

Cảnh báo sớm lũ quét, trượt lở đất ở Việt Nam. Thực trạng và giải pháp cho tương lai

Nguyễn Quốc Khánh, Phạm Văn Sơn, Nguyễn Thị Huyền, Trần Văn Trọng, Nguyễn Huy Dương

Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản. 67 Chiến Thắng, Văn Quán, Hà Đông, Hà Nội

Tác giả liên hệ: khanhgrigmr@gmail.com; Tel.: 0947502989

Ngày gửi bài: 27/01/2025

Ngày chấp nhận đăng:
21/4/2025

Từ khóa: Trượt, sạt lở đất đá, lũ quét, hệ thống cảnh báo sớm, Việt Nam.

Tóm tắt: Lũ quét và trượt lở đất là những thảm họa thiên nhiên thường xuyên xảy ra và gây hậu quả nghiêm trọng tại Việt Nam. Bài viết này đánh giá thực trạng công tác cảnh báo sớm hiện tại, bao gồm cả các thành tựu đã đạt được và những hạn chế còn tồn tại, phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả cảnh báo, bao gồm yếu tố kỹ thuật, tổ chức, xã hội và kinh tế, đề xuất các giải pháp tổng thể và chi tiết, tập trung vào việc nâng cao năng lực dự báo, cải thiện hệ thống quan trắc, tăng cường sự tham gia của cộng đồng, ứng dụng công nghệ tiên tiến, nhấn mạnh tầm quan trọng của sự phối hợp liên ngành và sự hỗ trợ của chính phủ, các tổ chức quốc tế, đồng thời nêu bật triển vọng và những bước đi cụ thể để Việt Nam có thể xây dựng một hệ thống cảnh báo sớm hiệu quả, bền vững, góp phần vào sự phát triển kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường.

1. Giới thiệu

1.1. Bối cảnh và tầm quan trọng

Việt Nam, với địa hình đa dạng, phức tạp, chủ yếu là đồi núi, đặc biệt là dễ bị tổn thương bởi các hiện tượng thời tiết cực đoan do biến đổi khí hậu. Hiện tượng tai biến lũ quét và trượt lở đất cũng là một trong những thảm họa thiên tai thường xuyên xảy ra và gây hậu quả nghiêm trọng (Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022). Thống kê cho thấy, hàng năm, thiệt hại do lũ quét và trượt lở đất gây ra thường lớn hơn bất kỳ loại hình thiên tai nào khác, đe dọa đến tính mạng, tài sản và sinh kế của hàng triệu người dân, ảnh hưởng tiêu cực đến sự phát triển kinh tế - xã hội. Lũ quét và trượt lở đất thường xảy ra bất ngờ và nhanh chóng, gây khó khăn cho công tác ứng phó và cứu hộ. Các khu vực miền núi, trung du thường là những nơi chịu ảnh hưởng nặng nề nhất do địa hình dốc, đất yếu và cơ sở hạ tầng còn hạn chế. Biến đổi khí hậu làm gia tăng tần suất và cường độ mưa lớn, làm tăng nguy cơ lũ quét và sạt lở đất. Việc quản lý rủi ro thiên tai, đặc biệt là thông qua cảnh báo sớm, trở nên cấp thiết hơn bao giờ hết. (Mai Đan, 2024; Quý Hiền, 2024)

Mục đích cơ bản của công tác cảnh báo sớm là nhằm giảm thiểu những rủi ro do các tai biến và hiểm họa tự nhiên đối với xã hội, nền kinh tế và môi trường. Hay nói cách khác, công tác cảnh báo sớm sẽ cung cấp thông tin kịp thời và hiệu quả, thông qua các tổ chức chuyên trách, cho phép các cá nhân, tổ chức có nguy cơ rủi ro có thể kịp thời thực hiện các hoạt động để phòng tránh giảm nhẹ rủi ro hoặc chuẩn bị các biện pháp ứng phó kịp thời, hiệu quả (UNEP, 2012). Hiện nay, nhiều địa phương ở nước ta đã có những bài học kinh nghiệm về cảnh báo sớm, nhưng cho đến nay, đa phần vẫn còn khá bị động trong việc cảnh báo, ứng phó, khắc phục thiên tai, trong đó có lũ quét, sạt lở đất, cho nên vẫn còn nhiều thiệt hại về người và tài sản. Điển hình như tại các trận lũ quét tại bản Sa Ná (xã Na Mèo, huyện Quan Sơn, tỉnh Thanh Hóa) xảy ra vào ngày 03/08/2019; lũ bùn đá xảy ra vào tháng 9/2013 tại Bản Khoang (huyện Sa Pa, tỉnh Lào Cai); Lũ bùn đá xảy ra vào các năm 2004, 2008, 2016 tại Phìn Ngan, huyện Bát Xát, Lào Cai; tại cầu Móng Sên (Sa Pa, Lào Cai) vào tháng 9/2004,; hoặc năm 2017 ở thị trấn Mù Cang

Chải (tỉnh Yên Bái) và tại xã Nậm Păm, huyện Mường La (tỉnh Sơn La); Năm 2020, trượt lở, lũ quét, lũ bùn đá xảy ra tại thủy điện Rào Trăng 3 và Tiểu khu 67 và tại khu vực đóng quân của Đoàn Kinh tế - Quốc phòng 337, đồn biên phòng Cửa khẩu Quốc tế Cha Lo, hoặc tại trung tâm Tắc Pồ xã Trà Mai, tại xã Trà Vân, xã Trà Leng, thuộc địa bàn huyện Nam Trà My, tỉnh Quảng Nam; Lũ bùn đá tại Làng Nủ, Long Khánh, Bảo Yên, Lào Cai (2024),...(Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022)

Công nghệ cảnh báo sớm thiên tai nói chung và tai biến lũ quét, trượt lở đất nói riêng đang ngày càng được quan tâm nghiên cứu và phát triển tại nhiều cơ quan, đơn vị trong và ngoài Bộ Tài nguyên và Môi trường, mang lại những kết quả khả quan trong một số dự án nghiên cứu ở Việt Nam. Mặc dù đã có những kinh nghiệm được tích lũy, song năng lực cảnh báo, ứng phó và khắc phục hậu quả thiên tai, nhất là lũ quét và sạt lở đất, ở nhiều cơ quan, địa phương vẫn còn hạn chế. Cần sớm có các giải pháp tổng thể và chi tiết cùng những bước đi cụ thể để Việt Nam có thể xây dựng một hệ thống cảnh báo sớm hiệu quả, bền vững, góp phần vào sự phát triển kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường. (UNEP, 2012)

1.2. Mục tiêu và phạm vi của bài báo

Mục tiêu chính của bài viết là đánh giá một cách hệ thống về thực trạng công tác cảnh báo sớm lũ quét và trượt lở đất ở Việt Nam, từ đó giúp xác định được những thách thức và cơ hội cho đầu tư phát triển hệ thống cảnh báo sớm, đồng thời đề xuất các giải pháp để nâng cao hiệu quả cảnh báo trong tương lai.

Phạm vi của bài viết tập trung vào các khía cạnh kỹ thuật, tổ chức và xã hội của công tác cảnh báo sớm, bao gồm: 1) Hệ thống quan trắc và dự báo; 2) Phương pháp đánh giá nguy cơ và phân vùng rủi ro; 3) Truyền thông và phổ biến thông tin cảnh báo; 4) Năng lực ứng phó của cộng đồng. Bài viết cũng xem xét các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả cảnh báo sớm, như: 1) Biến đổi khí hậu; 2) Sự phát triển kinh tế - xã hội; 3) Quản lý tài nguyên và môi trường.

