Đánh giá độ nguy hiểm động đất lưu vực sông Cả - Rào Nậy

Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Cao Đình Trọng
Phạm Nam Hưng, Mai Xuân Bách, Thái Anh Tuấn

Viện Vật lý địa cầu, Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả sử dụng đồng thời hai tiếp cận: thống kê và tất định mới trong tính toán độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy. Kết quả cho thấy:

- Theo tiếp cận thống kê thì khu vực Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn (Nghệ An); Hương Sơn (Hà Tĩnh) là nơi có gia tốc dao động nền lớn nhất đối với các chu kỳ lặp lại động đất: 50 năm (190 cm/s²); 100 năm (220 cm/s²); 200 năm (260 cm/s²); 500 năm (280 cm/s²); 1.000 năm (300 cm/s²); 5.000 năm (380 cm/s²) và 10.000 năm (400 cm/s²).

- Trong khi đó, theo tiếp cận tất định mới cho thấy, khu vực Tương Dương và Hòa Bình (Nghệ An) có giá trị dịch chuyển ngang cực đại (Dmax) của nền có thể đạt 5÷12 cm, vận tốc dịch chuyển ngang cực đại (Vmax) nằm trong khoảng 12÷28 cm/s và gia tốc giao động nền cực đại (Amax) thay đổi từ 120÷280 cm/s².

- Trong điều kiện số liệu động đất quan sát còn kém đầy đủ thì việc kết hợp đồng thời cả hai cách tiếp cận: thống kê và tất định mới sẽ góp phần nâng cao hiệu quả nghiên cứu đánh giá, dự báo độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy.

***Từ khóa:* độ nguy hiểm động đất, lưu vực Sông Cả - Rào Nậy, tiếp cận tất định mới, tiếp cận thống kê.**

Chỉ số phân loại 1.5

Mở đầu

Đánh giá độ nguy hiểm động đất đã được các nhà địa chấn Việt Nam như: Nguyễn Hồng Phương (1997), Nguyễn Đình Xuyên (1998, 2004), Trần Thị Mỹ Thành (2002)... [1-3, 5-12] nghiên cứu khá nhiều. Các nghiên cứu này dựa trên cơ sở tiếp cận thống kê, sử dụng các phương trình tắt dần dao động nền thông dụng như Cornell, Campbell 97... và các phần mềm chuyên dụng CRISISS99, EQRISK để tính và xây dựng bản đồ gia tốc nền với các chu kỳ lặp lại 500, 1.000, 2.500 năm... Trị số gia tốc dao động nền cực đại PGA được tính toán cho lãnh thổ Việt Nam và được thể hiện trên bản đồ tỷ lệ 1:1.000.000. Tuy nhiên, phương trình tắt dần dao động nền mang đậm tính địa phương và phụ thuộc nhiều vào đặc điểm động lực của chấn tiêu động đất, tính chất vùng nguồn và môi trường sóng địa chấn truyền qua nên việc áp dụng công thức nào cho phù hợp với đặc điểm địa chất, cấu trúc vỏ trái đất và địa chấn kiến tạo cho từng khu vực cụ thể là một công việc rất khó khăn. Chính vì thế mà việc áp dụng phương pháp nghiên cứu này khó đưa ra được những kết quả có độ tin cậy cao.

Để khắc phục những hạn chế về hiệu quả của tiếp cận thống kê, chúng tôi đã áp dụng thêm tiếp cận tất định mới và bộ chương trình GNDT để tính toán độ nguy hiểm động đất [13-16]. Tiếp cận tất định mới chú tâm đến một số vấn đề chủ yếu đã bị bỏ qua trong phân tích độ nguy hiểm động đất theo tiếp cận thống kê, cụ thể là tính chất của lớp vỏ trái đất ảnh hưởng đến sự tắt dần dao động như thế nào. Bắt đầu từ những thông tin có sẵn về cấu trúc vỏ trái đất, vùng nguồn và mức độ sinh chấn của khu vực điều tra, có thể ước tính gia tốc nền cực đại (Amax), vận tốc nền cực đại (Vmax) và dịch chuyển nền cực đại (Dmax). Ưu điểm của tiếp cận tất định mới là có thể tính toán độ nguy hiểm động đất ở những vùng thiếu thông tin về động đất.

Trong khuôn khổ bài báo này, các tác giả tiến hành đồng thời hai tiếp cận trong đánh giá độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy: tiếp cận thống kê và tiếp cận tất định mới. Cơ sở phương pháp luận của tiếp cận thống kê được trình bày khá chi tiết trong [1-3], về tiếp cận tất định có thể xem thêm trong [4].

Khu vực nghiên cứu được giới hạn trong khung tọa độ: từ 17°30' đến 19°45' độ vĩ Bắc và từ 103°45' đến 107°00' độ kinh Đông (hình 1). Đây là một phần kết quả của đề tài cấp nhà nước mã số KC.08.11/11-15.

