

Phân tích phân bố mưa lớn và nguy cơ sạt lở đến tuyến Quốc lộ 6 khu vực Sơn La - Hòa Bình

Analysis of heavy rainfall distribution and potential impacts on National Highway 6 in the Son La - Hoa Binh region

> TS DOÃN THỊ NỘI

Trường Đại học Giao thông vận tải

Email: dtnoi@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Lượng mưa lớn là một trong những tác nhân quan trọng gây ra sạt lở đất và ảnh hưởng đến hệ thống hạ tầng giao thông tại khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam. Nghiên cứu này sử dụng số liệu mưa ngày tại 11 trạm khí tượng trong khu vực Sơn La - Hòa Bình để phân tích đặc điểm phân bố không gian của lượng mưa và tần suất xuất hiện các trận mưa lớn. Các bản đồ phân bố lượng mưa trung bình và số ngày mưa lớn với các ngưỡng >25 mm/ngày, >50 mm/ngày và >100 mm/ngày được xây dựng bằng phương pháp nội suy không gian (IDW) trong môi trường GIS. Đồng thời, hành lang tuyến Quốc lộ 6 được xác định bằng phương pháp vùng đệm nhằm đánh giá khu vực có nguy cơ chịu tác động của các trận mưa lớn. Kết quả cho thấy các trận mưa lớn và mưa cực đoan tập trung chủ yếu tại khu vực Mộc Châu - Mai Châu - Hòa Bình dọc theo hành lang Quốc lộ 6. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá nguy cơ thiên tai và hỗ trợ quản lý hạ tầng giao thông tại các khu vực miền núi.

Từ khóa: Mưa lớn; mưa cực đoan; Quốc lộ 6; sạt lở đất; nội suy GIS; Sơn La; Hòa Bình.

ABSTRACT

Heavy rainfall is one of the major triggering factors of landslides and infrastructure damage in mountainous regions of northern Vietnam. This study aims to analyze the spatial distribution of rainfall and the frequency of heavy rainfall events along the National Highway 6 corridor using daily rainfall data from 11 meteorological stations located in the Son La - Hoa Binh region. Spatial rainfall distribution maps were generated using the inverse distance weighting (IDW) interpolation method in a GIS environment. The results indicate that heavy rainfall events (>50 mm/day) and extreme rainfall events (>100 mm/day) are mainly concentrated in the Moc Chau - Mai Chau - Hoa Binh area. These zones coincide with mountainous road sections that are prone to landslides and slope instability. The findings provide useful information for natural hazard risk assessment and support the management and maintenance of transportation infrastructure in mountainous regions.

Keywords: Heavy rainfall; landslide risk; spatial analysis; GIS interpolation; mountainous transportation infrastructure; National Highway 6.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khu vực miền núi phía Bắc Việt Nam thường xuyên chịu ảnh hưởng của các trận mưa lớn và mưa cực đoan trong mùa mưa. Các sự kiện mưa cường độ lớn không chỉ gây ra lũ quét và ngập lụt cục bộ mà còn là một trong những nguyên nhân chính kích hoạt các hiện tượng sạt lở đất và trượt mái dốc ở các khu vực địa hình đồi núi [1, 2]. Những hiện tượng thiên tai này có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ thống hạ tầng giao thông, đặc biệt là các tuyến đường giao thông miền núi có địa hình phức tạp.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới đã chỉ ra rằng lượng mưa lớn

trong thời gian ngắn là yếu tố quan trọng làm gia tăng nguy cơ mất ổn định mái dốc và kích hoạt sạt lở đất. Các nghiên cứu về ngưỡng mưa gây sạt lở cho thấy các trận mưa có cường độ lớn hoặc kéo dài thường đóng vai trò quyết định trong việc khởi phát các quá trình trượt đất [1, 6] và [7]. Ngoài ra, các phương pháp phân tích địa hình kết hợp với hệ thống thông tin địa lý (GIS) cũng đã được áp dụng rộng rãi để đánh giá nguy cơ sạt lở đất tại các khu vực miền núi [5]. Do đó, việc phân tích đặc điểm phân bố không gian và tần suất xuất hiện của các trận mưa lớn có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ thiên tai tại các khu vực đồi núi.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu gần đây cũng đã chỉ ra rằng các sự kiện mưa cực đoan có xu hướng gia tăng trong khu vực miền núi phía Bắc, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu toàn cầu [3, 4]. Các trận mưa lớn có thể gây ra nhiều hiện tượng thiên tai như lũ quét, sạt lở đất và phá hủy cơ sở hạ tầng, ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống kinh tế - xã hội của khu vực [10]. Đối với hệ thống giao thông miền núi, các sự kiện mưa lớn có thể làm mất ổn định ta-luy đường, gây sạt lở đất đá và làm gián đoạn giao thông trên các tuyến đường quan trọng.