2. Tổng quan về lũ quét, trượt lở đất ở Việt Nam

2.1. Khái niệm chung về lũ quét, trượt lở đất

Trượt, sạt lở đất đá là loại hình thiên tai

nguy hiểm, có sức phá hoại lớn, thường xuyên xảy ra vào mùa mưa bão hàng năm tại các khu vực miền núi, trung du ở Việt Nam. Trong khoa học, loại tai biến này thường được gọi là “trượt lở đất đá” (**landslide**), ngoài xã hội hay dùng là “sạt lở đất”, trong bài viết này sẽ thống nhất sử dụng là “trượt lở đất đá” (TLDD). TLDD là các hiện tượng tai biến địa chất liên quan đến sự dịch chuyển của vật liệu đất, đá, mảnh vụn từ trên sườn dốc xuống phía dưới và ra phía ngoài dưới tác động của trọng lực hoặc do tác động của nước. Các hiện tượng tai biến này có thể xảy ra trên bất kỳ địa hình nào khi mà các điều kiện về vật chất, độ ẩm và độ dốc của sườn cho phép. Một số quá trình phá hủy khác cũng nằm trong định nghĩa của trượt lở đất đá như: trượt dòng, trượt dòng bùn đá, trượt bùn, dòng đất, dòng mảnh vụn, đá đổ, đá rơi, mảnh vụn đổ,... (Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022)

Lũ quét (Flash flood) là loại lũ lụt xảy ra rất nhanh, trong vòng vài phút đến vài giờ, thường xảy ra ở các lưu vực sông suối nhỏ, khe núi, hoặc thậm chí các khu đô thị, ngay cả khi các khu vực lân cận không bị ảnh hưởng bởi mưa lớn. Do dòng chảy mạnh, lũ quét thường cuốn theo nhiều bùn đất, đá, cành cây, và các mảnh vụn vật liệu khác. Nguyên nhân chính gây ra lũ quét là do mưa lớn cục bộ trong thời gian ngắn hoặc do vỡ đê, đập, hoặc do dòng chảy tắc nghẽn và đột ngột bị phá vỡ. (Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022)

Lũ quét kèm bùn đá (Debris flood) là loại lũ quét xảy ra nhanh, dòng chảy chảy rất mạnh và thường chứa nồng độ trầm tích (bùn, đá, mảnh vụn) cao, dòng chảy thường tràn bờ và vượt ra ngoài lòng dẫn của sông suối. Nó có lượng bùn đá nhiều hơn đáng kể so với lũ quét, lũ lụt thông thường nhưng ít đặc quánh và có nồng độ thấp hơn so với lũ bùn đá (debris flow). (Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022)

Lũ bùn đá (Debris flow) là một loại dòng chảy nhanh, đặc quánh gồm hỗn hợp nước và nồng độ trầm tích cực cao của các vật liệu rắn (đất, đá, bùn, mảnh vụn, vật chất hữu cơ), thường di chuyển như một khối giống bê tông lỏng. Dòng bùn đất đá trên đường vận chuyển tự đào xói lòng dẫn, bóc cuốn theo vật liệu là các sản phẩm bùn đất, đá phong hóa, cành cây, rễ cây và các mảnh vụn vật liệu khác, dần tăng

thể tích dòng vật liệu tạo thành dòng lũ bùn đá lớn với sức công phá rất mạnh. Nguyên nhân chính hình thành lũ bùn đá là sự kết hợp của các nhân tố như: 1) Mưa cực lớn hoặc tuyết tan rất nhanh, làm bão hòa hoàn toàn vật liệu đất đá, giảm ma sát và tăng tải trọng, khiến khối vật liệu hóa lỏng và trượt xuống; 2) Vật liệu bão hòa như đất, đá, bùn, mảnh vụn thực vật có sẵn trên sườn dốc; 3) Địa hình đủ dốc để trọng lực có thể kéo vật liệu xuống; 4) Các yếu tố khác như hoạt động núi lửa, động đất hoặc trượt lở đất ban đầu cũng có thể là nguyên nhân khởi phát. (Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022)

Phân loại: Để phân biệt giữa “Lũ quét”, “Lũ quét kèm bùn đá” và “Lũ bùn đá”, nhiều nhà khoa học đã thống nhất dùng hàm lượng trầm tích được đề xuất bởi Wilford và nnk (2004) để phân biệt giữa “Lũ quét”, “Lũ quét kèm bùn đá” và “Lũ bùn đá” như sau: (D. J. Wilford và nnk, 2024)

- Lũ quét (Flash flood): dòng chảy chứa hàm lượng trầm tích thấp (<20%)
- Lũ quét kèm bùn đá (Debris flood): dòng chảy chứa hàm lượng trầm tích cao (20-47%)
- Lũ bùn đá (Debris flow): dòng chảy chứa hàm lượng trầm tích cao (>47%)

Theo các định nghĩa ở phần trên thì “lũ bùn đá” và “lũ quét” là hai loại không nên xếp chung một nhóm mặc dù đều có chung chữ “lũ”. Lũ bùn đá (debris flow) nên xếp vào nhóm trượt dạng dòng, cùng nhóm với trượt lở đất. Còn lũ quét kèm bùn đá (debris flood) sẽ được xếp vào cùng nhóm với lũ quét (flash flood).

Mối liên quan giữa TLĐĐ và LQ: LQ và TLĐĐ có liên quan mật thiết. Hai loại hình thiên tai này thường xuyên xảy ra trong các mùa mưa bão, đặc biệt trong phạm vi một lưu vực chúng thường đồng thời xảy ra, và thiên tai này cũng là nguyên nhân hoặc hậu quả của thiên tai kia (Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022). Nhìn chung, các trận lũ quét, lũ bùn đá xảy ra tại các vùng núi, trung du Việt Nam hầu như đều có liên quan đến TLĐĐ. Phần lớn sạt, trượt lở đất sẽ cung cấp nguồn vật liệu cho lũ quét và lũ quét kèm bùn đá. Khi xảy ra trượt lở đất với quy mô từ trung bình đến rất lớn có

thể là tác nhân hình thành các dòng lũ bùn đá tại các lưu vực sông suối và sẽ tác động đến các công trình công cộng như trường học, trạm, đập chắn nước, khu vực dân cư, ruộng vườn, hệ thống truyền tải điện... gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Nếu khối trượt xảy ra vào đúng vị trí sông, suối, sẽ làm lấp dòng suối tạo thành đập chắn tự nhiên kết cấu yếu, tích “túi nước” và vỡ ra khi vượt ngưỡng chịu đựng tạo thành dòng lũ quét. Dòng nước lũ quét tiếp tục cuốn theo vật chất từ trượt lở và mọi vật chất trên đường đi chuyển thành lũ bùn đá. Trượt lở dạng lũ bùn đá và lũ quét kèm bùn đá thường gây hậu quả rất nghiêm trọng, mặc dù những nơi dân thường hay sinh sống là những nơi có địa hình tương đối bằng phẳng, nơi có nguy cơ trượt lở thấp, tuy nhiên, khu vực thượng nguồn là các sườn núi dốc (phía thượng nguồn các khe suối) được đánh giá có nguy cơ TLĐĐ cao, do đó, khi xảy ra trượt lở, lũ bùn đá, lũ quét kèm bùn đá trên thượng nguồn thì hạ nguồn lưu vực sẽ gánh chịu hậu quả. (ĐA.TLĐĐ, 2012-2020)

2.2. Phân bố không gian và thời gian

Lũ quét và trượt lở đất xảy ra chủ yếu ở các tỉnh miền núi, trung du của nước ta. Khu vực Miền Bắc điển hình như các tỉnh: Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Lào Cai, Yên Bái, Hà Giang, Cao Bằng, Bắc Kạn, Lạng Sơn, Quảng Ninh). Khu vực Miền Trung như: Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế, Quảng Nam, Quảng Ngãi, Bình Định, Phú Yên). Khu vực Tây Nguyên-Nam Trung Bộ như: Kon Tum, Gia Lai, Đắk Lắk, Đắk Nông, Lâm Đồng, Ninh Thuận, Bình Thuận, Bình Phước, Đồng Nai). (ĐA.TLĐĐ, 2012-2020)

Các sự kiện lũ quét và trượt lở đất thường xảy ra trong mùa mưa (từ tháng 5 đến tháng 11), trùng với mùa bão. Tuy nhiên, một số sự kiện cũng có thể xảy ra vào các thời điểm khác trong năm do các yếu tố cục bộ. (UNEP, 2012)

2.3. Các yếu tố ảnh hưởng

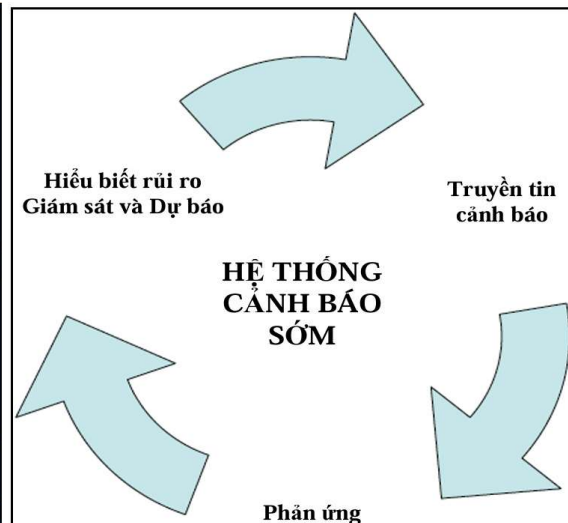
Nguyên nhân gây trượt lở đất đá, lũ quét đa dạng: các yếu tố địa chất, kiến tạo, địa hình, địa mạo, thạch học, vỏ phong hóa, thổ nhưỡng, thảm phủ, sử dụng đất, khí tượng-thủy văn... Còn các yếu tố kích hoạt tự nhiên được xác định chủ yếu là do mưa. Tuy nhiên, yếu tố kích hoạt do con người ngày càng gia tăng từ các

hoạt động nhân sinh như phá rừng, cắt xẻ sườn đồi, sườn núi và khai thác khoáng sản... Dưới tác động của biến đổi khí hậu (chủ yếu đến từ sự thay đổi chế độ mưa), trượt lở đất đá và lũ quét có khả năng xảy ra thường xuyên hơn, phức tạp, khó lường hơn, sức phá hoại lớn hơn, ảnh hưởng lớn đến nền kinh tế - xã hội. (ĐA.TLDD, 2012-2020; DAPVRRTT, 2024)

