Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 31, Số 4 (2015) 51-63

Phân tích tương quan giữa trượt lở đất và lượng mưa khu vực Mai Châu - Hòa Bình

Mai Thành Tân*, Ngô Văn Liêm, Đoàn Anh Tuấn, Nguyễn Việt Tiến

Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
84 Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 02 tháng 6 năm 2015
Chỉnh sửa ngày 30 tháng 6 năm 2015; Chấp nhận đăng ngày 20 tháng 11 năm 2015

Tóm tắt: Trượt lở đất khu vực huyện Mai Châu - tỉnh Hòa Bình được đánh giá trên cơ sở phân tích lượng mưa trong 25 năm (1990-2014) tại trạm Mai Châu và số liệu điều tra thống kê trượt lở đất trong khu vực. Phân tích đồ thị quan hệ giữa tập hợp số liệu mưa có và không xảy ra trượt lở đất đối với mưa ngày và mưa 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày, 10 ngày và 15 ngày trước đó cho thấy trượt lở đất có thể đánh giá theo quan hệ giữa ngưỡng mưa ngày (P) và lượng mưa 10 ngày trước đó (P_{10}), thể hiện bằng biểu thức: $P = 128{,}41\text{-}0{,}076P_{10}$. Xác suất trượt lở đất theo thời gian được đánh giá theo phân phối Poisson là 66%; 96,1% và 99,5% đối với các chu kỳ lặp tương ứng 1 năm, 3 năm và 5 năm.
Từ khoá: Trượt lở đất, ngưỡng mưa, phân phối Poisson, Mai Châu.

1. Mở đầu

Hòa Bình là một tỉnh miền núi ở Tây Bắc Việt Nam. Nơi đây có cấu trúc địa chất phức tạp, địa hình phân cắt mạnh với nhiều đới phá hủy kiến tạo và đứt gãy hoạt động, các đặc thù khí hậu và các điều kiện tự nhiên khác nên thường xảy ra nhiều tai biến như trượt lở đất, nứt - sụt đất, lũ quét, lũ bùn đá... Huyện miền núi Mai Châu ở phía tây tỉnh Hoà Bình là một trong những nơi hay xảy ra trượt lở đất nhất tỉnh, đặc biệt ở các xã Phúc Sạn, Đồng Bảng, Tòng Đậu, Pù Bin, Noọng Luông, Cun Pheo... Trượt lở lớn ở đây chủ yếu phát triển dọc theo đường quốc lộ, sườn thung lũng, trên vỏ phong hóa của các đá cát bột kết, phiến sét và phiến sét vôi. Tai biến trượt lở này không những gây thiệt hại về người và của cho Mai Châu mà còn ảnh hưởng nghiêm trọng tới hoạt động giao thương, hoạt động kinh tế cho toàn vùng Tây Bắc nói chung. Gần đây nhất, 2 vụ trượt đất liên tiếp xảy ra ngày 16/02/2012 tại Km 138+500 và ngày 22/03/2012, tại Km 138+700 trên quốc lộ 6 đã làm 2 người chết và ách tắc giao thông trong nhiều ngày. Vì vậy, nghiên cứu trượt lở đất để đưa ra các giải pháp phòng tránh là một việc làm hết sức cấp thiết đối với khu vực này.

Nghiên cứu trượt lở đất có nhiều cách tiếp cận khác nhau. Đối với khu vực Mai Châu - Hòa Bình đã có những nghiên cứu theo hướng tiếp cận đánh giá trượt lở đất trên cơ sở tổng hợp theo các yếu tố gây trượt (Nguyễn Ngọc

* Tác giả liên hệ. ĐT: 84-912342465.
Email: maithanh_tan@yahoo.com

Thạch và nnk, 2002 [1]; Đinh Văn Toàn và nnk, 2006 [2]; Vũ Văn Chinh và nnk, 2011 [3]). Cách làm này mang tính tổng hợp, đòi hỏi đánh giá toàn diện nhiều yếu tố, kết quả thường là các bản đồ cho một lãnh thổ tương đối rộng, phục vụ cho công tác quy hoạch chung của lãnh thổ. Một cách tiếp cận khác cũng hay được sử dụng là đánh giá độ ổn định sườn dựa trên các thông số địa chất công trình của đất đá. Các làm này thường khá tốn kém và chỉ áp dụng tốt cho việc xử lý các khối trượt cụ thể. Hai cách tiếp cận trên còn hạn chế về xác định, dự báo ngưỡng mưa cũng như xác suất gây trượt lở đất theo thời gian.Trong bài viết này, đánh giá trượt lở đất được dựa trên phân tích mối quan hệ với lượng mưa. Cách đánh giá này cho phép xác định ngưỡng mưa và xác suất gây trượt lở đất theo thời gian của những vị trí trượt trong một phạm vi lãnh thổ quanh khu vực có trạm đo mưa.

2. Tổng quan vấn đề và phương pháp nghiên cứu

Mưa và động đất là những yếu tố tự nhiên quan trọng gây phát động trượt đất. Phần lớn các trận trượt đất trên thế giới được kích hoạt bởi mưa lớn hay mưa kéo dài. Mưa đã làm tăng áp lực nước lỗ rỗng trong đất, làm giảm sức kháng cắt của vật liệu, sườn dốc mất ổn định, xảy ra trượt đất. Quan hệ giữa trượt đất với mưa cả về cường độ lẫn thời gian mưa đã được nhiều tác giả quan tâm. Larsen và Simon (1993) [4] nghiên cứu ở Puerto Rico thấy rằng mưa bão với tổng lượng 100 mm - 200 mm, cường độ khoảng 14 mm/h kéo dài trong vài giờ hoặc cường độ 2 - 3 mm/h trong khoảng 100 giờ thì có thể gây ra trượt đất. Ở Jamaica, Rafi Ahmad [5] cũng thấy rằng mưa trong thời gian ngắn, khoảng 1 giờ đồng hồ với cường độ 36 mm/h cũng có thể gây ra trượt đất. Mặt khác mưa với cường độ thấp khoảng 3mm/h trong thời gian dài đến khoảng 100 giờ cũng đủ để gây ra trượt đất. Corominas và Moya (1999) [6] nhận ra ở vùng thượng lưu sông Llobregat, khu vực Đông Pyrenees tồn tại các ngưỡng mưa gây trượt đất và lũ bùn đá trên các trầm tích trọng tích và trên vỏ phong hóa. Trong trường hợp trước đó không có mưa thì ngưỡng mưa khoảng 190 mm/24h bắt đầu phát động hiện tượng và ngưỡng 300 mm trong 24h - 48h có thể là trượt đất phát triển rộng rãi. Trong trường hợp trước đó có mưa, cường độ mưa vừa phải, hơn 40 mm/24h cũng làm kích hoạt trượt đất bùn trên các thành tạo sét, sét bột. Cũng trong trường hợp này mưa vài tuần với tổng lượng 200 mm cũng đủ để phát động trượt đất. Tiếp cận tương tự đối với Hồng Kông, Brand và nnk (1984) [7] cho rằng nếu lượng mưa 24h trước khi cả ra trượt đất mà vượt quá 200 mm thì ngưỡng mưa gây ra trượt đất lớn chỉ khoảng 70 mm/h. Ở dạng tổng quát, Caine (1980) [8] nghiên cứu 73 trận mưa dẫn đến trượt đất nông và lũ bùn đá ở trên thế giới đã đưa ra ngưỡng cường độ mưa I (mm/h) và thời gian mưa D (h) liên hệ với nhau qua công thức: $I = 14,82\ D^{-0,39}$. Công thức trên có thể thay đổi đối với khu vực có lượng mưa trung bình năm cao bằng cách bổ sung thêm tỷ lệ mưa trong sự kiện trượt đất với lượng mưa trung bình năm.

