

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA SỰ THAY ĐỔI THẨM PHỦ ĐẾN TÌNH HÌNH LŨ, NGẬP LỤT CHO THÀNH PHỐ CAO BẰNG

Hoàng Tiến Thành, Hà Thanh Lân, Lê Việt Sơn,
Đình Xuân Hùng, Trần Văn Tuyền
Viện Quy hoạch Thủy lợi

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, lũ, ngập lụt trên thành phố Cao Bằng xảy ra thường xuyên, gây thiệt hại lớn về người và tài sản. Có thể có nhiều nguyên nhân gây lũ, ngập lụt như hệ thống công trình phòng chống lũ chưa đảm bảo, mưa lớn xảy ra bất thường do tác động của BĐKH, việc thay đổi bề mặt thẩm phủ (cả số lượng và chất lượng), sự phát triển các công trình hạ tầng trên lưu vực ... và cả các nguyên nhân chưa được biết đến. Phân tích đánh giá kỹ lưỡng các yếu tố này sẽ có cơ sở để xác định được nguyên nhân chủ yếu dẫn tới tình trạng lũ, ngập lụt hiện nay và trong tương lai tại các khu vực nghiên cứu. Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu sử dụng phương pháp mô hình thủy văn phân bố dạng mở IFAS nhằm xác định lưu lượng dòng chảy làm đầu vào cho mô hình toán kết hợp 1 chiều và 2 chiều MIKE FLOOD để xác định được độ sâu ngập và diện tích ngập cho thành phố Cao Bằng ứng với kịch bản thay đổi thẩm phủ. Các kết quả từ các mô hình sẽ được phân tích đánh giá làm cơ sở khoa học để đề xuất được các kế hoạch ứng phó, cứu trợ trong các tình huống qua đó đảm bảo phát triển kinh tế xã hội và môi trường tự nhiên bền vững cho địa phương.

Từ khóa: Ngập lụt, MIKE FLOOD, IFAS.

Summary: In recent years, floods, flooding in Cao Bang city occurred frequently, causing great damage to people and property. There may be several causes of floods, such as unsecured flood prevention and protection systems, abnormal rains due to the impact of climate change, changing the surface of the carpet (both quantity and quality), development of infrastructure works in the basin ... and also unknown causes. Analyzing and evaluating these factors will be the basis for identifying the main causes of current and future flooding in the study areas. In this article, the research team used IFAS open distributed hydrological model to determine the flow rate as input to the combined 1-dimensional and 2-dimensional combined mathematical model MIKE FLOOD to determine the depth of inundation and flooding area for Cao Bang city corresponding to the land cover change scenario. The results from the models will be analyzed and evaluated as a scientific basis to propose response and relief plans to prevent and minimize damage caused by floods, ensuring sustainable socio-economic development and natural environment for the locality.

Keywords: Flood, MIKE FLOOD, IFAS.

1. MỞ ĐẦU

Thành phố Cao Bằng là trung tâm hành chính, kinh tế, chính trị, văn hóa của tỉnh Cao Bằng, có tọa độ địa lý từ 22⁰39' 22⁰42' vĩ độ Bắc và từ 106⁰11' đến 106⁰18' kinh độ Đông. Địa giới

hành chính: Phía Đông giáp xã Quang Trung, xã Hồng Nam huyện Hòa An; Tây giáp xã Bạch Đằng, xã Hoàng Tung huyện Hòa An; Nam giáp xã Kim Đồng huyện Thạch An, xã Lê Trung huyện Hòa An; Bắc giáp xã Bế Triều, xã

Ngày nhận bài: 26/11/2020

Ngày thông qua phản biện: 15/12/2020

Ngày duyệt đăng: 22/12/2020

Ngũ Lão huyện Hòa An. Cách Thủ đô Hà Nội 286 km theo quốc lộ 3, cách thành phố Lạng Sơn 120 km theo quốc lộ 4A, cách cửa khẩu Quốc gia Tà Lùng khoảng 70 km theo quốc lộ 3. Tổng diện tích tự nhiên của thành phố Cao Bằng 10.762,81 ha, dân số toàn thành phố là 84.421 người, 11 đơn vị hành chính bao gồm với 8 phường: Duyệt Trung, Đề Thám, Hòa Chung, Hợp Giang, Ngọc Xuân, Sông Bằng, Sông Hiến, Tân Giang và 3 xã: Chu Trinh, Hưng Đạo, Vĩnh Quang [1].