2.4. Công nghệ cảnh báo sớm trượt lở đất đá, lũ quét

Việc cảnh báo sớm lũ quét, sạt lở đất hiện nay, đặc biệt là cảnh báo chi tiết đến từng nhà dân, thôn bản để giảm thiểu thiệt hại người và của, vẫn luôn là một thách thức không chỉ với Việt Nam mà ngay cả với các quốc gia khoa học công nghệ phát triển như Nhật Bản, Mỹ,... Ngày nay trên thế giới, hệ thống cảnh báo sớm thiên tai thường là một hệ thống cảnh báo sớm với nhiều hợp phần, và hệ thống cảnh báo sớm trượt lở đất đá, lũ quét cũng tương tự. Theo mô hình của Cơ quan chiến lược về giảm nhẹ thiên tai của Liên hợp quốc (UNPE) thì hệ thống cảnh báo sớm là sự tích hợp của bốn hợp phần chính sau đây (Hình 1): (UNEP, 2012)

1. Sự hiểu biết về rủi ro (hay kiến thức về



Hình 1. Hệ thống cảnh báo sớm và các hợp phần của hệ thống theo mô hình của Cơ quan chiến lược về giảm nhẹ thiên tai của Liên Hợp Quốc (UNDRR, 2006; ảnh trái) và Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP, 2012; ảnh phải).

Trong các hợp phần nêu trên, hợp phần 1 và 2 liên quan nhiều tới các cơ quan điều tra, nghiên cứu, hợp phần 4 liên quan nhiều tới các cơ quan quản lý, các cấp chính quyền và cộng đồng dân cư, còn hợp phần 3 cần sự phối hợp hiệu quả giữa các cơ quan, cộng đồng nêu trên,

rủi ro): Đánh giá rủi ro, cung cấp thông tin cần thiết để thiết lập các ưu tiên cho các chiến lược phòng tránh giảm nhẹ thiên tai và thiết kế các hệ thống cảnh báo sớm.

2. Giám sát và dự báo (dịch vụ, công nghệ giám sát và dự báo): Các hệ thống có khả năng giám sát và dự báo cung cấp kịp thời các đánh giá về khả năng rủi ro mà cộng đồng, nền kinh tế và môi trường phải đối mặt.

3. Phổ biến thông tin (tuyên truyền, truyền tin cảnh báo): Các hệ thống thông tin liên lạc cần thiết để đưa ra các thông điệp cảnh báo đến các cơ quan chính quyền địa phương các cấp tại các vị trí/khu vực có khả năng bị ảnh hưởng. Các thông điệp cần phải đáng tin cậy, xúc tích và đơn giản để các cơ quan chức năng và công chúng có thể hiểu được.

4. Phản ứng (năng lực phản ứng) đối với thiên tai trượt lở đất đá, lũ quét: Phối hợp, quản trị tốt và các kế hoạch hành động thích hợp là những điểm chính trong cảnh báo sớm hiệu quả; Đồng thời, công tác giáo dục cộng đồng và nhận thức của cộng đồng cũng là những vấn đề quan trọng của công tác giảm nhẹ thiên tai.

nếu thiếu bất kỳ một hợp phần nào sẽ đồng nghĩa với sự thất bại của toàn bộ hệ thống. Ví dụ: các cảnh báo chính xác sẽ không có tác dụng nếu người dân không được chuẩn bị trước hoặc nếu các cảnh báo không được phổ biến bởi các cơ quan nhận thông tin.

Hệ thống cảnh báo với đầy đủ 4 hợp phần đã được xây dựng ở nhiều nước trên thế giới như: Nhật Bản, Mỹ, Trung Quốc, Đài Loan, Hồng Kông, Thái Lan... (Theo báo cáo Chương trình Môi trường của Liên hợp quốc (UNEP) về “Các Hệ thống cảnh báo sớm - Phân tích hiện trạng và định hướng tương lai” (năm 2012)). (UNEP, 2012)

Ngày nay, hệ thống cảnh báo sớm (EWS) cho trượt lở đất và lũ quét đều nhằm mục đích giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản do thiên tai gây ra. Tuy nhiên, do bản chất khác biệt của hai loại hình thiên tai này, các hệ thống cảnh báo sớm trượt lở đất và lũ quét, dù cùng mục tiêu giảm thiểu thiệt hại, nhưng chúng vẫn có những khác biệt quan trọng như: (1) Cảnh báo trượt lở đất thường tập trung vào giám sát sự ổn định của các sườn dốc cụ thể (quy mô cục bộ), theo dõi các thông số như biến dạng mặt đất, áp lực nước trong đất, và ngưỡng mưa cục bộ. (2) Trong khi đó, cảnh báo lũ quét theo dõi diễn biến mưa và dòng chảy trên cả một lưu vực sông/suối (quy mô khu vực), và thường dựa chủ yếu vào lượng mưa diện rộng, mực nước, và các mô hình dự báo thủy văn. Lũ quét xảy ra rất nhanh, đòi hỏi khả năng dự báo mạnh mẽ, còn sạt lở có thể có dấu hiệu trước nhưng cũng thường đột ngột sau mưa lớn. Tuy có những điểm khác biệt nêu trên nhưng hai loại hình thiên tai này có điểm chung là đều thường xuyên xảy ra trong các mùa mưa bão, đặc biệt trong phạm vi một lưu vực chúng thường đồng thời xảy ra, và thiên tai này cũng là nguyên nhân hoặc hậu quả của thiên tai kia. Xuất phát từ thực tiễn trên, nước ta cũng đang định hướng cụ thể về vấn đề đa thiên tai như trên phải có sự kết hợp đa ngành, nhất là ngành địa chất-khoáng sản và ngành khí tượng thủy văn phải phối hợp chặt chẽ với nhau. Vì vậy, bài báo đặt ra với mục tiêu mong muốn Cảnh báo sớm TLĐĐ-LQ sẽ được áp dụng một cách rộng rãi trên toàn bộ khu vực miền núi, trung du lãnh thổ Việt Nam, công tác này mang một ý nghĩa rất quan trọng, cấp bách và cấp thiết trong giai đoạn hiện nay. (UNEP, 2012)

3. Thực trạng công tác cảnh báo sớm lũ quét, trượt lở đất ở nước ta

3.1. Tổng hợp tình hình triển khai, nghiên cứu, ứng dụng công tác cảnh báo sớm ở nước ta

Ở nước ta hiện nay, các công nghệ cảnh báo sớm đã và đang đạt được nhiều kết quả nghiên cứu, được triển khai tại nhiều cơ quan, đơn vị trong và ngoài Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kết quả cũng đã có được một số thành tựu nhất định trong một số công trình nhờ những tiến bộ trong nghiên cứu khoa học và công nghệ. Theo thống kê chưa đầy đủ, trong giai đoạn 2000-2024, cả nước đã có hơn 130 công trình nghiên cứu cấp bộ, nhà nước, quốc gia và quốc tế, đã triển khai các nội dung liên quan đến các hợp phần chính của hệ thống cảnh báo sớm thiên tai trượt lở đất đá, lũ quét. Các nội dung chính bao gồm các công tác điều tra, đánh giá, dự báo, phân vùng (nguy cơ/nhạy cảm, hiểm họa, rủi ro), quan trắc, giám sát, cập nhật thông tin và cảnh báo sớm các thiên tai nói chung và trượt lở đất đá, lũ quét nói riêng. Các dự án và đề án điển hình như: Đề án chính phủ “Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng miền núi Việt Nam” (Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản chủ trì thực hiện từ 2012-2020); Dự án: “Điều tra, khảo sát, phân vùng và cảnh báo khả năng xuất hiện lũ quét ở miền núi Việt Nam - Giai đoạn I” do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu chủ trì thực hiện (2006-2009); Dự án: “Điều tra, khảo sát, xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét khu vực Miền Trung, Tây Nguyên và xây dựng hệ thống thí điểm phục vụ cảnh báo cho các địa phương có nguy cơ cao xảy ra lũ quét phục vụ công tác quy hoạch, chỉ đạo điều hành phòng tránh thiên tai thích ứng với biến đổi khí hậu” - Giai đoạn II” do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu chủ trì thực hiện (đến năm 2018); Dự án “Phân vùng rủi ro thiên tai và lập bản đồ cảnh báo lũ quét, trượt lở đất và sụt lún đất do mưa tại khu vực trung du và miền núi” do Cục KTTV chủ trì, hoàn thành năm 2024; Đề tài KHCN cấp bộ “Nghiên cứu xây dựng thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm trượt lở dạng dòng bùn đất, đá theo thời gian thực cho các khu vực miền núi Việt Nam” mã số TNMT.2019.03.01 do Viện Khoa Học Địa chất và Khoáng sản chủ trì; Đề tài KHCN cấp bộ “Nghiên cứu thiết kế và xây dựng hệ thống dữ liệu lớn dùng chung thống nhất liên ngành phục vụ công tác cảnh báo sớm trượt, trượt lở đất đá, lũ bùn đá, lũ ống, lũ quét theo thời gian thực khu vực miền núi, trung du Việt Nam”,