Một cách tiếp cận khác, Chleborad và nnk (2006) [9] khi nghiên cứu ở vùng Seatle (Washington) xác định ngưỡng mưa gây trượt đất theo chỉ tiêu: lượng mưa 3 ngày cuối cùng trước trượt lở đất (P_3) và lượng mưa 15 ngày trước 3 ngày cuối (P_{15}) được thể hiện bằng công thức: $P_3 = 3,5 - 0,67P_{15}$, trong đó các lượng mưa được có đơn vị là inch (Lê Đức An, 2010 [10]). Tương tự như vậy, một số tác giả khác cũng chỉ dùng chỉ tiêu lượng mưa để xác định ngưỡng gây trượt đất như: lượng mưa ngày (Dahal và Hasegawa 2008[11]), lượng mưa trước khi xảy ra trượt đất (Glade., 2000 [12]), lượng mưa tích lũy (Polemio và Sdao., 1999 [13]), và lượng mưa tới hạn được chuẩn hóa (Aleotti.,2004 [14]).

Ở Việt Nam, Lê Đức An (2010) [10] phân biệt lượng mưa và cường độ mưa gây trượt lở đất thành 2 pha: pha 1 là pha chuẩn bị với các trận mưa nối tiếp nhau kéo dài nhiều ngày làm tăng độ ẩm của đất, làm giảm độ gắn kết vật liệu và giảm độ ổn định của sườn; pha 2 là pha tác động thường với một trận mưa lớn bất thường, trực tiếp gây ra tai biến. Các ngưỡng mưa theo lượng mưa ở pha chuẩn bị P_{pr} (mm) và pha tác động P_{ef} (mm), cườngđộ mưa ở pha chuẩn bị I_{pr} (mm/h) và ở pha tác động I_{ef} (mm/h) đối với khu vực thành phố Hà Giang và phụ cận được Lê Đức An (2010) [10] xác định thể hiện qua biểu thức sau:

$P_{ef} = -0,335P_{pr} + 210,371;$

$I_{ef} = -3,016I_{pr} + 8,328$

Dieu Tien Bui và nnk (2013) [15] đã sử dụng lượng mưa 15 ngày trước ngày xảy ra trượt đất, R_{15Ad} (mm), để xác định ngưỡng mưa gây trượt đất (R_{Th}) một cách tổng quát cho toàn bộ tỉnh Hòa Bình: $R_{Th} = 128,5 - 0,164\ R_{15Ad}$. Ngưỡng trên được xác định chung cho toàn tỉnh Hòa Bình dựa vào số liệu của 12 trạm đo mưa trên địa bàn tỉnh. Điều đáng lưu ý, Hòa Bình là khu vực có địa hình tương đối phức tạp kéo theo sự phức tạp về mưa phân bố theo không gian nên ngưỡng mưa đưa ra ở đây chỉ mang tính tương đối. Vì vậy, đối với vùng cụ thể cần phải có những tính toán phù hợp dựa vào số liệu đo mưa tại khu vực đó.

Đánh giá xác suất xảy ra trượt lở đất theo thời gian và theo số liệu mưa được dựa trên các giả thiết: xác suất xuất hiện trượt lở đất có liên quan đến xác suất xuất hiện ngưỡng mưa (Jaiswal và Van Westen, 2009 [16]); hoạt động trượt lở đất sẽ không xảy ra hoặc có xảy ra nhưng rất hiếm nếu như lượng mưa nằm dưới ngưỡng mưa (Chleborad và *nnk*, 2006 [9]).

Đánh giá xác suất trượt lở đất theo thời gian thường dựa vào hai phân phối xác suất: phân phối nhị thức và phân phối Poisson (Crovelli., 2000 [17]; Corominas và Moya, 2008 [18]). Mô hình theo phân phối nhị thức là mô hình thời gian rời rạc có xuất hiện các điểm sự kiện ngẫu nhiên (trượt đất); nghĩa là thời gian được chia thành những đoạn rời rạc có cùng độ dài mà trong mỗi đoạn đó từng điểm sự kiện (trượt đất) có thể có hoặc không có. Mô hình theo phân phối Poisson là mô hình thời gian liên tục có xuất hiện các điểm sự kiện ngẫu nhiên (trượt đất) trong thời gian một cách thông thường, tự nhiên liên tục. Mô hình Poisson thường được sử dụng đối với sự kiện điểm ngẫu nhiên kịp thời và đã được sử dụng để mô hình hóa sự xuất hiện động đất. So sánh hai mô hình nhị thức và Poisson cho thấy phân phối Poisson là giới hạn của phân phối nhị thức khi mà số gia thời gian rất nhỏ (tiến tới 0) (Corominas và Moya., 2008 [7]), hay mô hình nhị thức là phép xấp xỉ của mô hình Poisson (Crovelli, 2000 [8]). Vì vậy, mô hình Poisson được lựa chọn để đánh giá xác suất xảy ra trượt đất theo thời gian ở khu vực huyện Mai Châu.

Nghiên cứu tương quan giữa trượt đất và lượng mưa ở khu vực Mai Châu - Hòa Bình được tập trung vào các vấn đề chính: xác định ngưỡng mưa gây trượt đất và xác định xác suất xảy ra trượt đất theo thời gian.

Ngưỡng mưa gây trượt lở đất được xác lập dựa trên cơ sở quan hệ giữa lượng mưa đo được và hiện tượng trượt đất đã xảy ra trong khu vực nghiên cứu, sử dụng các tiêu chí lượng mưa ngày, lượng mưa 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày, 10 ngày và 15 ngày trước đó.

Xác suất xảy ra trượt đất theo thời gian được xác định theo mô hình phân phối Poisson với các giả thiết:

- Số sự kiện (trượt đất) xảy ra trong các thời gian tách rời là độc lập.

- Xác suất sự kiện xảy ra trong khoảng thời gian rất ngắn tỷ lệ với độ dài của khoảng thời gian. Xác suất của nhiều hơn một sự kiện trong khoảng thời gian ngắn là không đáng kể.

