trận động đất; Hình tam giác là vị trí trạm động đất.

2.3.2.2. Thiết lập mô-đun xác định nhanh vị trí trận động đất

Mục đích chính của giải pháp báo tin động đất của nhiệm vụ đặt ra là xác định nhanh các tham số động đất do đó phương pháp học viên sử dụng là phương pháp tìm kiếm ô lưới. Ưu điểm của phương pháp này là vị trí trận động đất đã được giả định trong mô-đun do đó các phép tính không cần phải thực hiện mà chỉ cần tìm kiếm rồi lựa chọn. Để đạt được vị trí giả định tốt và phù hợp với khu vực nghiên cứu, học viên phải tái tạo lại các trận động đất xảy ra nhằm lựa chọn ra kích cỡ ô lưới phù hợp với khu vực nghiên cứu. Trên cơ sở 56 trận động đất với $M_L \geq 3.0$, Hình 2.11, học viên đã lựa chọn được 27 trận động đất phù hợp. Kết quả kiểm nghiệm, tái tạo các trận động đất này được mô tả tại bảng 2.2. Cuối cùng học viên lựa chọn được kích cỡ mắt lưới cho khu vực này là 20km. Giá trị này sẽ được sử dụng để thiết lập cho mô-đun xác định nhanh vị trí động đất.

Bảng 2.2 đã chỉ ra việc xác định nhanh vị trí động đất phù hợp với kết quả định vị theo phương pháp thông thường. Đặc biệt là các trận động đất lớn bao phủ toàn bộ

khu vực nghiên cứu. Tuy nhiên, các trận động đất xa (ngoài khu vực nghiên cứu) hay nhỏ (ít trạm ghi được) cho kết quả kém hơn.

Toàn bộ quy trình thiết lập mô-đun xác định nhanh vị trí động đất có thể được tóm tắt theo các bước chính như sau :

- + Bước 1: Khai báo, đọc và lấy thông tin thời gian tới của sóng P từ các trạm ghi được động đất từ băng ghi dữ liệu.
- + Bước 2: Xác định lập vị trí khởi tạo của trận động đất.
- + Bước 3: Đưa vào vòng lặp, tính toán xác định vị trí của trận động đất đến khi ngưỡng sai số thỏa mãn vị trí.
- + Bước 4: Hiện thị, lưu trữ kết quả.

Bảng 2.2. Kết quả xác định vị trí các trận động đất theo phương pháp ô lưới.

TT	Thời gian		Vị trí			Sai số			
	Ngày	Giờ	Kinh độ (độ)	Vĩ độ (độ)	Độ sâu (km)	Δ_X (km)	Δ_Y (km)	Δ_H (km)	Δ_D (km)
1	28.02.2020	18:12:59	103.2343	21.5152	10	78	209	0	210
2	03.03.2020	21:28:07	103.3060	21.7994	10	52	37	-2	62
3	05.05.2020	21:55:22	105.4730	22.4231	10	46	22	0	50
4	15.06.2020	16:43:16	103.2536	22.0883	10	-47	62	-0.7	74
5	16.06.2020	06:12:29	102.6614	22.4705	10	2	-7	-4.1	7
6	22.06.2020	15:20:35	102.6824	22.4739	10	-9	1	10	9
7	26.06.2020	19:34:57	103.1702	22.1906	10	-55	132	-2.9	134
8	12.07.2020	05:21:56	103.0129	22.0780	10	-93	46	2.6	102
9	27.07.2020	05:14:48	104.6677	20.9255	10	0	-4	2.9	4
10	27.07.2020	09:17:07	103.9932	21.4872	10	62	-80	3.9	97
11	28.07.2020	01:26:43	103.7099	21.5465	10	71	-112	4.7	126
12	28.07.2020	11:08:05	103.8417	21.8377	10	102	-96	3	135
13	28.07.2020	13:28:17	103.7048	21.8318	10	101	-113	3.9	145
14	31.07.2020	22:31:13	103.9932	21.4872	10	63	-80	1.2	97
15	04.08.2020	15:22:08	104.0432	21.1819	10	28	-72	-0.1	72
16	17.08.2020	01:13:09	103.9781	21.4037	10	55	-86	3.1	97
17	17.08.2020	01:25:59	104.0104	21.3836	10	51	-79	2.2	90

18	24.09.2020	13:55:49	104.4126	21.0995	10	18	-29	6.9	32
19	15.10.2020	21:31:03	104.2329	21.6383	10	78	-56	6.8	94
20	30.12.2020	19:03:43	103.1731	22.1412	10	-19	139	0	130
21	12.01.2021	21:17:27	102.6590	22.4810	10	-5	-6	0.9	7
22	16.11.2021	05:22:49	103.1800	22.0240	10	-41	162	-5.9	155
23	16.11.2021	07:54:48	103.2460	22.0570	10	-40	169	-5	161
24	24.12.2021	13:43:23	103.1300	21.9260	10	-56	153	-6	152
25	24.12.2021	14:02:29	103.1650	21.9660	10	-52	165	-4.2	161
26	24.12.2021	18:59:37	103.2000	22.0900	10	-33	163	-5.9	155
27	31.12.2021	14:53:01	103.2120	22.1500	10	-29	169	-6.1	159

2.3.2.3. Xác định nhanh độ lớn động đất

Đối với phương pháp thông thường, độ lớn động đất được xác định theo giá trị biên độ đỉnh cực đại sóng động đất trên băng ghi động đất. Còn đối với phương pháp này độ lớn được xác định bằng hàm tương quan thực nghiệm giữa độ lớn này và độ lớn thông thường. Để xây dựng hàm tương quan thực nghiệm này, học viên sử dụng 194 trận động đất được ghi bởi 55 trạm trong giai đoạn từ 2010-2020. Kết quả đạt được là 166 giá trị Pd. Sử dụng các giá trị Pd này vào công thức (2.18) và sử dụng phép hồi quy theo khoảng cách tìm được các tham số A, B, C lần lượt là -5.703, 1.044, -1.145. Khi đó công thức (2.18) được viết lại dưới dạng sau:

$$\log(Pd) = -5.703 + 1.044 \times M - 1.145 \times \log(R) \quad (2.19)$$

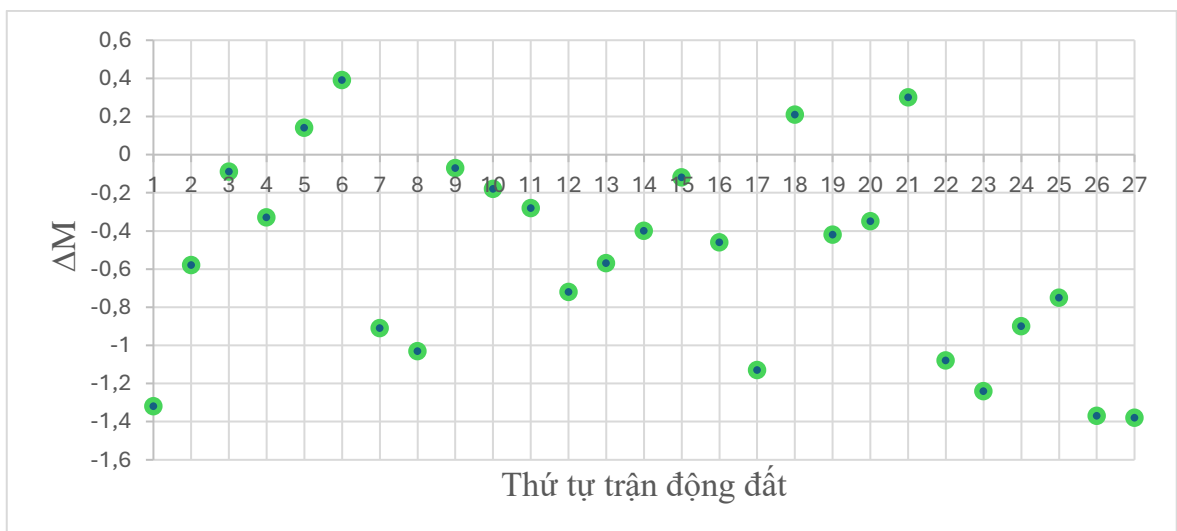
Từ công thức (3.1) sẽ tính được độ lớn động đất theo biên độ dịch chuyển tuyệt đối cực đại Pd như sau:

$$M_{(Pd)} = 5.463 + 0.958 \times \log(Pd) + 1.097 \times \log(R) \quad (2.20)$$

Các tham số này được sử dụng vào mô-dun xác định nhanh vị trí động đất cho hệ thống báo tin. Kết quả cho thấy, trong giai đoạn từ năm 2020 đến năm 2021 hệ thống đã ghi nhận được 27 trận động đất. Vị trí chấn tâm của các trận động đất này được mô tả tại hình 2.13. Giá trị độ lớn được mô tả tại Bảng 2.3 sai số giữa độ lớn xác định nhanh động đất (M_{Pd}) và độ lớn thông thường (M_L) được mô tả tại hình 2.12. Bảng 2.3. Kết quả xác định độ lớn của trận động đất theo phương pháp nhanh.

STT	Ngày	Giờ	Độ lớn (M_{Pd})	Độ lớn (M_L)	ΔM
1	28.02.2020	18:12:59	2,78	4,1	-1,32
2	03.03.2020	21:28:07	2,42	3	-0,58

3	05.05.2020	21:55:22	3,21	3,3	-0,09
4	15.06.2020	16:43:16	2,97	3,3	-0,33
5	16.06.2020	06:12:29	5,04	4,9	0,14
6	22.06.2020	15:20:35	3,69	3,3	0,39
7	26.06.2020	19:34:57	2,89	3,8	-0,91
8	12.07.2020	05:21:56	3,57	4,6	-1,03
9	27.07.2020	05:14:48	5,23	5,3	-0,07
10	27.07.2020	09:17:07	3,12	3,3	-0,18
11	28.07.2020	01:26:43	3,82	4,1	-0,28
12	28.07.2020	11:08:05	2,68	3,4	-0,72
13	28.07.2020	13:28:17	2,83	3,4	-0,57
14	31.07.2020	22:31:13	3,3	3,7	-0,4
15	04.08.2020	15:22:08	2,88	3	-0,12
16	17.08.2020	01:13:09	3,94	4,4	-0,46
17	17.08.2020	01:25:59	2,97	4,1	-1,13
18	24.09.2020	13:55:49	3,21	3	0,21
19	15.10.2020	21:31:03	3,28	3,7	-0,42
20	30.12.2020	19:03:43	2,95	3,3	-0,35
21	12.01.2021	21:17:27	3,9	3,6	0,3
22	16.11.2021	05:22:49	3,82	4,9	-1,08
23	16.11.2021	07:54:48	3,46	4,7	-1,24
24	24.12.2021	13:43:23	5	5,9	-0,9
25	24.12.2021	14:02:29	3,95	4,7	-0,75
26	24.12.2021	18:59:37	2,73	4,1	-1,37
27	31.12.2021	14:53:01	2,92	4,3	-1,38

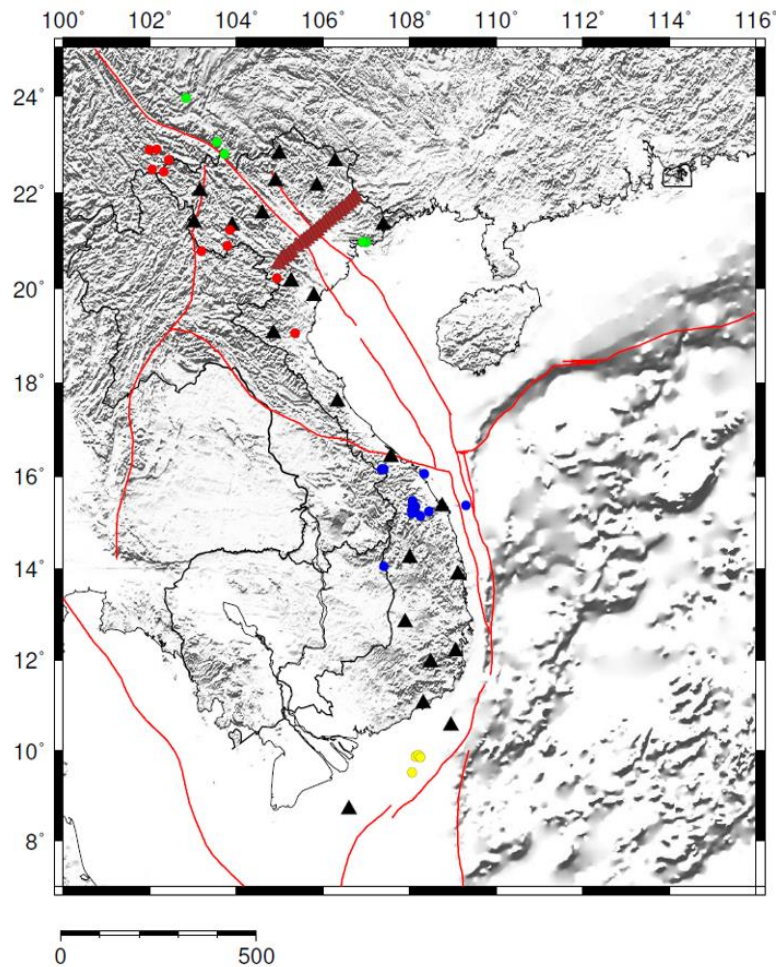


Hình 2.12. Biểu đồ mô tả sai số giữa độ lớn xác định nhanh động đất (M_{pd}) và độ lớn thông thường (M_L).

Bảng 2.3 cho thấy độ lệch của độ lớn giữa phương pháp dùng tham số M_{Pd} và phương pháp thông thường M_L lớn nhất là 1.38 và nhỏ nhất là 0.07. Sự sai lệch này là do phương pháp xác định độ lớn khác nhau.

Hình 2.12 cho thấy 20/27 trận động đất có mức độ sai lệch nhỏ hơn 0. Điều này cho thấy độ lớn xác định theo phương pháp dùng tham số M_{Pd} thường nhỏ hơn phương pháp thông thường.

Các kết quả trên cho thấy phương pháp này có thể được sử dụng tại Việt Nam đặc biệt là tại các vùng có mật độ trạm dày đặc như khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum.