mã số TNMT.2021.04.07 do Viện Khoa Học Địa chất và Khoáng sản chủ trì; Đề tài KHCN cấp bộ “Nghiên cứu thiết kế, xây dựng hệ thống thông tin - cảnh báo sớm trượt lở đất đá, lũ quét khu vực miền núi, trung du Việt Nam”, mã số TNMT.2021.04.06 do Cục KTTV chủ trì; Dự án hợp tác giữa Viện Nghiên cứu quản lý thiên tai Hàn Quốc (National Disaster Management Institute) và Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam năm 2017 đã lắp đặt một số trạm đo mưa và mực nước sông tại tỉnh Lào Cai để quan trắc và cảnh báo lũ quét... (DAPVRRTT, 2024)

Kết quả đạt được và những tồn tại, hạn chế

Thông qua tổng hợp phân tích kết quả thực hiện một số đề án, dự án, đề tài về lũ quét, trượt lở đất đá và đang thực hiện, một số thành tựu và tồn tại về công tác quan trắc, cảnh báo lũ quét, trượt lở đất được tóm lược như sau:

- **Những thành tựu đạt được**

Đã bước đầu xây dựng được nền tảng CSDL cho các dự án và đề tài nghiên cứu về lũ quét và sạt lở đất.

Đã thành lập được các bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét, trượt lở đất với độ chi tiết ngày càng cao, từ tỷ lệ 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000 và ở một số khu vực đến 1:10.000 và chi tiết hơn.

Đã chuyển giao công nghệ và tổ chức tập huấn sử dụng các bản đồ hiện trạng và phân vùng nguy cơ lũ quét, trượt lở đất với các tỷ lệ 1:100.000, 1:50.000 và 1:10.000 cho khoảng 20 tỉnh miền núi phía Bắc, Bắc Trung Bộ. Các bản đồ này có vai trò quan trọng trong việc hỗ trợ các địa phương lập quy hoạch sử dụng đất và đưa ra cảnh báo hàng năm về nguy cơ lũ quét, trượt lở đất trên địa bàn.

Đã đề xuất và thử nghiệm các hệ thống cảnh báo lũ quét, trượt lở đất cho một số khu vực và lưu vực sông, dựa trên các yếu tố địa hình, địa chất, lượng mưa và mực nước ngầm, nước sông.

- **Những vấn đề tồn tại, hạn chế**

Những đề tài, đề án được kỳ vọng thường tập trung vào các mục tiêu như: điều tra, đánh giá hiện trạng thiên tai; thành lập bản đồ phân vùng nguy cơ tỷ lệ 1:50.000, 1:100.000, 1:200.000, 1:500.000; xây dựng quy trình

đánh giá và dự báo; đề xuất giải pháp công trình và phi công trình; thử nghiệm hệ thống cảnh báo lũ quét, trượt lở đất dựa trên lượng mưa. Nhìn chung, hiệu quả thực tế của các cảnh báo và dự báo còn hạn chế ở phạm vi phân vùng, chưa thể cung cấp thông tin chi tiết về địa điểm cụ thể và theo thời gian thực, khiến hiệu quả đối với cho người dân còn thấp. Tình trạng lũ quét bùn đá và trượt lở đất ở khu vực miền núi, một dạng thiên tai lũ quét thường xuyên xảy ra và gây hậu quả nặng nề, chưa được quan tâm giải quyết triệt để. Các quy trình và giải pháp hiện tại cũng mới chỉ dừng lại ở giai đoạn "đề xuất," còn thiếu triển khai ứng dụng đại trà, rộng khắp. Cụ thể hơn, các đề tài, dự án còn một số những tồn tại như sau:

- Công tác phòng ngừa lũ quét và trượt lở đất chưa đạt hiệu quả mong muốn. Các nghiên cứu chủ yếu mang tính thử nghiệm khoa học, ít được ứng dụng vào thực tế. Do các dự án được triển khai riêng lẻ, độc lập tại nhiều bộ, ngành khác nhau, việc áp dụng trên thực tế gặp nhiều khó khăn.

- Trên thế giới, hệ thống bản đồ cảnh báo lũ quét và trượt lở đất đã phát triển thành ba cấp độ: (1) Bản đồ phân vùng nguy cơ (Susceptibility), xác định khu vực có khả năng xảy ra; (2) Bản đồ phân cấp mức độ thảm họa (hazard), đưa ra cảnh báo về cả không gian và thời gian; (3) Bản đồ mức độ rủi ro (risk), đánh giá toàn diện về không gian, thời gian và mức độ thiệt hại. Tuy nhiên, Việt Nam mới chỉ xây dựng được bản đồ phân vùng nguy cơ (Susceptibility). Các bản đồ này có tỷ lệ thường nhỏ (1:50.000 và nhỏ hơn), dựa trên số liệu lịch sử, do đó chỉ mang tính chất tĩnh và chỉ khoanh vùng nguy cơ theo không gian địa lý. Chúng không đủ chi tiết để cảnh báo chính xác vị trí có nguy cơ cao, không dự báo được thời gian thực và vị trí chính xác của lũ quét, sạt lở đất. Trong khi đó, lũ quét, trượt lở đất thường xảy ra trên phạm vi nhỏ, như một thôn/bản hoặc chi tiết hơn. Điều này khiến các dự án hiện tại chủ yếu có ý nghĩa trong quy hoạch, mang tính định tính và thiếu các yếu tố định lượng trong dự báo. Vì vậy, giá trị ứng dụng thực tế của chúng còn hạn chế và cần được nâng cấp.

- Một số dự án tại Việt Nam, được đầu tư bởi nước ngoài, đã xây dựng hệ thống quan

trắc và cảnh báo lũ quét trên các lưu vực sông, sử dụng lượng mưa và mực nước sông làm hai chỉ số chính. Tuy nhiên, những hệ thống cảnh báo này bỏ qua một thực tế quan trọng: đó cũng là điểm hạn chế của các hệ thống này là chưa dự báo được lũ quét bùng nổ ở vùng thượng nguồn, nơi lũ quét cuốn theo cả nước, bùn, đá và cây cối. Điều đáng nói là những người dân sinh sống ở vùng núi lại thường xuyên phải gánh chịu thiệt hại do lũ quét, lũ bùn đá gây ra tại chính khu vực thượng nguồn này.

- Các hệ thống quan trắc và cảnh báo từ nước ngoài thường có công nghệ hiện đại, song chi phí cao và khó khăn trong quản lý vận hành khiến chúng chưa thực sự phù hợp với điều kiện kinh tế và tập quán sinh hoạt của người dân miền núi Việt Nam. Do đó, bên cạnh việc sử dụng, cần từng bước nội địa hóa các thiết bị quan trắc, cảnh báo để phù hợp hơn với điều kiện bảo dưỡng, vận hành tại Việt Nam, đặc biệt là ở khu vực miền núi. Đồng thời, cần có các nghiên cứu tổng thể và tiêu chuẩn hóa các giải pháp công trình và phi công trình nhằm phòng, chống và giảm thiểu thiệt hại do lũ quét, lũ bùn đá gây ra tại các khu dân cư miền núi, đảm bảo tính kinh tế, hiệu quả và phù hợp với điều kiện thực tế của người dân.