- Phân bố xác suất số lượng sự kiện là giống nhau trong mọi thời đoạn trên một độ dài cố định.

Theo phân phối Poisson, xác suất của n trận trượt đất trong khoảng thời gian t như sau:

$$P\{N(t) = n\} = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad n = 0, 1, 2, ...$$

Xác suất xảy ra một hoặc hơn một trận trượt đất trong khoảng thời gian t, tính theo phân phối Poisson sẽ là:

$$P\{N(t) \geq 1\} = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{\frac{t}{\mu}}$$

Trong hai công thức trên, λ là tỷ suất xảy ra trượt đất, $\mu = 1/\lambda$ là khoảng tái xuất hiện trung bình tức khoảng thời gian trung bình giữa các trận trượt đất.

Trong mô hình phân phối Poisson, tỷ suất xảy ra trượt đất λ được ước lượng hợp lý cực đại dựa trên cơ sở số lượng trượt đất quan trắc được $N(t^*)$ trong thời gian cố định t^* thể hiện bằng R theo công thức:

$$R = \frac{N(t^*)}{t^*}$$

Do vậy ước lượng của $\mu = 1/\lambda$ thể hiện bằng M sẽ là:

$$M = \frac{t^*}{N(t^*)}$$

Nguồn số liệu được sử dụng trong phân tích bao gồm:

- Số liệu mưa ngày tại trạm đo mưa Mai Châu trong thời gian 25 năm từ 01/01/1990 đến 31/12/2014.

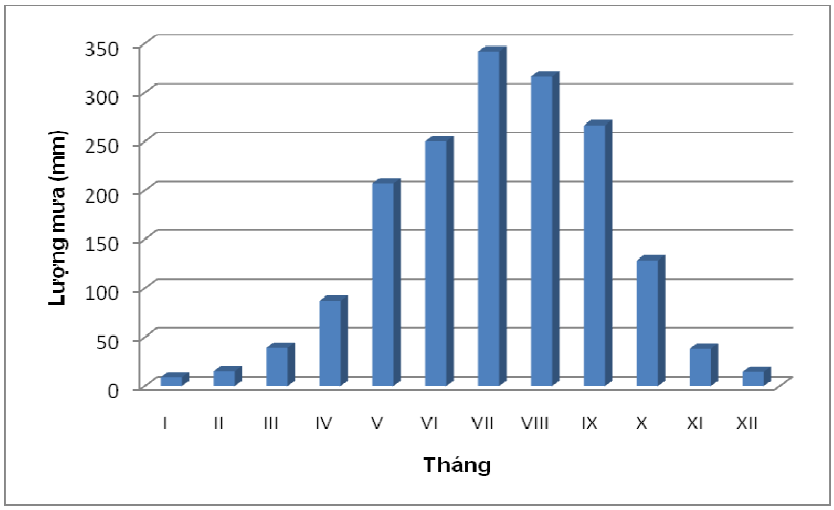
- Số liệu thống kê các trận trượt đất ở huyện Mai Châu trong khoảng thời gian 1990 đến 2014.

- Các số liệu mưa ngày tại các trạm Mộc Châu và Hòa Bình thời gian từ 01/02/2012 đến 31/3/2012. Đây là khoảng thời gian đã có xảy ra hai vụ trượt đất gần đây nhất.

3. Đặc điểm khí hậu và tình hình trượt đất ở Mai Châu

Ở vị trí cửa ngõ của vùng Tây Bắc, khí hậu Mai Châu chịu ảnh hưởng rõ rệt của chế độ gió mùa Tây Bắc, mang sắc thái riêng của khí hậu nhiệt đới núi cao. Nhiệt độ trung bình năm vào khoảng 23°C song có sự chênh lệch lớn giữa các mùa trong năm. Trong các tháng nóng nhất, từ tháng 5 đến tháng 8, nhiệt độ trung bình tháng đều từ 27°C trở lên. Tháng 12, 1 và 2 là các tháng lạnh với nhiệt độ trung bình tháng dưới 18°C, lạnh nhất là tháng 1 và tháng 12 với nhiệt độ trung bình tháng tương ứng 16,3°C và 17,3°C. Bức xạ của vùng tương đối thấp, số giờ nắng trong ngày vào mùa hè là 5-6 giờ, mùa đông là 3-4 giờ, tính trung bình năm đạt 4,3 giờ.

Theo kết quả quan trắc tại trạm Mai Châu trong thời gian 25 năm (từ 1990 đến 2014), tính trung bình năm, lượng mưa đạt hơn 1700 mm với 122 ngày mưa. Lượng mưa năm ở đây thuộc loại trung bình so với cả nước, song có sự thay đổi lớn giữa các năm. Có những năm lượng mưa tới trên 2000 mm như năm 1990, 1994, 1996, 2001 và 2008 trong đó lớn nhất là năm 1996 với lượng mưa lên tới 2581 mm; ngược lại có những năm lượng mưa chỉ đạt 1100 - 1200 mm như năm 1991 (1143 mm), năm 1998 (1120 mm). Lượng mưa trong năm cũng phân bố không đều chia thành 2 mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 và mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 (Hình 1.). Mùa mưa chiếm 88% tổng lượng mưa trong cả năm, lượng mưa trung bình các tháng trong thời kỳ này đều vượt 100mm, mưa nhiều vào các tháng 7, 8 và 9, trong đó lượng mưa cao nhất là tháng 7 và 8 với giá trị vượt trên 300 mm. Các tháng mùa khô chỉ chiếm 12% tổng lượng mưa năm. Ngoại trừ tháng 4 có tính chất giao mùa, các tháng còn lại trong thời kỳ này đều có lượng mưa trung bình dưới 40 mm. Lượng mưa tháng từ tháng 12 đến tháng 2 rất thấp, dưới 20 mm và đặc biệt là tháng 1 lượng mưa tháng 1 chỉ đạt 9mm.



Hình 1. Biểu đồ phân bố lượng mưa trung bình theo các tháng trong năm.
(Theo số liệu quan trắc tại trạm Mai Châu, thời kỳ 1990 - 2014)

Độ ẩm không khí tương đối trung bình các tháng trong năm tương đối cao, tính trung bình 82%, dao động theo mùa song không nhiều trong khoảng từ 79% trong các tháng 2,3 và 4 đến 86% vào các tháng 8 và 9.

Thời kỳ mưa nhiều cũng là thời kỳ chịu ảnh hưởng mạnh của bão lốc và gió Lào khô nóng và gió nam ẩm ướt có cường độ tương đối mạnh. Thời kỳ ít mưa, khí hậu khô hanh, độ ẩm xuống thấp, có ngày có sương muối, sương mù và mưa phùn giá rét, hướng gió thịnh hành là gió mùa Đông Bắc.