SEISMIC HAZARD ASSESSMENT (SHA) OF SONG CA - RAO NAY VALLEY

Summary

In this paper the authors present some results of seismic hazard prediction of Song Ca - Rao Nay valley according to probabilistic and neo-deterministic approaches. The results have shown that:

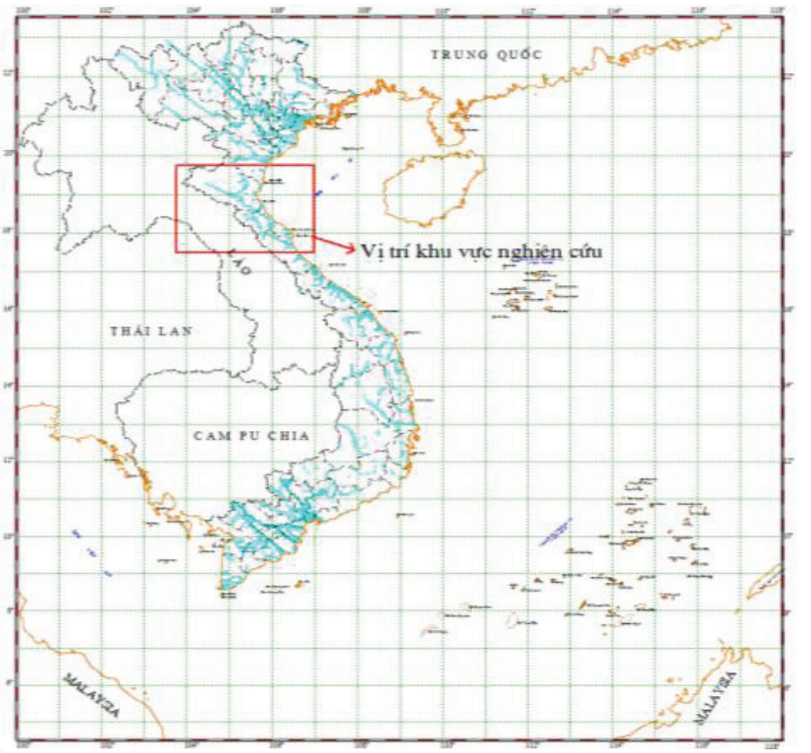
- According to the probabilistic approach, the areas of Tinh Gia (Thanh Hoa province); Thanh Chuong, Nam Đan (Nghe An province); Huong Son (Ha Tinh province) have the largest ground accelerations with respect to the periods of: 50 years (190 cm/s^2), 100 years (220 cm/s^2), 200 years (260 cm/s^2), 500 years (280 cm/s^2), 1,000 years (300 cm/s^2), 5,000 years (380 cm/s^2) and 10,000 years (400 cm/s^2).

- Meantime, the neo-deterministic approach for seismic hazard prediction has shown that the areas of Tuong Duong and Hoa Binh (Nghe An province) have the maximum horizontal ground displacement (Dmax) equal to 5÷12 cm, maximum horizontal velocity (Vmax) in the range of 12÷28 cm/s and maximum ground motion (Amax) ranging from 120÷280 cm/s^2.

- In the case of missing observation earthquake catalogues, the combination of both probabilistic and neo-deterministic approaches allows us to improve the efficiency of seismic hazard assessment and prediction in the Song Ca - Rao Nay valley.

Keywords: ***neo-deterministic approach, probabilistic approach, seismic hazard assessment (SHA), Song Ca - Rao Nay valley.***

Classification number 1.5



Hình 1: sơ đồ vị trí khu vực nghiên cứu

Biểu hiện hoạt động động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Theo tài liệu quan trắc và điều tra trong nhân dân (tư liệu của Viện Vật lý địa cầu) thì trong thế kỷ XX và vào những năm đầu của thế kỷ XXI tại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy không xảy ra động đất có cấp độ mạnh lớn hơn hoặc bằng 5,0. Tuy vậy, tư liệu lịch sử có ghi nhận 5 động đất với M>5,0 vào các năm 1136 (1137?), 1767, 1777 (2 trận) và 1821. Đáng lưu ý nhất là động đất: năm 1136 (1137?) làm cho *nước sông đỏ như máu*; năm 1767 *làm cho núi lở*; và năm 1821 *làm cho nhà dân xiêu đi nhiều*:

- Động đất năm 1136 (1137?) được ghi nhận đã xảy ra tại khu vực Diễn Châu. Các nhà địa chấn Viện Vật lý địa cầu cho rằng trận động đất này có cường độ phá hủy trên bề mặt là cấp VII, song để làm cho nước sông vẩn đỏ thì chắc là động đất phải rất mạnh. Có thể mạnh hơn động đất Tuần Giáo năm 1983, có nghĩa là có thể có cấp độ mạnh trên 6,7?

- Động đất năm 1767 được ghi nhận là tại khu vực Diễn Châu - Quỳnh Lưu với chấn động trên bề mặt đạt cấp VII, song có ghi là làm cho núi ở Thanh Hóa bị lở cho nên có thể đây là một động đất mạnh.

- Theo Nguyễn Đình Xuyên (2004) [11] thì trận động đất năm 1821 có cường độ chấn động I_0 = 8,0 và với cấp độ mạnh M = 6,0.

Danh mục động đất có được cho đến hết năm 2012 (theo tài liệu của Viện Vật lý địa cầu, có bổ sung thêm tài liệu của NOOA, ISC và NEIS) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy được đề cập trong bảng 1.

Bảng 1: danh mục động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy (theo tư liệu Viện Vật lý địa cầu, có bổ sung thêm tài liệu của NOOA, ISC và NEIS)

