

# ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT KHU VỰC TÂY BẮC BỘ VÀ CÁC VÙNG KẾ CẬN

CAO ĐÌNH TRIỀU, LÊ VĂN DŨNG, THÁI ANH TUẤN

Viện Vật lý Địa cầu, Viện KH&CN Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội;

**Tóm tắt:** Trong công trình này, các tác giả bước đầu đã ứng dụng phương pháp tất định mới để nghiên cứu tai biến động đất ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận. Kết quả cho thấy:

1. Chấn cấp của động đất lớn nhất đã xảy ra có  $M_{max} = 6,5-7,0$  tại đới Sông Mã và Sơn La - Sông Đà. Tại các đới còn lại có giá trị tương ứng là: Sông Hồng ( $M_{max} = 5,0-5,5$ ); Mường Tè ( $M_{max} = 5,5-6,0$ ); Lai Châu - Điện Biên ( $M_{max} = 5,5-6,0$ ) và Sông Cả ( $M_{max} = 6,0-6,5$ ).

2. Giá trị dịch chuyển nền ( $D_{max}$ ) lớn hơn 18 cm bao phủ các vùng thuộc tỉnh Sơn La, tại Ninh Bình và Hà Nam là 16 cm, và các vùng còn lại nằm trong khoảng từ 2 đến 16 cm. Vận tốc ( $V_{max}$ ) đạt giá trị cực đại lớn hơn 11,0 cm/s tại tỉnh Sơn La, còn vùng phía đông tỉnh Điện Biên, vùng trung tâm tỉnh Lai Châu và các tỉnh Ninh Bình, Hà Nam là 6,0-11,0 cm/s.

4. Toàn bộ diện tích các tỉnh Sơn La, Ninh Bình, Hà Nam và thành phố Vinh (Nghệ An) là nơi có độ nguy hiểm động đất lớn nhất Tây Bắc Bộ và các vùng lân cận. Gia tốc ( $A$ ), gia tốc dao động thiết kế tương ứng với các nền loại A, B và C đều đạt giá trị lớn nhất và tương ứng là:  $A > 0,2$  g; DGA cho nền loại A lớn hơn 0,3 g; DGA cho nền loại B có giá trị lớn hơn 0,2 g và DGA cho nền loại C lớn hơn 0,15 g.

## I. MỞ ĐẦU

Các nhà địa chấn Việt Nam đều cho rằng Tây Bắc Bộ là nơi có biểu hiện hoạt động động đất mạnh nhất ở nước ta [1-9, 11, 12]. Hai trận động đất lớn xảy ra trong thế kỷ XX: Điện Biên 1935M6,8 và Tuần Giáo 1983M6,7 là minh chứng hùng hồn khẳng định điều đó.

Cũng đã có một số công trình khoa học nghiên cứu về nguy hiểm động đất khu vực Tây Bắc Bộ [1-4, 9], song chủ yếu dựa trên cơ sở bài toán thống kê động đất. Phương pháp này được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu động đất từ những năm đầu thập niên 80 của thế kỷ XX, sau khi mạng lưới quan trắc động đất toàn cầu đã phát triển mạnh mẽ. Hạn chế lớn nhất theo định hướng phân tích thống kê là khoảng thời gian chuỗi số liệu không đủ lớn. Với danh mục động đất ít đầy đủ như ở Việt Nam, phương pháp thống kê có thể sẽ đưa ra những kết quả có độ tin cậy không cao. Trong khi đó, các số liệu ghi chép về động đất trong tư liệu lịch sử cũng chưa được các nhà địa chấn sử dụng trong nghiên cứu độ nguy hiểm động đất.

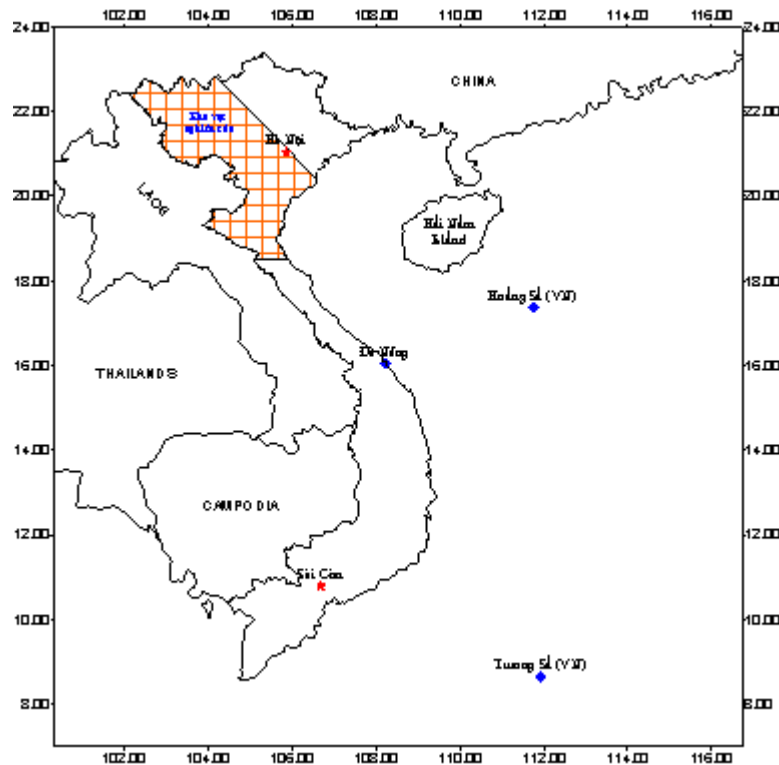
Nhằm khắc phục những hạn chế về hiệu quả của bài toán thống kê, chúng tôi đã thử nghiệm áp dụng phương pháp tất định mới trong đánh giá nguy hiểm động đất ở Việt Nam [5-7]. Các kết quả nghiên cứu này cho thấy bài toán tất định mới phần nào đã khắc phục được sự thiếu hụt và đặc điểm không liên tục của số liệu động đất ở nước ta.