Quốc lộ 6 là tuyến giao thông huyết mạch kết nối Hà Nội với các tỉnh Tây Bắc như Hòa Bình và Sơn La (cũ). Tuyến đường này đi qua nhiều khu vực có địa hình đồi núi dốc, nơi thường xuyên xảy ra các hiện tượng sạt lở đất trong mùa mưa. Theo Báo cáo từ Bộ Giao thông vận tải (2020) [8], Niên giám từ Tổng cục Khí tượng Thủy văn (2021) [9], các trận mưa lớn kéo dài có thể làm gia tăng nguy cơ mất ổn định mái dốc và gây ảnh hưởng đến nền đường cũng như an toàn giao thông trên tuyến. Vì vậy, việc phân tích đặc điểm phân bố của mưa lớn trong khu vực dọc hành lang Quốc lộ 6 có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá nguy cơ thiên tai và hỗ trợ công tác quản lý hạ tầng giao thông.

Trong nghiên cứu này, số liệu mưa ngày tại 11 trạm khí tượng thuộc khu vực Sơn La - Hòa Bình được sử dụng để phân tích đặc điểm phân bố không gian của lượng mưa và tần suất xuất hiện các trận mưa lớn. Các bản đồ phân bố lượng mưa và số ngày mưa lớn được xây dựng bằng phương pháp nội suy không gian trong môi trường GIS nhằm xác định các khu vực có nguy cơ chịu tác động của mưa lớn dọc theo hành lang Quốc lộ 6.

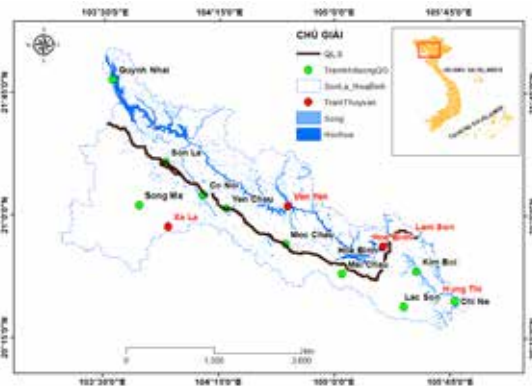
2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu mưa và địa hình

Dữ liệu mưa ngày tại 11 trạm khí tượng gồm: Quỳnh Nhai, Sơn La, Cò Nòi, Yên Châu, Mộc Châu, Mai Châu, Hòa Bình, Kim Bôi, Lạc Sơn, Chi Nê và Sông Mã.

Khu vực nghiên cứu nằm dọc tuyến Quốc lộ 6, kéo dài từ tỉnh Hòa Bình (cũ) đến tỉnh Sơn La (cũ), thuộc vùng núi phía Bắc Việt Nam (Hình 1). Đây là tuyến giao thông huyết mạch kết nối khu vực Tây Bắc với thủ đô Hà Nội, có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội và vận tải hàng hóa.