- Ngoài ra, do chưa có các tiêu chuẩn cụ thể về điều tra, khảo sát, thiết kế, thi công, lắp đặt, nghiệm thu, cũng như tài liệu hướng dẫn vận hành, bảo trì hệ thống quan trắc, cảnh báo sớm lũ quét, sạt lở đất, nên các cơ quan quản lý gặp nhiều khó khăn trong việc thực hiện các dự án liên quan đến phòng, chống loại hình thiên tai này.

3.2. Các hệ thống quan trắc và dự báo ở nước ta

Mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn

Các trạm khí tượng, thủy văn có vai trò quan trọng trong việc cung cấp dữ liệu đầu vào cho các mô hình dự báo lũ quét, sạt lở đất. Tuy nhiên, mật độ trạm quan trắc còn thưa, đặc biệt là ở các khu vực miền núi, vùng sâu, vùng xa. Thiết bị quan trắc ở nhiều trạm còn lạc hậu, chưa đáp ứng được yêu cầu đo đạc chính xác và liên tục.

Hiện nay, mạng lưới trạm KTTV quốc gia có 1.804 trạm/điểm quan trắc KTTV, đạt 30% so với Quy hoạch mạng lưới quan trắc

TN&MT quốc gia giai đoạn 2016 - 2025, tầm nhìn đến năm 2030 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt. Số lượng trạm KTTV được tự động các yếu tố cơ bản là 1.395 trạm/điểm (đạt khoảng 77,3%), còn lại là quan trắc thủ công và bán tự động (Theo báo điện tử Tài nguyên và Môi trường, 19/04/2022)

Cục Khí tượng Thủy văn (KTTV) quản lý mạng lưới các trạm khí tượng, thủy văn trên toàn quốc. Mạng lưới này có chức năng theo dõi các yếu tố khí tượng (mưa, nhiệt độ, gió, áp suất) và thủy văn (mực nước sông, lưu lượng dòng chảy).

Hệ thống quan trắc hiện trường trượt lở đất, lũ quét, lũ bùn đá:

Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản đã triển khai Đề tài hợp tác với Sở Địa chất Anh “Thiết lập trạm quan trắc đa thiên tai và tăng cường khả năng chống chịu cho Hà Nội” làm cơ sở ứng dụng các công nghệ tiên tiến trong việc xác định đa thiên tai và khả năng chống chịu các dạng tai biến cho khu vực Hà Nội. Đồng thời, Viện đã được sự tài trợ của Khoa Địa tin học và Quan sát Trái đất, Trường Đại học Twente (ITC, Hà Lan) lắp đặt 10 trạm quan trắc tai biến trượt lở đất đá lắp đặt tại các vị trí trọng điểm có nguy cơ cao trượt lở đất đá, lũ quét ở Bắc Kạn (thuộc Đề tài “Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ WebGIS, phân tích ảnh RADAR phân giải cao và mô hình không gian GIS để xây dựng hệ thống cảnh báo tai biến địa chất và thảm họa môi trường tự nhiên Việt Nam. Thử nghiệm tại Bắc Kạn”; Ngoài ra, Viện còn hợp tác với Viện Địa Kỹ thuật Na Uy (NGI) hỗ trợ lắp đặt thử nghiệm 02 trạm quan trắc tại khối trượt Tân Xà (huyện Tương Dương, tỉnh Nghệ An) vào năm 2014 và tại khối trượt Khu 5, thị trấn Trạm Tấu (huyện Trạm Tấu, tỉnh Yên Bái) vào năm 2015. Cả hai đều thuộc Đề án “Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng miền núi Việt Nam”. Đặc biệt, Viện còn hợp tác triển khai nhiệm vụ với Cục Bảo tồn Đất và Nước Đài Loan “Nghiên cứu xây dựng thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm trượt lở dạng dòng bùn đất, đá theo thời gian thực cho các khu vực miền núi Việt Nam” và xây dựng được 02 hệ thống trạm quan trắc cảnh báo sớm trượt lở dạng dòng bùn đất đá theo thời gian thực (do Đài Loan tài trợ), được

xây dựng, vận hành tại khu vực xã Bản Khoang, huyện Sa Pa, tỉnh Lào Cai và thị trấn Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bái (thuộc Đề tài KH&CN cấp bộ TNMT.2019.03.01).

Ngoài ra còn có các đơn vị khác như: Viện Địa chất, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã lắp đặt 01 hệ thống trạm quan trắc theo thời gian thực thiên tai trượt lở tại đồi Ông Tượng, thành phố Hòa Bình, tỉnh Hòa Bình; Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội đã triển khai lắp đặt và vận hành 02 hệ thống quan trắc hiện trường trượt lở quy mô lớn được đặt tại thị trấn Khâm Đức (huyện Phước Sơn) và Tắc Pô (huyện Nam Trà My).

Hệ thống quan trắc địa chất:

Hệ thống quan trắc địa chất hiện nay đã có những trạm sau:

- Trung tâm Báo tin động đất và cảnh báo sóng thần (Viện Vật lý Địa cầu) quản lý mạng lưới các trạm địa chấn, có khả năng phát hiện các rung động do trượt lở đất gây ra.

- Mạng lưới GPS địa động lực phục vụ công tác dự báo tai biến tự nhiên vùng Tây Bắc Việt Nam” (hoàn thành năm 2009), do Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ chủ trì thực hiện.

Tuy nhiên, thông tin từ các trạm địa chấn thường chỉ có thể cung cấp cảnh báo sau khi sự kiện sạt lở đã xảy ra, ít có giá trị trong việc cảnh báo sớm.

Các mô hình dự báo:

Các mô hình thống kê: được xây dựng dựa trên phân tích mối tương quan giữa các yếu tố địa hình, địa chất, khí hậu, nhân sinh và các sự kiện lũ quét, trượt lở đất đã xảy ra trong quá khứ.

Các mô hình vật lý: mô phỏng quá trình hình thành và phát triển lũ quét, trượt lở đất dựa trên các phương trình toán học.

Mô hình VNOFFG (Viet Nam Operational Flash Flood Guidance System): là hệ thống phần mềm dự báo lũ quét do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu (IMHEN)) phối hợp với Trung tâm Nghiên cứu Thủy văn của Mỹ (HRC) xây dựng, dựa trên ngưỡng lượng mưa gây lũ quét. VNOFFG có phạm vi áp dụng trên toàn quốc và được cập nhật liên tục.

Mô hình hệ thống WebGIS của Đề án “Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng miền núi Việt Nam” (2012-2020) địa chỉ www.canhbaotruotlo.vn; Các trang web khác về trượt lở như: <http://truotlo.com> ; <http://quangnam.truotlo.com>

Hệ thống thông tin cảnh báo lũ quét và trượt lở đất thời gian thực (Dự án 705 do Cục Khí tượng Thủy văn chủ trì, hoàn thành năm 2024), địa chỉ <http://luquetsatlo.nchmf.gov.vn/>

3.3. Các phương pháp đánh giá nguy cơ và phân vùng rủi ro

Đánh giá định tính: dựa trên kinh nghiệm chuyên gia, phân tích bản đồ địa hình, địa chất, sử dụng đất và các yếu tố khác.

Đánh giá định lượng: sử dụng các mô hình toán học, thống kê để tính toán chỉ số nguy cơ, rủi ro.

Phân vùng rủi ro: phân chia khu vực nghiên cứu thành các vùng có mức độ nguy cơ khác nhau, dựa trên kết quả đánh giá nguy cơ. Các yếu tố thường được sử dụng để đánh giá nguy cơ và phân vùng rủi ro như: 1) Độ dốc địa hình, hướng dốc, độ cao; 2) Loại đất đá, cấu trúc địa chất; 3) Lượng mưa, cường độ mưa, phân bố mưa theo mùa; 4) Độ che phủ thực vật; 5) Sử dụng đất, hoạt động khai thác khoáng sản, xây dựng cơ sở hạ tầng.

3.4. Công tác truyền thông và phổ biến thông tin cảnh báo:

Các kênh truyền thông được sử dụng: 1) Truyền hình, radio: phát các bản tin cảnh báo, hướng dẫn phòng tránh; 2) Báo chí: đăng tải các bài viết, phóng sự về lũ quét, trượt lở đất và các biện pháp phòng tránh; 3) Internet, mạng xã hội: cung cấp thông tin trên các trang web, mạng xã hội của các cơ quan chức năng; 4) Loa phát thanh: sử dụng ở các khu vực nông thôn, vùng sâu, vùng xa.

Các hình thức truyền thông được sử dụng: 1) Bản tin thời tiết; 2) Thông báo khẩn cấp; 3) Hướng dẫn phòng tránh; 4) Sơ đồ khu vực nguy hiểm và khu vực an toàn.