Trong khuôn khổ công trình này các tác giả nghiên cứu độ nguy hiểm động đất khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận trên cơ sở phương pháp tất định mới. Đây là kết quả của nhiệm vụ hợp tác khoa học và công nghệ giữa Việt Nam và Italia. Tài liệu động đất sử dụng gồm có: Danh mục

động đất Viện Vật lý Địa cầu đến hết năm 2009, có cập nhật số liệu quốc tế và số liệu động đất lịch sử [9, 11]. Các thông số:  $M_{max}$ ,  $A_{max}$ ,  $V_{max}$ ,  $D_{max}$  lần đầu tiên được xác định cho khu vực nghiên cứu bằng phương pháp tất định mới.

Quy trình đánh giá nguy hiểm động đất Tây Bắc Bộ được tiến hành theo tuần tự 4 bước sau [5, 6]:

- *Bước 1:* Xác định vùng nguồn phát sinh động đất;
- *Bước 2:* Xác định giá trị cực đại động đất có thể xảy ra tại các nguồn phát sinh;
- *Bước 3:* Thiết lập đặc trưng dao động nền theo các hàm tắt dần chấn động (attenuation relations);
- *Bước 4:* Xác định gia tốc dao động nền, gia tốc dao động nền thiết kế cho các loại nền đất: A, B và C.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu trong tổng thể lãnh thổ Việt Nam.

## II. CÁC ĐỚI PHÁT SINH ĐỘNG ĐẤT CHỦ YẾU KHU VỰC TÂY BẮC BỘ VÀ CÁC VÙNG KÉ CẬN

Việc xác định các đới phát sinh động đất khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận được tiến hành tuần tự theo các bước sau [5, 6]:

1. Thiết 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, trong đó có đề cập đến bất đồng nhất vận tốc truyền sóng;

2. Xác lập các đới đứt gãy hoạt động trên cơ sở các dấu hiệu biểu hiện hoạt động theo tài liệu địa chất, địa vật lý và các tai biến địa chất đã xảy ra;

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

4. Liên kết nguồn có đặc trưng cấu trúc - địa động lực tương tự thành một đới phát sinh động đất. Đới phát sinh động đất có phạm vi bao phủ toàn bộ diện tích một (hay nhiều) hệ thống đứt gãy, trong đó đã xác định được sự tồn tại một hay nhiều vùng nguồn và có biểu hiện đặc trưng cấu trúc - địa động lực tương đồng.

Theo các nguyên lý trên, 6 đới phát sinh động đất chính khu vực nghiên cứu được xác định gồm (Hình 2):

**1. Đới Mường Tè:** Động đất có chấn cấp lớn nhất đã xảy ra đạt  $M = 5,3$ . Tài liệu lịch sử không thấy ghi nhận gì về động đất đã xảy ra trong đới này.

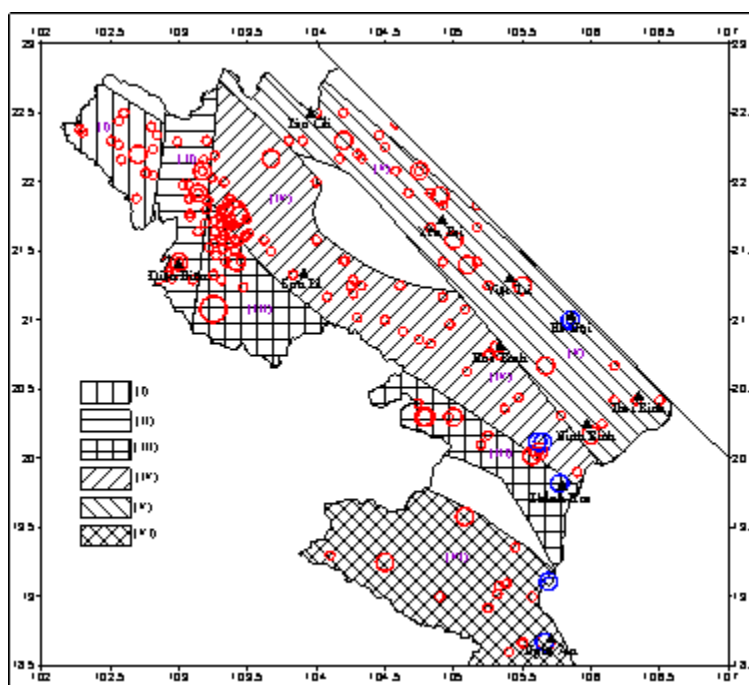
**2. Đới Lai Châu - Điện Biên:** Động đất có chấn cấp lớn nhất đã xảy ra đạt  $M = 5,6$ . Cũng tương tự như đới Mường Tè, trong phạm vi đới này cũng không thấy các ghi chép lịch sử về động đất đã xảy ra.