Năm	Tháng	Ngày	Giờ	Phút	Giây	Vĩ độ	Kinh độ	Độ sâu	M
114	1	1	3	0	0	1750	10660	17	6,0
1137	2	1	5	0	0	1867	10566	10	5,1
1715	3	1	0	0	0	1911	10569	10	4,1
1767	1	1	0	0	0	1911	10569	10	5,1
1821	7	1	0	0	0	1867	10566	17	6,0
1903	7	1	6	0	0	1867	10567	11	5,2
1913	3	1	1	0	0	1842	10575	10	4,5
1920	4	1	18	0	0	1867	10550	12	4,6
1923	4	1	5	0	0	1866	10550	15	4,8
1928	4	1	22	0	0	1842	10575	15	4,2
1930	4	1	12	0	0	1908	10533	12	4,6
1930	10	16	0	0	0	1815	10626	14	3,3
1933	4	1	23	0	0	1900	10557	12	4,3
1938	2	1	9	0	0	1892	10525	12	4,6
1939	5	23	9	32	0	1900	10490	24	49
1942	1	1	18	0	0	1805	10558	8	4,3
1943	7	1	14	0	0	1808	10633	14	4,7
1945	1	1	0	0	0	1822	10666	12	3,2
1946	7	1	18	0	0	1892	10525	16	4,9
1957	1	1	0	0	0	1925	10450	21	5,2
1965	7	2	21	48	0	1860	10540	15	4,1
1966	10	1	23	0	0	1936	10545	17	4,1
1967	1	1	0	0	0	1843	10575	19	4,3
1968	5	16	15	9	0	1730	10550	15	5,0
1975	10	21	23	19	0	1930	10410	33	4,5
1976	1	1	0	0	0	1833	10581	18	3,6
1976	7	12	20	29	0	1833	10510	11	3,4
1976	7	13	22	0	0	1861	10635	10	3,7
1976	9	9	17	55	0	1928	10446	5	3,1
1976	10	23	2	0	0	1824	10540	5	3,6
1977	3	19	18	28	0	1889	10530	7	3,6
1977	4	13	0	8	0	1864	10455	19	4,0
1977	9	10	11	11	0	1800	10650	25	3,2
1977	10	1	5	55	0	1925	10355	20	4,0
1978	5	3	22	1	0	1900	10637		3,2
1979	4	11	8	0	0	1940	10440	10	3,4
1979	8	5	21	29	0	1849	10587	18	3,6
1981	1	23	8	9	0	1909	10360	5	3,6
1982	12	18	15	56	0	1830	10470	33	4,5
1982	5	4	4	59	0	1940	10700	15	3,6
1984	1	10	16	57	0	1816	10411	5	3,5
1985	8	19	16	31	0	1750	10480	33	4,2
1985	10	18	8	37	0	1801	10482	21	4,6
1986	4	17	1	42	0	1820	10490	33	3,9
1988	8	30	14	26	0	1825	10619	14	3,8
1990	5	6	15	32	0	1857	10445		3,1
1991	6	28	14	39	0	1820	10478	3	3,2
1991	7	8	1	35	0	1823	10487	19	3,4
1995	8	4	17	31	0	1813	10582		3,5
1996	4	18	2	56	0	1799	10569	13	3,1
1999	8	22	16	22	0	1767	10512	5	3,9
2000	4	14	11	12	0	1874	10478	1	4,2
2002	1	25	12	6	0	1841	10610		3,5
2003	2	21	15	44	0	1943	10406		3,3
2004	1	15	12	34	0	1822	10628	16	3,3
2004	9	12	20	30	0	1893	10410		3,0
2004	10	7	18	20	0	1850	10533	10	3,1
2005	1	7	14	25	0	1902	10532	6	4,7
2005	1	7	14	25	0	1902	10532	6	4,7
2005	1	8	4	26	0	1907	10562	10	3
2005	1	12	16	0	0	1910	10539	13	4,6
2005	1	12	16	0	0	1910	10539	13	4,6
2005	1	12	16	0	0	1909	10538	7	4,6
2005	1	13	6	1	0	1912	10568	16	3,1
2005	1	17	17	42	0	1915	10526		3,2
2005	1	26	4	32	0	1820	10427	17	3,7
2006	2	26	16	12	0	1942	10369	10	3,5
2012	9	29	12	57	0	1941	10507	17	3,3
2012	9	29	15	46	0	1936	10515	17	3,2
2012	11	30	9	40	20	1865	10481	10	4,1

Đánh giá độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận thống kê

Đánh giá độ nguy hiểm động đất trên cơ sở tiếp cận thống kê tại một điểm là xác suất xảy ra chấn động cường độ I tại điểm đó trong một khoảng thời gian xác định. Khoảng thời gian xác định ở đây phụ thuộc vào từng yêu cầu cụ thể của bài toán (có thể là 10, 20, 50 hay 10.000 năm). Trong đánh giá độ nguy hiểm động đất phục vụ thiết kế công trình thì: đối với động đất cơ sở vận hành (Operating Basic Earthquake - OBE), thời gian lựa chọn thường là 475 năm, tương ứng với mức xác suất vượt quá 10% trong 50 năm; đối với động đất cực đại tin cậy là 145 năm, mức xác suất vượt quá 50% trong 50 năm.

Quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất trên cơ sở tiếp cận thống kê được tiến hành theo các bước sau [1-3, 5, 12]:

Bước 1: dựa trên các số liệu địa chất, kiến tạo, địa vật lý, hoạt động động đất để xác định các vùng nguồn phát sinh động đất.

Bước 2: xác định đặc trưng của mỗi vùng nguồn thông qua các giá trị như magnitude cực đại (Mmax), giá trị b trong hàm Guntenber-richter, tốc độ hoạt động động đất.

Bước 3: đánh giá tác động của động đất thông qua các quy luật lan truyền chấn động.

Bước 4: tính toán độ nguy hiểm động đất với các thông số của những vùng nguồn trong khu vực nghiên cứu.

Trong bước 2, có 2 mô hình địa chấn được sử dụng trong đánh giá xác suất là mô hình nổi tiếng Poisson và mô hình đặc trưng địa chấn. Trong mô hình Poisson, quy luật xuất hiện động đất tuân theo quy luật phân bố Poisson; còn trong mô hình đặc trưng địa chấn, quy luật xuất hiện động đất tuân theo quy luật Gause. Theo các kết quả nghiên cứu thống kê quy luật xuất hiện động đất khu vực có tính địa chấn vừa và nhỏ thì phân bố Poisson bao quát được hiện tượng xuất hiện động đất. Trong khi đó, với khu vực có tính địa chấn cao, có các trận động đất mạnh đã từng xảy ra, thì

quy luật Gause bao quát được hiện tượng động đất. Như vậy, việc lựa chọn mô hình địa chấn phụ thuộc vào từng điều kiện cụ thể của khu vực nghiên cứu [1-3].