Theo thống kê cho thấy phân bố dân cư theo đơn vị hành chính tại thành phố Cao Bằng không đồng đều, khu vực dân cư nội thị có mật độ cao hơn khoảng 6 lần so với dân cư ngoại thị; dân cư chủ yếu tập trung tại 06 phường là Hợp Giang, Sông Bằng, Sông Hiến, Tân Giang, Đề Thám và Ngọc Xuân do khu vực này là khu vực có lịch sử phát triển lâu đời và hạ tầng cơ sở, hạ tầng xã hội được đầu tư xây dựng khá đồng bộ đồng thời hầu hết trụ sở các cơ quan hành chính đầu não của tỉnh, cơ sở y tế và trường học đều tập trung tại thành phố Cao Bằng [2].

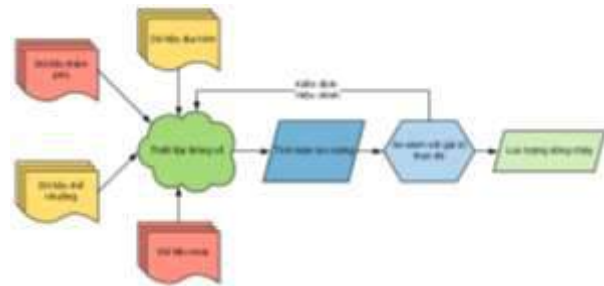
Ngoài ra, trong những năm gần đây hiện tượng lũ, ngập lụt trên thành phố Cao Bằng xảy ra thường xuyên, đã gây ra thiệt hại lớn về người và tài sản. Có thể có nhiều nguyên nhân gây lũ, ngập lụt như hệ thống công trình phòng chống lũ chưa đảm bảo, mưa lớn xảy ra bất thường do tác động của BĐKH, việc thay đổi bề mặt thấm phủ (cả số lượng và chất lượng), phát triển các công trình hạ tầng trên lưu vực... và cả các nguyên nhân chưa được biết đến. Do vậy, việc phân tích đánh giá kỹ lưỡng các yếu tố này sẽ có cơ sở để xác định được nguyên nhân chủ yếu dẫn tới tình trạng lũ, ngập lụt hiện nay và trong tương lai trên địa bàn thành phố nhất là đây là nơi có các cơ quan hành chính quan trọng của tỉnh [3] [4] [5].

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá tác động của sự thay đổi thấm phủ tới tình hình lũ, ngập lụt cho thành phố Cao Bằng. Qua đó làm cơ sở để hỗ trợ đề xuất các kế hoạch ứng

phó, cứu trợ, đảm bảo phát triển kinh tế xã hội và môi trường tự nhiên bền vững cho thành phố.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp tính toán thủy văn bằng mô hình IFAS



Hình 1: Sơ đồ tính toán bằng mô hình IFAS

Mô hình IFAS (viết tắt của Integrated Flood Analysis System) là mô hình thủy văn phân bố dạng mở của Trung tâm quốc tế về quản lý hiểm họa và rủi ro do nước (ICHARM). Mô hình sử dụng dữ liệu viễn thám làm dữ liệu đầu vào và sử dụng mưa vệ tinh để mô phỏng dòng chảy. Các bộ thông số của mô hình được hiệu chỉnh dựa trên số liệu lưu lượng lũ thực đo và lưu lượng lũ tính toán của mô hình. Sau khi xác định được bộ thông số của mô hình thì từ dữ liệu mưa vệ tinh, ta có thể dự báo được lưu lượng và đường quá trình lũ về hồ [6] [7].

Đối với nghiên cứu này, việc đánh giá tác động thấm phủ đến dòng chảy lũ sẽ được phân tích đánh giá bằng mô hình thủy văn IFAS. Đối với mô hình IFAS có 3 bộ thông số được nghiên cứu gồm thông số lớp mặt, thông số lớp bão hòa và thông số sông, suối.

Để đánh giá tác động thấm phủ bằng mô hình IFAS, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn thay đổi bộ thông số lớp bề mặt (surface layer) trong đó nhóm nghiên cứu đã xây dựng kịch bản thay đổi thấm phủ từ nhóm 1 (đất rừng), nhóm 2 (đất trống, chưa trồng trọt), nhóm 3 (đất trồng trọt, ngập nước) sang nhóm 4 (đất xây dựng). Các thông số trước và sau khi thay đổi trong mô hình được thể hiện trong bảng dưới:

Bảng 1: Thông số mô hình trước khi thay đổi thảm phủ

Thông số Lớp	SKF	HFMDX	HFMDN	HFOD	SNF	HIFD	FALFX
1	0,0003	0,12	0,01	0,005	0,7	0,00	1,2
2	0,00002	0,05	0,01	0,005	0,5	0,00	0,6
3	0,00001	0,05	0,01	0,005	2,0	0,00	0,5
4	0,000001	0,001	0,0005	0,0001	0,1	0,00	0,9
5	0,00001	0,05	0,01	0,005	2,0	0,00	0,5

Bảng 2: Thông số mô hình1 sau khi thay đổi thảm phủ

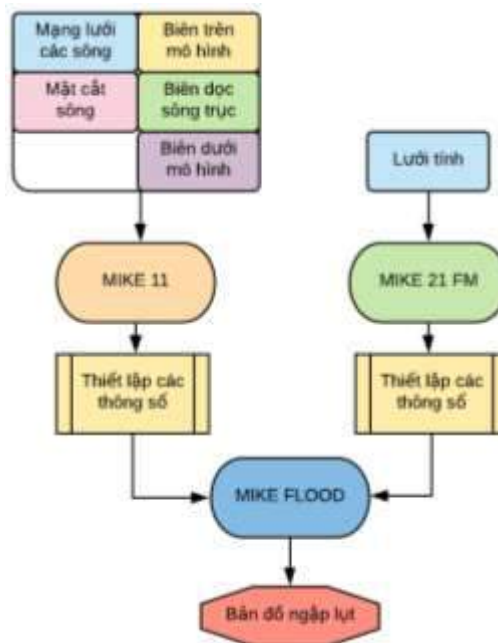
Thông số Lớp	SKF	HFMDX	HFMDN	HFOD	SNF	HIFD	FALFX
1	0,00002	0,05	0,01	0,005	0,5	0,00	0,6
2	0,00002	0,05	0,01	0,005	0,5	0,00	0,6
3	0,00001	0,05	0,01	0,005	2,0	0,00	0,5
4	0,000001	0,001	0,0005	0,0001	0,1	0,00	0,9
5	0,00001	0,05	0,01	0,005	2,0	0,00	0,5

Các kết quả mô phỏng từ kịch bản thay đổi thảm phủ sẽ được so sánh với các kết quả mô phỏng của kịch bản trước khi thay đổi thảm phủ. Kịch bản trước khi thay đổi thảm phủ mô phỏng trận lũ năm 1971 nhằm đánh giá được sự thay đổi của sự tác động thảm phủ đến tình hình ngập lụt cho thành phố Cao Bằng.

1.1. Phương pháp tính toán thủy lực

Để xác định được độ sâu ngập, diện tích ngập và xây dựng bản đồ ngập lụt cho thành phố Cao Bằng với kịch bản sự tác động của thảm phủ, nghiên cứu ứng dụng mô hình MIKE FLOOD là mô hình được phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), mô hình này thực hiện kết nối giữa mô hình 1 chiều MIKE 11 và mô hình 2 chiều MIKE 21 FM. Trong đó, mô hình toán MIKE 11 được áp dụng để tính toán quá trình truyền lũ trên lòng sông chính, trong đó dòng chảy cơ bản là 1 chiều theo chiều dọc sông. Mô hình MIKE 11 có thể mô phỏng các công trình trên sông như cống, cầu, đập, các công trình kiểm soát lũ và điều tiết lũ với độ chính xác cao. Mô hình MIKE 21 FM là một mô đun thủy động lực dùng để mô hình hóa dòng chảy tràn 2 chiều trên các bãi sông, khi lũ trên sông vượt qua đê

và tràn vào trong đồng, mô hình sử dụng lưới tính linh hoạt: ở những khu vực hẹp, có sự thay đổi đột ngột của địa hình, của điều kiện dòng chảy thì chia lưới dày; ở những khu vực địa hình khá bằng phẳng có thể chia lưới thưa hơn để giảm thời gian tính toán [8] [9] [10].