**3. Đới Sông Mã:** Động đất có chấn cấp lớn nhất đã xảy ra đạt  $M = 6,8$ . Đây là trận động đất năm 1935, xảy ra tại vùng Điện Biên Đông hiện nay.

**4. Đới Sơn La - Sông Đà:** Động đất có chấn cấp lớn nhất đã xảy ra đạt  $M = 6,7$  (động đất Tuần Giáo năm 1983 có  $M = 6,7$ ). Theo tư liệu lịch sử thì năm 1635 tại vùng Nho Quan (Ninh Bình) đã xảy ra động đất có cường độ chấn động cấp VIII.

**5. Đới Sông Hồng:** Động đất có chấn cấp lớn nhất đã xảy ra đạt  $M = 5,3$ . Đây là hai động đất Lục Yên năm 1953 và 1954 có cùng đường đẳng chấn. Theo tư liệu lịch sử thì năm 1278 và năm 1285 đã xảy ra động đất có cường độ chấn động được đánh giá là cấp VIII đã xảy ra tại Hà Nội.

**6. Đới Sông Cả:** Động đất có chấn cấp lớn nhất đã quan sát được đạt  $M = 5,2$ . Trong khi đó, theo tư liệu lịch sử thì tại Nghệ An năm 1137 và 1767 đã xảy ra động đất có cường độ chấn động cấp VII.



Hình 2. Các đới phát sinh động đất ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận.  
(I- Đới Mường Tè; II- Đới Lai Châu - Điện Biên; III- Đới Sông Mã; IV- Đới Sơn La - Sông Đà; V- Đới Sông Hồng; VI- Đới Sông Cà)

### III. ĐỘ NGUY HIỂM ĐỘNG ĐẤT Ở TÂY BẮC BỘ

Có hai mức độ tính toán độ nguy hiểm động đất: khu vực (hay còn gọi là phân vùng loại I), và chi tiết (còn gọi là phân vùng loại II, thường được áp dụng cho vi phân vùng động đất một thành phố hay một công trình xây dựng cụ thể). Trong khuôn khổ bài báo này, chúng tôi chỉ giới thiệu một số kết quả đánh giá độ nguy hiểm động đất khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận tương đương mức phân vùng loại I. Trong trường hợp này, nhằm đánh giá độ nguy hiểm động đất chúng ta cần sử dụng các giá trị mô tả đặc trưng cấu trúc và thuộc tính của thạch quyển ở mức tỷ lệ trung bình [6, 10, 13]. Các thông số như: vận tốc, mật độ, đặc trưng cấu trúc các mặt ranh giới cơ bản, tính chất của đứt gãy, cơ cấu chấn tiêu, v.v... của thạch quyển khu vực nghiên cứu cần được xác định. Bằng địa chấn tổng hợp được tính toán, các cấu trúc bất đồng nhất khu vực lân cận được đưa vào trong tính toán.

#### 1. Làm tròn số liệu và thiết lập sơ đồ phân bố chấn cấp động đất ở tỷ lệ khu vực (phân vùng loại I)

Số liệu động đất khu vực Tây Bắc Bộ phân bố không đồng đều và với sai số xác định vị trí chấn tâm khá lớn, ở mức trung bình là 20-30 km [8]. Nhằm phục vụ tính toán trên cơ sở phương pháp tất định, nhất thiết phải làm tròn trên cơ sở số liệu ban đầu là danh mục động đất đến hết năm 2009. Thuật toán làm tròn này đã được mô tả rõ trong các công trình của Cao Đình Triều [5, 11]. Kết quả tính toán cho ta phân bố  $M_{max}$  hiển thị như trong Hình 3. Theo đó, ta thấy chấn cấp động đất có thể xảy ra tại các đới phát sinh như sau (Hình 3):

1. *Đới Mường Tè*: Chấn cấp tối đa có thể đạt 6,0-6,5 ( $M_{max} = 6,0-6,5$ ) tại vùng tiếp giáp với đới Lai Châu - Điện Biên. Các vùng còn lại động đất lớn nhất có thể chỉ ở mức chấn cấp 5,5-6,0.

2. *Đới Lai Châu - Điện Biên*: Chấn cấp tối đa có thể đạt 6,0-6,5 ( $M_{max} = 6,0-6,5$ ) tại thành phố Điện Biên và các vùng lân cận. Vùng phía bắc của đới này có chấn cấp yếu hơn, chỉ nằm ở mức 5,5-6,0.

3. *Đới Sông Mã*: Chấn cấp tối đa có thể đạt 6,5-7,0 ( $M_{max} = 6,5-7,0$ ) tại tỉnh Điện Biên, trong khi chỉ đạt 5,5-6,0 trên phần diện tích tỉnh Thanh Hóa thuộc đới này.

4. *Đới Sơn La - Sông Đà*: Chấn cấp tối đa có thể đạt 6,5-7,0 ( $M_{max} = 6,5-7,0$ ) tại tỉnh Ninh Bình. Ở vùng Tuần Giáo, chấn cấp lớn nhất có thể đạt giá trị 6,5-7,0.