Trong bước 3, đặc trưng địa chất của khu vực nghiên cứu được đưa vào trong đánh giá độ nguy hiểm động đất thông qua các hàm tắt dần dao động theo magnitude và khoảng cách tới các vùng nguồn. Phương trình tắt dần dao động nền theo khoảng cách được lựa chọn sao cho phù hợp với đặc trưng của khu vực nghiên cứu. Tại các vùng có tính địa chấn cao, tính đầy đủ của các băng ghi địa chấn, các phương trình tắt dần dao động được xây dựng. Trong các phương trình này, thông số nền đất, đặc trưng vùng nguồn (cấu trúc địa chất, hướng cắm đứt gẫy), độ lớn magnitude và khoảng cách từ vùng nguồn tới điểm khảo sát được đưa vào. Đối với khu vực có tính đầy đủ của băng ghi địa chấn thấp, người ta sử dụng phương trình tắt dần dao động của những vùng với nguyên tắc lựa chọn theo phương pháp tương đồng địa chấn (tương tự địa chấn). Những phương trình tắt dần dao động nổi tiếng trên thế giới có thể kể đến như [1-3]: *Phương trình Cornell, Công thức Boore, Joyner và Fumal, Công thức Campbell.* Campbell là một trong những công thức mới nhất và chi tiết nhất có kể đến động đất xảy trên đứt gẫy loại nào? (đứt gãy trượt bằng, thuận, nghịch) và với điều kiện nền đất như: đá, đá mềm.

Trong bước 4, độ nguy hiểm động đất tại vùng nguồn i được tính với sự ảnh hưởng của tất cả vùng nguồn j [1-3]. Vùng nguồn trong đánh giá độ nguy hiểm động đất có thể là nguồn diện, nguồn đường hay nguồn điểm. *Nguồn diện* là những vùng đa giác hình học đơn giản hoặc phức tạp. Có thể đưa vào ở dạng kết hợp với toạ độ địa lý (kinh độ và vĩ độ) và độ sâu của mỗi điểm đa giác. Đặc điểm của nguồn địa chấn này cho phép làm việc với những vùng nguồn có độ sâu thay đổi (rất có ích khi mô hình hoá những vùng nguồn liên quan đến đới hút chìm). *Nguồn đường* là vùng nguồn được mô hình hóa như một đường. Dùng chức năng này cho đứt gãy, người ta luôn kết hợp được tại mỗi điểm tọa độ địa lý và độ sâu. *Nguồn điểm* là vùng nguồn được mô hình hoá như một điểm xác định bởi toạ độ địa lý và độ sâu.

Độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận thống kê

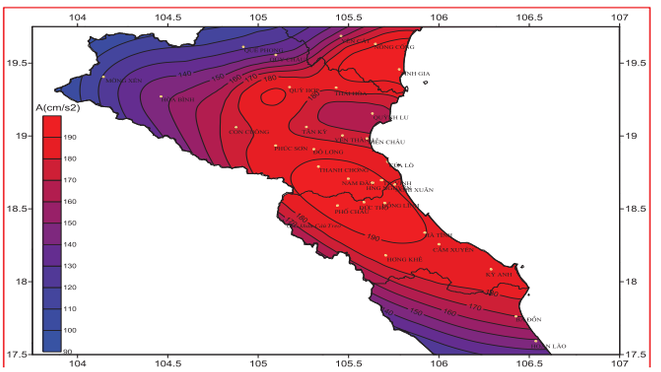
Dựa vào bản đồ vùng nguồn phát sinh động đất và các thông số đã được xác định (Cao Đình Triều và nnk, 2013) [8], chúng tôi đã tiến hành tính toán gia tốc dao động nền tương ứng với các chu kỳ lặp lại động đất: 50 năm, 100 năm, 200 năm, 500 năm, 1.000 năm, 5.000 năm và 10.000 năm. Từ danh mục động đất, xác định được đồ thị lặp lại động đất khu vực nghiên cứu. Tốc độ hoạt động động đất được xác định dựa trên số trận động đất có M > Mo chia cho số năm thu thập số liệu của vùng nghiên cứu. Tốc độ hoạt động động đất trung bình cho khu vực nghiên cứu là ν = 0,2.

$$Log\frac{N(M)}{T} = 3{,}2409 - 0{,}5224M \qquad (1)$$

Quan sát dao động mạnh ở Việt Nam mới chỉ bắt đầu được tiến hành từ năm 2000 và mới chỉ thu thập được số liệu dao động từ trận động đất Điện Biên M=5,3 năm 2001. Tính toán độ nguy hiểm động đất cần chọn quan hệ tắt dần chấn động phù hợp. Trong bài báo này, chúng tôi lựa chọn mô hình tắt dần chấn động của Vân Nam (Trung Quốc) do sự tương đồng về hoàn cảnh địa lý cũng như kiến tạo. Công thức Xiang Janguang & Gao Dong (1994) cho vùng Vân Nam (Trung Quốc) được xây dựng trên tập hợp số liệu dao động nền của động đất vùng Vân Nam và một số số liệu của động đất mạnh ở Trung Quốc như Đường Sơn, Hải Thành. Phương trình có dạng:

$$A(\mathrm{cm/s^2}) = 1291{,}07e^{0{,}5257M_S}(R+15)^{-1{,}5785} \qquad (2)$$

Kết quả đánh giá độ nguy hiểm động đất khu vực Sông Cả - Rào Nậy theo các chu kỳ lặp lại khác nhau của động đất được trình bày đại diện trong các hình 2 đến 5:

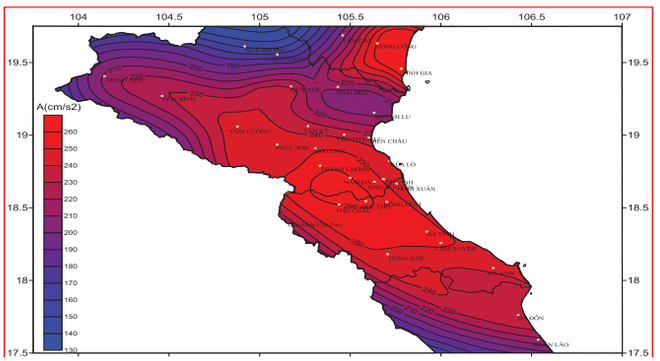


Hình 2: gia tốc dao động nền (PGA) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại 50 năm

- Đối với chu kỳ lặp lại động đất 50 năm (hình 2), gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy biến đổi trong giới hạn từ 90 cm/s^2 đến trên 190 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích vùng tây bắc Nghệ An giáp ranh với đường biên giới Việt - Lào và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=90 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=190 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện

tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Quỳ Hợp, Tân Kỳ, Đô Lương, Nam Đàn, Nghi Lộc và TP Vinh (Nghệ An); Hương Sơn, Hương Khê, Thạch Hà, Cẩm Xuyên và TP Hà Tĩnh (Hà Tĩnh).

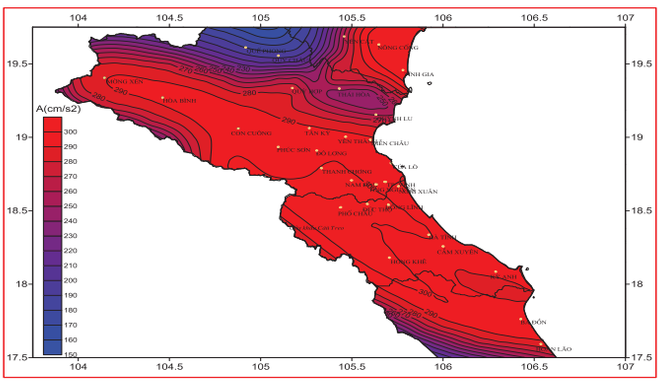
- Với chu kỳ lặp lại động đất 100 năm, gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy biến đổi trong giới hạn từ 120 cm/s^2 đến trên 220 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích vùng tây bắc Nghệ An giáp ranh với đường biên giới Việt - Lào và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=120 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=220 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Đô Lương, Nam Đàn, Nghi Lộc và TP Vinh (Nghệ An); Hương Sơn, Hương Khê (Hà Tĩnh).



Hình 3: gia tốc dao động nền (PGA) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại 200 năm

- Gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại động đất 200 năm (hình 3) có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 130 cm/s^2 đến trên 260 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích vùng tây bắc Nghệ An giáp ranh với đường biên giới Việt - Lào và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=130 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=260 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn (Nghệ An); Hương Sơn (Hà Tĩnh).

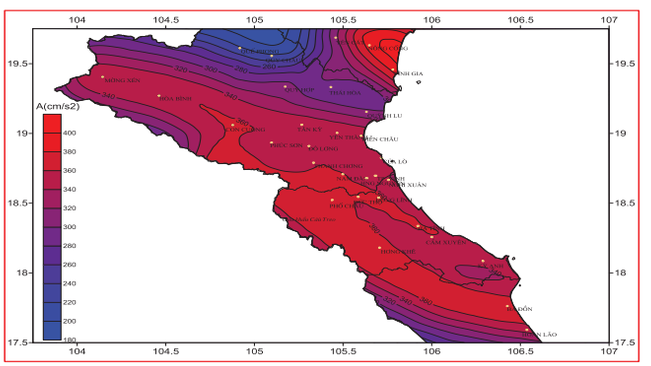
- Gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại động đất 500 năm có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 140 cm/s^2 đến trên 280 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích vùng tây bắc Nghệ An giáp ranh với đường biên giới Việt - Lào và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=140 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=280 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Tân Kỳ, Thanh Chương, Đô Lương, Nam Đàn, Nghi Lộc, TP Vinh (Nghệ An); Hương Sơn, Đức Thọ, Vũ Quang, Thạch Hà, TP Hà Tĩnh (Hà Tĩnh).



Hình 4: gia tốc dao động nền (PGA) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại 1.000 năm

- Gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại động đất 1.000 năm (hình 4) có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 150 cm/s^2 đến trên 300 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích huyện Quế Phong và Quỳ Châu (Nghệ An) và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=150 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=300 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn, Hưng Nguyên (Nghệ An); Hương Sơn, Vũ Quang, Hương Khê (Hà Tĩnh).

- Gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại động đất 5.000 năm có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 180 cm/s^2 đến trên 380 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích huyện Quế Phong và Quỳ Châu (Nghệ An) và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=180 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=380 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn, Hưng Nguyên (Nghệ An); Hương Sơn, Vũ Quang, Hương Khê (Hà Tĩnh).