Hình 2.13. Sơ đồ phân bố trạm địa chấn và chấn tâm động đất được sử dụng (Hình tam giác là các trạm địa chấn, hình tròn là chấn tâm động đất).

2.3.2.4. Thiết lập thang cường độ chấn động

Để sử dụng được mô-đun cường độ chấn động thì học viên phải thiết lập lại thang đo này. Bởi vì Đài Loan sử dụng thang đo là 7 cấp [37], trong khi đó thang đo của Việt Nam là 12 cấp [38] bằng cách tổng hợp các giá trị gia tốc ghi được tại các trạm đo trong các trận động đất được điều tra, khảo sát thực tế. Học viên đã lựa chọn được thang đo phù hợp. Giá trị lựa chọn được mô tả tại Phụ lục 1.

Chương 3. NÂNG CAO HIỆU QUẢ TIN NHANH ĐỘNG ĐẤT VÙNG PHÍA ĐÔNG TỈNH KON TUM VÀ LÂN CẬN

3.1. Đặc điểm chung của khu vực nghiên cứu

3.1.1. Địa hình khu vực nghiên cứu

Kon Tum một tỉnh thuộc biên giới phía Bắc của vùng Tây Nguyên. Diện tích khoảng 9.677,3 km², phía Bắc giáp với tỉnh Quảng Nam, phía Đông giáp với tỉnh Quảng Ngãi và Bình Định, phía Nam giáp với tỉnh Gia Lai, phía Tây giáp với Lào và Campuchia. Dân số đạt khoảng 579.914 người với mật độ dân số là 60 người/km².

Địa hình là các dải đồi-núi, độ dốc lớn hơn 15⁰, thấp dần từ phía Bắc xuống phía Nam và từ phía Đông sang phía Tây thuộc phía Tây dãy Trường Sơn. Đỉnh cao nhất là Ngọc Linh (đạt 2.598 m), đây là nơi bắt nguồn của nhiều con sông như : Thu Bồn, Vu Gia, và Trà Khúc. Bề mặt địa hình bị cắt xẻ sâu tạo thành các khe hẹp, thung lũng. Dọc theo sông Pô Cô có dạng lòng máng thấp dần về phía Nam, tạo thành những ngọn đồi lượn sóng như Đăk Uy, Đăk Hà và nhiều chỗ bằng phẳng như thành phố Kon Tum.

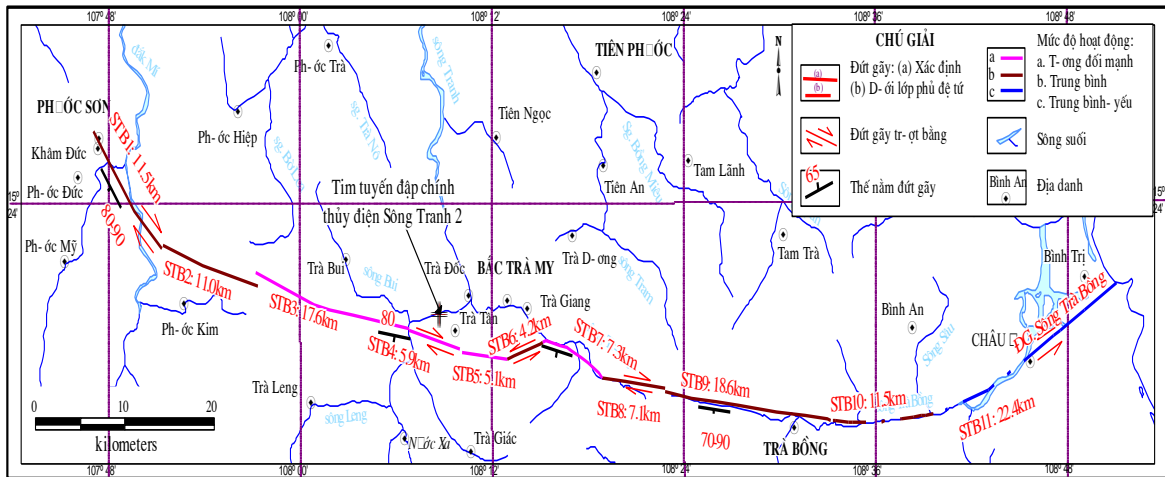
Về hệ thống sông suối, chúng đều bắt nguồn từ dãy Trường Sơn và chảy qua các vùng đồi-núi rồi hợp lưu với các hệ thống sông lớn. Đặc biệt là sông Sê San, nó được hợp lưu từ sông Pô Cô và sông Đăkbla. Ưu điểm của nó là lưu lượng nước và tốc độ dòng chảy lớn nên có nhiều công trình thủy điện được xây dựng trên dòng sông này. Chúng đóng vai trò trong việc cung cấp điện cho khu vực Tây Nguyên. Ngoài ra, các sông khác như Trà Khúc, Thu Bồn và Vu Gia đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước sinh hoạt, nông nghiệp giao thông cho tỉnh Kon Tum và các tỉnh lân cận.

3.1.2. Đặc điểm kiến tạo khu vực nghiên cứu

Theo tài liệu nghiên cứu đặc điểm kiến tạo trước đây cho thấy, đứt gãy tại khu vực Kon Tum chủ yếu là các đứt gãy phương á vĩ tuyến và đứt gãy phương Đông Bắc-Tây Nam. Trong đó, đứt gãy Sông Bung – Trà Bồng là đới đứt gãy chính. Nó là ranh giới phân chia khối Kon Tum và khối Bắc Trường Sơn.

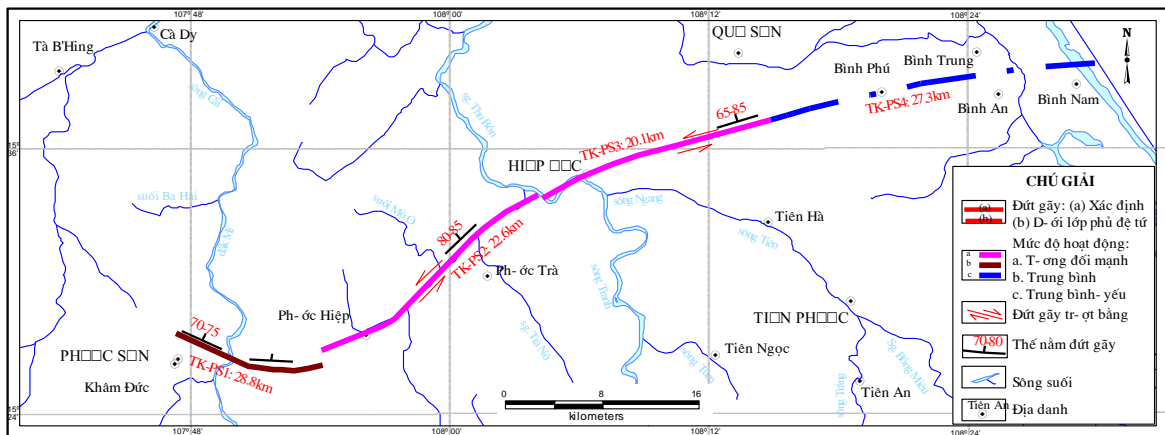
Đứt gãy sông Bung - Trà Bồng là phần cuối của một đới đứt gãy lớn bắt đầu từ phía Bắc Viêng Chăn (Lào) chạy theo phương á vĩ tuyến. Bắt đầu từ ngã ba sông Nậm Then và sông Mê Kông, đới đứt gãy chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam, chạy qua Thà Khẹt (Lào) vào lãnh thổ Việt Nam ở phía Bắc sông Bung đến tận thị trấn Phước Sơn. Từ thị trấn này, đới đứt gãy lại chuyển qua phương á vĩ tuyến, kéo dài đến tận biển qua thị trấn Châu Ô (Bình Sơn, Quảng Ngãi) và phía bắc thành phố Quảng Ngãi. Đứt gãy Sông Bung – Trà Bồng được dự đoán vẫn đang hoạt động, mức

độ từ trung bình – yếu đến tương đối mạnh.



Hình 3.1. Hình ảnh mô tả đút gãy Sông Bung – Trà Bồng (theo Lê Huy Minh, 2016 [39]).

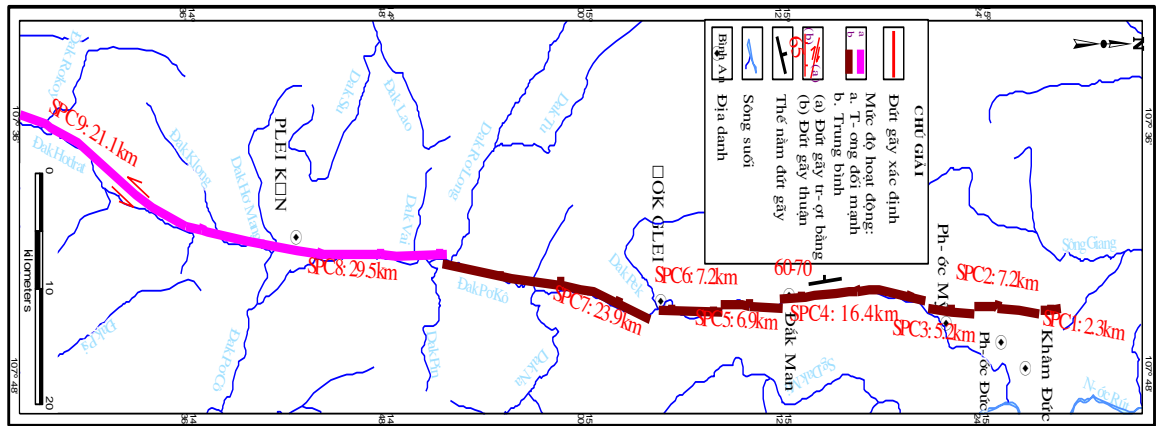
Đút gãy Phước Sơn – Tam Kỳ chạy theo phương á vĩ tuyến từ Phước Hào qua Hiệp Đức đến thành phố Tam Kỳ (Quảng Nam). Trên địa hình đới đút gãy là một dải trũng thấp rộng khoảng 5 - 6 km và phân biệt rõ với các địa hình núi ở hai bên. Bên trong đới đút gãy là dải địa hình tích tụ của sông và các trầm tích. Địa hình núi ở hai bên rìa đới đút gãy chủ yếu chạy theo phương á vĩ tuyến và bị phân cắt rất mạnh. Sườn phía Nam dốc và thẳng, phổ biến diễn ra quá trình trượt lở đất.



Hình 3.2. Hình ảnh mô tả đút gãy Phước Sơn – Tam Kỳ (theo Lê Huy Minh, 2016).

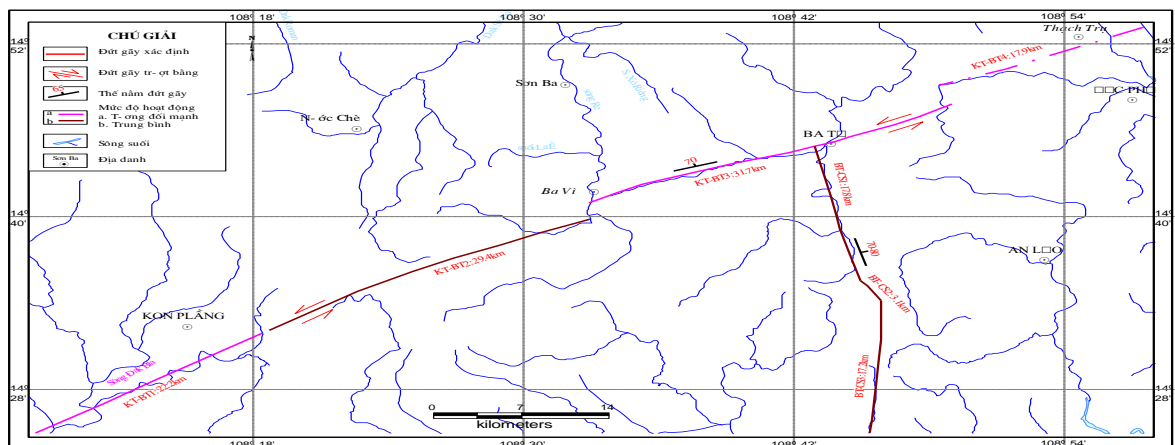
Đút gãy sông Pô Cô kéo dài theo phương á kinh tuyến, bắt đầu từ thị trấn Phước Sơn (Quảng Nam) chạy dọc theo thung lũng sông Pô Cô, qua thị trấn huyện Ngọc Hồi (Kon Tum), Đức Cơ (Gia Lai) và có thể kéo đến tận Ea Sup (Buôn Đôn, Đắk Lắk). Đới đút gãy là một dải trũng thấp, lấp đầy trầm tích Đệ Tứ, rộng khoảng 5 – 7 km, phân cách giữa một bên là núi cao hiểm trở ở phía Đông và một bên là vùng núi thấp hơn nhiều ở phía Tây. Phía Đông là các dãy núi phương á kinh tuyến cao khoảng 2.000 – 2.500 m (núi Ngọc Linh cao 2.598 m, núi Lum-heo cao 2.045 m, ...). Phía Tây là các dãy núi vẫn theo phương á kinh tuyến nhưng thấp hơn nhiều, chỉ cao

khoảng 1.500 – 2.000 m (núi Ngọc Bin San cao 1.900 m, Ngọc Peng Tộc cao 1.599 m). Đới đứt gãy này hoạt động trung bình đến tương đối mạnh với cơ chế tách dẫn là chính.



Hình 3.3. Hình ảnh mô tả đứt gãy sông Pô Kô (theo Lê Huy Minh, 2016).