5. *Đới Sông Hồng*: Chấn cấp tối đa có thể chỉ đạt 5,0-5,5 ( $M_{max} = 5,0-5,5$ ) trên phạm vi từ Hà Tây tới Lào Cai. Vùng Hà Nội có thể có giá trị động đất cực đại nằm trong giới hạn 6,0-6,5.

6. *Đới Sông Cà*: Chấn cấp tối đa có thể đạt 6,0-6,5 ( $M_{max} = 6,0-6,5$ ) tại vùng đông nam, trong khi các vùng còn lại chỉ có giá trị nhỏ hơn 6,0.

#### 2. Một số kết quả bước đầu nghiên cứu độ nguy hiểm động đất khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận trên cơ sở phương pháp tất định mới

Quy trình thiết lập bằng địa chấn tổng hợp và tính toán các thông số dao động nền được mô tả chi tiết trong các công trình công bố trước đây [5, 10, 11, 13]. Bằng địa chấn tổng hợp được thiết lập cho tần số cao hơn 1 Hz và xấp xỉ nguồn diêm.

Độ sâu chấn tiêu được xác định bởi hàm tương quan giữa độ sâu chấn tiêu và độ lớn động đất của khu vực nghiên cứu. Chúng ta cũng có thể lấy một giá trị trung bình cho vùng nguồn dựa trên

đánh mục động đất đã có, hoặc chấp nhận một loại giá trị độ sâu chấn tiêu nhất định đối với mỗi loại mức chấn cấp nhất định (phân loại theo M). Việc xác định chính xác giá trị độ sâu trung bình của chấn tiêu động đất nông có ý nghĩa đặc biệt quan trọng vì các trận động đất nông gây ra phá hủy lớn trên bề mặt. Trên cơ sở thống kê về phân bố độ sâu chấn tiêu khu vực Tây Bắc Bộ, chúng tôi chọn: 10 km đối với  $M < 7$  và 15 km với  $M \geq 7$ ; đây là giá trị độ sâu trung bình của chấn tiêu động đất nội mảng tương ứng với  $M < 7$  và  $M \geq 7$  [5, 10, 13].

Thực chất của việc đánh giá độ nguy hiểm động đất là xác định một số thông số cơ bản về mức độ phá hủy trên bề mặt do động đất gây ra. Đó là các thông số như: dịch chuyển cực đại ( $D_{max}$ ) của nền đất theo phương nằm ngang; vận tốc dịch chuyển cực đại ( $V_{max}$ ) của nền đất theo phương nằm ngang; gia tốc dao động nền ( $A$ ); và các giá trị gia tốc dao động nền thiết kế cho từng loại nền đất cụ thể nếu cần. Riêng đối với khu vực Tây Bắc Bộ chúng tôi tiến hành:

1. Xác định các thông số: dịch chuyển cực đại ( $D_{max}$ ) của nền đất theo phương nằm ngang; vận tốc dịch chuyển cực đại ( $V_{max}$ ) của nền đất theo phương nằm ngang; gia tốc dao động nền ( $A$ ).

2. Gia tốc dao động nền thiết kế đối với các loại nền đất A, B, C theo tiêu chuẩn kháng chấn châu Âu (EC8).

Phân loại nền đất theo tiêu chuẩn kháng chấn của Việt Nam (TCXDVN 375: 2006) cũng gần tương tự như các loại nền đất phân loại theo tiêu chuẩn kháng chấn châu Âu (EC8).

### **2.1. Dịch chuyển cực đại nền ( $D_{max}$ ) và vận tốc cực đại nền ( $V_{max}$ )**

Dịch chuyển cực đại nền ( $D_{max}$ ) và vận tốc cực đại nền ( $V_{max}$ ) được xác định trên cơ sở số liệu động đất đến hết năm 2009 (có đề cập tới động đất lịch sử) và dựa trên cơ sở chương trình GNDT, sử dụng mô hình cấu trúc thạch quyển mới nhất có được [5, 11, 13]. Kết quả tính toán được biểu diễn trong Hình 4, Hình 5 và cho thấy:

1. Giá trị dịch chuyển cực đại nền ( $D_{max}$ ) trên phạm vi Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận thay đổi mạnh, từ 1 cm đến 18-19 cm. Dịch chuyển tối đa ( $D_{max}$ ) có thể đạt trên 18 cm tại hầu hết diện tích tỉnh Sơn La. Trong phạm vi các tỉnh Ninh Bình và Hà Nam,  $D_{max}$  có giá trị bằng 16 cm. Các vùng còn lại có giá trị dịch chuyển nằm trong khoảng từ 1 đến 16 cm (Hình 4).

2. Vận tốc dịch chuyển nền ( $V_{max}$ ) có thể đạt tới trên 11 cm/s tại hầu hết diện tích tỉnh Sơn La. Giá trị vận tốc trung bình, 6-11 cm/s bao phủ phần phía đông tỉnh Điện Biên, vùng trung tâm tỉnh Lai Châu và các tỉnh Ninh Bình và Hà Nam (Hình 5).