Hình 5: gia tốc dao động nền (PGA) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại 10.000 năm

- Gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại động đất 10.000 năm (hình 5) có giá trị biến đổi trong giới hạn từ 180 cm/s^2 đến

trên 400 cm/s^2. Giá trị gia tốc thấp nhất bao trùm toàn bộ diện tích huyện Quế Phong và Quỳ Châu (Nghệ An) và phần diện tích thuộc tỉnh Quảng Bình (PGA=180 cm/s^2). Giá trị cực đại gia tốc dao động nền (PGA=400 cm/s^2) bao trùm phần lớn diện tích của các huyện và thành phố: Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn, Hưng Nguyên (Nghệ An); Hương Sơn, Vũ Quang, Hương Khê (Hà Tĩnh).

Tiếp cận tất định mới trong nghiên cứu dự báo độ nguy hiểm động đất

Đánh giá độ nguy hiểm động đất trên cơ sở tiếp cận tất định mới tại một điểm là xác định cường độ I tại điểm đó theo kịch bản động đất lớn nhất có nguy cơ xảy ra trong vùng nghiên cứu. Cường độ chấn động (I) ở đây là: gia tốc dao động nền (A); vận tốc dao động nền (V); hoặc dịch chuyển nền (D). Quy trình đánh giá độ nguy hiểm động đất theo tiếp cận tất định mới bao gồm các bước thực hiện cơ bản sau [4-10, 13-16]:

Bước 1: xác định vùng nguồn phát sinh động đất với các tham số về cơ cấu chấn tiêu vùng nguồn, đánh giá cực đại động đất có thể xảy ra tại mỗi vùng nguồn.

Bước 2: xác định các đới cấu trúc và các tham số về mật độ cũng như vận tốc sóng địa chấn tại các lớp của mỗi vùng.

Bước 3: xác định quy luật tắt dần chấn động.

Bước 4: tính toán độ nguy hiểm động đất.

Tiếp cận tất định mới trong phân chia vùng nguồn

Bắt đầu từ những thông tin có sẵn về địa chấn kiến tạo, địa động lực (các đứt gãy hoạt động hay các vùng có độ hoạt động động đất tích cực), vùng nguồn được xác định như sau [4]:

- Xác lập các hệ thống đứt gãy khu vực nghiên cứu trên cơ sở tổ hợp tài liệu địa chất, địa vật lý và các kết quả nghiên cứu về đặc trưng cấu trúc vỏ trái đất.

- Xác lập các đứt gãy hoạt động trên cơ sở biểu hiện hoạt động theo tài liệu địa chất, địa vật lý.

- Xác định nguồn phát sinh động đất trên cơ sở biểu hiện hoạt động động đất gắn liền với các đứt gãy hoạt động.

- Các nguồn phát sinh động đất có đặc trưng chung nhất về cơ cấu chấn tiêu, đặc điểm cấu trúc, địa động lực, đặc điểm biến dạng được gộp lại thành một vùng nguồn. Ranh giới của vùng nguồn là đường biên trùng với giải có độ hoạt động địa chấn thấp nhất. Ranh giới của các vùng nguồn không được chồng lên nhau.

- Xác định cơ cấu chấn tiêu và cực đại động đất có thể xảy ra tại mỗi vùng nguồn.

Xác định các đới cấu trúc chính trong khu vực nghiên cứu

Từ những thông tin về cấu trúc vỏ trái đất, bản đồ địa chất cũng như bản đồ mặt ranh giới cơ bản cho phép chúng ta xác định được các đới cấu trúc với các tham số về mật độ cũng như vận tốc truyền sóng tại các lớp của mỗi đới cấu trúc. Các đới cấu trúc cũng phải phủ kín khu vực nghiên cứu và ranh giới của các đới không được chồng lên nhau [4].

Xác định quy luật tắt dần chấn động

Quá trình này được thực hiện nhờ áp dụng các quy luật tắt dần chấn động theo khoảng cách, được rút ra từ những kết quả thực nghiệm. Kết quả nhận được là giá trị của các tham số rung động nền tại mỗi điểm tính, được xác định như hàm magnitude động đất cực đại M và khoảng cách R từ nguồn đến điểm tính [4, 13-16].

Tính toán độ nguy hiểm động đất

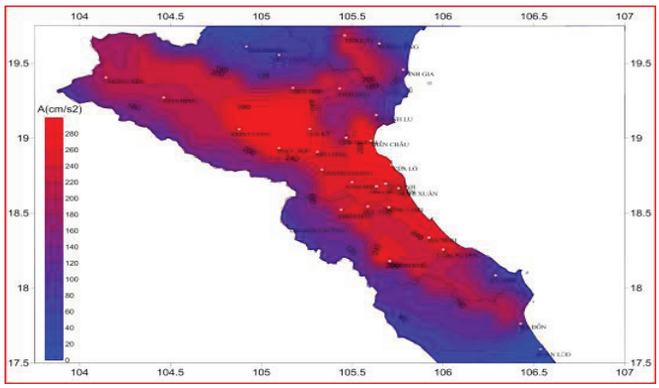
Tính toán độ nguy hiểm động đất áp dụng phương pháp cộng phương thức (modal summation viết tắt là MS) [13-16], phương pháp này cho phép đánh giá phản ứng rung động nền có xét đến các yếu tố quan trọng là đặc trưng nguồn chấn động, sự lan truyền sóng địa chấn và các điều kiện địa chất, địa kỹ thuật của môi trường.

Các tham số đầu vào là đặc trưng vùng nguồn phát sinh động đất và đặc điểm cấu trúc địa chất khu vực nghiên cứu. Mô hình cấu trúc khu vực được xác định như là một tập hợp các lớp nằm ngang, mỗi lớp được xác định với các tham số về mật độ, bề dày, vận tốc sóng P và sóng S. Và từ những hiểu biết về sự lan truyền sóng có thể mô phỏng quá trình phát sinh và lan truyền sóng từ nguồn địa chấn đến các điểm quan sát.