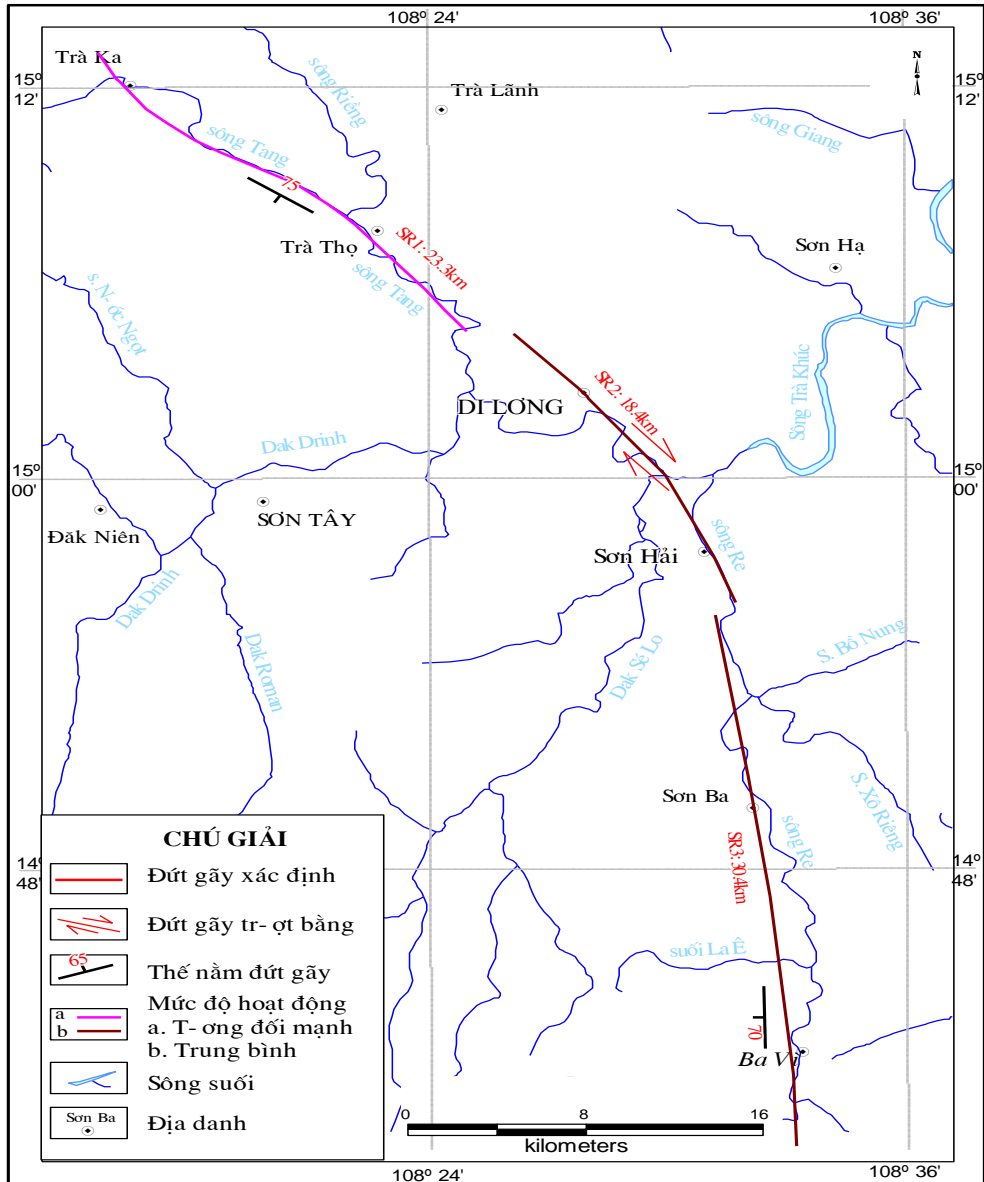
Đứt gãy Ba Tư – Kon Tum thể hiện bằng một đới dập vỡ rộng tới 5 – 7 km có phương Đông Bắc – Tây Nam, bắt đầu từ khu vực Ialy, đi qua thành phố Kon Tum, Kon Plông, Ba Tư, ngã ba Thạch Trụ và ra biển Đông, chiều dài khoảng 150 km. Đới đứt gãy này có thể gây ra các trận động đất yếu và tai biến trượt đất, lũ quét, lũ bùn đá ở nhiều vị trí dọc đới, đặc biệt là ở khu vực Ba Tư.



Hình 3.4. Hình ảnh mô tả đứt gãy Ba Tư – Kon Tum (theo Lê Huy Minh, 2016).

Đứt gãy sông Re có dạng cung lồi về phía Đông Bắc, có tổng chiều dài 72,1 km và gồm ba đoạn. Đoạn phía Bắc có phương Tây Bắc - Đông Nam, chiều dài hơn 23,3 km, bắt đầu từ thôn 2 (xã Trà Ka, huyện Bắc Trà My, tỉnh Quảng Nam) thượng nguồn Sông Tang, rồi chạy theo hướng đông nam dọc theo thung lũng Sông Tang, qua các địa danh: Trà Xinh, Trà Thọ. Tại khu vực núi Rách đã xuất hiện giãn cách dạng cấp lếch trên đương phương đới đứt gãy Sông Re. Tại khu vực này cũng là nút phía bắc của đoạn 2 có phương Bắc Tây Bắc – Nam Đông Nam, dài 18,4 km, đi qua Di Lãng, Sơn Hải xuống đến Sơn Thủy. Tại khu vực thị tứ Sơn Thủy lại xuất hiện

giãn cách dạng cặp lệch thứ 2 trên đường phương đối đứt gãy Sông Re. Từ đây đới đứt gãy chuyển phương sang á kinh tuyến chạy dọc thung lũng Sông Re, qua các địa danh: Sơn Kỳ, Sơn Ba, Ba Ngạc, Ba Tiêu, Ba Vi và kết thúc trên địa phận Ba Xa thuộc huyện Ba Tơ tỉnh Quảng Ngãi, chiều dài 30,4 km.

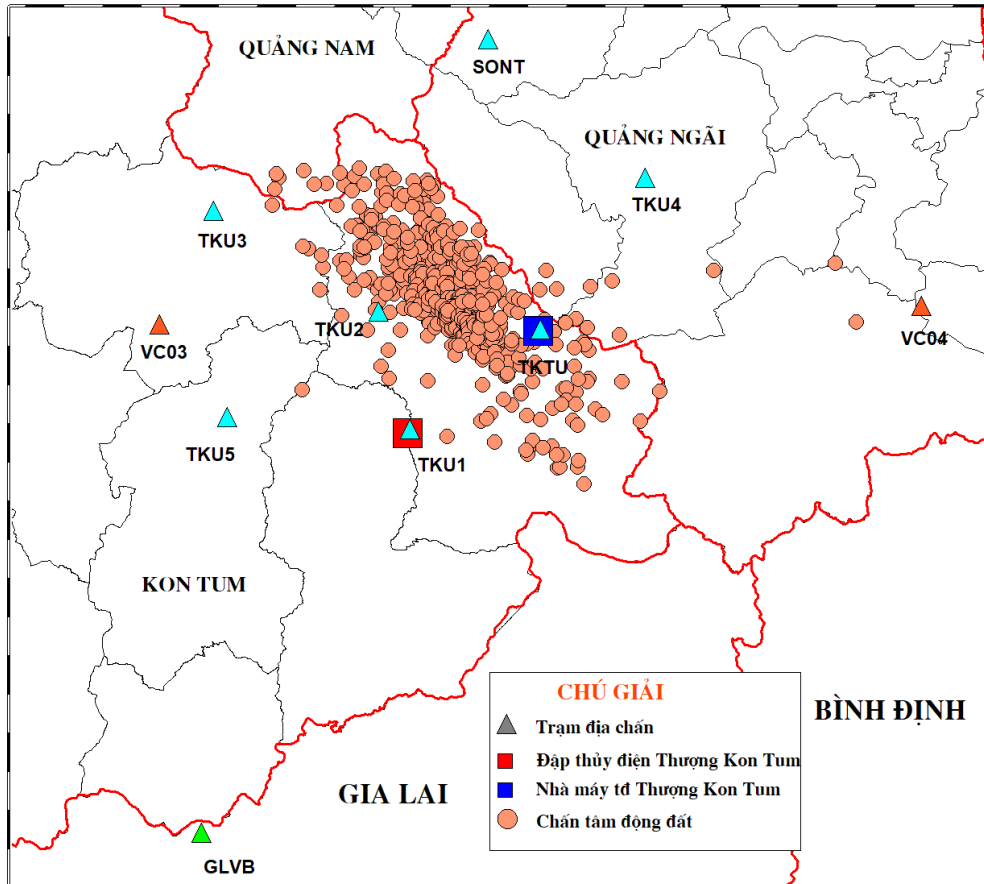


Hình 3.5. Hình ảnh mô tả đứt gãy sông Re (tho Lê Huy Minh, 2016).

3.3.3. Hoạt động động đất của khu vực nghiên cứu

Khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum và lân cận đã ghi nhận một số trận động đất trong quá khứ, nhưng thường ở mức độ nhẹ. Từ năm 1903 – 2020, tại Tỉnh Kon Tum chỉ có hơn 30 trận động đất, những trận động đất này nhỏ có thể được cảm nhận nhưng không gây thiệt hại nghiêm trọng. Từ tháng 4/2021, do quá trình tích nước của các hồ chứa thủy điện tác động lên hệ thống đứt gãy hoạt động bên dưới nên đã xảy ra hàng trăm trận động đất, có những trận gây ra rung chấn trên diện rộng. Lớn nhất là trận động đất xảy ra ngày 28/7/2024 có độ lớn là 5.0 và trận động đất ngày

23/8/2022 có độ lớn là 4.7. Trong vòng 7 tháng của năm 2024, khu vực này đã xảy ra khoảng 170 trận động đất có độ lớn từ 2.5 đến 5.0.



Hình 3.6. Sơ đồ phân bố trạm địa chấn và chấn tâm động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum và lân cận.

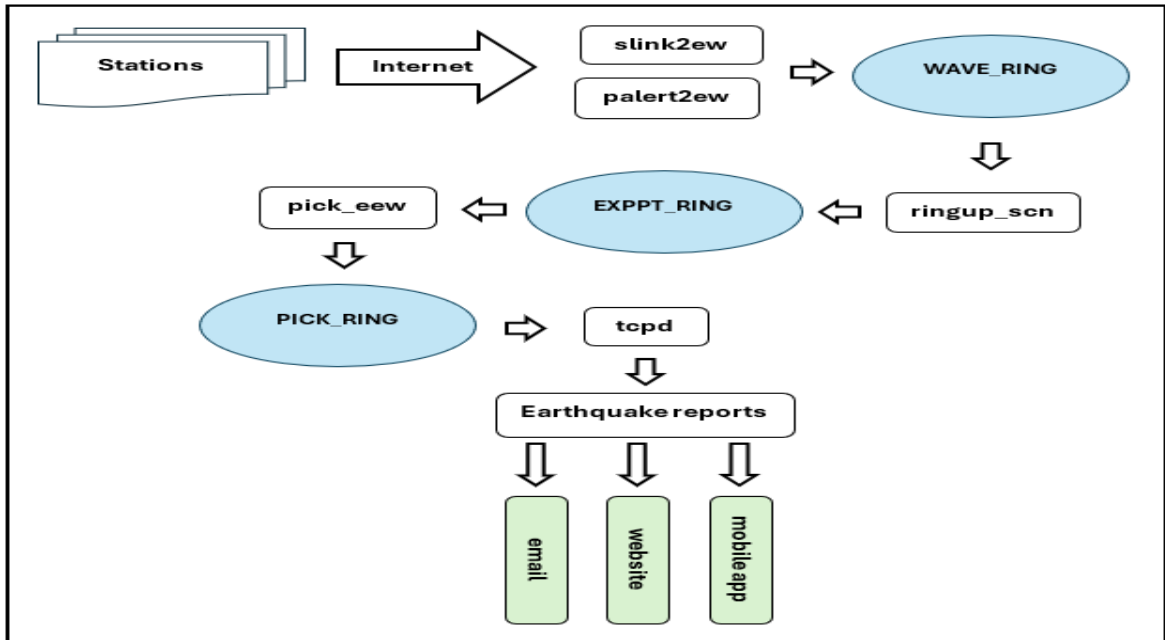
3.2. Kết quả báo tin nhanh động đất vùng phía Đông tỉnh Kon Tum và lân cận

3.2.1. Lựa chọn tham số và cấu hình hệ thống cho khu vực nghiên cứu

Sau những trận động đất có cường độ trung bình đến mạnh đầu tiên xảy ra trên địa bàn tỉnh Kon Tum. Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã thiết lập một hệ thống quan trắc xung quanh khu vực các hồ thủy điện tại tỉnh Kon Tum. Hiện nay, có 8 trạm địa chấn với khoảng cách các trạm từ 20 – 30 km để quan trắc cho thủy điện Thượng Kon Tum. Ngoài ra, khu vực này còn có các trạm địa chấn quốc gia và các trạm địa chấn trong đề tài, hợp đồng khác. Các trạm địa chấn truyền số liệu theo thời gian thực về Viện Vật lý địa cầu, dữ liệu của các trạm truyền trực tuyến được thiết lập vào hệ thống tự động báo tin nhanh. Các thiết bị lắp đặt tại các trạm địa chấn bao gồm máy ghi dải rộng Guralp CMG-6TD, Quanterra Q330 (HRS, S+), và các đầu đo vận tốc Nanometrics Trillium 120, Metrozet PBB-200 (Hình 3.6).

Hệ thống tự động báo tin nhanh động đất được cài đặt trên hệ điều hành Ubuntu 64bit. Tín hiệu từ các trạm địa chấn truyền về trung tâm qua đường truyền mạng cáp

quang, được kết nối với hệ thống qua các mô-đun nhận tín hiệu như slink2ew và palert2ew. Từ đây, tín hiệu sẽ được đưa vào bộ nhớ dùng chung WAVE_RING để cung cấp cho hệ thống tự động báo tin nhanh động đất và tự động tạo bản đồ rung động nền theo thời gian thực.