Thiên tai xảy ra ở khu vực huyện Mai Châuliên quan tới các yếu tố khí tượng như: hạn hán, dông bão, lốc xoáy, mưa đá, sương muối,… và nguy hiểm hơn cả là các tai biến trượt lở đất có liên quan đến yếu tố khí tượng kết hợp với các yếu tố khác. Về trượt đất, theo tài liệu thu thập được trên địa bàn huyện Mai Châu có ít nhất 10 vụ trượt đất tương đối lớn xảy ra trong thời gian từ năm 1996 -2012 (Bảng 1). Ngoại trừ các vụ gần đây vào năm 2012, phần lớn các vụ trượt đất này xảy ra vào mùa mưa, từ tháng 5 đến tháng 10, của những năm mưa nhiều, tổng lượng mưa cao. Như vậy có thể thấy mưa có vai trò lớn trong quá trình hình thành và phát triển trượt đất.

Bảng 1. Thống kê trượt đất khu vực huyện Mai Châu

STT	Ngày xảy ra trượt đất	Khu vực bị tác động
1	24/07/1996	Pù Bin, Phúc Sạn, Tân Mai
2	15/08/1996	Phúc Sạn, Đồng Bảng, Tòng Đậu
3	13/09/1996	Pù Bin, Phúc Sạn
4	27/09/2005	Thung Khe, Mai Châu
5	05/10/2007	Pu Pin, Phúc Sạn, Tòng Đậu
6	31/10/2008	Phúc Sạn, Tân Mai, Đồng Bảng
7	18/07/2010	Phúc Sạn, Tân Mai, Mai Châu
8	28/08/2010	TL432, Phúc Sạn, Tân Mai
9	16/02/2012	Trượt đất quốc lộ 6, Đồng Bảng
10	22/03/2012	Trượt đất quốc lộ 6, Đồng Bảng

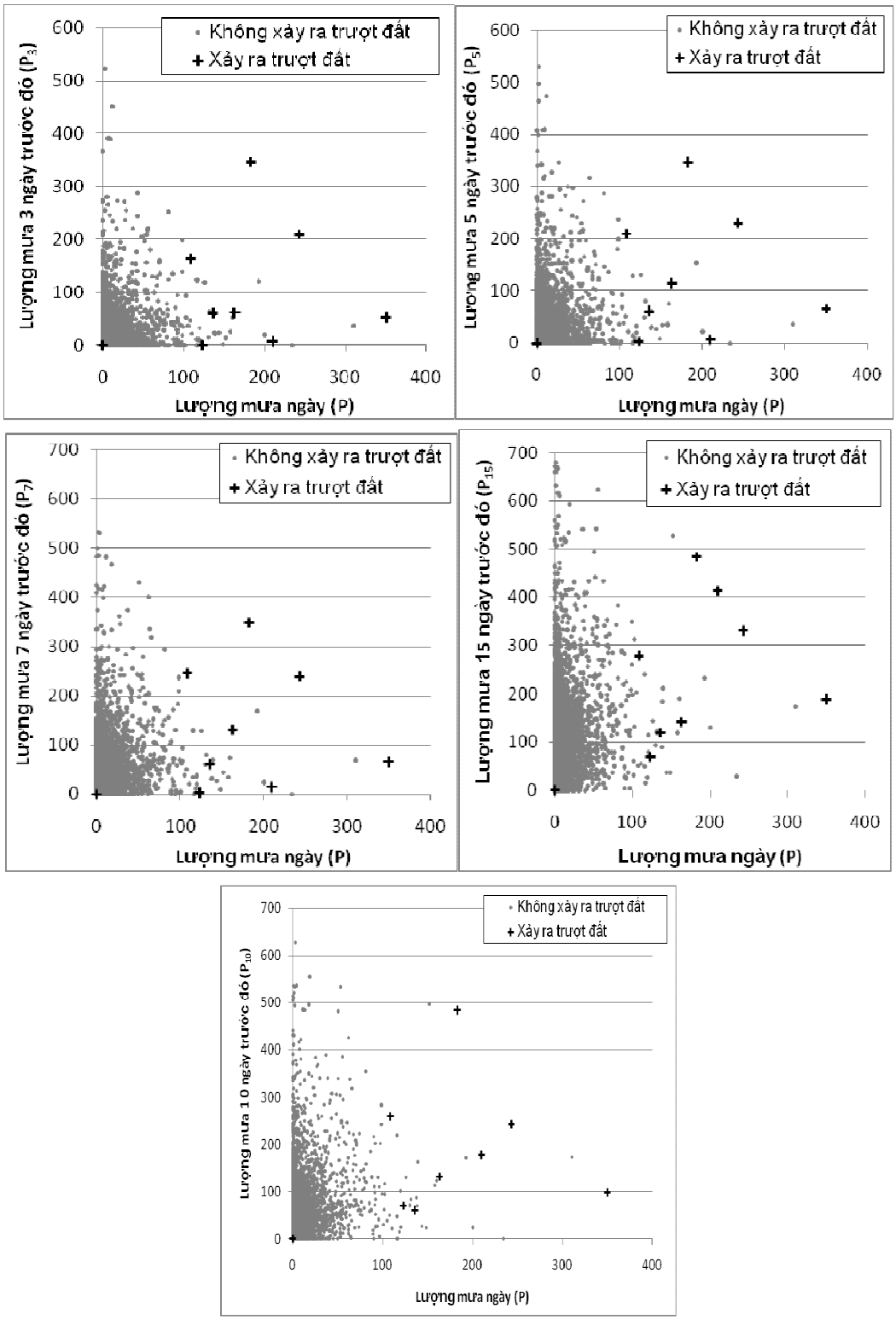
Trong số này đáng chú ý là trận trượt đất ngày 5/10/2007 có ảnh hưởng nặng nề và đã để lại nhiều dấu ấn trong khu vực nghiên cứu. Trận trượt đất này là do ảnh hưởng của bão số 5 (bão Lekima) đổ bộ vào Việt Nam tại khu vực giáp ranh giữa Quảng Bình và Hà Tĩnh ngày 03 tháng 10 và tiêu tan trên đất liền vào ngày 04 tháng 10. Cơn bão này đã gây mưa to ở các vùng trung du miền núi Tây Bắc và Bắc Trung Bộ đã gây ra lũ quét và sạt lở đất khiến ít nhất 37 người thiệt mạng cùng 24 người mất tích, làm 6.000 nhà bị đổ, sập và gần 50.000 nhà bị ngập, hư hỏng, hơn 200 trụ sở, công trình công cộng bị hư hại, gần 25.000 ha lúa và khoảng 100.000 ha hoa màu bị hư hại, gần 600.000 m³ đất bị sạt lở. Riêng tỉnh Hòa Bình có 8 người chết và 4 người mất tích trong đợt mưa gây lũ quét và sạt lở đất này. Chỉ riêng tại xã Đồng Bảng, huyện Mai Châu sạt lở đã làm ảnh hưởng tới trạm xã, nhà mẫu giáo, hệ thống giao thông, thủy lợi, làm hư hại nhiều nhà dân trong đó sập đổ hoàn toàn 4 ngôi nhà, gây vùi lấp một số diện tích hoa mầu ảnh hưởng nhiều đến đời sống người dân. Địa phương đã phải huy động nhân công khắc phục tai họa trên với khối lượng đào đắp nạo vét đất đá lên tới 5,5 nghìn mét khối.