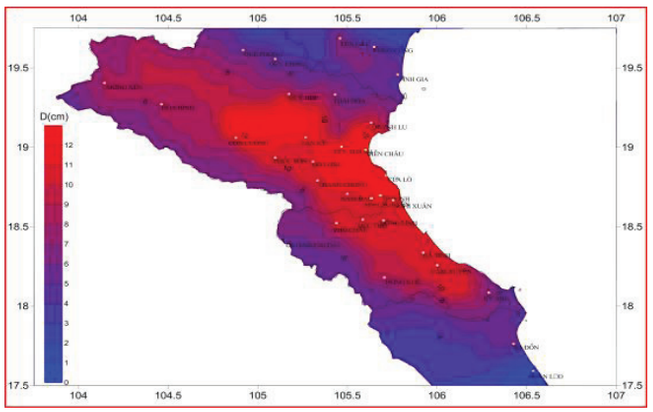
Kết quả dự báo độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy theo tiếp cận tất định mới

Bộ chương trình GNDT được sử dụng trong tính toán độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy. Kết quả xác định độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy theo tiếp cận tất định mới (hình 6 đến hình 8) cho thấy: dịch chuyển ngang cực đại (Dmax) có thể đạt từ 8÷12 cm tại khu vực Tương Dương, Hòa Bình (Nghệ An); tương ứng tại các khu vực này vận tốc cực đại nằm ngang (Vmax) thay đổi từ 20÷28 cm/s và gia tốc dao động nền cực đại

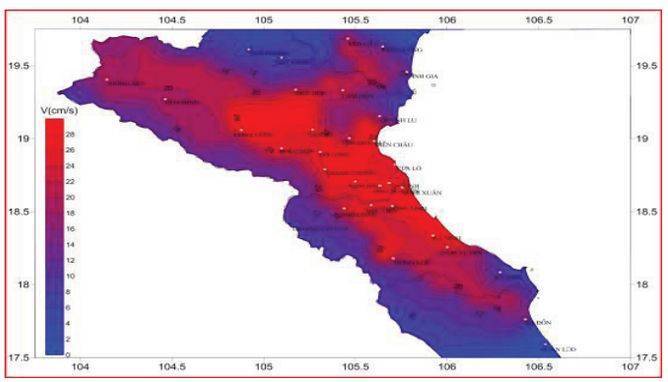
(Amax) thay đổi từ 220÷280 cm/s^2. Tương đương với cường độ chấn động từ cấp VIII đến IX theo thang chia cường độ chấn động MSK-64.



Hình 6: dự báo gia tốc nền cực đại (Amax) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận tất định mới [4]



Hình 7: dự báo giá trị dịch chuyển nằm ngang (Dmax) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận tất định mới [4]



Hình 8: dự báo vận tốc dịch chuyển nền cực đại (Vmax) lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận tất định mới [4]

Thảo luận kết quả chung của hai cách tiếp cận trong đánh giá độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy

Trên cơ sở kết quả nghiên cứu đánh giá độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy theo hai tiếp cận khác nhau (thống kê và tất định mới) cho thấy sự khác biệt đáng kể về khu vực có độ nguy hiểm động đất lớn nhất. Chẳng hạn:

- *Theo tiếp cận thống kê ta thấy:* khu vực Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn (Nghệ An); Hương Sơn (Hà Tĩnh) là nơi có gia tốc dao động nền lớn nhất đối với các chu kỳ lặp lại động đất khác nhau.

- *Trên cơ sở tiếp cận tất định mới cho thấy:* khu vực Tương Dương và Hòa Bình (Nghệ An) là nơi được dự báo có biểu hiện nguy hiểm động đất lớn nhất.

Sự khác biệt về kết quả tính toán có thể lý giải như sau:

1. Số liệu động đất có được tại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy còn kém đầy đủ. Các trận động đất lịch sử và điều tra trong nhân dân có cấp độ mạnh lớn nhất chủ yếu tập trung dọc ven biển. Với sự phân bố mạng trạm địa chấn thưa thớt (chỉ có một trạm Vinh được xây dựng năm 1990), số liệu động đất quan sát được còn kém đầy đủ. Đây là những yếu tố tác động lớn đến kết quả của tiếp cận thống kê, một tiếp cận đòi hỏi số liệu động đất đầy đủ và phân bố tốt cả về không gian lẫn thời gian.

2. Tiếp cận tất định mới có ưu thế lớn là khắc phục được những yếu kém về số liệu [13-16]. Vì vậy, trong điều kiện số liệu kém đầy đủ như tại lưu vực Sông Cả - Rào Nậy và với việc nghiên cứu đứt gãy hoạt động có độ tin tưởng cao thì tiếp cận tất định mới sẽ cho ta khả năng dự báo độ nguy hiểm động đất có hiệu quả cao hơn.

Từ những hạn chế của tiếp cận thống kê và cũng nhằm góp phần nâng cao hiệu quả trong nghiên cứu đánh giá, dự báo độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy thì việc áp dụng tiếp cận tất định mới là một hướng nghiên cứu hợp lý. Các kết quả nghiên cứu này cho thấy, tiếp cận tất định mới phần nào đã khắc phục được sự thiếu hụt và đặc điểm không liên tục của số liệu động đất.