Đánh giá hiệu quả: 1) Khả năng tiếp cận: thông tin cảnh báo đã đến được với đại đa số người dân. Tuy nhiên, vẫn còn một số nhóm dân cư khó tiếp cận thông tin (người già, trẻ em, người khuyết tật, người dân tộc thiểu số);

2) Dễ hiểu: thông tin cảnh báo được trình bày một cách rõ ràng, dễ hiểu đối với người dân. Tuy nhiên, vẫn còn một số thuật ngữ chuyên môn cần được giải thích kỹ hơn; 3) Tin cậy: thông tin cảnh báo được cung cấp từ các nguồn tin chính thức và có độ tin cậy cao. Tuy nhiên, một số người dân vẫn còn hoài nghi về độ chính xác của thông tin cảnh báo.

Các rào cản: 1) Ngôn ngữ: thông tin cảnh báo cần được dịch ra nhiều thứ tiếng để phù hợp với các dân tộc thiểu số; 2) Văn hóa: cần tôn trọng các tập quán và tín ngưỡng địa phương khi truyền thông về phòng tránh thiên tai; 3) Trình độ dân trí: cần sử dụng các hình thức truyền thông phù hợp với trình độ dân trí của người dân.

3.5. Năng lực ứng phó của cộng đồng:

Nhận thức: Người dân đã có nhận thức về nguy cơ lũ quét, sạt lở đất, nhưng chưa đầy đủ về các biện pháp phòng tránh. Tuy nhiên, nhiều người dân còn chủ quan, lơ là, không thực hiện các biện pháp phòng tránh khi có cảnh báo.

Chuẩn bị: Một số người dân đã chuẩn bị sẵn sàng các vật dụng cần thiết (như lương thực, nước uống, thuốc men) để ứng phó với thiên tai. Tuy nhiên, nhiều người dân vẫn chưa có đủ điều kiện để chuẩn bị đầy đủ các vật dụng này.

Sơ tán: Người dân thường sơ tán đến các địa điểm an toàn do chính quyền địa phương chỉ định. Tuy nhiên, một số người dân vẫn còn do dự, chậm trễ trong việc sơ tán do lo sợ mất tài sản, nhà cửa.

4. Các yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả cảnh báo sớm

4.1. Yếu tố kỹ thuật

Mật độ và chất lượng của mạng lưới quan trắc: Mạng lưới quan trắc còn thưa thớt, đặc biệt là ở các khu vực miền núi, vùng sâu, vùng xa. Các thiết bị quan trắc ở nhiều trạm còn lạc hậu, chưa được bảo trì thường xuyên.

Độ chính xác và tin cậy của các mô hình dự báo: Các mô hình dự báo lũ quét, trượt lở đất còn nhiều hạn chế về độ chính xác, độ phân giải và khả năng dự báo theo thời gian thực. Các mô hình này chưa tích hợp đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng, như địa chất, địa hình, khí hậu, nhân sinh và biến đổi khí hậu.

Khả năng thu thập, xử lý và chia sẻ dữ liệu: Việc thu thập dữ liệu từ các trạm quan trắc còn chậm trễ, không liên tục, dữ liệu còn phân tán ở nhiều cơ quan, đơn vị, gây khó khăn cho việc khai thác và sử dụng. Hơn nữa, vẫn còn thiếu các quy chuẩn, tiêu chuẩn về dữ liệu và chia sẻ dữ liệu.

Hạ tầng công nghệ thông tin: Đường truyền internet ở nhiều khu vực còn yếu, gây khó khăn cho việc truyền thông tin cảnh báo.

4.2. Yếu tố tổ chức

Sự phối hợp giữa các cơ quan liên quan: Thiếu cơ chế phối hợp chặt chẽ, hiệu quả giữa các cơ quan khí tượng thủy văn, địa chất, xây dựng, giao thông, chính quyền địa phương.

Quy trình ra quyết định và ban hành cảnh báo: Quy trình còn rườm rà, phức tạp, mất nhiều thời gian. Đặc biệt, thiếu sự tham gia của cộng đồng trong quá trình ra quyết định.

Năng lực quản lý và điều hành: Thiếu đội ngũ cán bộ chuyên trách, có trình độ chuyên môn cao về cảnh báo lũ quét, sạt lở đất. Kinh nghiệm quản lý và điều hành hệ thống cảnh báo còn hạn chế.

4.3. Yếu tố xã hội

Nhận thức của cộng đồng: Nhiều người dân chưa nhận thức đầy đủ về nguy cơ lũ quét, trượt lở đất và các biện pháp phòng tránh. Một số người dân còn chủ quan, lơ là, không thực hiện các biện pháp phòng tránh khi có cảnh báo.

Khả năng tiếp cận thông tin: Một số nhóm dân cư khó tiếp cận thông tin cảnh báo (người già, trẻ em, người khuyết tật, người dân tộc thiểu số).

Văn hóa và tập quán: Một số tập quán canh tác, sinh hoạt của người dân làm tăng nguy cơ lũ quét, trượt lở đất (canh tác trên đất dốc, xây nhà cửa ven sông suối).

Kinh nghiệm và kiến thức: Người dân địa phương có nhiều kinh nghiệm quý báu trong việc nhận biết các dấu hiệu của lũ quét, sạt lở đất. Tuy nhiên, những kinh nghiệm này chưa được hệ thống hóa và truyền lại cho thế hệ sau.

4.4. Yếu tố kinh tế

Nguồn lực tài chính: Kinh phí cho công tác quan trắc, dự báo, cảnh báo còn hạn chế.

Đặc biệt là thiếu kinh phí cho việc đầu tư cơ sở hạ tầng phòng chống thiên tai.

Mức sống của người dân: Nhiều người dân còn nghèo khó, không đủ khả năng xây dựng nhà cửa kiên cố, di chuyển đến nơi an toàn. Do vậy, khả năng phục hồi sau thiên tai của người dân còn hạn chế do thiếu vốn, kiến thức và kỹ năng.

5. Giải pháp nâng cao hiệu quả cảnh báo sớm

5.1. Hoàn thiện hệ thống pháp luật, chính sách

Ban hành Luật Phòng chống thiên tai (sửa đổi): Bổ sung các quy định cụ thể về cảnh báo sớm lũ quét, sạt lở đất, bao gồm các định nghĩa, tiêu chuẩn, quy trình, trách nhiệm của các bên liên quan. Tuy nhiên phải đảm bảo sự phù hợp với các luật khác liên quan (như Luật Đất đai, Luật Xây dựng, Luật Phòng chống rửa tiền).

Xây dựng cơ chế phối hợp liên ngành: Xây dựng quy chế phối hợp chi tiết giữa các cơ quan khí tượng thủy văn, địa chất, xây dựng, giao thông, chính quyền địa phương và các tổ chức xã hội. Đảm bảo sự phối hợp hiệu quả trong việc chia sẻ thông tin, ra quyết định và thực hiện các biện pháp phòng chống thiên tai. Thành lập Ủy ban Quốc gia về Phòng chống Thiên tai, có trách nhiệm điều phối hoạt động của các bộ, ngành liên quan đến cảnh báo sớm và ứng phó với lũ quét, sạt lở đất.

Phân cấp, phân quyền: Phân cấp rõ ràng trách nhiệm cho các cấp chính quyền (trung ương, tỉnh, huyện, xã) trong công tác cảnh báo sớm. Ủy quyền cho chính quyền địa phương chủ động ra quyết định sơ tán dân cư, ứng phó với thiên tai dựa trên tình hình thực tế.

Đảm bảo nguồn lực tài chính: Ưu tiên bố trí nguồn lực tài chính ổn định cho công tác cảnh báo sớm, bao gồm cả chi phí hoạt động thường xuyên và chi phí đầu tư phát triển. Khuyến khích xã hội hóa công tác cảnh báo sớm, huy động nguồn lực từ các doanh nghiệp, tổ chức và cá nhân.

5.2. Nâng cao năng lực dự báo và cảnh báo

Phát triển hệ thống quan trắc: 1) Mật độ và phạm vi: Mở rộng mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn, địa chất, đặc biệt là ở các khu

vực có nguy cơ cao, các khu vực vùng sâu, vùng xa, biên giới, hải đảo; 2) Công nghệ: Đầu tư các thiết bị quan trắc hiện đại, tự động, có khả năng truyền dữ liệu thời gian thực. Sử dụng các thiết bị quan trắc từ xa (vệ tinh, máy bay không người lái) để giám sát các khu vực khó tiếp cận; 3) Đa dạng hóa: Thiết lập các trạm đo mưa chuyên dụng để theo dõi lượng mưa cục bộ. Nội địa hóa các thiết bị quan trắc...