Địa hình khu vực chủ yếu là đồi núi cao, độ dốc lớn và mạng lưới sông suối dày đặc, bao gồm các hệ thống sông chính như sông Đà và các phụ lưu. Điều kiện địa hình phức tạp kết hợp với lượng mưa lớn trong mùa mưa làm cho khu vực này thường xuyên xảy ra các hiện tượng thiên tai như lũ quét, sạt lở đất và ngập cục bộ, gây ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động giao thông trên tuyến Quốc lộ 6.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu, hệ thống sông suối và vị trí các trạm khí tượng - thủy văn trong lưu vực nghiên cứu dọc Quốc lộ 6

Trong nghiên cứu này, dữ liệu mưa được thu thập từ các trạm khí tượng và thủy văn thuộc khu vực tỉnh Hòa Bình (cũ) và Sơn La (cũ), bao gồm các trạm như Hòa Bình, Kim Bôi, Lạc Sơn, Chi Nê, Mai Châu, Mộc Châu, Sơn La, Quỳnh Nhai, Cò Nòi, Yên Châu và Sông Mã. Các trạm này phân bố dọc theo hành lang Quốc lộ 6 và đại diện cho các điều kiện khí hậu - địa hình khác nhau trong khu vực nghiên cứu.

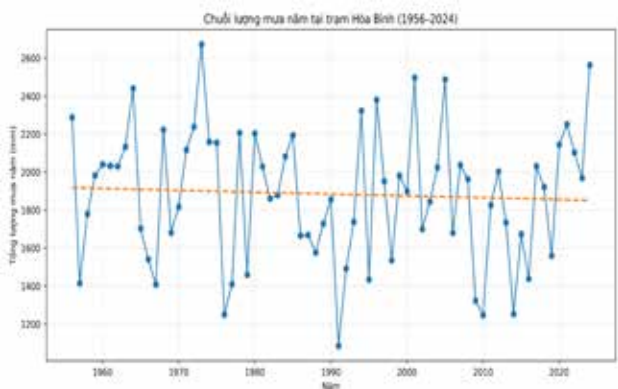
Vị trí các trạm khí tượng và thủy văn cùng với hệ thống sông suối và tuyến Quốc lộ 6 được thể hiện trong Hình 1.

2.2. Phân tích mưa lớn

Trong nghiên cứu này, các ngưỡng mưa lớn được lựa chọn bao gồm >25 mm/ngày, >50 mm/ngày và >100 mm/ngày nhằm phản ánh các cấp độ mưa từ trung bình đến cực đoan. Đồng thời, việc phân cấp này được tham chiếu với quy định về cấp độ rủi ro thiên tai do mưa lớn theo Quyết định 18/2021/QĐ-TTg [11], qua đó đảm bảo tính liên kết giữa kết quả nghiên cứu và khung đánh giá rủi ro thiên tai hiện hành tại Việt Nam.

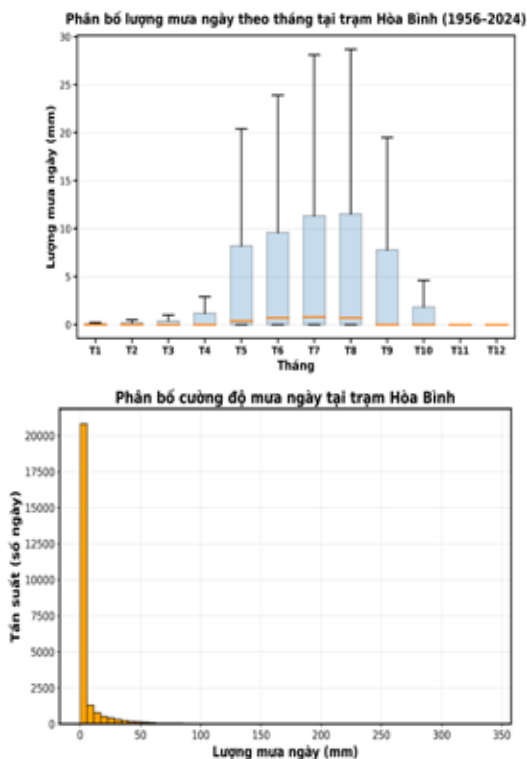
Bảng 1. Thống kê đặc trưng mưa ngày và số ngày mưa lớn tại các trạm khí tượng (Nguồn: Tổng cục Khí tượng Thủy văn)