Các trận trượt lở đất gần đây gây thiệt hại nặng nề nhất xảy ra ngày 16/02/2012 và 22/03/2012 trên quốc lộ 6 thuộc địa phận xã Đồng Bảng. Do ảnh hưởng của thời tiết mưa ẩm kéo dài, khoảng 7 giờ sáng ngày 16 tháng 02 năm 2012 đã xảy ra vụ sạt lở đất, đá nghiêm trọng tại Km138+500 trên quốc lộ 6 thuộc địa phận xóm Phiêng Xa, xã Đồng Bảng khối lượng sạt lở khoảng 15.000 m^3 đất, đá, vùi lấp 2 người.Ngày 22/3/2012, cách điểm trượt kể trên không xa, tại Km 138+700 lại tiếp tục xảy ra một vụ trượt đất nữa. Tuy không gây thiệt hại về người, song trận trượt này cũng đã làm gián đoạn hoạt động giao thông trong nhiều ngày. Trước tình trạng sạt lở trên, chính quyền địa phương đã phải cho di dời một số hộ dân nằm ở khu vực có nguy cơ sạt lở cao.

4. Ngưỡng mưa và xác suất xảy ra trượt lở đất khu vực Mai Châu

Ngưỡng mưa xảy ra trượt lở đất khu vực Mai Châu

Ngưỡng mưa gây trượt lở đất được xác lập dựa trên cơ sở quan hệ giữa lượng mưa đo được và hiện tượng trượt đất đã xảy ra trong khu vực nghiên cứu. Chuỗi số liệu mưa theo ngày kéo dài 25 năm từ 1990 đến 2014 với tổng số 9131 số liệu ngày trong đó có 3935 ngày là có mưa. Để xác định số ngày mưa cần thiết trước ngày xảy ra trượt lở, mối tương quan giữa lượng mưa ngày xảy ra trượt lở và lượng mưa 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày, 10 ngày và 15 ngày trước ngày xảy ra trượt lở lần lượt được đánh giá. Đánh giá này được thực hiện bằng cách dựa vào số liệu mưa có được, các đồ thị thể hiện quan hệ giữa lượng mưa ngày (P) với lượng mưa 3 ngày (P_3), 5 ngày (P_5), 7 ngày (P_7), 10 ngày (P_{10}) và 15 ngày (P_{15}) trước đó được xây dựng cho cả tập hợp dữ liệu toàn bộ chuỗi số liệu mưa không liên quan đến trượt đất trong 25 năm lẫn tập hợp dữ liệu mưa liên quan đến trượt đất (Hình 2.).Các ngày mưa không xảy ra trượt lở ở đây được hiểu là những ngày mưa còn lại sau khi loại bỏ những ngày mưa có xảy ra trượt lở đã được điều tra xác định thể hiện trong Bảng 1. Sự tách biệt giữa hai tập hợp dữ liệu mưa không và có xảy ra trượt lở đất trên đồ thị sẽ thể hiện được ranh giới vùng không và có xảy ra trượt, từ đó xác định được các ngưỡng mưa gây trượt lở đất. Tuy nhiên, trên thực tế khó có thể tồn tại một ranh giới để phân biệt được hoàn toàn giữa hai vùng trên, bởi ngoài yếu tố mưa, thì trượt lở đất còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nữa. Như vậy, vấn đề tiếp theo ở đây là xem đồ thị nào trong số đồ thị đã xây dựng thể hiện rõ nhất sự phân biệt nêu trên.



Hình 2. Quan hệ giữa lượng mưa ngày và lượng mưa trước đó ở trạm Mai Châu thời kỳ 1990-2014.

Kết quả phân tích các đồ thị trên hình 2, nếu không tính đến các giá trị liên quan đến ngày 16/02/2012 và 22/03/2012 nằm ở gần gốc tọa độ, thì tập hợp dữ liệu mưa xảy ra trượt đất có:

- Giá trị mưa ngày $P \geq 108,7$.

- Trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 3 ngày trước đó, giá trị mưa 3 ngày $P_3 \geq 0,1$.

- Trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 5 ngày trước đó, giá trị mưa 5 ngày $P_5 \geq 2,8$.

- Trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 7 ngày trước đó, giá trị mưa 7 ngày $P_7 \geq 2,9$.

- Trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 10 ngày trước đó, giá trị mưa 10 ngày $P_{10} \geq 60,9$.

- Trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 15 ngày trước đó, giá trị mưa 15 ngày $P_{15} \geq 69,9$.

Thống kê các điểm dữ liệu thuộc cả tập hợp không xảy ra trượt đất lẫn tập hợp có xảy ra trượt đất thỏa mãn điều kiện trên cho thấy:

- Đối với điều kiện $P \geq 108,7$ và $P_3 \geq 0,1$ trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 3 ngày trước đó, có 21 điểm không xảy ra trượt đất và 8 điểm xảy ra trượt đất, như vậy tỷ lệ phần trăm của điểm xảy trượt đất ở đây là 28%.

- Đối với điều kiện $P \geq 108,7$ và $P_5 \geq 2,8$ trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 5 ngày trước đó, có 20 điểm không xảy ra trượt đất và 8 điểm xảy ra trượt đất, như vậy tỷ lệ phần trăm của điểm xảy trượt đất ở đây là 29%.

- Đối với điều kiện $P \geq 108,7$ và $P_7 \geq 2,9$ trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 7 ngày trước đó, có 20 điểm không xảy ra trượt đất và 8 điểm xảy ra trượt đất, như vậy tỷ lệ phần trăm của điểm xảy trượt đất ở đây là 29%.

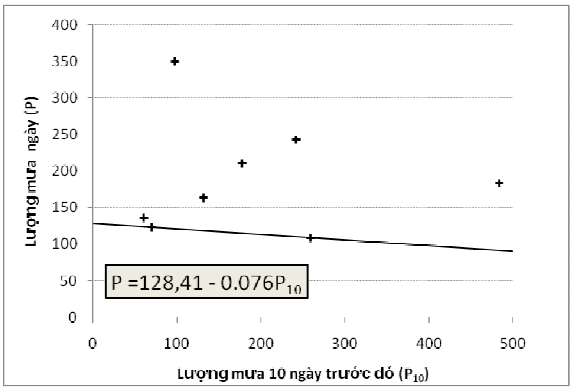
- Đối với điều kiện $P \geq 108,7$ và $P_{10} \geq 60,9$ trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 10 ngày trước đó, có 13 điểm không xảy ra trượt đất và 8 điểm xảy ra trượt đất, như vậy tỷ lệ phần trăm của điểm xảy trượt đất ở đây là 38%.