Nghiên cứu, ứng dụng các mô hình dự báo tiên tiến: 1) Chi tiết hóa: Xây dựng các mô hình dự báo lũ quét, trượt lở đất chi tiết, có độ phân giải cao (ví dụ: <1km²), có khả năng dự báo theo thời gian thực (ví dụ: 30 phút, 1 giờ, 3 giờ, 6 giờ); 2) Tích hợp: Tích hợp các yếu tố địa hình, địa chất, khí tượng thủy văn, nhân sinh và biến đổi khí hậu vào mô hình dự báo. Sử dụng các thuật toán trí tuệ nhân tạo (AI) và học máy (Machine Learning) để nâng cao độ chính xác của mô hình dự báo; 3) Hợp tác: Hợp tác với các trung tâm nghiên cứu hàng đầu trên thế giới để tiếp cận các công nghệ dự báo tiên tiến nhất.

Xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu tập trung: 1) Tiêu chuẩn hóa: Thống nhất các tiêu chuẩn, quy chuẩn về dữ liệu đầu vào và dữ liệu đầu ra. Xây dựng danh mục siêu dữ liệu (metadata) cho tất cả các loại dữ liệu; 2) Dữ liệu lớn: Xây dựng cơ sở dữ liệu lớn (Big Data) để lưu trữ và quản lý dữ liệu; 3) Điện toán đám mây: Sử dụng công nghệ điện toán đám mây (Cloud Computing) để đảm bảo khả năng truy cập và chia sẻ dữ liệu; 4) Cổng thông tin: Xây dựng cổng thông tin (website, ứng dụng di động) để cung cấp dữ liệu và các sản phẩm dự báo, cảnh báo cho các cơ quan, tổ chức và cá nhân.

5.3. Tăng cường sự tham gia của cộng đồng

Nâng cao nhận thức: 1) Giáo dục: Xây dựng các chương trình giáo dục về lũ quét, trượt lở đất cho các trường học, trung tâm giáo dục thường xuyên và các tổ chức xã hội; 2) Truyền thông: Sử dụng các phương tiện truyền thông đa dạng (truyền hình, radio, báo chí, internet, mạng xã hội) để phổ biến thông tin về nguy cơ, các dấu hiệu nhận biết và các biện pháp phòng tránh lũ quét, sạt lở đất. Tổ chức các chiến dịch truyền thông cộng đồng, lồng

ghép với các sự kiện văn hóa, thể thao.

Thiết lập hệ thống cảnh báo dựa vào cộng đồng: 1) Tổ chức: Thành lập các tổ đội xung kích phòng chống thiên tai ở cấp thôn, xã, bản; 2) Trang bị: Cung cấp cho các tổ đội này các trang thiết bị cần thiết (còi báo động, loa phóng thanh, đèn pin, áo phao, dụng cụ sơ cứu); 3) Tập huấn: Tổ chức tập huấn cho các tổ đội này về kỹ năng quan trắc, báo cáo thông tin, sơ cứu ban đầu, kỹ năng sơ tán, cứu hộ cứu nạn.

Khuyến khích người dân tham gia vào công tác giám sát, báo cáo thông tin: 1) Cơ chế: Xây dựng cơ chế khen thưởng, khuyến khích người dân tích cực tham gia vào công tác giám sát và báo cáo thông tin về các dấu hiệu bất thường (ví dụ: vết nứt trên đê, cây đổ, nước sông suối đổi màu, xuất hiện tiếng động lạ); 2) Ứng dụng: Phát triển các ứng dụng di động để người dân dễ dàng báo cáo thông tin và chia sẻ hình ảnh, video về các sự kiện bất thường.

5.4. Hợp tác quốc tế

Học hỏi kinh nghiệm: Nghiên cứu, học hỏi kinh nghiệm xây dựng và vận hành hệ thống cảnh báo sớm từ các nước có thành công trong lĩnh vực này như Nhật Bản, Hàn Quốc, Mỹ và các nước châu Âu.

Hợp tác nghiên cứu: Phối hợp với các tổ chức quốc tế (như Liên Hợp Quốc, Ngân hàng Thế giới, các tổ chức phi chính phủ) để thực hiện các nghiên cứu về lũ quét, sạt lở đất, bao gồm cả nghiên cứu cơ bản và nghiên cứu ứng dụng.

Nhận viện trợ: Kêu gọi viện trợ tài chính, kỹ thuật từ các tổ chức quốc tế để nâng cấp hệ thống cảnh báo sớm, đào tạo cán bộ, nâng cao năng lực cho cộng đồng. Xây dựng các dự án hợp tác quốc tế để triển khai các giải pháp phòng chống lũ quét, trượt lở đất ở Việt Nam.

5.5. Ứng dụng công nghệ 4.0

Trí tuệ nhân tạo (AI) và học máy (Machine Learning): Áp dụng các thuật toán AI và Machine Learning để phân tích dữ liệu từ các nguồn khác nhau (khí tượng, địa chất, địa hình, nhân sinh) và dự báo nguy cơ lũ quét, sạt lở đất. Sử dụng AI và Machine Learning để tối ưu hóa hệ thống quan trắc, lựa chọn vị trí đặt trạm và xác định tần suất đo đạc. Áp dụng

AI và Machine Learning để phát hiện các mẫu hình bất thường trong dữ liệu (ví dụ: các dấu hiệu sớm của sạt lở đất, lũ quét) và đưa ra cảnh báo kịp thời.

Internet of Things (IoT): Triển khai các cảm biến IoT (độ ẩm đất, áp suất nước lỗ rỗng, độ nghiêng) trên các sườn đồi có nguy cơ sạt lở để thu thập dữ liệu một cách tự động, liên tục và chi phí thấp. Kết nối các cảm biến IoT với hệ thống cảnh báo để cung cấp thông tin thời gian thực.

Ứng dụng di động: Phát triển các ứng dụng di động để cung cấp thông tin cảnh báo lũ quét, trượt lở đất cho người dân, bao gồm cả thông tin về nguy cơ, bản đồ sơ tán, hướng dẫn phòng tránh và liên lạc khẩn cấp. Cho phép người dân báo cáo các sự kiện bất thường (ví dụ: vết nứt trên đê, cây đổ, nước sông dâng cao) để giúp cơ quan chức năng có thông tin kịp thời.

6. Thách thức và cơ hội

Thách thức: Nguồn lực tài chính và nhân lực còn hạn chế so với yêu cầu thực tế. Biến đổi khí hậu diễn biến ngày càng phức tạp và khó lường. Địa hình hiểm trở, dân cư phân bố rải rác gây khó khăn cho việc xây dựng và duy trì hệ thống quan trắc. Ý thức phòng tránh thiên tai của một bộ phận người dân còn hạn chế. Sự phối hợp liên ngành còn chưa thực sự hiệu quả.

Cơ hội: Sự quan tâm và ủng hộ của Đảng và Nhà nước đối với công tác phòng chống thiên tai. Sự phát triển của khoa học công nghệ, đặc biệt là công nghệ thông tin và viễn thông. Sự hỗ trợ từ các tổ chức quốc tế và các nước phát triển. Ý thức chủ động phòng tránh và giảm thiểu tác động của thiên tai của người dân ngày càng được nâng cao. Nhu cầu cấp bách của xã hội trong việc bảo vệ tính mạng, tài sản và sinh kế của người dân trước tình hình thiên tai, biến đổi khí hậu.

7. Kết luận và kiến nghị

Kết luận:

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng và các hiện tượng thiên tai diễn biến khó lường, việc xây dựng và vận hành một hệ thống cảnh báo sớm lũ quét, trượt lở đất hiệu quả là một nhiệm vụ cấp bách và cần thiết để bảo vệ cuộc sống, tài sản của người dân Việt

Nam. Các nỗ lực trong nhiều công trình nghiên cứu khoa học công nghệ áp dụng của các đề tài, dự án, đề án đã đạt được những thành tựu nhất định, tuy nhiên vẫn còn nhiều hạn chế cần khắc phục trong tương lai để có thể xây dựng được các hệ thống cảnh báo sớm hiệu quả, bền vững, góp phần vào sự phát triển kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường.

Kiến nghị:

Để đạt được mục tiêu đề ra, cần có sự tham gia và phối hợp chặt chẽ của tất cả các bên liên quan, từ chính phủ, các nhà khoa học, các tổ chức phi chính phủ, doanh nghiệp và cộng đồng. Cụ thể, cần thực hiện đồng bộ các giải pháp sau:

- Xây dựng và hoàn thiện hành lang pháp lý: Xây dựng và hoàn thiện hệ thống văn bản quy phạm pháp luật, tạo cơ sở pháp lý vững chắc cho công tác cảnh báo sớm.