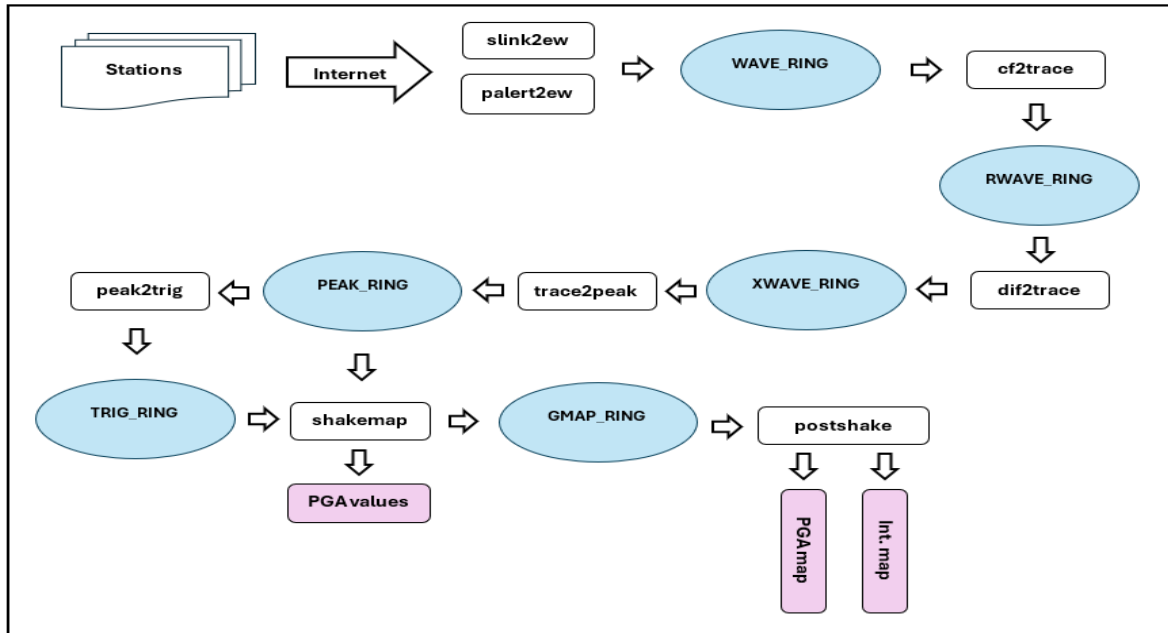


Hình 3.7. Hệ thống tự động báo tin nhanh động đất. Hình chữ nhật thể hiện các mô-đun trong hệ thống; Hình thoi thể hiện các bộ nhớ dùng chung.

Hình 3.8 là sơ đồ khối của hệ thống tự động báo tin nhanh động đất, với các mô-đun và bộ nhớ dùng chung như sau:

- Mô-đun slink2ew và palert2ew: đây là các mô-đun để thu nhận tín hiệu từ các trạm địa chấn.
- Bộ nhớ dùng chung WAVE_RING: chứa dữ liệu dạng sóng của các trạm địa chấn.
- Mô-đun ringup_scn: đổi mã vị trí cho các băng sóng. Thông thường, các trạm địa chấn Việt Nam không sử dụng mã vị trí và hệ thống tự động báo tin nhanh động đất sử dụng mã vị trí là 01, do vậy, hệ thống cần phải đổi mã vị trí sang 01.
- Bộ nhớ dùng chung: EXPPT_RING: chứa dữ liệu dạng sóng của các trạm địa chấn sau khi đổi mã vị trí.
- Mô-đun pick_ew: Xác định các tham số như định lượng sóng P đến, biên độ dịch chuyển của sóng P (P_d), vận tốc (P_v) và gia tốc (P_a) trong khoảng thời gian ba giây đầu khi sóng P đến.
- Bộ nhớ dùng chung PICK_RING: chứa các thông tin từ mô-đun pick_ew, sau đó cung cấp các thông tin này cho mô-đun tiếp theo.

- Mô-đun tcpd: tạo ra các thông báo động đất. Khi một sự kiện được ghi nhận, mô-đun tcpd sẽ cập nhật liên tục từ bộ nhớ dùng chung PICK_RING, nếu thỏa mãn điều kiện mô-đun này sẽ tạo các thông báo động đất. Từ đây, các thông báo về trận động đất sẽ được thông báo đến người dân, các nhà quản lý, nhà chuyên môn bằng email, website hay ứng dụng điện thoại.



Hình 3.8. Hệ thống tự động tạo bản đồ rung động nền. Hình chữ nhật thể hiện các mô-đun trong hệ thống; Hình thoi thể hiện các bộ nhớ dùng chung.

Hình 3.9 là sơ đồ khối của hệ thống tự động tạo bản đồ rung động nền, với các mô-đun và bộ nhớ dùng chung như sau:

- Mô-đun slink2ew và palert2ew: đây là các mô-đun để thu nhận tín hiệu từ các trạm địa chấn.
- Bộ nhớ dùng chung WAVE_RING: chứa dữ liệu dạng sóng của các trạm địa chấn.
- Mô-đun cf2trace: chuyển đổi băng ghi sóng địa chấn sang dạng biểu đồ dao động của sóng địa chấn.
- Bộ nhớ dùng chung RWAVE_RING: chứa các biểu đồ dao động của sóng địa chấn.
- Mô-đun dif2trace: chuyển đổi băng ghi vận tốc từ các máy địa chấn vận tốc sang băng ghi gia tốc.
- Bộ nhớ dùng chung XWAVE_RING: chứa các băng ghi gia tốc của các trạm địa chấn.
- Mô-đun trace2peak: tính toán giá trị gia tốc đỉnh của băng sóng.
- Bộ nhớ dùng chung PEAK_RING: chứa các giá trị gia tốc đỉnh của băng sóng

địa chấn.

- Mô-đun peak2trig: so sánh giá trị gia tốc đỉnh với các ngưỡng kích hoạt được cài đặt.
- Bộ nhớ dùng chung TRIG_RING: chứa các giá trị gia tốc đỉnh vượt ngưỡng kích hoạt.
- Mô-đun shakemap: kết hợp giá trị gia tốc đỉnh trong bộ nhớ chung PEAK_RING và ngưỡng kích hoạt trong bộ nhớ dùng chung TRIG_RING để đưa ra bảng giá trị gia tốc đỉnh cho các trạm địa chấn.
- Bộ nhớ dùng chung GMAP_RING: chứa các giá trị gia tốc đỉnh của các trạm địa chấn.
- Mô-đun postshake: tạo ra các bản đồ rung động nền theo giá trị gia tốc nền cực đại (PGA) và cường độ chấn động (Intensity) cho khu vực ảnh hưởng bởi trận động đất từ các giá trị gia tốc đỉnh trong bộ nhớ dùng chung GMAP_RING.

```

EARTHWORM-64 SYSTEM STATUS

Hostname-OS:          NGUYEN-OFFICE - Linux 5.15.153.1-microsoft-standard-WSL2
Start time (UTC):     Thu Oct 3 15:18:32 2024
Current time (UTC):   Thu Oct 3 17:37:33 2024
Disk space avail:     993685860 kb
Ring 1 name/key/size: WAVE_RING / 1000 / 8192 kb
Ring 2 name/key/size: RWAVE_RING / 1002 / 8192 kb
Ring 3 name/key/size: XWAVE_RING / 1003 / 8192 kb
Ring 4 name/key/size: PEAK_RING / 1006 / 1024 kb
Ring 5 name/key/size: LIST_RING / 1001 / 1024 kb
Ring 6 name/key/size: TRIG_RING / 1016 / 1024 kb
Ring 7 name/key/size: GMAP_RING / 1017 / 8192 kb
Ring 8 name/key/size: EXPPT_RING / 1018 / 1024 kb
Ring 9 name/key/size: PICK_RING / 1005 / 1024 kb
Ring 10 name/key/size: EEW_RING / 1019 / 1024 kb
Startstop's Log Dir: /home/nguyen/Shakemap/run/logs/
Startstop's Params Dir: /home/nguyen/Shakemap/run/params/
Startstop's Bin Dir: /home/nguyen/Shakemap/HyperEarthworm/bin
Startstop Version: HyEW-v0.0.1 2022-03-22 (64 bit)

  Process   Process   Status   Class/   CPU   Argument
  Name      Id         -----   Priority Used
-----
startstop   1273      Alive    ??/ 0    00:00:00 -
slink2ew    1274      Alive    ??/ 0    00:00:27 slink2ew.d
ringdup_scn 1275      Alive    ??/ 0    00:00:04 ringdup_scn.d
pick_ew     1276      Alive    ??/ 0    00:00:14 pick_ew.d
tcpd_fast_4 1277      Alive    ??/ 0    00:00:04 tcpd.d
cf2trace    1278      Alive    ??/ 0    00:00:09 cf2trace.d
dif2trace   1279      Alive    ??/ 0    00:00:09 dif2trace.d
trace2peak  1280      Alive    ??/ 0    00:00:09 trace2peak.d
peak2trig   1281      Alive    ??/ 0    00:00:06 peak2trig.d
shakemap    1282      Alive    ??/ 0    00:00:17 shakemap.d
postshake   1283      Alive    ??/ 0    00:00:16 postshake.d

Press return to print Earthworm status, or
type restart nnn where nnn is proc id or name to restart, or
type quit<cr> to stop Earthworm.

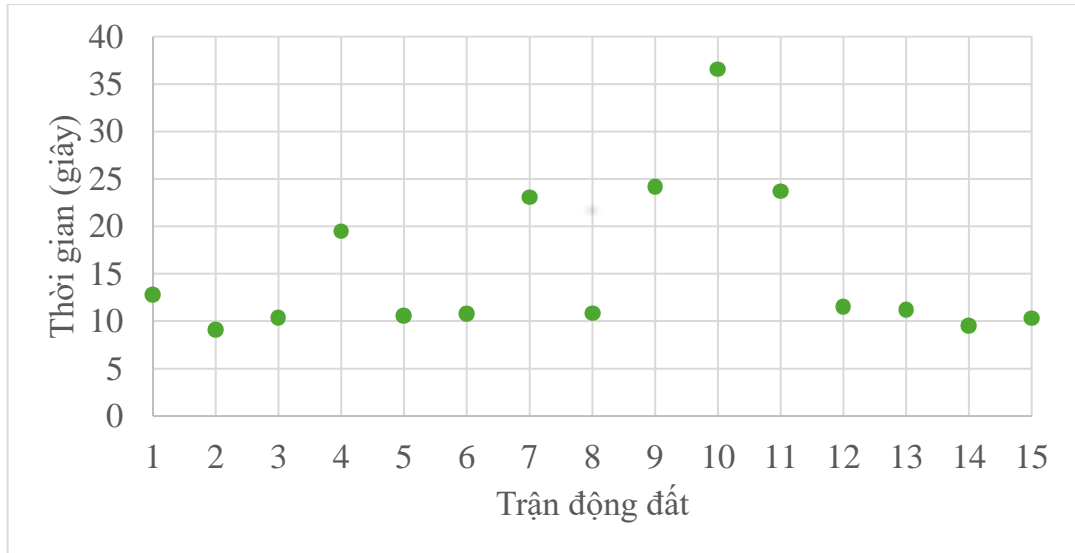
```

Hình 3.9. Cửa sổ trạng thái hoạt động của hệ thống báo tin nhanh động đất.

3.2.2. Thời gian tạo thông báo động đất

Sử dụng các tham số tại mục 2.2.3 để thiết lập mô-đun cho vùng phía Đông tỉnh Kon Tum và thực hiện quan trắc từ tháng 8 đến tháng 9 năm 2024, hệ thống đã phát hiện được 15 trận động đất có độ lớn từ 2.5 đến 4.4. Thời gian phát hiện trận động đất sau khi xảy ra được mô tả tại bảng 3.1.

Với các trận động đất được phát hiện bằng hệ thống tự động báo tin nhanh có kết quả nhanh hơn rất nhiều so với trận động đất phát hiện bằng phương pháp thông thường. Thời gian phát hiện các trận động đất từ 9 giây đến 36 giây, thời gian trung bình để phát hiện một trận động đất khoảng 15 giây sau khi xảy ra động đất.



Hình 3.10. Biểu đồ biểu diễn thời gian tạo thông báo của hệ thống tự động báo tin nhanh.

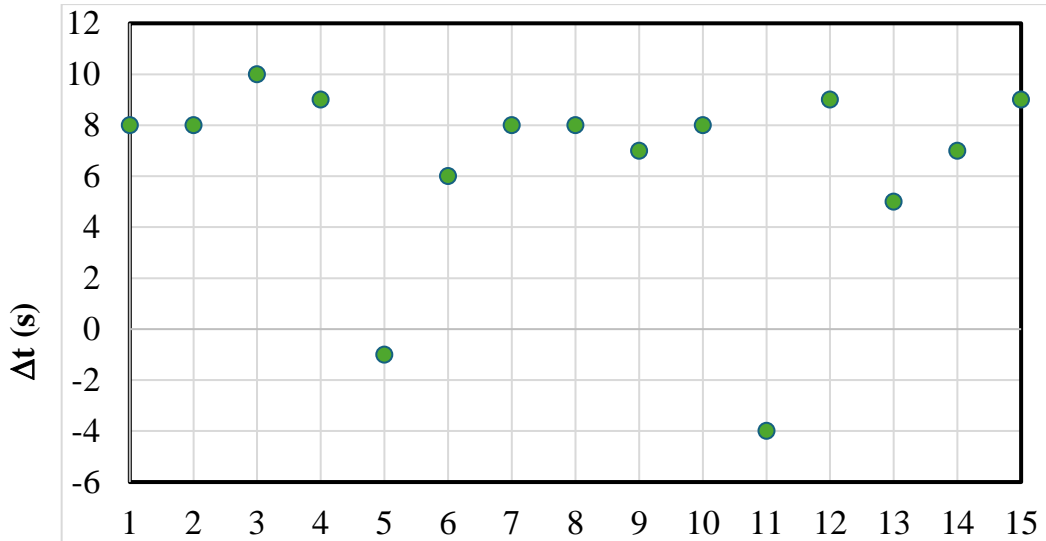
Bảng 3.1. Thời gian phát hiện động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum

STT	Thời gian	Thời gian tạo thông báo	
		Phương pháp nhanh (giây)	Phương pháp thông thường
1	2024/08/22 06:31:04	12,82	> 5 phút
2	2024/08/23 16:21:18	9,09	> 5 phút
3	2024/08/23 16:22:50	10,36	> 5 phút
4	2024/08/27 16:51:08	19,47	> 5 phút
5	2024/08/30 15:49:58	10,57	> 5 phút
6	2024/09/04 13:39:25	10,75	> 5 phút
7	2024/09/05 06:13:02	23,07	> 5 phút
8	2024/09/10 01:58:46	10,81	> 5 phút
9	2024/09/10 15:36:39	24,15	> 5 phút
10	2024/09/10 23:27:16	36,58	> 5 phút
11	2024/09/17 00:06:24	23,73	> 5 phút
12	2024/09/24 07:23:28	11,49	> 5 phút
13	2024/09/24 07:53:05	11,19	> 5 phút
14	2024/09/26 20:47:06	9,52	> 5 phút
15	2024/09/29 17:36:57	10,32	> 5 phút

3.2.3. Thời gian phát sinh của trận động đất

Bảng 3.2 cho thấy thời gian phát sinh động đất theo phương pháp báo tin nhanh tương tự như phương pháp thông thường, độ sai lệch là không đáng kể. Kết

qua có sự sai khác nhỏ có thể là do khoảng cách từ chân tiêu đến trạm đo là nhỏ (< 50 km). Một số trận có thời gian xác định theo phương pháp báo tin nhanh lại chậm hơn theo phương pháp thông thường có thể là do thông báo đầu tiên không được sử dụng trong khi đó ở khoảng cách gần các pha sóng động đất lựa chọn dễ dàng hơn nên dễ phát hiện bằng phương pháp thông thường. Vấn đề này sẽ được học viên hiệu chỉnh trong giai đoạn tiếp theo.