- Đối với điều kiện $P \geq 108,7$ và $P_{15} \geq 69,9$ trong trường hợp quan hệ giữa lượng mưa ngày với lượng mưa 15 ngày trước đó, có 15 điểm không xảy ra trượt đất và 8 điểm xảy ra trượt đất, như vậy tỷ lệ phần trăm của điểm xảy trượt đất ở đây là 35%.

Như vậy có thể thấy, tỷ lệ phần trăm của các điểm xảy ra trượt đất trong vùng này thay đổi trong khoảng 28% đến 38% tùy theo từng đồ thị. Trong các đồ thị quan hệ mưa ngày với mưa 3 ngày, 5 ngày và 7 ngày trước đó, tỷ lệ này có giá trị thấp; còn trong đồ thị quan hệ mưa ngày với mưa 10 ngày, 15 ngày, tỷ lệ này có giá trị cao hơn. Đồ thị quan hệ giữa mưa ngày và mưa 10 ngày trước đó có tỷ lệ phần trăm cao nhất (38%), qua ngưỡng này tỷ lệ phần trăm có giảm đi và chỉ còn 35% đối với đồ thị quan hệ giữa mưa ngày và mưa 15 ngày trước đó. Như vậy, đối với khu vực nghiên cứu, có lẽ với ngưỡng lượng mưa trước 10 ngày là đủ để cho đất đá đạt mức bão hòa, mất liên kết, mưa có thêm nữa cũng không còn làm thay đổi trạng thái này. Do vậy, có thể thấy sử dụng ngưỡng mưa trước 10 ngày so với ngày xảy ra trượt đất là hợp lý hơn cả, ngưỡng này cho phép phân biệt rõ nhất các tập hợp dữ liệu trượt đất và không trượt đất.

Để xác định ngưỡng mưa, biểu đồ quan hệ giữa lượng mưa ngày (P) xảy ra trượt đất và lượng mưa 10 ngày trước ngày xảy ra trượt đất (P_{10}) được xác lập (Hình 3). Đường nối các giá trị thấp nhất sẽ là đường phương trình thể hiện ngưỡng mưa gây kích hoạt trượt đất. Cụ thể đối với khu vực nghiên cứu ngưỡng này sẽ được thể hiện dưới dạng biểu thức:

$$P = 128,41 - 0,076P_{10}$$



Hình 3. Ngưỡng mưa gây trượt đất khu vực Mai Châu - Hòa Bình.

Điều này có nghĩa là nếu như trong 10 ngày trước đó không có mưa, tức lượng mưa tích lũy trong 10 ngày trước đó là 0mm, thì chỉ cần lượng mưa trong vòng 24h vượt qua ngưỡng 128,41 mm cũng đủ gây ra trượt đất. Khi lượng mưa tích lũy trong 10 ngày trước đó tăng lên, thì lượng mưa ngày cần thiết để gây ra trượt sẽ giảm đi. Công thức nêu trên rất có ý nghĩa trong việc theo dõi mưa nhằm cảnh báo nguy cơ trượt đất trong khu vực.

Xác suất xảy ra trượt đất khu vực Mai Châu theo thời gian

Một điều quan trọng nữa của việc dự báo các sự kiện (trượt lở đất) là phải xác định được xác suất xuất hiện các sự kiện đó theo thời gian. Đối với khu vực nghiên cứu, xác suất xuất hiện lượng mưa vượt ngưỡng trong 25 năm quan trắc tại trạm Mai Châu, từ 1990 đến 2014 được sử dụng để đánh giá xác suất xảy ra trượt đất theo thời gian. Theo thống kê trong khoảng thời gian này, trạm Mai Châu ghi nhận được 27 ngày có lượng mưa ngày vượt ngưỡng mưa xác định theo biểu thức tương quan giữa lượng mưa ngày và lượng mưa 10 ngày trước đó (Bảng 4).

Với 27 lần vượt ngưỡng mưa gây trượt đất trong khoảng thời gian 25 năm quan trắc, xác suất xuất hiện trượt đất theo thời gian được được ước lượng theo phân phối Poisson sẽ là:

• 0,660 đối với chu kỳ lặp 1 năm, tức cơ hội xảy ra một và nhiều hơn một trận trượt đất trong vòng 1 năm là 66%.

• 0,961 đối với chu kỳ lặp 3 năm, tức cơ hội xảy ra một và nhiều hơn một trận trượt đất trong vòng 3 năm là 96,1%.

• 0,995 đối với chu kỳ lặp 5 năm, tức cơ hội xảy ra một và nhiều hơn một trận trượt đất trong vòng 1 năm là 99,5%.

5. Thảo luận

Bằng các nguồn số liệu hiện có, số trận trượt lở đất xảy ra trong khoảng thời gian quan trắc, từ 1990 đến 2014 trong khu vực toàn huyện Mai Châu đã được thu thập và thống kê. Tuy nhiên do còn nhiều hạn chế, nên chỉ những đợt trượt lở và gây thiệt hại lớn nhất mới được ghi nhận. Theo đó, khu vực ít nhất đã xảy 10 đợt trượt đất lớn, nhiều nhất là năm 1996 với 3 đợt, các năm 2010 và 2012 mỗi năm 2 đợt, còn lại các năm 2005, 2007 và 2008 mỗi năm 1 đợt (Bảng 2.). Điều đáng chú ý ở đây là trong khi phần lớn các vụ trượt đất đều xảy ra trong khoảng tháng 7 đến tháng 10, tức là vào mùa mưa, thì các trận trượt đất trong năm 2012 ở Đồng Bảng lại xảy ra vào tháng 2 và 3, là những tháng mùa khô. Theo số liệu trạm Mai Châu, vào ngày xảy ra trượt đất 16/02/2012 lượng mưa rất nhỏ gần bằng 0mm, còn ngày xảy ra trượt đất 22/03/2012 hoàn toàn không có mưa, lượng mưa 3 ngày, 5 ngày, 7 ngày, 10 ngày và 15 ngày trước ngày xảy ra trượt đất ở đây cũng rất nhỏ (Bảng 2). Để kiểm tra lượng mưa ở tại Đồng Bảng vào những ngày này, các số liệu mưa trong tháng 2 và 3 tại các trạm lân cận khác là trạm Mộc Châu và trạm Hòa Bình, nằm cách Đồng Bảng khoảng 50km-60km được sử dụng (Bảng 3).