Trạm	Thời gian	Lượng mưa ngày lớn nhất (mm)	Số ngày có lượng mưa (ngày)		
			>25 mm	>50 mm	>100 mm
Hòa Bình	1956-2024	340,6	1.631	602	120
Kim Bôi	1963-2024	360,5	1.418	548	119
Lạc Sơn	1961-2024	530,0	1.566	610	108
Mai Châu	1961-2024	925,0	1.376	498	126
Chi Nê	1973-2024	393,7	1.182	480	144
Yên Châu	1961-2013	286,7	717	193	26
Mộc Châu	1961-2013	1601,0	1.093	343	91
Sơn La	1961-2024	368,4	972	268	27
Sông Mã	1970-2024	219,0	708	147	11
Cò Nòi	1970-2024	313,5	853	198	17
Quỳnh Nhai	2001-2006	170,8	403	116	11



Hình 2. Chuỗi lượng mưa năm tại trạm Hòa Bình giai đoạn 1956 - 2024

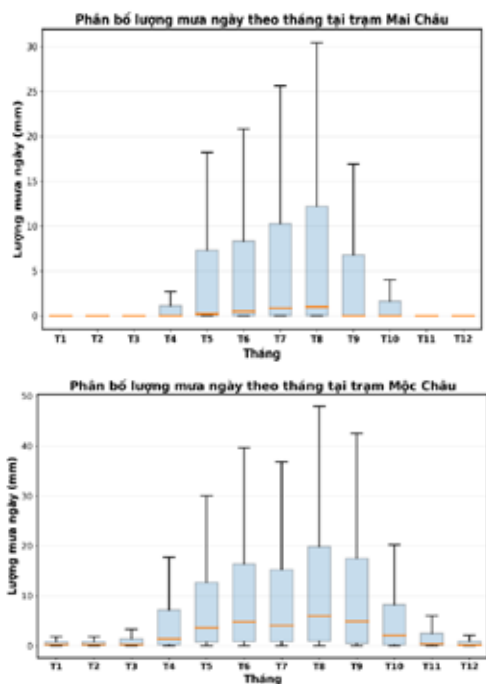
Phân bố lượng mưa theo tháng cho thấy mùa mưa tại khu vực nghiên cứu tập trung chủ yếu từ tháng 5 đến tháng 9, với mức biến động lớn nhất trong các tháng 7 - 8. Đây cũng là thời kỳ thường xảy ra các hiện tượng lũ quét và sạt lở đất trong khu vực miền núi phía Bắc.



Hình 3. a) - Phân bố lượng mưa ngày theo tháng tại trạm Hòa Bình; b) - Phân bố cường độ mưa ngày tại trạm Hòa Bình

Kết quả mô tả ở Hình 3a và Hình 4 cho thấy sự khác biệt về phân bố lượng mưa ngày giữa các vùng địa hình khác nhau dọc tuyến Quốc lộ 6:

- Hòa Bình: Vùng thấp, chế độ mưa ổn định hơn.
- Mai Châu: Thung lũng, biến động mưa lớn.
- Mộc Châu: Cao nguyên, xuất hiện nhiều ngày mưa lớn.



Hình 4. Phân bố lượng mưa ngày theo tháng tại trạm Mai Châu và Mộc Châu

Do số lượng trạm lớn (11 trạm trong khu vực nghiên cứu), việc phân tích về phân bố lượng mưa ngày theo tháng và phân bố cường độ mưa ngày ở tất cả các trạm là không cần thiết, ở khía cạnh này, bài báo tiến hành lựa chọn các trạm đại diện dựa trên việc phân vùng theo độ cao và điều kiện về khí hậu như Bảng 2, để tiến hành thêm các biểu đồ. Việc vẽ thêm phân bố cường độ mưa ngày tại các trạm còn lại cũng sẽ để ở các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 2. Các trạm đại diện cho các khu vực địa hình

Khu vực	Trạm	Ý nghĩa
Hạ lưu	Hòa Bình	Khí hậu vùng thấp
Trung lưu	Mai Châu	Vùng chuyển tiếp
Thượng lưu	Mộc Châu	Vùng núi cao

Kết quả so sánh cho thấy sự khác biệt đáng kể về phân bố lượng mưa ngày giữa các trạm đại diện, phản ánh ảnh hưởng của điều kiện địa hình và vị trí không gian đối với chế độ mưa trong khu vực nghiên cứu.