Thứ tự trận động đất

Hình 3.11. Biểu đồ so sánh độ lệch thời gian của động đất giữa hai phương pháp.

Bảng 3.2. Thời gian phát sinh trận động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum

STT	Năm/tháng/ngày	t_N	t_F	Δt (giây)
1	2024/08/22	06:31:04	06:30:56	8
2	2024/08/23	16:21:18	16:21:10	8
3	2024/08/23	16:22:50	16:22:40	10
4	2024/08/27	16:51:08	16:50:59	9
5	2024/08/30	15:49:48	15:49:49	-1
6	2024/09/04	13:39:25	13:39:19	6
7	2024/09/05	06:13:02	06:12:54	8
8	2024/09/10	01:58:46	01:58:38	8
9	2024/09/10	15:36:39	15:36:32	7
10	2024/09/10	23:27:16	23:27:08	8
11	2024/09/17	00:06:24	00:06:28	-4
12	2024/09/24	07:23:28	07:23:19	9
13	2024/09/24	07:53:05	07:53:00	5
14	2024/09/26	20:47:06	20:46:59	7
15	2024/09/29	17:36:57	17:36:48	9

Ghi chú: t_N là thời gian xác định động đất theo phương pháp thông thường; t_F là thời gian xác định động đất theo phương pháp nhanh; Δt là khoảng thời gian sai lệch giữa phương pháp xác định nhanh và phương pháp thông thường tính bằng giây.

3.2.4. Vị trí động đất

Vị trí chấn tâm động đất của 15 trận động đất phát hiện được tại vùng phía Đông tỉnh Kon Tum trong khoảng thời gian từ tháng 8 đến tháng 9 năm 2024 được mô tả tại bảng 3.3. Sự phân bố mức độ sai lệch giữa phương pháp báo tin nhanh và phương pháp thông thường được mô tả tại hình 3.11.

Bảng 3.3 cho thấy độ lệch khoảng cách giữa phương pháp báo tin nhanh và phương pháp thông thường lớn nhất là 30,67 km và nhỏ nhất là 5,81 km. Sự sai lệch này là do phương pháp định vị vị trí khác nhau.

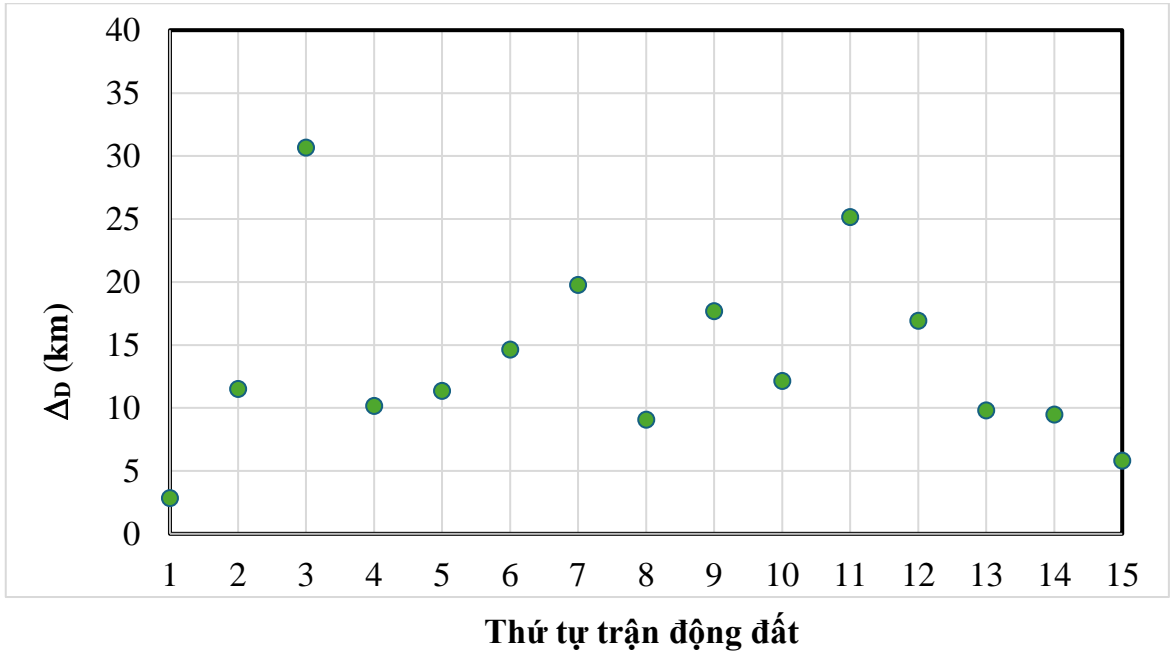
Hình 3.11 cho thấy 13 trong tổng số 15 trận động đất có mức độ sai lệch nhỏ hơn 20 km. Đây là sự sai lệch khá nhỏ có thể chấp nhận được bởi vì sự phá huỷ do động đất thường theo tuyến trong khi đó vị trí định vị là theo điểm.

Bảng 3.3. Vị trí xác định động đất khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum

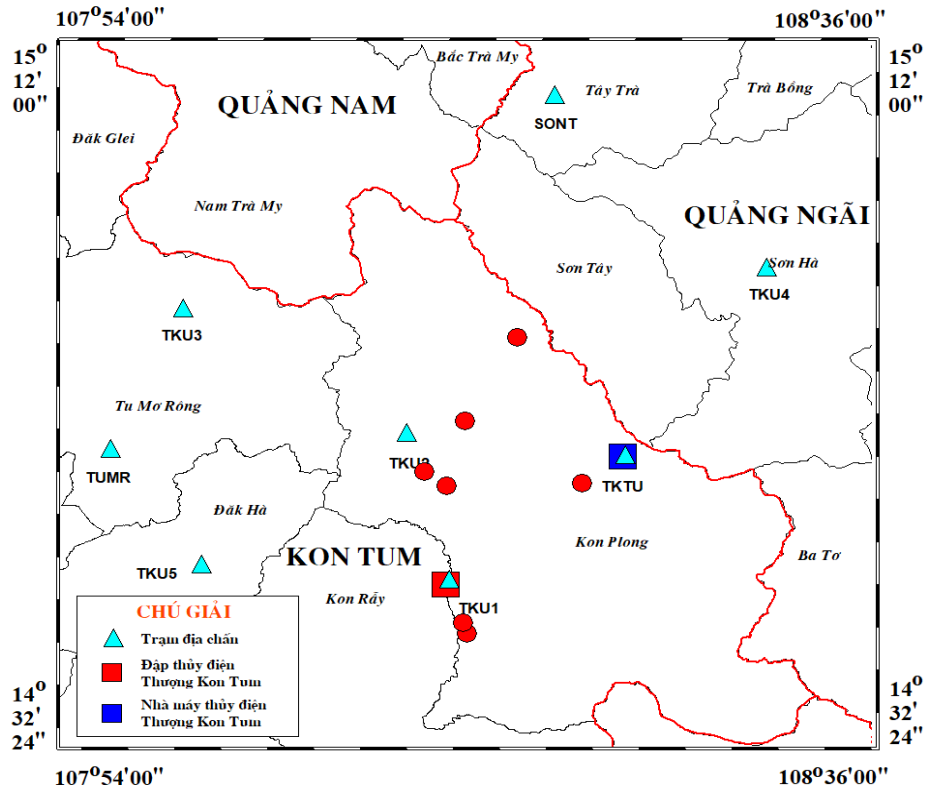
STT	Thời gian	Vị trí				
		Phương pháp nhanh		Phương pháp thông thường		Δ_D (km)
		Vĩ độ	Kinh độ	Vĩ độ	Kinh độ	
1	22/08/2024 06:31:04	14.8457	108.2469	14.842	108.221	2,84
2	23/08/2024 16:21:18	14.9232	108.2914	14.890	108.190	11,50
3	23/08/2024 16:22:50	14.6479	108.2485	14.917	108.186	30,67
4	27/08/2024 16:51:08	14.7852	108.2315	14.826	108.316	10,15
5	30/08/2024 15:49:48	14.7852	108.2315	14.881	108.195	11,35
6	04/09/2024 13:39:25	14.9232	108.2914	14.801	108.241	14,63
7	05/09/2024 06:13:02	14.9232	108.2914	14.970	108.114	19,76
8	10/09/2024 01:58:46	14.7878	108.3472	14.816	108.268	9,07
9	10/09/2024 15:36:39	14.9232	108.2914	14.949	108.129	17,68
10	10/09/2024 23:27:16	14.9232	108.2914	14.815	108.277	12,13
11	17/09/2024 00:06:24	14.6580	108.2455	14.876	108.183	25,15
12	24/09/2024 07:23:28	14.7852	108.2315	14.930	108.183	16,92
13	24/09/2024 07:53:05	14.9232	108.2914	14.840	108.261	9,81

14	26/09/2024 20:47:06	14.7852	108.2315	14.815	108.314	9,46
15	29/09/2024 17:36:57	14.7852	108.2315	14.834	108.212	5,81

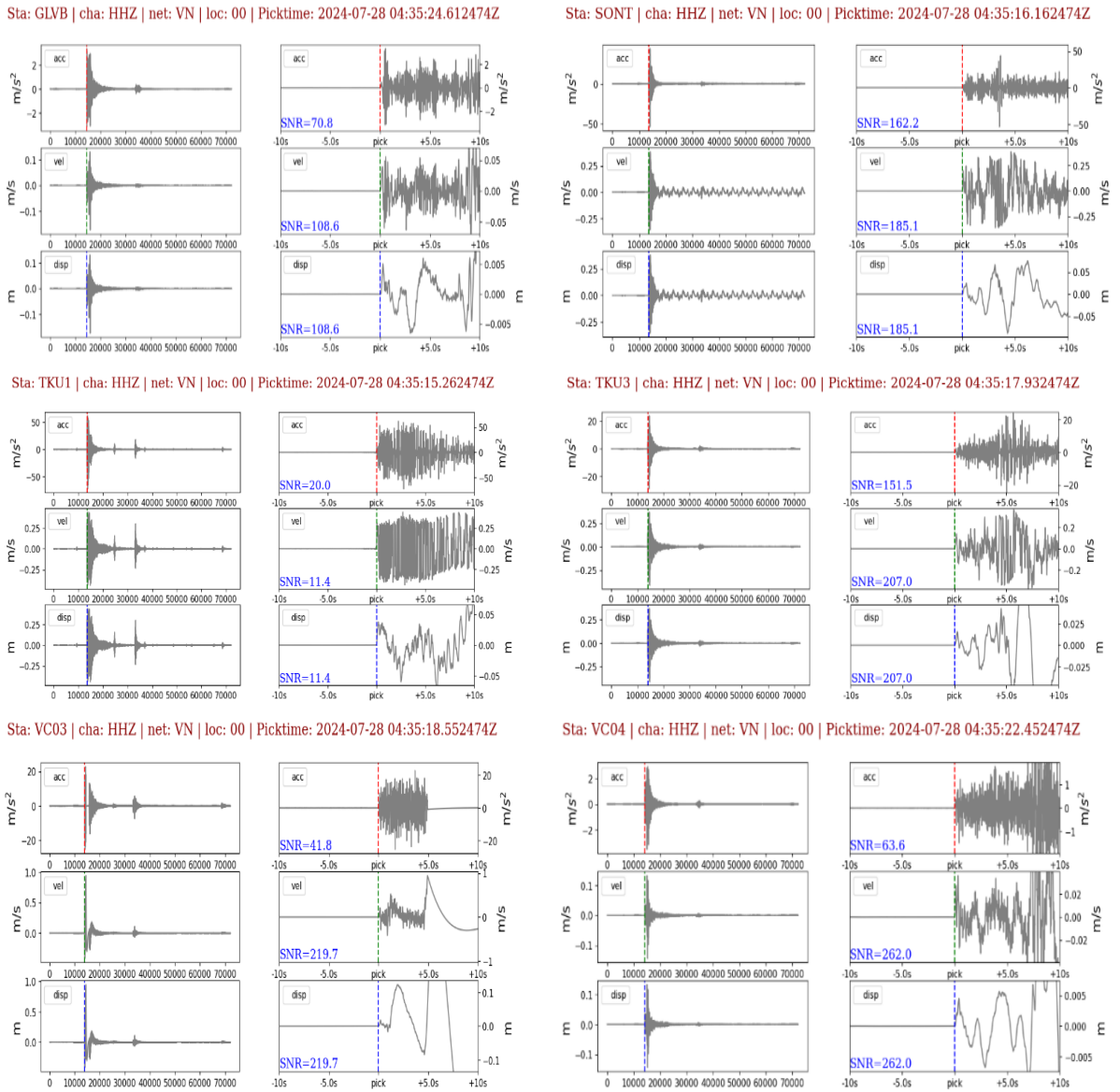
Ghi chú: Δ_D là độ lệch khoảng cách giữa phương pháp xác định nhanh và phương pháp thông thường tính bằng km.



Hình 3.12. Biểu đồ so sánh độ lệch khoảng cách chấn tâm giữa hai phương pháp.



Hình 3.13. Sơ đồ phân bố chấn tâm động đất phát hiện bằng hệ thống tự động báo tin nhanh động đất (Biểu tượng hình tròn màu đỏ thể hiện chấn tâm động đất).