Bảng 2. Thống kê đặc trưng mưa trong các đợt trượt đất trên địa bàn huyện Mai Châu

Đơn vị: mm

STT	Ngày	Đúng ngày	Trước 3 ngày	Trước 5 ngày	Trước 7 ngày	Trước 10 ngày	Trước 15 ngày
1	24/7/1996	350,0	52,4	65,4	65,4	97,6	188,9
2	15/8/1996	243,2	209,5	229,5	239,0	242,2	330,4
3	13/9/1996	136,0	60,9	60,9	60,9	60,9	120,0
4	27/9/2005	210,1	6,6	6,6	14,6	177,7	413,8
5	5/10/2007	183,0	346,4	346,4	348,4	483,9	483,9
6	31/10/2008	163,3	61,4	114,3	130,4	131,8	141,3
7	18/7/2010	123,1	0,1	2,8	2,9	69,9	69,9
8	28/8/2010	108,7	163,5	209,0	245,4	259,3	278,6
9	16/02/2012	0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
10	22/03/2012	-	3,9	8,5	8,5	8,5	10,0

Các số liệu quan trắc ở trạm Mộc Châu và Hòa Bình cũng có kết quả tương tự như ở trạm Mai Châu, cụ thể là ngày 16/02/2012 mưa nhỏ, ngày 22/03/2012 không mưa, lượng mưa tích lũy 2 ngày, 3 ngày, 5 ngày, 10 ngày và 15 ngày đều nhỏ (Bảng 3.). Trong khi đó theo các phương tiện thông tin đại chúng, trong thời gian xung quanh 2 sự kiện xảy ra trượt đất ở Đồng Bảng đều có mưa, thậm chí mưa trong nhiều ngày (?). Vì vậy, mưa ở đây có thể là rất cục bộ mà các trạm mưa xung quanh khu vực này đều không ghi nhận được lượng mưa đủ để tin rằng chính đợt mưa xảy ra trong thời gian này đã gây ra trượt đất. Sự không ghi nhận được số liệu mưa ở khu vực xã Đồng Bảng của trạm Mai Châu vào tháng 02 và 03/2012 thể hiện giá trị của các trạm đo thường chỉ có ý nghĩa trong một phạm vi nhất định, đặc biệt đối với đối với vùng núi có địa hình phức tạp làm thay đổi phân bố lượng mưa rất nhanh theo không gian. Mặt khác, có thể do điều kiện mưa ở thị trấn Mai Châu có sự khác biệt với ở khu vực xã Đồng Bảng. Sự khác biệt này có thể là do xã Đồng Bảng và thị trấn Mai Châu nằm ở hai lưu vực sông lớn khác nhau (tuy cách nhau chỉ khoảng 8 km); đại đa số diện tích Đồng Bảng nằm trong lưu vực sông Đà, trong khi toàn bộ thị trấn Mai Châu thuộc lưu vực sông Mã. Khảo sát thực địa cũng xác nhận có những thời điểm có sự khác biệt về điều kiện thời tiết: trong khi ở Mai Châu trời khô không mưa thì ở Đồng Bảng đã xảy ra mưa nhỏ, ẩm ướt, nhiều sương mù. Như vậy để có những dự báo chính xác thì các trạm cảnh báo theo mưa phải được lắp đặt ngay tại khu vực cần nghiên cứu.

Bảng 3. Số liệu mưa liên quan đến hai ngày trượt đất ở Đồng Bảng năm 2012 theo các trạm Mộc Châu, Hòa Bình và Mai Châu

Ngày	Trạm	Mưa tích lũy (mm)					
		1 ngày	2 ngày	3 ngày	5 ngày	10 ngày	15 ngày
16/02/2012	Mộc Châu	0.6	0.7	0.8	0.9	3.1	4.2
	Hòa Bình	0.6	0.6	1.5	1.5	2.3	3.5
	Mai Châu	0	0	0	0	0.1	0.1
22/03/2012	Mộc Châu		0	0	0.2	1.6	3.6
	Hòa Bình		0	0	2.4	2.7	5.1
	Mai Châu		0	0	7.9	8.5	10

Hơn nữa, để tăng độ chính xác của các mô hình cảnh báo có sử dụng đến số liệu thống kê thì độ tin cậy, đầy đủ của số liệu là cực kỳ quan trọng.Theo thống kê số liệu mưa trong khoảng thời gian 1990-2014 tại trạm Mai Châu ghi nhận được 27 ngày có lượng mưa ngày vượt ngưỡng mưa xác định theo biểu thức tương quan giữa lượng mưa ngày và lượng mưa 10 ngày trước đó. Tuy nhiên, theo thống kê về trượt lở chỉ ghi nhận có 8 ngày xảy ra trượt đất, chiếm tỷ lệ 29,6% (Bảng 4). (Điều này có thể do số liệu các trận trượt đất trong khu vực nghiên cứu được thống kê chưa đầy đủ. Có những năm có có lượng mưa lớn trên 2000 mm/năm (các năm 1990, 1994, 2001, 2004) hay có những năm lượng mưa ngày cực đại trên 128,41 mm (các năm 1990, 1995, 2000, 2004 và 2006) song lại không thấy có báo cáo về trượt đất. Theo ghi nhận của chúng tôi thì ở khu vực này hầu như năm nào cũng xảy ra trượt lở đất với các quy mô khác nhau. Bên cạnh đó, ngoài mưa, hiện tượng trượt lở đất còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nữa như địa hình, địa chất, thủy văn, thảm thực vật, nhân sinh,… Hay nói cách khác, mưa mới chỉ là điều kiện cần cho phát sinh trượt lở đất.

Bảng 4. Thống kê các ngày mưa vượt ngưỡng xảy ra trượt đất thời kỳ 1990 - 2014

STT	Ngày	Lượng mưa ngày (mm)	Lượng mưa 10 ngày trước đó (mm)	Ngưỡng mưa ngày (mm)
1	30/08/1990	144	170	115
2	29/08/1994	120	145	117
3	15/09/1994	116	307	105
4	29/07/1995	160	250	109
5	30/08/1995	158	198	113
6	**24/07/1996**	**350**	**417**	**97**
7	13/08/1996	139	208	113
8	**15/08/1996**	**243**	**485**	**92**
9	23/08/1996	152	510	90
10	**13/09/1996**	**136**	**197**	**113**
11	24/06/1997	120	208	113
12	11/09/2000	130	201	113
13	22/07/2003	119	130	118
14	23/07/2003	126	256	109
15	22/07/2004	139	282	107
16	17/08/2004	148	171	115
17	14/09/2005	200	225	111
18	**27/09/2005**	**210**	**387**	**99**
19	19/08/2006	193	365	101
20	06/07/2007	138	205	113
21	04/10/2007	310	484	92
22	**05/10/2007**	**183**	**626**	**81**
23	25/09/2008	234	234	111
24	**31/10/2008**	**163**	**295**	**106**
25	**18/07/2010**	**123**	**193**	**114**
26	**28/08/2010**	**109**	**355**	**101**
27	06/09/2012	132	215	112

*Ghi chú: Các dòng **in đậm** là những ngày ghi nhận có xảy ra trượt đất.*

Với lượng mưa 24h gây trượt đất mà trước đó trong thời gian dài không mưa tương tự nhau có thể thấy mô hình áp dụng cho huyện Mai Châu được xây dựng như trên tương đối phù hợp với mô hình áp dụng cho toàn tỉnh Hòa Bình do Dieu Tien Bui [15] xây dựng. Mô hình này có thể sử dụng để phục vụ cho công tác cảnh báo trượt đất các khu vực trong huyện Mai Châu theo lượng mưa đo được tại trạm Mai Châu trong điều kiện chưa thể xây dựng được các trạm quan trắc cảnh báo tại các khu vực cụ thể.