Kết luận

- Gia tốc dao động nền lưu vực Sông Cả - Rào Nậy với chu kỳ lặp lại động đất 50 năm nằm trong giới hạn 90÷190 cm/s^2; 100 năm: 120÷220 cm/s^2; 200 năm: 130÷260 cm/s^2; 500 năm: 140÷280 cm/s^2; 1.000 năm: 150 đến trên 300 cm/s^2; 5.000 năm: 180 đến trên 380 cm/s^2 và 10.000: 180÷400 cm/s^2. Khu vực Tĩnh Gia (Thanh Hóa); Thanh Chương, Nam Đàn (Nghệ An); Hương Sơn (Hà Tĩnh) là nơi có gia tốc dao động nền lớn nhất đối với các chu kỳ lặp lại động đất: 50 năm (190 cm/s^2); 100 năm (220 cm/s^2);

200 năm (260 cm/s^2); 500 năm (280 cm/s^2); 1.000 năm (300 cm/s^2); 5.000 năm (380 cm/s^2) và 10.000 năm (400 cm/s^2).

- Trên cơ sở tiếp cận tất định mới cho thấy khu vực Tương Dương và Hòa Bình (Nghệ An) là nơi được dự báo có biểu hiện nguy hiểm động đất lớn nhất. Tại đây, giá trị dịch chuyển ngang cực đại (Dmax) của nền có thể đạt 5÷12 cm, vận tốc dịch chuyển ngang cực đại (Vmax) nằm trong khoảng 12÷28 cm/s và gia tốc giao động nền cực đại (Amax) thay đổi từ 120÷280 cm/s^2. Các giá trị này tương đương với cường độ chấn động từ cấp VII đến IX theo thang chia cường độ chấn động MSK-64.

- Trong điều kiện số liệu động đất quan sát còn kém đầy đủ thì việc kết hợp đồng thời cả hai tiếp cận: thống kế và tất định mới sẽ góp phần nâng cao hiệu quả nghiên cứu đánh giá, dự báo độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy.

Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Hồng Phương (1993), "Đánh giá xác suất độ nguy hiểm động đất cho lãnh thổ Việt Nam", *Luận án tiến sỹ,* Viện Vật lý trái đất, Viện Hàn lâm Khoa học Liên bang Nga, Matxcơva.

[2] Nguyễn Hồng Phương (2004), "Bản đồ độ nguy hiểm động đất Việt Nam và biển Đông", *Tạp chí Các khoa học về trái đất,* Hà Nội, **26(2)**, tr. 97-111.

[3] Nguyễn Hồng Phương (2008), "Những tiến bộ trong phương pháp luận đánh giá độ nguy hiểm động đất ở Việt Nam", *Tuyển tập các công trình nghiên cứu Vật lý địa cầu 2008,* Hà Nội, tr. 70-86.

[4] Thái Anh Tuấn, Nguyễn Đức Vinh (2013), "Dự báo độ nguy hiểm động đất lưu vực Sông Cả - Rào Nậy trên cơ sở tiếp cận tất định mới", *Tạp chí Khoa học và công nghệ biển,* **tập 13, số 3A,** Hà Nội, tr. 9-16.

[5] Trần Thị Mỹ Thành (2002), "Đánh giá độ nguy hiểm động đất lãnh thổ Việt Nam và lân cận", *Luận án tiến sỹ.*

[6] Cao Đình Triều (2010), "Tai biến động đất ở Việt Nam", *Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật,* Hà Nội, 304 trang.

[7] Cao Đình Triều, Đặng Thanh Hải, Mai Xuân Bách, Ngô Gia Thắng (2003), "Các đới đứt gãy hoạt động ở phần phía Bắc lãnh thổ Việt Nam", *Tạp chí Địa chất,* **loạt A, số 279 (11-12)**, Hà Nội, tr.8-19.

[8] Cao Đình Triều, Franko V, Nguyễn Hữu Tuyên, Nguyễn Thế Hùng (2009), "Nghiên cứu tai biến động đất ở Việt Nam trên cơ sở phương pháp tất định mới", *Tạp chí Địa chất,* **loạt A, số 314 (9-10)**, Hà Nội, tr.56-62.

[9] Cao Đình Triều, Lê Văn Dũng, Bùi Anh Nam, Cao Đình Trọng, Mai Thị Hồng Thắm (2013), "Một số nét về đặc điểm địa chấn kiến tạo lưu vực Sông Cả - Rào Nậy", *Tạp chí Khoa học và công nghệ biển,* **số 3A, tập 13**, Hà Nội, tr.183-191.

[10] Thái Anh Tuấn, Lê Văn Dũng, Mai Xuân Bách (2011), "Đánh giá độ nguy hiểm động đất khu vực thành phố Hà Nội và lân cận trên cơ sở thuật toán tất định mới", *Tạp chí Các khoa học về trái đất,* **33/2: 200-208**, Hà Nội.

[11] Thái Anh Tuấn, Nguyễn Đức Vinh (2012), "Tính toán băng địa chấn tổng hợp phục vụ vi phân vùng động đất Hà Nội cũ", *Tạp chí Địa chất,* **loạt A, số 331-332, 5-8/2012**, Hà Nội, tr.69-79.

[12] Nguyễn Đình Xuyên (chủ nhiệm) (2004), "Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền ở Việt Nam", *Đề tài độc lập cấp nhà nước.*

[13] Fäh D, Suhadolc P, Mueller and Panza G.F (1994)**, "**A hybrid method for the estimation of ground motion in sedimentary basins; quantative modelling for Mexico City", *Bull Seism. Soc. Am.,* **84**: 383-399.

[14] Giuliano F. Panza (1985), "Synthetic seismogrames: The Rayleigh waves modal summation", *J. Geophysics* **58**, 125-145.

[15] Giuliano F. Panza, Fabio Romanelli, Franco Vaccari (2000), "Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: theory and applications to seismic zonation", *Trieste,* pp. 122.

[16] University of Trieste (2004), *GNDT Deterministic Seismic Zoning Reference Guide (version 0.5.4). University of Trieste,* pp.68.