Hình 3.14. Thông tin chọn pha sóng của các trạm của trận động đất ngày 28/7/2024
3.2.5. Độ lớn động đất

Độ lớn của 15 trận động đất xác định được tại vùng phía Đông tỉnh Kon Tum trong khoảng thời gian từ tháng 8 đến tháng 9 năm 2024 được mô tả tại bảng 3.3. Sự phân bố mức độ sai lệch độ lớn giữa phương pháp báo tin nhanh và phương pháp thông thường được mô tả tại hình 3.14

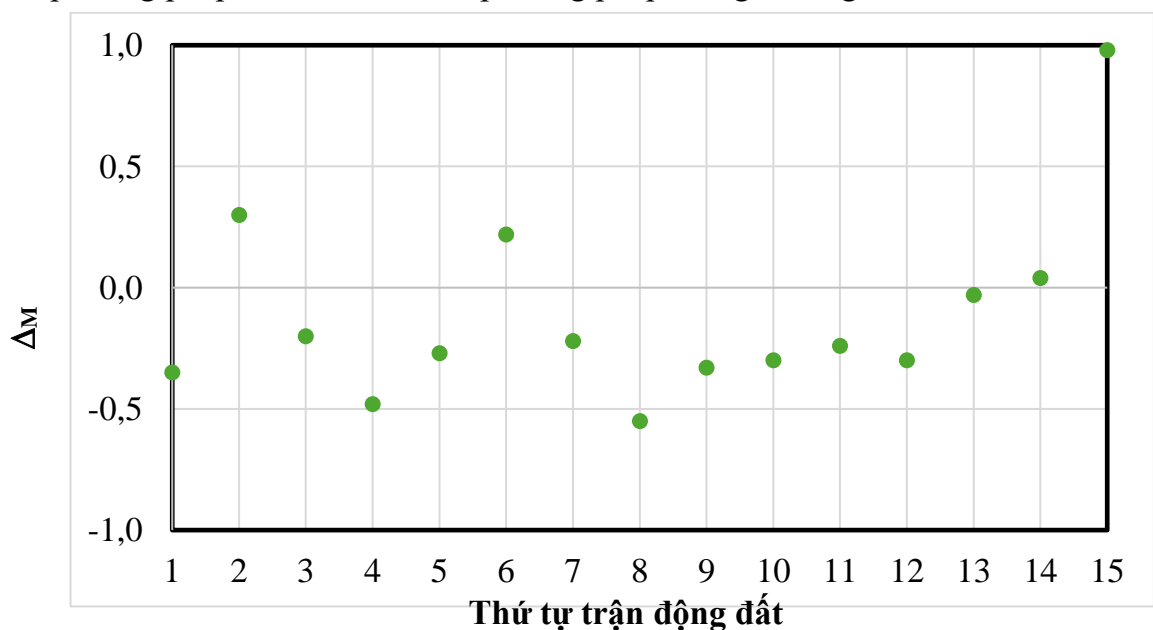
Bảng 3.4 cho thấy độ lệch về độ lớn giữa phương pháp báo tin nhanh và phương pháp thông thường lớn nhất là 0.98 và nhỏ nhất là 0.22. Sự sai lệch này là do phương pháp xác định độ lớn khác nhau.

Hình 3.14 cho thấy 11 trong tổng số 15 trận động đất có mức độ sai lệch nhỏ hơn 0. Điều này cho thấy độ lớn xác định theo phương pháp báo tin nhanh thường nhỏ hơn phương pháp thông thường.

Bảng 3.4. Độ lớn động đất xác định được khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum

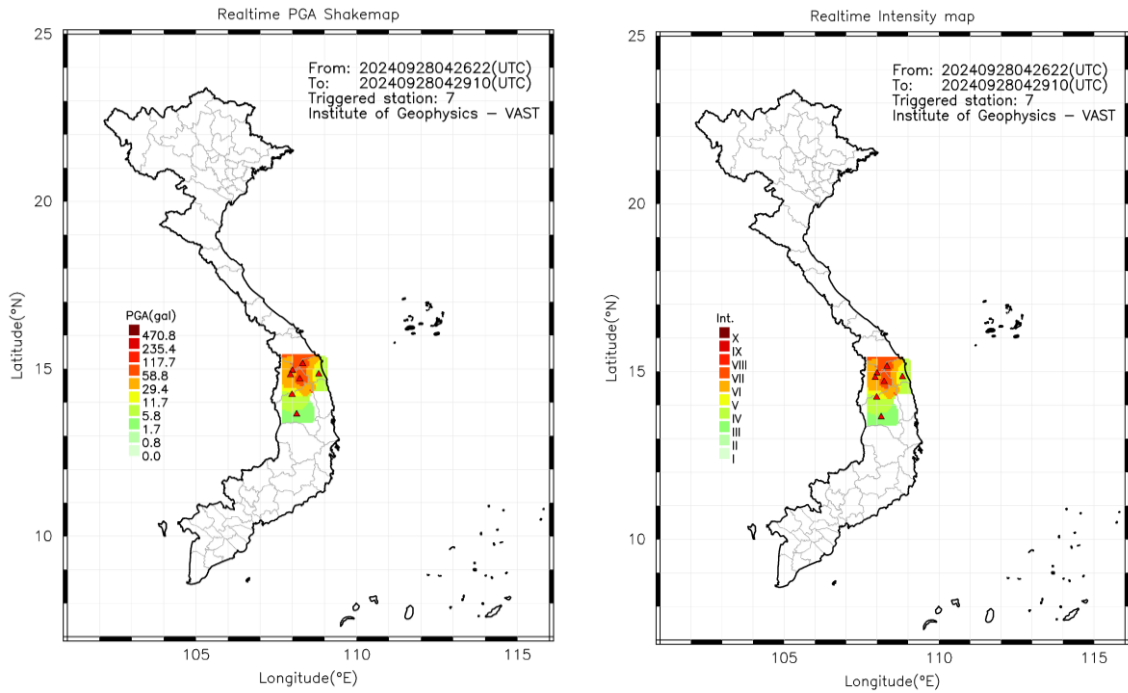
STT	Thời gian	Tọa độ		Độ lớn		
		Vĩ độ	Kinh độ	M_{Pd}	M_L	Δ_M
1	22/08/2024 06:31:04	14.842	108.221	4,05	4,40	-0,35
2	23/08/2024 16:21:18	14.890	108.190	2,80	2,50	0,30
3	23/08/2024 16:22:50	14.917	108.186	2,50	2,70	-0,20
4	27/08/2024 16:51:08	14.826	108.316	3,12	3,60	-0,48
5	30/08/2024 15:49:48	14.881	108.195	2,83	3,10	-0,27
6	04/09/2024 13:39:25	14.801	108.241	3,52	3,30	0,22
7	05/09/2024 06:13:02	14.970	108.114	3,28	3,50	-0,22
8	10/09/2024 01:58:46	14.816	108.268	3,15	3,70	-0,55
9	10/09/2024 15:36:39	14.949	108.129	3,07	3,40	-0,33
10	10/09/2024 23:27:16	14.815	108.277	2,70	3,00	-0,30
11	17/09/2024 00:06:24	14.876	108.183	2,86	3,10	-0,24
12	24/09/2024 07:23:28	14.930	108.183	3,70	4,00	-0,30
13	24/09/2024 07:53:05	14.840	108.261	2,87	2,90	-0,03
14	26/09/2024 20:47:06	14.815	108.314	2,54	2,50	0,04
15	29/09/2024 17:36:57	14.834	108.212	4,08	3,10	0,98

Ghi chú: M_{Pd} là độ lớn xác định theo phương pháp báo tin nhanh; M_L là độ lớn xác định theo phương pháp thông thường; Δ_M là giá trị chênh lệch giữa độ lớn xác định theo phương pháp báo tin nhanh và phương pháp thông thường.



Hình 3.15. Biểu đồ so sánh độ lệch về độ lớn của trận động đất giữa hai phương pháp.

3.2.6. Cường độ động đất



Hình 3.16. Bản đồ giá trị gia tốc cực đại và rung động nền của hệ thống tự động báo tin nhanh động đất.

3.2.7. Thông báo tới người sử dụng

Thông báo tin động đất > Hộp thư đến x Thông báo động đất x

support@fimo.edu.vn 13:31 Th 5, 22 thg 8 ☆
 Chào tanguyen! Đây là tin nhắn tự động thông báo động đất của Hệ thống tự động báo tin nhanh động đất khu vực miền B...

support@fimo.edu.vn 13:31 Th 5, 22 thg 8 ☆ 😊 ↩ ⋮
 đến tôi ▾

Chào tanguyen! Đây là tin nhắn tự động thông báo động đất của Hệ thống tự động báo tin nhanh động đất khu vực miền Bắc Việt Nam

Trận động đất có độ lớn **4.05** độ Richter, xảy ra tại vĩ độ **14.8457** , kinh độ **108.2469**, thời gian ghi nhận sự kiện **2024/08/22 06:31:15.27**

[THEO DÕI THÊM](#)

Hình 3.17. Thông báo thông tin trận động đất ngày 22/8/2024 bằng email.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

1/ Luận văn đã xây dựng hoàn thiện được giải pháp và quy trình nâng cao hiệu quả báo tin động đất trên cơ sở lựa chọn 3 giây đầu tiên của sóng P và giải pháp truyền số liệu thời gian thực bằng Internet kết hợp với phương xác tỷ số tín hiệu trên nhiễu, tìm kiếm ô lưới, biên độ dịch chuyển đang được sử dụng phổ biến tại Việt Nam và thế giới.

2/ Kết quả kiểm nghiệm các tham số từ 56 trận động đất đã lựa chọn được các tham số phù hợp cho các mô-đun phục vụ xác định các tham số động đất của hệ thống báo tin nhanh thiết lập được trong luận văn này.

3/ Kết quả áp dụng tại vùng phía Đông tỉnh Kon Tum đã định vị được 15 trận động đất trong khoảng thời gian từ tháng 8 đến tháng 9 năm 2024. Thời gian tạo ra bản tin động đất trung bình là 15 giây, nhanh hơn nhiều so với phương pháp truyền thống và các tham số xác định bằng giải pháp này phù hợp với các tham số xác định theo phương pháp truyền thống.

KIẾN NGHỊ

Do thời gian nghiên cứu và triển khai còn hạn chế, hệ thống tự động báo tin nhanh động đất vẫn cần khắc phục một số vấn đề, cụ thể như sau:

- Hệ thống cần tiếp tục được điều chỉnh các tham số về ngưỡng phát hiện động đất, thời gian phản hồi để đảm bảo hiệu suất tốt nhất.
- Cần hiệu chỉnh các công thức độ lớn và mô hình vận tốc cho khu vực nghiên cứu, thử nghiệm trên dữ liệu trước đây để xác định chính xác các tham số cho hệ thống.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lee, W. H., Jennings, P., Kisslinger, C., & Kanamori, H. (Eds.). (2002). *International handbook of earthquake & engineering seismology, Part A*. Elsevier.
- [2] Yan, H. S. (2009). An Approach for the Reconstruction Synthesis of Lost Ancient Chinese Mechanisms. In *International Symposium on History of Machines and Mechanisms: Proceedings of HMM 2008* (pp. 325-336). Springer Netherlands.
- [3] Palmieri, L. (1873). *The eruption of Vesuvius in 1872*. Asher & Company.
- [4] Milne, J. (1908). *Seismology* (Vol. 85). K. Paul, Trench, Trübner.
- [5] Ringler, A. T., Anthony, R. E., Bastien, P., Pascale, A., & Merchant, B. J. (2023). Introduction to the digitization of seismic data: A user's guide. *Seismological Society of America, 94*(4), 2060-2074.
- [6] Gangwar, A., & Sharma, B. (2012). Optical fiber: the new era of high speed communication (technology, advantages and future aspects). *International Journal of Engineering Research and Development, 4*(2), 19-23.
- [7] Trần Quang Khóa và Lê Tử Sơn, 1997. Mạng lưới trạm địa chấn và phương pháp xác định các thông số cơ bản của động đất. *Thành tựu nghiên cứu vật lý địa cầu*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [8] Lê Tử Sơn, 2008. Quan sát động đất Việt Nam, hiện tại và tương lai. *Tuyển tập các công trình nghiên cứu vật lý địa cầu 2008*.
- [9] Đinh Quốc Văn, Nguyễn Xuân Anh, Nguyễn Xuân Bình, Lê Huy Minh, Nguyễn Lê Minh, Nguyễn Tiến Hùng, Lê Quang Khôi, Đoàn Thị Ngoan, Nguyễn Danh Dũng, Nguyễn Thanh Bình, Nguyễn Ngọc Thủy, Lê Tử Sơn, Đinh Đoàn Phụng (2017). Mạng trạm địa chấn quốc gia Việt Nam: Sự hình thành và phát triển. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển; 17*(4B):183-197, DOI:10.15625/1859-3097/17/4B/13007.
- [10] Carmichael, J. D. (2013). *Melt-triggered seismic response in hydraulically-active polar ice: Observations and methods*.
- [11] Odaka, T., Ashiya, K., Tsukada, S. Y., Sato, S., Ohtake, K., & Nozaka, D. (2003). A new method of quickly estimating epicentral distance and magnitude from a single seismic record. *Bulletin of the Seismological Society of America, 93*(1), 526-532.
- [12] Horiuchi, S., Negishi, H., Abe, K., Kamimura, A., & Fujinawa, Y. (2005). An automatic processing system for broadcasting earthquake alarms. *Bulletin of the Seismological Society of America, 95*(2), 708-718.