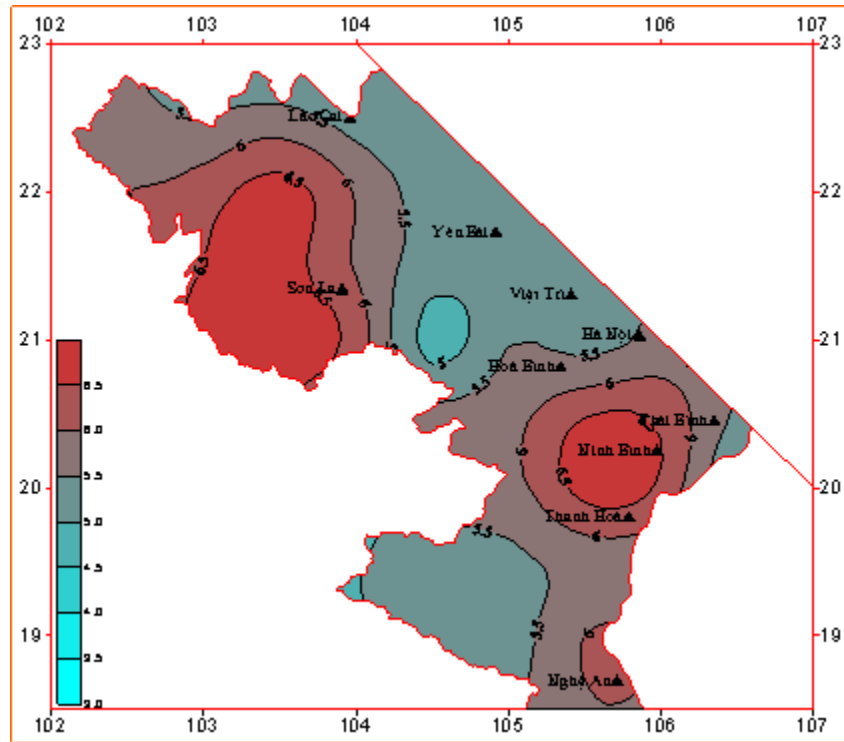
### **2.2. Gia tốc dao động nền và gia tốc dao động nền thiết kế cực đại**

Ngoài việc tính toán gia tốc dao động nền ( $A$ ), trong bài báo này chúng tôi còn tính toán giá trị dao động nền thiết kế cực đại cho ba loại nền đất (A, B và C theo tiêu chuẩn kháng chấn châu Âu - EC8). Kết quả tính toán được trình bày tương ứng trong các hình từ 6 đến 9 và cho thấy:

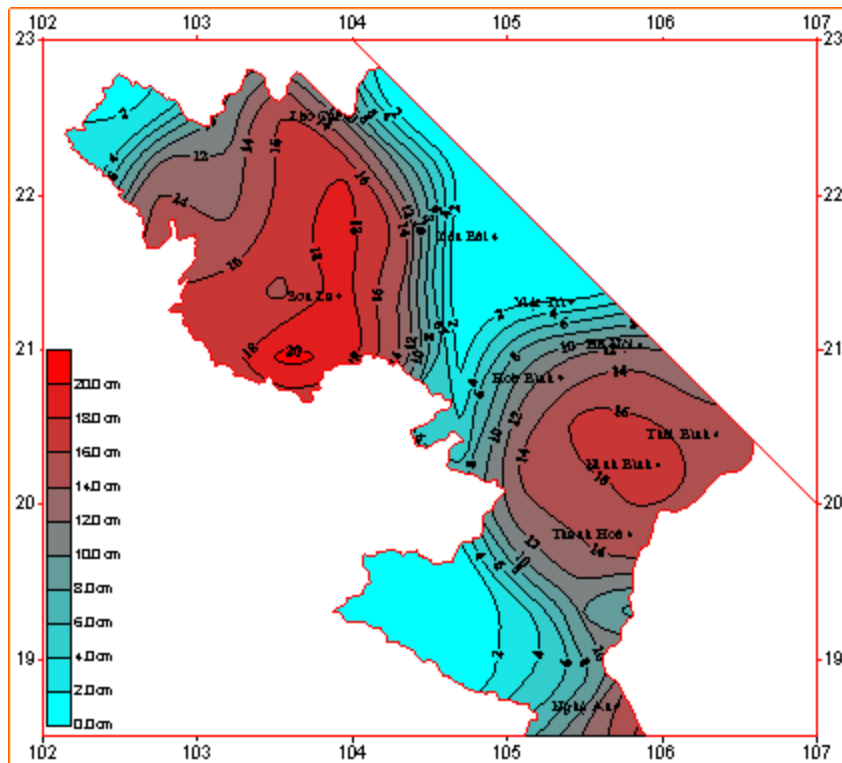
1. Gia tốc A khu vực nghiên cứu có giá trị từ nhỏ hơn 0,05 g đến 0,3 g ( $g = 980 \text{ cm/s}$ ). Giá trị gia tốc lớn hơn 0,2 g chủ yếu tập trung tại các tỉnh Sơn La, Ninh Bình, Hà Nam và thành phố Vinh (Nghệ An). Giá trị trung bình, từ 0,1 đến 0,25 g bao trùm toàn bộ diện tích các tỉnh Điện Biên, Lào Cai và Thanh Hóa. Các vùng còn lại của khu vực nghiên cứu có giá trị gia tốc dao động nền thấp, nhỏ hơn 0,1 g (Hình 6).