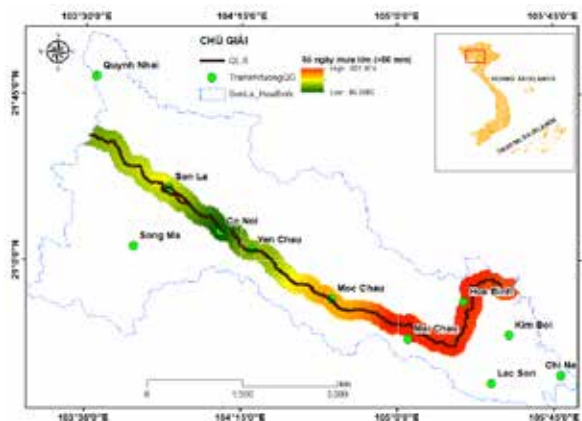
Để tiến hành xây dựng vùng ảnh hưởng dọc Quốc lộ 6 trong khu vực nghiên cứu, bài báo lựa chọn bán kính vùng đệm sang hai bên đường là 5 km, nhằm đánh giá được khu vực có khả năng bị ảnh hưởng bởi mưa lớn gây sạt lở đất.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

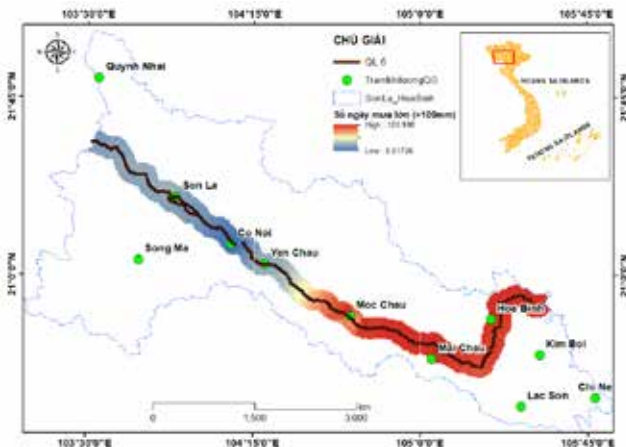
Bản đồ phân bố tần suất các trận mưa lớn (>50 mm/ngày) và mưa cực đoan (>100 mm/ngày), được xây dựng bằng phương pháp nội suy IDW trong môi trường GIS, cho thấy sự khác biệt rõ rệt về không gian mưa dọc theo hành lang Quốc lộ 6. Khu vực Mộc Châu - Mai Châu - Hòa Bình nổi bật là vùng có tần suất xuất hiện mưa lớn cao nhất (Hình 5 và Hình 6), trong khi các khu vực khác có tần suất thấp hơn.

Sự phân bố này phản ánh vai trò quan trọng của địa hình trong việc chi phối quá trình hình thành mưa. Các khu vực có độ cao lớn và địa hình đón gió như Mộc Châu và Mai Châu có xu hướng xuất hiện nhiều trận mưa lớn hơn so với vùng thấp như Hòa Bình. Điều này phù hợp với đặc điểm khí hậu khu vực miền núi phía Bắc, nơi mưa đối lưu và hiệu ứng địa hình đóng vai trò chủ đạo.

Phân tích theo thời gian tại trạm Hòa Bình cho thấy lượng mưa tập trung chủ yếu trong mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 9, với đỉnh mưa vào tháng 7 - 8 (Hình 3a). Đồng thời, phân bố mưa ngày (Hình 3b) cho thấy các trận mưa lớn (>50 mm/ngày) xuất hiện với tần suất đáng kể trong giai đoạn này, làm gia tăng nguy cơ lũ quét và sạt lở đất.



Hình 5. Phân bố các trận mưa to (>50 mm/ngày) trong hành lang Quốc lộ 6 khu vực Sơn La - Hòa Bình



Hình 6. Phân bố các trận mưa rất to (>100 mm/ngày) trong hành lang Quốc lộ 6 khu vực Sơn La - Hòa Bình

Kết quả phân tích boxplot tại các trạm đại diện (Hòa Bình, Mai Châu và Mộc Châu) cho thấy sự khác biệt rõ rệt về đặc điểm mưa giữa các vùng địa hình. Trong khi trạm Hòa Bình có phân bố mưa tương đối ổn định, các trạm Mai Châu và đặc biệt là Mộc Châu thể hiện độ biến động lớn hơn, với nhiều giá trị cực trị trong mùa mưa. Điều này cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của độ cao và điều kiện địa hình đến cường độ và tính biến động của mưa.