- [13] Nakamura, H., Horiuchi, S., Wu, C., Yamamoto, S., & Rydelek, P. A. (2009). Evaluation of the real-time earthquake information system in Japan. *Geophysical Research Letters*, 36(5).
- [14] Kamigaichi, O. (2004). JMA earthquake early warning. *Journal of Japan Association for Earthquake Engineering*, 4(3), 134-137.
- [15] Nakamura, Y. (2009). Basic structure of QTS (HVSR) and examples of applications. In *Increasing seismic safety by combining engineering technologies and seismological data* (pp. 33-51). Springer Netherlands.
- [16] Given, D. D., Cochran, E. S., Heaton, T., Hauksson, E., Allen, R., Hellweg, P., ... & Bodin, P. (2014). *Technical implementation plan for the ShakeAlert production system: An earthquake early warning system for the west coast of the United States* (p. 25). Reston, VA: US Department of the Interior, US Geological Survey.
- [17] Monica D. Kohler, Elizabeth S. Cochran, Doug Given, Steve Guiwits, Doug Neuhauser, Ivan Henson, Renate Hartog, Paul Bodin, Victor Kress, Stephen Thompson, Claude Felizardo, Jeff Brody, Rayo Bhadha, Stan Schwarz; Earthquake Early Warning ShakeAlert System: West Coast Wide Production Prototype. *Seismological Research Letters* 2017;; 89 (1): 99–107. doi: <https://doi.org/10.1785/0220170140>.
- [18] Espinosa-Aranda, J. M., Uribe, A., Frontana, B., Contreras, O., & Ibarrola, G. (1989). The Mexico Earthquake of September 19, 1985—New Accelerograph Network for Mexico City. *Earthquake spectra*, 5(1), 249-255.
- [19] Suárez, G., Espinosa-Aranda, J. M., Cuéllar, A., Ibarrola, G., García, A., Zavala, M., ... & Islas, R. (2018). A dedicated seismic early warning network: The Mexican Seismic Alert System (SASMEX). *Seismological Research Letters*, 89(2A), 382-391.
- [20] Wu, Y. M., Chung, J. K., Shin, T. C., Hsiao, N. C., Tsai, Y. B., Lee, W. H., & Teng, T. L. (1999). *Development of an integrated earthquake early warning system in Taiwan-Case for the Hualien area earthquakes*. National Emergency Training Center.
- [21] Hsiao, N. C., Wu, Y. M., Shin, T. C., Zhao, L., & Teng, T. L. (2009). Development of earthquake early warning system in Taiwan. *Geophysical research letters*, 36(5).
- [22] Chen, D. Y., Hsiao, N. C., & Wu, Y. M. (2015). The Earthworm based earthquake alarm reporting system in Taiwan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 105(2A), 568-579.

- [23] Huang, B. S., Le, T. S., Liu, C. C., Van Toan, D., Huang, W. G., Wu, Y. M., ... & Chang, W. Y. (2009). Portable broadband seismic network in Vietnam for investigating tectonic deformation, the Earth's interior, and early-warning systems for earthquakes and tsunamis. *Journal of Asian Earth Sciences*, 36(1), 110-118.
- [24] Olivieri, M., & Clinton, J. (2012). An almost fair comparison between Earthworm and SeisComp3. *Seismological Research Letters*, 83(4), 720-727.
- [25] Wu, Y. M., Chen, D. Y., Lin, T. L., Hsieh, C. Y., Chin, T. L., Chang, W. Y., ... & Ker, S. H. (2013). A high-density seismic network for earthquake early warning in Taiwan based on low cost sensors. *Seismological Research Letters*, 84(6), 1048-1054.
- [24] Poisson, S. D. (1830). *Mémoire sur la propagation du mouvement dans les milieux élastiques* (Vol. 4). L'Académie des sciences.
- [25] Lawrence, W. B. (2006). Seismic waves and the slinky: A guide for teachers.
- [26] Rayleigh, L. (1885). On waves propagated along the plane surface of an elastic solid. *Proceedings of the London mathematical Society*, 1(1), 4-11.
- [27] Love, A. E. H. (1911). *Some Problems of Geodynamics: Being an Essay to which the Adams Prize in the University of Cambridge was Adjudged in 1911*. University Press.
- [28] Richter, C. F. (1935). An instrumental earthquake magnitude scale. *Bulletin of the seismological society of America*, 25(1), 1-32.
- [29] Gary L. Pavlis; "An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure" by Seth Stein and Michael Wysession. *Seismological Research Letters* 2003;; 74 (6): 824–825. doi: <https://doi.org/10.1785/gssrl.74.6.824>.
- [30] Withers, M., Aster, R., Young, C., Beiriger, J., Harris, M., Moore, S., & Trujillo, J. (1998). A comparison of select trigger algorithms for automated global seismic phase and event detection. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 88(1), 95-106.
- [31] Trnkoczy, A. (2009). Understanding and parameter setting of STA/LTA trigger algorithm. In *New manual of seismological observatory practice (NMSOP)* (pp. 1-20). Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ.
- [32] Wu, Y. M., & Kanamori, H. (2005). Rapid assessment of damage potential of earthquakes in Taiwan from the beginning of P waves. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95(3), 1181-1185.

- [33] Wu, Y. M., & Zhao, L. (2006). Magnitude estimation using the first three seconds P-wave amplitude in earthquake early warning. *Geophysical research letters*, 33(16).
- [34] Zollo, A., Lancieri, M., & Nielsen, S. (2006). Earthquake magnitude estimation from peak amplitudes of very early seismic signals on strong motion records. *Geophysical Research Letters*, 33(23).
- [35] Chen, D. Y., Lin, T. L., Hsu, H. C., Hsu, Y. C., & Hsiao, N. C. (2019). An approach to improve the performance of the earthquake early warning system for the 2018 Hualien earthquake in Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci*, 30(3), 423-433.
- [36] Cremen, G., Werner, M. J., & Baptie, B. (2020). A new procedure for evaluating ground-motion models, with application to hydraulic-fracture-induced seismicity in the United Kingdom. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 110(5), 2380-2397.
- [37] Central Bureau of Weather, (2019), Seismic Intensity Scale in Taiwan, Ministry of Transportation and Communication, Taiwan, ROC.
- [38] Nguyen, H. P., Pham, T. T., & Nguyen, T. N. (2019). Investigation of long-term and short-term seismicity in Vietnam. *Journal of Seismology*, 23, 951-966.
- [39] Lê Huy Minh, Báo cáo tổng hợp Kết quả khoa học công nghệ đề tài “Nghiên cứu tác động địa chấn kiến tạo đến sự ổn định công trình thủy điện sông Tranh 2, khu vực Bắc Trà My, tỉnh Quảng Nam”, mã số: ĐTĐL.2012-G/57.
- [40] Hùng, P. V. (2001). Đặc điểm hoạt động của các đới đứt gãy Kiến tạo ở rìa bắc địa khối Kon Tum. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 23(4), 370-377.

PHỤ LỤC 1

Thang đo cường độ động đất

Cường độ chấn động (I)	Gia tốc cực đại nền g^* (cm/s²)	Giá trị PGA thiết lập trong hệ thống (gal)	Mô tả các dấu hiệu
I		0 - 0.8	Động đất không cảm thấy
II		0.8 - 1.7	Động đất ít cảm thấy (rất nhẹ)
III		1.7 - 5.8	Động đất yếu
IV		5.8 - 11.7	Động đất nhận thấy rõ
V	0,012 - 0,03	11.7 - 29.4	Thức tỉnh
VI	0,03 - 0,06	29.4 - 58.8	Sợ hãi
VII	0,06-0,12	58.8 - 117.7	Hư hại nhà cửa
VIII	0,12-0,24	117.7 - 235.4	Phá hoại nhà cửa
IX	0,24 - 0,48	235.4 - 470.8	Hư hại hoàn toàn nhà cửa
X	0,48 - 0,80	> 470.8	Phá hoại hoàn toàn nhà cửa
XI	> 0,8		Thảm họa
XII			Thay đổi địa hình

PHỤ LỤC 2

Kết quả chọn pha sóng của các trận động đất.

STT	Trận động đất	Bảng sóng			Tình trạng		
		Tổng số	Tốt	Hỏng	Chọn pha sóng		
					Đúng	Sai	Không
1	20200122.212627.M4.1	31	28	3	8	1	22
2	20200219.092702.M3.3	29	26	3	2	0	27
3	20200228.181259.M4.1	30	27	3	4	2	21
4	20200303.212807.M3.0	30	26	4	8	1	21
5	20200505.190300.M3.2	28	25	3	6	0	22
6	20200505.215522.M3.3	28	26	2	10	0	18
7	20200615.164316.M3.3	28	26	2	10	1	17
8	20200616.061229.M4.9	28	27	1	18	2	8
9	20200619.010926.M3.0	28	27	1	8	2	18
10	20200622.152035.M3.3	28	26	2	12	3	13
11	20200626.193457.M3.8	27	26	1	7	2	20
12	20200628.234838.M3.0	25	23	2	4	1	20
13	20200712.052156.M4.6	27	26	1	11	2	14
14	20200727.051448.M5.3	28	26	2	23	0	5
15	20200727.053956.M3.0	28	27	1	3	3	22
16	20200727.085225.M3.4	28	27	1	3	2	23
17	20200727.091707.M3.3	28	27	1	9	0	19
18	20200727.231721.M3.4	28	26	2	7	2	21
19	20200728.012643.M4.1	28	25	3	11	4	13
20	20200728.050106.M3.1	28	27	1	5	4	19
21	20200728.110805.M3.4	28	27	1	7	3	18
22	20200728.132817.M3.5	28	26	2	9	3	16
23	20200731.223113.M3.7	26	25	1	10	2	14
24	20200731.225355.M4.0	26	24	2	3	4	19
25	20200803.101604.M3.4	26	24	2	9	1	16
26	20200804.152208.M3.0	26	25	1	6	1	19
27	20200806.232950.M3.3	26	25	1	7	2	17

28	20200807.031922.M3.1	26	25	1	3	3	20
29	20200817.011309.M4.4	24	22	2	13	1	10
30	20200817.012513.M4.1	24	23	1	7	3	14
31	20200817.013342.M3.2	24	23	1	4	3	17
32	20200817.014614.M3.3	24	23	1	3	1	20
33	20200817.032144.M3.0	24	23	2	5	2	17
34	20200817.060108.M3.2	25	24	1	5	2	18
35	20200921.012535.M3.1	28	26	2	5	0	23
36	20200924.135549.M3.0	29	28	1	5	1	23
37	20200925.075650.M3.4	27	26	1	4	2	21
38	20201015.213103.M3.7	30	25	5	12	0	18
39	20201111.071829.M3.0	29	27	2	2	0	27
40	20201230.190343.M3.3	29	27	2	10	1	18
41	20210112.211727.M3.6	27	26	1	13	0	14
42	20210712.162009.M3.0	17	16	1	5	0	12
43	20210804.111256.M4.5	23	21	2	7	3	13
44	20210911.070545.M4.5	22	18	4	7	1	14
45	20210911.214756.M3.3	22	19	3	3	0	19
46	20211029.190327.M4.4	24	21	3	0	0	24
47	20211031.030451.M4.6	22	20	2	0	0	22
48	20211116.052249.M4.9	23	22	1	8	0	15
49	20211116.075448.M4.7	23	22	1	8	0	15
50	20211224.123751.M3.8	24	23	1	5	0	19
51	20211224.134323.M5.9	24	22	2	17	2	5
52	20211224.140229.M4.7	24	22	2	7	2	15
53	20211224.185937.M4.1	24	22	2	8	2	14
54	20211228.040930.M4.2	21	20	1	4	2	15
55	20211231.050327.M3.8	22	20	2	2	3	17
56	20211231.145301.M4.3	23	21	2	7	2	14

PHỤ LỤC 3

Tham số thiết lập vào mô-đun xác định nhanh thời gian động đất cho hệ thống mạng trạm.

No.	Station	Channel	Network	Location code	MinSmal IZC	MaxMint	RawData Filt	CharFun cFilt	StaFilt	LaFilt	EventTh resh	RmavFilt	DeadSta	MinPa	MinPv
0	SPVO	HHZ	PS	01	3	100	0.739	3.0	0.8	0.05	5.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
1	PLVO	HHZ	PS	01	3	100	0.739	3.0	0.8	0.20	5.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
2	VIVO	HHZ	PS	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
3	SLV	HHZ	RM	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.10	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
4	DLV	HHZ	RM	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.20	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
5	SPVB	HHZ	VN	01	3	100	0.739	3.0	0.8	0.10	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
6	MLVB	HHZ	VN	01	3	100	0.539	3.0	0.8	0.05	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
7	TGVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
8	VCVB	HHZ	VN	01	3	100	0.739	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
9	DBVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
10	MCVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.000001
11	HBVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
12	HGVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
13	CBVB	HHZ	VN	01	3	100	0.739	3.0	0.6	0.10	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
14	VTVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
15	BKVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
16	LSVB	HHZ	VN	01	3	100	0.739	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
17	TYVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
18	BGVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
19	LAVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
20	THVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001

21	CCVB	HHZ	VN	01	3	100	0.739	3.0	0.8	0.15	7.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
22	QVBV	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
23	HUVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.20	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
24	QNVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
25	GLVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.20	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
26	BDVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
27	BMVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
28	NTVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
29	BTVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
30	PQVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
31	CDVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
32	MTE2	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.5	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
33	BC01	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
34	BC02	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.5	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
35	BC03	HHZ	VN	01	1	100	0.839	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
36	HQ01	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
37	HQ02	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
39	MLVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.15	3.5	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
40	HBVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.15	3.5	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
41	SLVB	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.8	0.15	3.5	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
42	VN01	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	5.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
43	VN02	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
44	VN03	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
45	VN04	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	1.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
46	VN05	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
47	VN07	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
48	VN08	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	2.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
49	VN09	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001

50	VN10	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
51	VN11	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
52	VN12	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
53	VN13	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
54	VN14	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
55	VN15	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
56	SONT	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
57	TKTU	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
58	TKU1	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
59	TKU3	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
60	TUMR	HHZ	VN	01	3	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
61	VC01	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
62	VC02	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
63	VC03	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
64	VC04	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
65	VC05	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
66	VC06	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001
67	TUK4	HHZ	VN	01	1	100	0.939	3.0	0.6	0.15	3.0	0.9961	1000000	0.00001	0.00001

PHỤ LỤC 4

Danh mục các trận động đất ghi nhận được tại khu vực phía Đông tỉnh Kon Tum bởi hệ thống báo tin nhanh