2. Đối với nền đất loại A (đá hoặc các thành tạo địa chất giống như đá, gồm nhiều nhất là 5 m vật chất bờ rời trên mặt) có giá trị gia tốc thiết kế biến đổi trong giới hạn từ 0,05 đến trên 0,44 g.

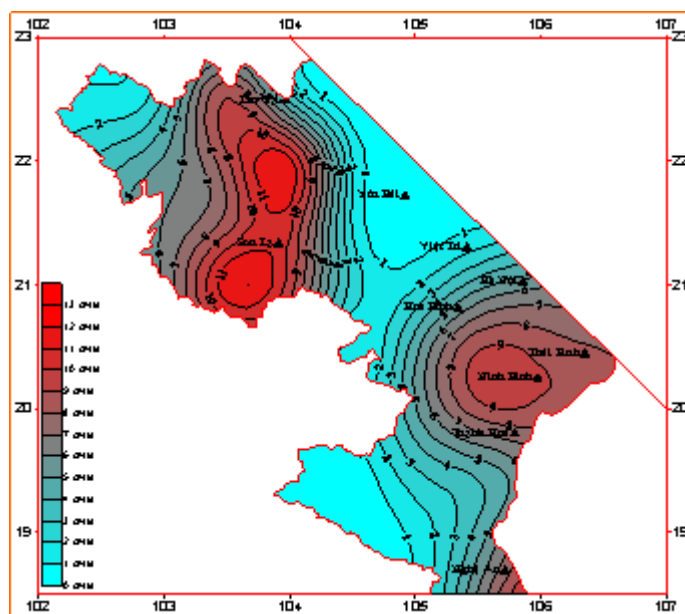
Gần như toàn bộ diện tích các tỉnh Sơn La và Ninh Bình có giá trị dao động nền thiết kế (DGA) lớn hơn 0,3 g. Vùng diện tích thuộc tỉnh Yên Bái và miền Tây Nghệ An có giá trị DGA nhỏ hơn 0,05 g (Hình 7).



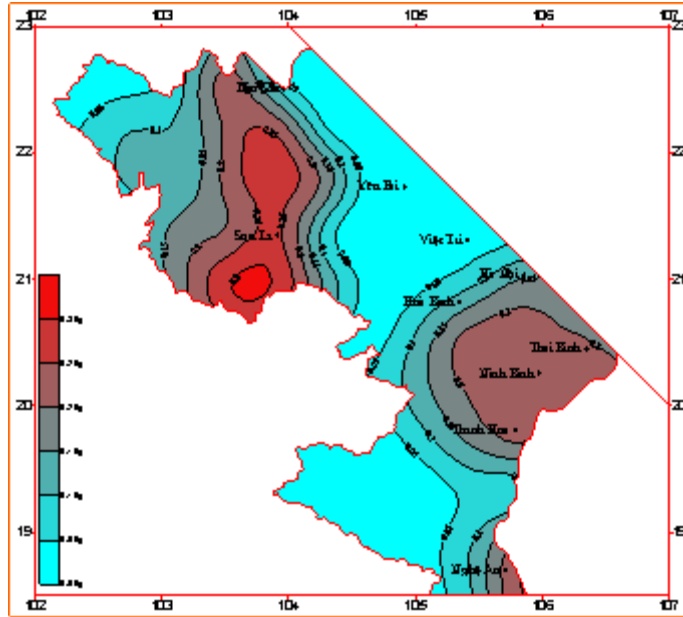
Hình 3. Sơ đồ phân bố chấn cấp động đất sau khi làm tròn.



Hình 4. Dịch chuyển cực đại nền ( $D_{max}$ ) Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận.



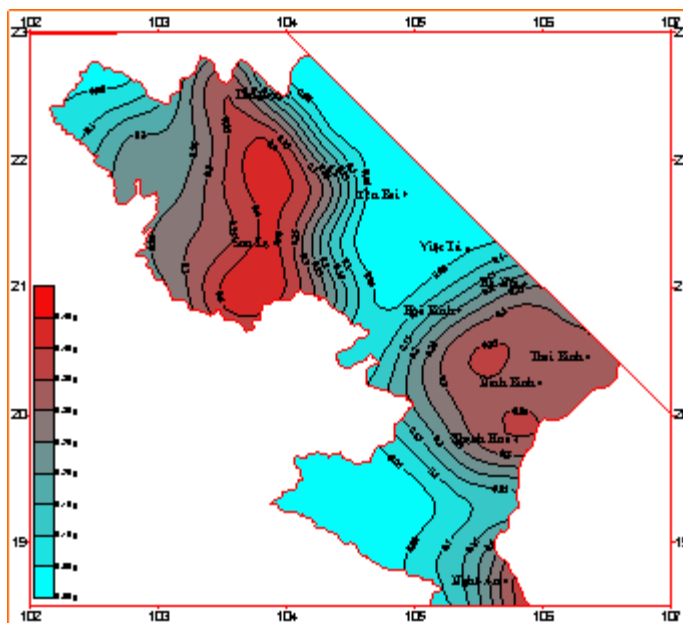
Hình 5. Vận tốc cực đại nền ( $V_{max}$ ) ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận.