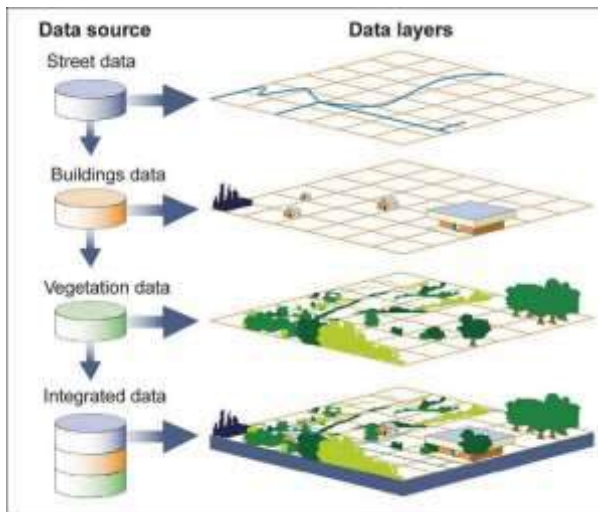


Hình 2: Sơ đồ tính toán thủy lực

1.2. Phương pháp tích hợp kết quả tính toán

thủy lực với GIS

Hệ thống thông tin địa lý (GIS) phục vụ nhập dữ liệu, quản lý dữ liệu, gia công và phân tích dữ liệu, xuất dữ liệu và mối quan hệ giữa các thuộc tính. Đây là những dữ liệu không gian và thời gian tham chiếu đến trái đất. GIS sử dụng một hệ thống quản trị dữ liệu (DBMS) ở dạng dữ liệu lưu trữ. Các DBMS thông thường lưu trữ dữ liệu bằng thuộc tính của nó (những thứ không thể chuyển đổi thành hình ảnh, các chi tiết sự vật, không gian như thế giới bên ngoài). Trong khi đó các thuộc tính của dữ liệu được lưu trữ trong GIS có thể được tạo ra hoặc chuyển đổi ngược lại. Bằng hệ thống này con người có thể thực hiện các phân tích, cập nhật dữ liệu, tính toán dựa trên các dữ liệu này, đưa ra kết quả hỗ trợ việc ra quyết định. Các dữ liệu xử lý từ kết quả thủy lực sẽ được liên kết xử lý nhờ hệ thống thông tin địa lý để các thông tin có thể được thể hiện dưới dạng hình ảnh bản đồ và thực hiện một số bài toán chồng xếp, tích hợp các thông tin trong công tác quản lý, theo dõi diễn biến thiên tai, đặc biệt là diễn biến ngập lũ [11] [12] [13].



Hình 3: Cấu trúc hệ thống thông tin địa lý (GIS)

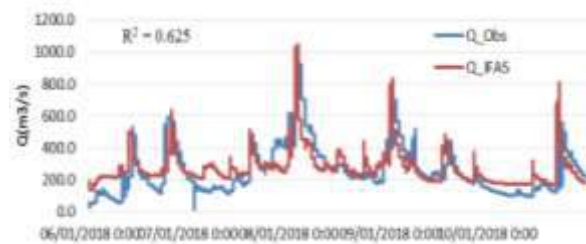
Trong nghiên cứu sử dụng phần mềm ArcGIS là một sản phẩm của Viện nghiên cứu các Hệ thống Môi trường (ERSI) của Mỹ để xử lý số

liệu từ kết quả thủy lực sau đó làm cơ sở cho việc xây dựng bản đồ ngập lũ cho thành phố Cao Bằng [14]. Các kết quả dưới dạng các bản đồ sẽ được thể hiện trực quan, phục vụ tốt cho công tác quản lý, cũng như phân tích dòng chảy lũ để đưa ra giải pháp phòng chống lũ hiệu quả.

3. HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy văn IFAS

a) Hiệu chỉnh mô hình



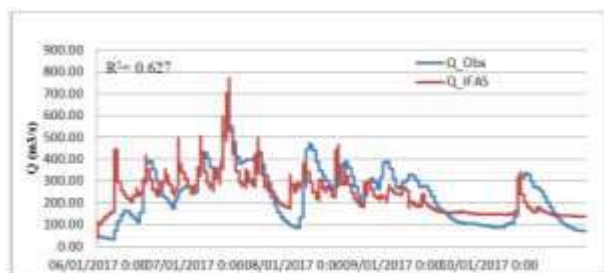
Hình 4: Đường quá trình lưu lượng mô hình IFAS với lưu lượng thực đo từ tháng 6 đến tháng 10 năm 2018 tại trạm thủy văn Bằng Giang sau khi hiệu chỉnh

Nhóm nghiên cứu đã thiết lập mô hình với trận lũ tháng 18 năm 2018 với số liệu lũ đã được mô phỏng và hiệu chỉnh các thông số mô hình và số liệu mưa. Nhìn vào hình 4, có thể thấy đường quá trình lưu lượng được tính toán từ mô hình IFAS với lưu lượng thực đo có sự lên xuống phù hợp, bám sát nhau đồng thời hệ số tương quan $R^2=0,625$ thể hiện bộ thông số hiệu chỉnh của mô hình và kết quả mô phỏng là đáng tin cậy.

b) Kiểm định mô hình

Để đánh giá tính chính xác của mô hình IFAS, tiến hành kiểm định lại mô hình với trận lũ tháng 10 năm 2017. Kết quả thu được như sau:

Có thể thấy rằng từ các thông số hiệu chỉnh của mô hình, kiểm định lưu lượng mô hình với lưu lượng thực đo cho giá trị R^2 trên trung bình ($R^2 = 0,627$). Kết quả này là chấp nhận được.