- Tăng cường đầu tư: Đầu tư mạnh mẽ cho việc xây dựng và nâng cấp hệ thống quan trắc, phát triển các mô hình dự báo, xây dựng cơ sở dữ liệu và nâng cao năng lực cho đội ngũ cán bộ.

- Thúc đẩy hợp tác: Tăng cường hợp tác quốc tế để tiếp thu kiến thức, công nghệ và kinh nghiệm tốt nhất từ các nước tiên tiến trên thế giới.

- Nâng cao ý thức cộng đồng: Tăng cường giáo dục, truyền thông, tập huấn cho cộng đồng để nâng cao nhận thức và kỹ năng phòng tránh thiên tai.

- Ứng dụng công nghệ 4.0: Áp dụng các công nghệ tiên tiến như AI, IoT, dữ liệu lớn (Big Data) để nâng cao hiệu quả của hệ thống cảnh báo sớm.

Triển vọng:

Với sự quyết tâm và nỗ lực của tất cả các bên liên quan, Việt Nam hoàn toàn có thể xây dựng một hệ thống cảnh báo sớm lũ quét, trượt lở đất hiệu quả, bền vững, góp phần vào sự phát triển kinh tế - xã hội và bảo vệ môi trường. Hệ thống này không chỉ giúp giảm thiểu thiệt hại do thiên tai mà còn nâng cao khả năng thích ứng và chống chịu của cộng đồng trước các tác động của biến đổi khí hậu.

Bài viết này kêu gọi tất cả các nhà khoa học, nhà quản lý, nhà hoạch định chính sách và cộng đồng chung tay hành động để xây

dựng một Việt Nam an toàn hơn trước thiên tai.

Lời cảm ơn

Trong bài báo này, tập thể tác giả có tham khảo, sử dụng thông tin, số liệu chủ yếu từ các công trình nghiên cứu, các đề tài, đề án, dự án đã được thực hiện trước đây. Tập thể tác giả cũng trân trọng cảm ơn tất cả các cá nhân, đơn vị thực hiện các đề tài, đề án, dự án và các công trình liên quan đã tạo điều kiện cho chúng tôi được tham khảo thông tin cũng như dữ liệu nghiên cứu để chúng tôi hoàn thành được bài báo.

Tài liệu tham khảo

Mai Đan, 2024. Bài báo “Nguyên cơ xảy ra trượt lở đất đá sau khi mưa kết thúc: Không lơ là, chủ quan”. *Báo Tài Nguyên và Môi Trường*, 16/09/2024, Mai Đan (Thực hiện).

Quý Hiền, 2024. Bài báo “Có cảnh báo sớm trượt lở đất đá được không?”. *Báo Thanh niên*, 12/09/2024, Quý Hiền (Thực hiện).

UNEP, 2012- Chương trình Môi trường của Liên hợp quốc về “Các Hệ thống cảnh báo sớm - Phân tích hiện trạng và định hướng tương lai”. (*United Nations Environment Programme [899], book 2012, ISBN: 978-92-807-3263-4*).

Lê Quốc Hùng và nnk, 2013. “Nghiên cứu ứng dụng công nghệ WebGIS, phân tích ảnh Radar phân giải cao và mô hình không gian GIS để xây dựng hệ thống cảnh báo tai biến địa chất và thảm họa môi trường tự nhiên Việt Nam. thử nghiệm tại Bắc Kạn”. *Báo cáo tổng kết đề tài, Lưu trữ Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Hà Nội*.

Nguyễn Xuân Khiển và nnk, 2020. Sách chuyên khảo “Tai biến địa chất và biện pháp phòng ngừa, giảm nhẹ thiệt hại” (do PGS.TS. Nguyễn Xuân Khiển làm chủ biên). *Viện Khoa Học Địa chất và Khoáng sản*.

Nguyễn Quốc Khánh và nnk, 2022. Nghiên cứu cơ sở khoa học xây dựng bộ tiêu chí và xác định các khu vực nhạy cảm về trượt, sạt lở đất đá, lũ bùn đá, lũ ống, lũ quét khu vực miền núi, trung du Việt Nam. *Đề tài KH&CN cấp bộ, mã số TNMT.2021.02.08. Viện Khoa Học Địa chất và Khoáng sản*.

Nguyễn Thành Long và nnk, 2022. Nghiên cứu xây dựng thử nghiệm hệ thống cảnh báo sớm trượt lở dạng dòng bùn đất, đá theo thời gian thực cho các khu vực miền núi Việt Nam. *Đề tài KH&CN cấp bộ TNMT.2019.03.01. Viện Khoa Học Địa chất và Khoáng sản*.

Nguyễn Đức Hà và nnk, 2023. Nghiên cứu

thiết kế và xây dựng hệ thống dữ liệu lớn dùng chung thống nhất liên ngành phục vụ công tác cảnh báo sớm trượt, sạt lở đất đá, lũ bùn đá, lũ ống, lũ quét theo thời gian thực khu vực miền núi, trung du Việt Nam. *Đề tài KHCN cấp Bộ, mã số TNMT.2021.04.07. Viện Khoa Học Địa chất và Khoáng sản.*

Trịnh Thu Phương và nnk, 2023. Nghiên cứu thiết kế, xây dựng hệ thống thông tin - cảnh báo sớm trượt lở đất đá, lũ quét khu vực miền núi, trung du Việt Nam”. *Đề tài KHCN cấp Bộ, mã số TNMT.2021.04.06. Cục KTTV chủ trì.*

Đỗ Minh Đức và nnk, 2020. Nghiên cứu dự báo nguy cơ tai biến trượt lở mái dốc dọc các tuyến giao thông trọng điểm miền núi tỉnh Quảng Nam và đề xuất giải pháp ứng phó. *Đề tài KH&CN, mã số ĐTDL.CN-23/17. Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại Học Quốc Gia Hà Nội.*

Vũ Bá Thao và nnk, 2018. Tổng quan về quan trắc và cảnh báo sớm lũ quét bùn đá. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 45 – 2018.*

DALQQG, 2006-2009. Dự án: “Điều tra, khảo sát, phân vùng và cảnh báo khả năng xuất hiện lũ quét ở miền núi Việt Nam - Giai đoạn I” (2006-2009), do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và

Biến đổi khí hậu chủ trì thực hiện.

DALQQG, 2009-2016. Dự án: “Điều tra, khảo sát, xây dựng bản đồ phân vùng nguy cơ lũ quét khu vực Miền Trung, Tây Nguyên và xây dựng hệ thống thí điểm phục vụ cảnh báo cho các địa phương có nguy cơ cao xảy ra lũ quét phục vụ công tác quy hoạch, chỉ đạo điều hành phòng tránh thiên tai thích ứng với biến đổi khí hậu” - Giai đoạn II” (đến năm 2018), do Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu chủ trì thực hiện.

DATLQG, 2012-2020. Đề án: “Điều tra, đánh giá và phân vùng cảnh báo nguy cơ trượt lở đất đá các vùng miền núi Việt Nam” (2012-2020), *Đề án Chính phủ, do Viện KH Địa chất và Khoáng sản chủ trì.*

DAPVRRRTT, 2024. Dự án “Phân vùng rủi ro thiên tai và lập bản đồ cảnh báo lũ quét, sạt lở đất và sụt lún đất do mưa tại khu vực trung du và miền núi” do Cục KTTV chủ trì, hoàn thành năm 2024.

D. J. Wilford, M. E. Sakals, J. L. Innes, R. C. Sidle, W. A. Bergerud (2004). Recognition of debris flow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics. *Landslides (2004) 1:61–66. DOI 10.1007/s10346-003-0002-0*

Summary

Early warning of flash flood and landslide in Vietnam: current situation and solutions for the future

Nguyen Quoc Khanh, Pham Van Son, Nguyen Thi Huyen, Tran Van Trong, Nguyen Huy Duong

Vietnam Institute of Geosciences and Mineral Resources. 67 Chien Thang, Van Quan, Ha Dong, Ha Noi

Corresponding author: khanhrigmr@gmail.com

Flash floods and landslides are natural disasters that frequently occur and cause serious consequences in Vietnam. This article assesses the current status of early warning, including achievements and remaining limitations, analyzes factors affecting warning effectiveness, including technical, organizational, social and economic factors, proposes comprehensive and detailed solutions, focusing on improving forecasting capacity, improving the monitoring system, enhancing community participation, applying advanced technology, emphasizing the importance of inter-sectoral coordination and support from the government and international organizations, and highlights prospects and specific steps for Vietnam to build an effective and sustainable early warning system, contributing to socio-economic development and environmental protection.

Keywords: *Landslide, flash flood, debris flow, early warning system, Vietnam*