Hình 6. Gia tốc dao động nền (A) ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận

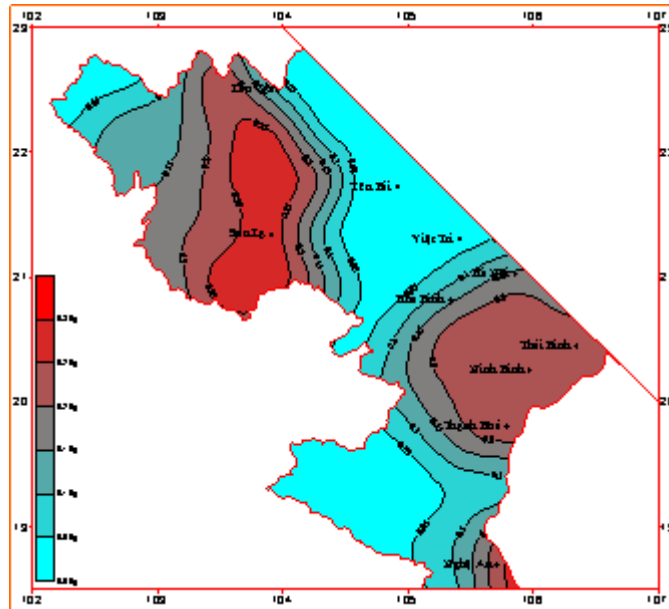
3. Giá trị gia tốc dao động nền loại B (các lớp cát, cuội sỏi rất chặt, hoặc sét rất cứng, dày ít nhất hàng chục mét, đặc trưng bởi sự tăng dần theo độ sâu của tính chất cơ lý) lớn hơn 0,2 g, chủ yếu thuộc các tỉnh Sơn La, Ninh Bình và Hà Nam (Hình 8).

4. Đối với nền đất loại C (các tầng dày cát, cuội, sỏi chặt và trung bình, hoặc sét cứng có bề dày từ vài chục đến hàng trăm mét) giá trị DGA nhỏ hơn 0,2 g (Hình 8). Cũng tương tự như các loại nền khác, các tỉnh Sơn La, Ninh Bình và Hà Nam là nơi có giá trị gia tốc dao động nền thiết kế lớn nhất, đạt trên 0,2 g.



Hình 7. Gia tốc dao động nền thiết kế cực đại (DGA) ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận, tính theo tiêu chuẩn EC8 đối với nền đất loại A.



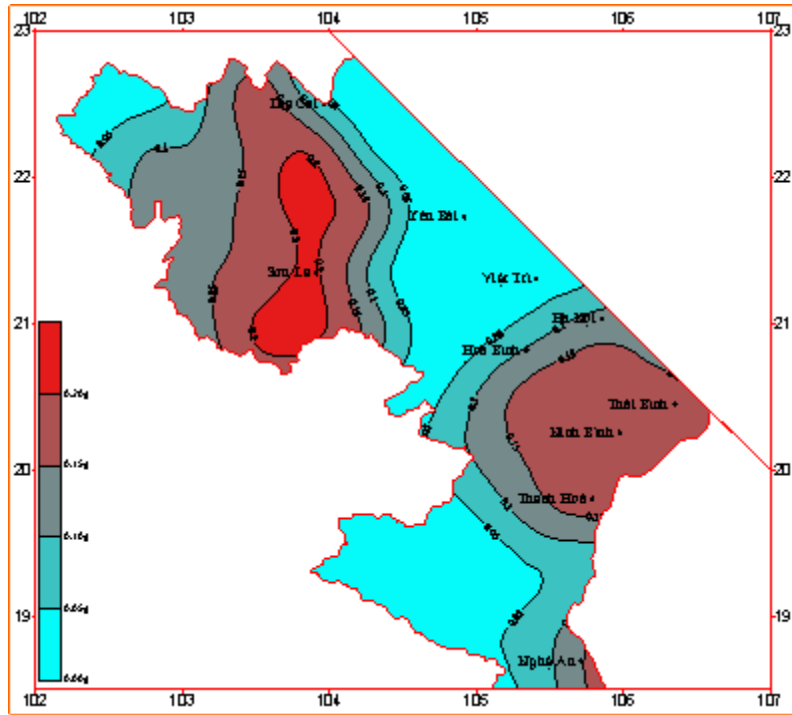


Hình 8. Gia tốc dao động nền thiết kế cực đại (DGA) ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận, tính theo tiêu chuẩn EC8 đối với nền đất loại B.

#### IV. KẾT LUẬN

Trên cơ sở bước đầu áp dụng phương pháp tắt định mới trong nghiên cứu độ nguy hiểm động đất khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận có thể rút ra một số kết luận sau:

1. Ở khu vực Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận tồn tại 5 đới phát sinh động đất: Mường Tè, Lai Châu - Điện Biên, Sông Mã, Sơn La - Sông Đà, Sông Hồng và Sông Cả. Chấn cấp của động đất lớn nhất đã xảy ra có  $M_{max} = 6,5-7,0$  tại các đới Sông Mã và Sơn La - Sông Đà. Động đất lớn nhất quan sát thấy tại đới Sông Hồng có giá trị  $M_{max} = 5,0-5,5$ ; tại các đới Mường Tè và Lai Châu - Điện Biên có  $M_{max} = 5,5-6,0$  trong khi tại đới Sông Cả có  $M_{max} = 6,0-6,5$ . Giá trị chấn cấp động đất cũng có biểu hiện thay đổi trong nội đới phát sinh, thường tập trung tại vùng giao nhau của các hệ thống đứt gãy có phương cắt chéo.