6. Kết luận

Trượt lở đất huyện Mai Châu, tỉnh Hòa Bình chủ yếu xảy ra vào mùa mưa và có quan hệ chặt chẽ với lượng mưa ngày (P) và lượng mưa tích lũy trong 10 ngày trước đó (P_{10}). Ngưỡng mưa gây trượt đất khu vực được thể hiện qua biểu thức: $P = 128,41 - 0,076P_{10}$ (đơn vị tính là mm). Đây là điều kiện quan trọng cho phát sinh trượt lở đất, ngoài ra còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác.

Xác suất xuất hiện trượt lở đất trong khu vực được xác định là 66%; 96,1% và 99,5% đối với các chu kỳ lặp tương ứng 1 năm, 3 năm và 5 năm.

Để có được ngưỡng mưa chính xác, phục vụ tốt công tác cảnh báo trượt lở đất khu vực huyện Mai Châu, cần thiết phải bổ sung thêm các trạm đo mưa, đặc biệt là ở những khu vực có nguy cơ trượt lở cao như xã Đồng Bảng. Thêm vào đó, các ban ngành liên quan cần quan tâm hơn nữa đến việc điều tra, lưu giữ các số liệu liên quan đến trượt lở đất trong khu vực.

Lời cảm ơn

Bài báo được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài "Nghiên cứu đánh giá nguy cơ trượt lở đất khu vực xã Đồng Bảng, huyện Mai Châu, tỉnh Hòa Bình và đề xuất các giải pháp phòng tránh".

Tài liệu tham khảo

[1] Nguyễn Ngọc Thạch (chủ nhiệm), Áp dụng viễn thám và hệ thông tin địa lý (GIS) để nghiên cứu và dự báo tai biến thiên nhiên ở tỉnh Hòa Bình. Đề tài khoa học đặc biệt mã số QG 00.17. Đại học Quốc gia Hà Nội, 2002

[2] Đinh Văn Toàn (chủ nhiệm). Phân vùng dự báo nguy cơ trượt lở, lũ quét ở tỉnh Hòa Bình, đề xuất các giải pháp phòng tránh thiệt hại. Đề tài cấp tỉnh. Lưu Viện Địa chất, 2006.

[3] Vũ Văn Chinh (chủ nhiệm). Nghiên cứu đánh giá vai trò của cấu trúc địa chất và chuyển động tân kiến tạo đối với tai biến nứt, trượt lở đất dọc quốc lộ 6 và đề xuất giải pháp khắc phục. Đề tài cấp Viện KHCNVN. Lưu Viện Địa chất, 2011.

[4] Larsen M. C. and Simon A,. A Rainfall Intensity-Duration Threshold for Landslides in a Humid-Tropical Environment, Puerto Rico. Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography.Vol. 75, No. 1/2(1993) 13.

[5] Rafi Ahmad., Landslides in Jamaica: Extent, Significance and Geological Zonation. Environment and Development in the Caribbean, Ch.10, 1995.

[6] Corominas, J. and Moya, J,. Reconstructing recent landslide activity in relation to rainfall in the Llobregat River basin, Eastern Pyrenees, Spain. Geomorphology, 30(1999) 79.

[7] Brand EW, Premchitt J, Phillipson HB., Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong. In: Proceedings 4th International Symposium on Landslides. Toronto: 1(1984) 377.

[8] Caine, N., The rainfall intensity-duration control of shallow landslides and debris flows. Geografiska Annaler, 62A (1980) 23.

[9] Chleborad, A.F., Baum, R.L., and Godt, J.W., Rainfall thresholds for forecasting landslides in the Seatle, Washinhton area - Exceedance and probability: U.S. Geological Survey Open-File Report, 2006, 1064.

[10] Lê Đức An. Một phương pháp nghiên cứu ngưỡng mưa nhằm cảnh báo trượt lở đất. Tạp chí các khoa học về Trái đất. No 32 (2) (2010) 97.

[11] Dahal R.K., Hasegawa S., Representative rainfall thresholds for landslides in the Nepan Himalaya. Geomorphology 100 (3-4)(2008) 429.

[12] Glade T., Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an empirical "antecedent daily rainfall model''. Pure Appl Geophys 157(6),(2000) 1059.

[13] Polemio M, Sdao F., The role of rainfall in the landslide hazard: the case of the Avigliano urban area (Southern Apennines, Italy). Eng Geol 53(3-4) (1999) 297.

[14] Aleotti P., A warning system for rainfall-induced shallow failures. Eng Geol 73(3-4) (2004) 247.

[15] Dieu Tien Bui, Biswajeet Pradhan, Owe Lofman, Inge Revhaug, Øystein B. Dick., Regional prediction of landslide hazard using probability analysis of intense rainfall in the Hoa Binh province, Vietnam. Nat. Hazards 66 (2013) 707.

[16] Jaiswal P., van Westen C.J., Estimating temporal probability for landslide initiation along transportation route based on rainfall thresholds. Geomorpgology 112 (1-2), 2009, 96-105.

[17] Crovelli, R. A., Probability models for estimation of number and cost of landslide. US Geologcal Service. Open-file report, (2000) 249.

[18] Corominas, J. and Moya, J,. A review of assessing landslide frequency for hazard zoning purposes. Engineering Geology, 102 (2008) 193.

Correlation Analysis between Landslides and Rainfall in Mai Châu District, Hòa Bình Province

Mai Thành Tân, Ngô Văn Liêm, Đoàn Anh Tuấn, Nguyễn Việt Tiến

Institute of Geological Sciences, Vietnam Academy of Science and Technology
84 Chùa Láng, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

Abstract: Landslides in Mai Châu district, Hòa Bình province are evaluated by analyzing daily rainfall data for a period of 25 years, from 1990 to 2014 from Mai Châu gauge and landslides inventory in the area. Analyzingthe graphs, in which daily rainfall versus rainfalls of 3, 5, 7, 10 and 15 days for rainfall dataset in both no-landslide and landslide cases, shows that landslide occurrences could be determined by the relationship between rainfall threshold (P) and antecedent rainfall of 10 days (P_{10}), expressed by: $P = 128.41 - 0.076P_{10}$. Using Poisson distribution, temporal probabilities of landslide occurrencesare estimated as 66%; 96.1% and 99.5% for the return periods of 1 year, 3 years and 5 years respectively.

Keywords: Landslides, Rainfall threshold, Poisson distribution, Mai Châu district.