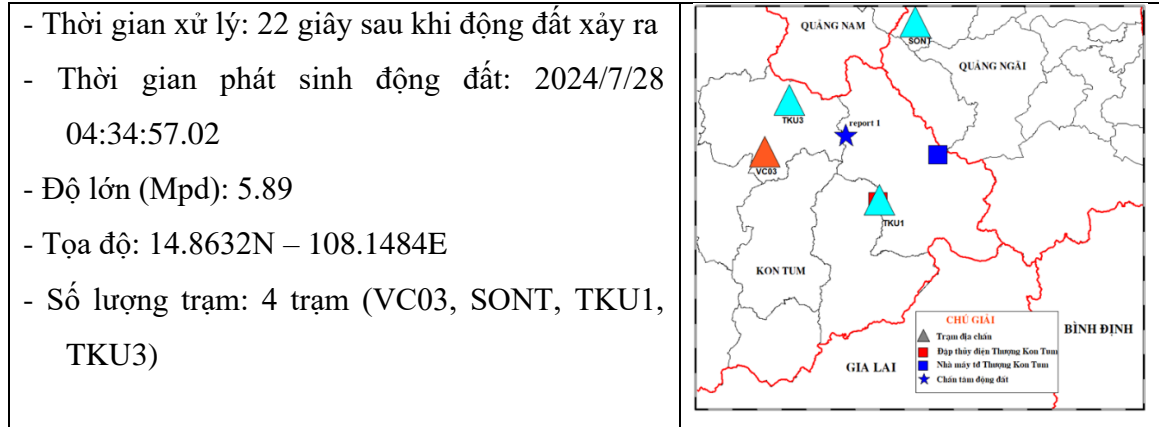
STT	Thời gian	Vị trí		Độ lớn (Mpd)	Độ sâu (km)
		Vĩ độ	Kinh độ		
1	2024/08/22 06:31:04	14.8457	108.2469	4.05	10
2	2024/08/23 16:21:18	14.9232	108.2914	2.80	10
3	2024/08/23 16:22:50	14.6479	108.2485	2.50	10
4	2024/08/27 16:51:08	14.7852	08.2315	3.12	10
5	2024/08/30 15:49:58	14.7852	108.2315	2.83	10
6	2024/09/04 13:39:25	14.9232	108.2914	3.52	10
7	2024/09/05 06:13:02	14.9232	108.2914	3.28	10
8	2024/09/10 01:58:46	14.7878	108.3472	3.15	10
9	2024/09/10 15:36:39	14.9232	108.2914	3.07	10
10	2024/09/10 23:27:16	14.9232	108.2914	2.70	10
11	2024/09/17 00:06:24	14.6580	108.2455	2.86	10
12	2024/09/24 07:23:28	14.7852	108.2315	3.70	10
13	2024/09/24 07:53:05	14.9232	108.2914	2.87	10
14	2024/09/26 20:47:06	14.7852	108.2315	2.54	10
15	2024/09/29 17:36:57	14.7852	108.2315	4.08	10

PHỤ LỤC 5

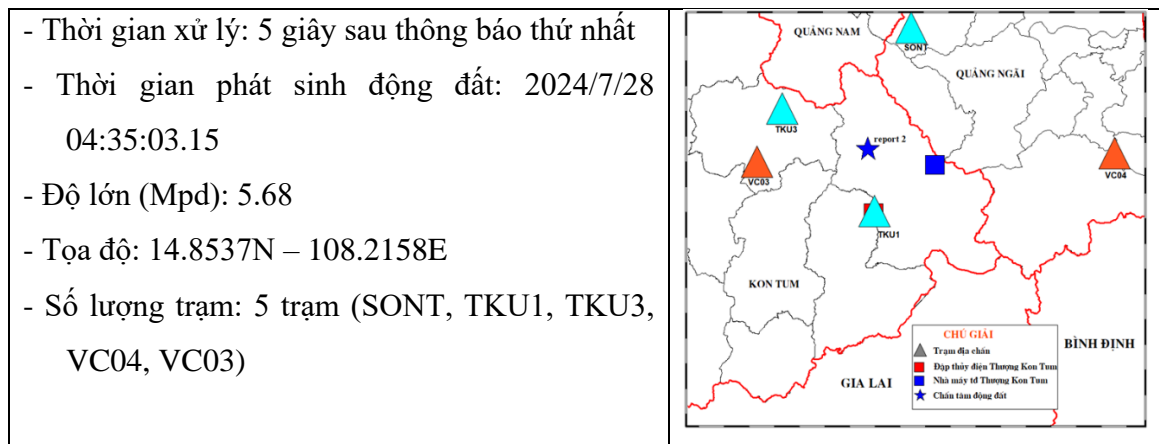
Thông báo của một số trận động đất tiêu biểu

a/ **Trận động đất** có độ lớn $M_{pd} = 5.3$ xảy ra vào lúc 04:35:14 ngày 28/7/2024 (giờ GMT): Với trận động đất này, học viên dùng số liệu lịch sử để mô phỏng hoạt động của hệ thống. Hệ thống tự động báo tin nhanh đã tạo được 3 thông báo với tổng thời gian là 29 giây sau khi động đất xảy ra.

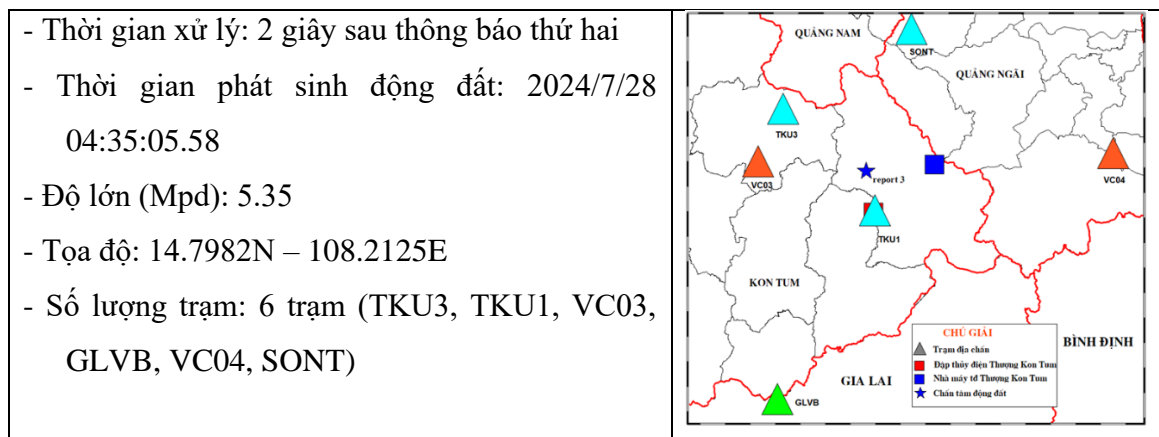
- Thông báo động đất thứ nhất (20240728043518_n1_igp.rep)



- Thông báo động đất thứ hai (20240728043523_n2_igp.rep)

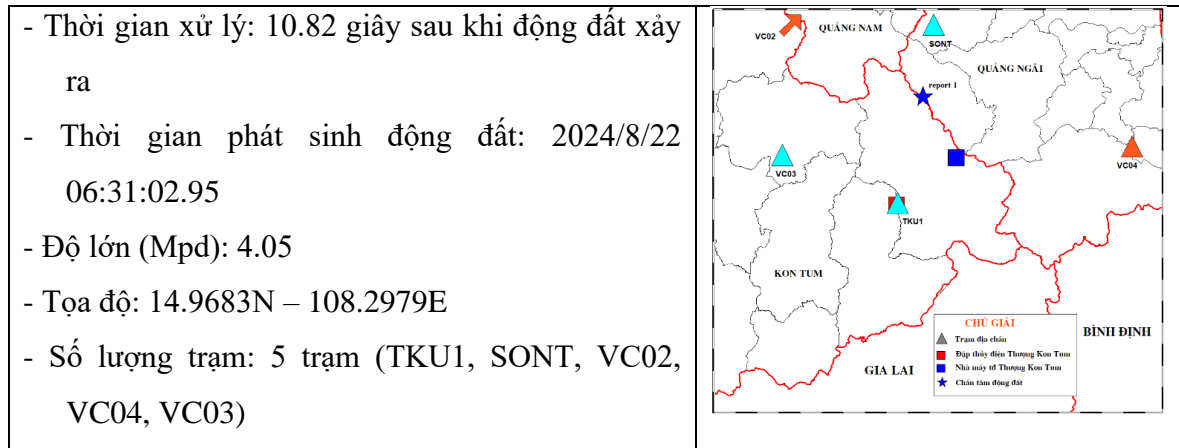


- Thông báo động đất thứ ba (20240728043525_n3_igp.rep)

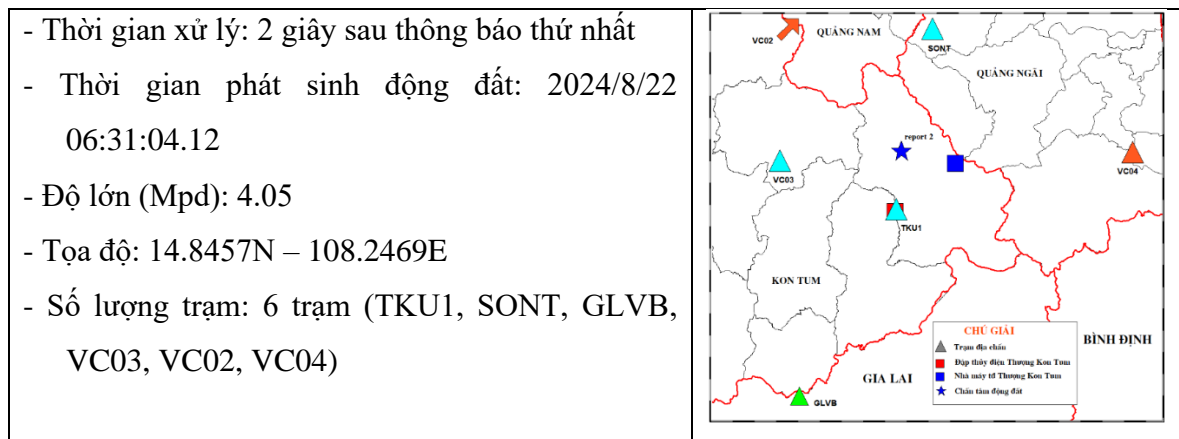


b/ Trận động đất có độ lớn $M_{pd} = 4.05$ xảy ra vào lúc 6:31:04 ngày 22/8/2024 (giờ GMT): Với trận động đất này, hệ thống tự động báo tin nhanh đã tạo được 2 thông báo với tổng thời gian là 12 giây sau khi động đất xảy ra.

- Thông báo động đất thứ nhất (20240822063113_n1_igp.rep)

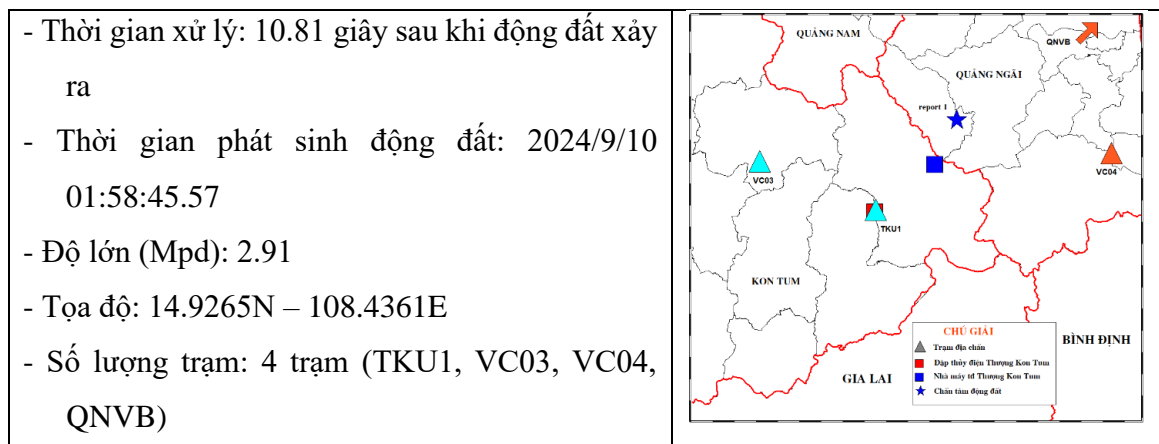


- Thông báo động đất thứ hai (20240822063115_n2_igp.rep)



c/ Trận động đất có độ lớn $M_{pd} = 3.15$ xảy ra vào lúc 01:58:46 ngày 10/9/2024 (giờ GMT): Với trận động đất này, hệ thống tự động báo tin nhanh đã tạo được 2 thông báo với tổng thời gian là 10 giây sau khi động đất xảy ra.

- Thông báo động đất thứ nhất (20240910015856_n1_igp.rep)



- Thông báo động đất thứ hai (20240910015856_n2_igp.rep)

<ul style="list-style-type: none"> - Thời gian xử lý: 0 giây sau thông báo thứ nhất - Thời gian phát sinh động đất: 2024/9/10 01:58:46.60 - Độ lớn (Mpd): 3.15 - Tọa độ: 14.7878N – 108.3472E - Số lượng trạm: 5 trạm (TKU1, VC03, VC04, QNVB, GLVB) 	
---	--

d/ **Trận động đất** có độ lớn Mpd = 4.08 xảy ra vào lúc 17:36:57 ngày 29/9/2024 (giờ GMT): Với trận động đất này, hệ thống tự động báo tin nhanh đã tạo được 2 thông báo với tổng thời gian là 10 giây sau khi động đất xảy ra.

- Thông báo động đất thứ nhất (20240929173708_n1_igp.rep)

<ul style="list-style-type: none"> - Thời gian xử lý: 10.32 giây sau khi động đất xảy ra - Thời gian phát sinh động đất: 2024/9/29 17:36:58.28 - Độ lớn (Mpd): 4.07 - Tọa độ: 14.7765N – 108.3033E - Số lượng trạm: 4 trạm (GLVB, TKU1, VC02, VC04) 	
--	--

- Thông báo động đất thứ hai (20240929173708_n2_igp.rep)

<ul style="list-style-type: none"> - Thời gian xử lý: 0 giây sau thông báo thứ nhất - Thời gian phát sinh động đất: 2024/9/29 17:36:57.84 - Độ lớn (Mpd): 4.08 - Tọa độ: 14.7852N – 108.2315E - Số lượng trạm: 5 trạm (GLVB, TKU1, VC03, VC04, VC02) 	
---	--