Từ góc độ ứng dụng giao thông, các khu vực có tần suất mưa lớn cao trùng với các đoạn đường đèo dốc quan trọng trên tuyến Quốc lộ 6, như Thung Khe và khu vực Mộc Châu. Trong điều kiện địa hình dốc và nền địa chất yếu, các trận mưa lớn có thể làm gia tăng nguy cơ sạt lở taluy, xói lở nền đường và gây gián đoạn giao thông cục bộ. Do đó, các khu vực này cần được ưu tiên trong công tác gia cố mái dốc, thiết kế hệ thống thoát nước và giám sát ổn định công trình trong mùa mưa.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích đặc điểm phân bố lượng mưa và tần suất xuất hiện các trận mưa lớn tại khu vực Sơn La - Hòa Bình dựa trên số liệu mưa ngày tại 11 trạm khí tượng. Kết quả cho thấy, các trận mưa lớn (>50 mm/ngày) và mưa cực đoạn (>100 mm/ngày) tập trung chủ yếu tại khu vực Mộc Châu - Mai Châu - Hòa Bình dọc theo hành lang Quốc lộ 6. Đây là khu vực có địa hình đồi núi dốc, do đó các trận mưa lớn có thể làm gia tăng nguy cơ sạt lở đất, trượt taluy và mất ổn định nền đường.

Bản đồ phân bố mưa lớn cho thấy nhiều đoạn tuyến Quốc lộ 6 đi qua các khu vực có tần suất mưa lớn cao, đặc biệt tại các đoạn đèo và khu vực địa hình phức tạp. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá nguy cơ thiên tai và hỗ trợ công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý hạ tầng giao thông miền núi.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải, Hà Nội, Việt Nam theo Đề tài có mã số T2025-CT-005TĐ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] F Guzzetti, S Peruccacci, M Rossi and C Stark. Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorology and Atmospheric Physics*, vol. 98, pp. 239-267, 2007.
- [2] D Petley. Global patterns of rainfall-induced landslides. *Geology*, vol. 40, no. 10, pp. 927-930, 2012.
- [3] T Ngo-Duc, J Matsumoto, H Kamimera and H Bui. Monthly adjustment of GSMaP

rainfall over Vietnam using rain gauge observations. *Journal of Hydrometeorology*, vol. 15, pp. 1231-1245, 2014.

[4] T T Nguyen, V H Pham and T Q Tran. Extreme rainfall characteristics in northern Vietnam. *Natural Hazards*, vol. 95, pp. 749-767, 2019.

[5] F C Dai and C F Lee. Terrain-based mapping of landslide susceptibility using a geographical information system. *Geomorphology*, vol. 42, pp. 33-50, 2001.

[6] T Glade, M Crozier and P Smith. Applying probability determination to refine landslide-triggering rainfall thresholds using an antecedent daily rainfall model. *Pure and Applied Geophysics*, vol. 157, pp. 1059-1079, 2000.

[7] G B Crosta and P Frattini. Rainfall thresholds for triggering soil slips and debris flow. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 1, pp. 135-142, 2001.

[8] Bộ Giao thông vận tải. Báo cáo hiện trạng và định hướng phát triển mạng lưới giao thông khu vực miền núi phía Bắc. Hà Nội, 2020.

[9] Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Niên giám Khí tượng thủy văn Việt Nam. Hà Nội, 2021.

[10] T T Nguyen, Q H Nguyen and D T Pham. Landslide susceptibility mapping in mountainous regions of northern Vietnam using GIS and statistical methods. *Environmental Earth Sciences*, vol. 79, 2020.

[11] Quyết định 18/2021/QĐ-TTg Quy định về các cấp độ rủi ro thiên tai do mưa lớn, 2021. Internet: <https://thuvienphapluat.vn/chinh-sach-phap-luat-moi/vn/ho-tro-phap-luat/tu-van-phap-luat/70763/quy-dinh-ve-cac-cap-do-rui-ro-thien-tai-do-mua-lon>.