Hình 9. Gia tốc dao động nền thiết kế cực đại (DGA) ở Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận, tính theo tiêu chuẩn EC8 đối với nền đất loại C.

2. Phân bố dịch chuyển ngang của nền Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận ( $D_{max}$ ) đạt tối đa 19-20 cm. Giá trị  $D_{max}$  lớn hơn 18 cm bao phủ các vùng thuộc tỉnh Sơn La. Trong phạm vi các tỉnh Ninh Bình và Hà Nam,  $D_{max}$  có giá trị bằng 16 cm. Các vùng còn lại có giá trị dịch chuyển nằm trong khoảng từ 2 đến 16 cm. Vận tốc  $V_{max}$  đạt giá trị cực đại lớn hơn 11,0 cm/s tại tỉnh Sơn La. Tại vùng phía đông tỉnh Điện Biên, vùng trung tâm tỉnh Lai Châu và các tỉnh Ninh Bình, Hà Nam là 6,0-11,0 cm/s.

4. Toàn bộ diện tích các tỉnh Sơn La, Ninh Bình, Hà Nam và thành phố Vinh (Nghệ An) là nơi có độ nguy hiểm động đất lớn nhất Tây Bắc Bộ và các vùng kế cận. Gia tốc dao động nền (A), gia tốc dao động thiết kế tương ứng với các nền loại A, B và C đều đạt giá trị lớn nhất tại các vùng tương ứng kê trên là:  $A > 0,2$  g; DGA cho nền loại A lớn hơn 0,3 g; DGA cho nền loại B có giá trị lớn hơn 0,2 g và DGA cho nền loại C lớn hơn 0,15 g.

#### VĂN LIỆU

1. Cao Đình Triều, 1997. Đứt gãy sinh chấn Tây Bắc Việt Nam. *TC Các khoa học về TĐ*, 19/3 : 214-219. Hà Nội.

2. Cao Đình Triều, Nguyễn Thanh Xuân, 1999. Đánh giá nguy hiểm động đất vùng Tây Bắc (Việt Nam) trên cơ sở tư liệu viễn thám và kỹ thuật hệ thông tin địa lý GIS. *Tuyển tập các BCKH tại Hội thảo quản lý môi trường VN.*; 192-204. Hà Nội.

3. Cao Đình Triều, 2002. Đặc trưng hoạt động động đất khu vực Tuần Giáo và kế cận. *TC Khoa học và Công Nghệ*, 24/5 : 40-51. Hà Nội.

4. Cao Đình Triều, Nguyễn Đình Xuyên, Nguyễn Hồng Phương, Nguyễn Thanh Tùng, 2006. Tai biến động đất các tỉnh Tây Bắc Việt Nam. *Nxb Khoa học & Kỹ thuật*, Hà Nội, 216 trang.

**5. Cao Đình Triều (Chủ biên), 2006.** Thiết lập những tiếp cận thích hợp để nghiên cứu dự báo động đất lãnh thổ Việt Nam. *BC tổng kết nhiệm vụ HTQT về KH&CN theo nghị định thư Việt Nam - Italia (2004-2006)*. Lưu trữ Viện VLĐC, Hà Nội.

**6. 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. *TC Địa chất, A/314 : 56-62*. Hà Nội.

**7. Cao Đình Triều, 2010.** Tai biến động đất ở Việt Nam. *Nxb Khoa học & Kỹ thuật, Hà Nội, 304 trang*.

**8. Nguyễn Đình Xuyên (Chủ biên), 2004.** Báo cáo Nghiên cứu dự báo động đất và dao động nền lãnh thổ Việt Nam. *Lưu trữ Viện VLĐC, Hà Nội*.

**9. Nguyễn Ngọc Thủy (Chủ biên), 2005.** Báo cáo Phân vùng dự báo chi tiết động đất ở vùng Tây Bắc (giai đoạn 2001-2005). *Lưu trữ Viện VLĐC, Hà Nội*.

**10. Panza Giuliano F., Fabio Romanelli, Franco Vaccari, 2000.** Seismic wave propagation in laterally heterogeneous anelastic media: Theory and application to seismic zonation. *Trieste, 122 pp.*

**11. Peresan A., Cao Đình Triều, Mai Xuân Bách, Nguyễn Thế Hùng, Bùi Anh Nam, Nguyễn Xuân Bình, 2009.** Hoạt động động đất ở Việt Nam. *TC Địa chất, A/314 : 27-37*. Hà Nội.

**12. Trần Thị Mỹ Thành, 2002.** Đánh giá độ nguy hiểm địa chấn lãnh thổ Việt Nam và lân cận. *Luận án TS Toán-Lý. Thư viện QG, Hà Nội, 161 tr.*

**13. University of Trieste, 2004.** GNDT Deterministic Seismic Zoning Reference Guide (Version 0.5.4). *University of Trieste, 68 pp.*