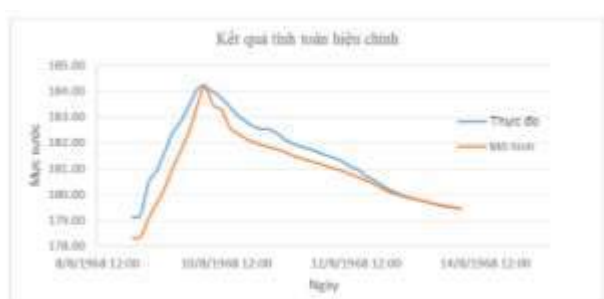


Hình 5: Đường quá trình lưu lượng mô phỏng của mô hình IFAS với lưu lượng thực đo từ tháng 6 đến tháng 10 năm 2017 tại trạm thủy văn Bằng Giang

3.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE FLOOD

a) Hiệu chỉnh mô hình

Trên cơ sở tài liệu đo đạc địa, thủy văn và tài liệu điều tra thu thập tiêu úng trong vùng tính toán, nhóm nghiên cứu lựa chọn thời gian mô phỏng lũ từ 9/8/1968 đến 14/08/1968. Sau nhiều lần tính toán hiệu chỉnh thông số của mô hình thủy lực về quá trình lưu lượng, mực nước toàn bộ mạng sông. Dưới đây là kết quả tính toán hiệu chỉnh được trích từ trạm thủy văn Bằng Giang:

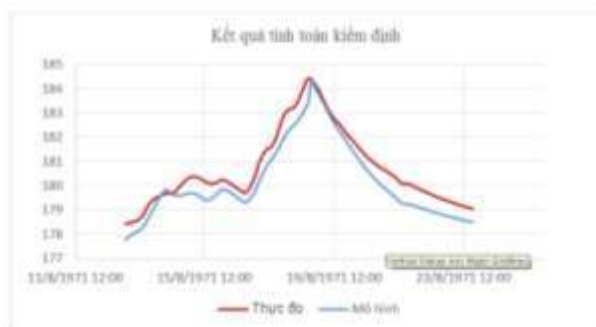


Hình 6: Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng trong tính toán hiệu chỉnh tại trạm Bằng Giang năm 1968

Từ đồ thị so sánh đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng tại trạm Bằng Giang tại vị trí lý trình 18303,5 thuộc mặt cắt MC01 trên mô hình cho thấy sự tương đồng với chỉ tiêu đánh giá sai số Nash lớn hơn 0,8 cho thấy bộ thông số mô hình đảm bảo độ tin cậy và sử dụng trong

khai thác các phương án lũ đối với hệ thống sông trong mô hình.

b) Kiểm định mô hình

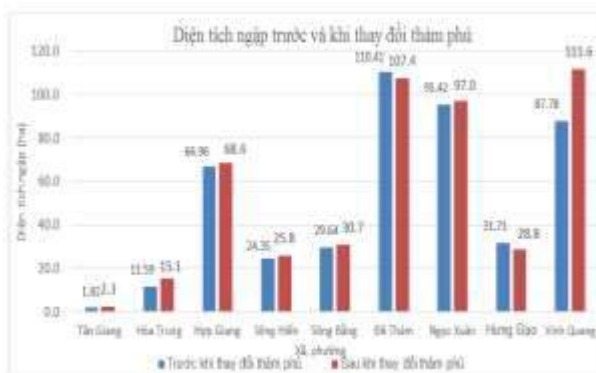


Hình 7: Đường quá trình mực nước thực đo và mô phỏng trong tính toán kiểm định tại trạm Bằng Giang năm 1971

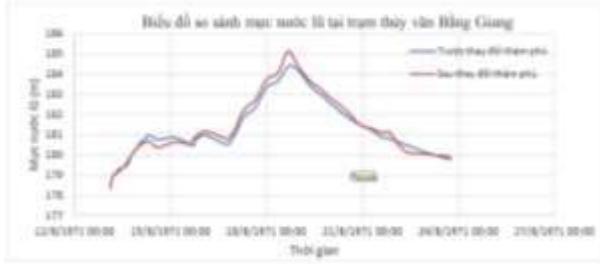
Trên cơ sở bộ thông số của mô hình thủy lực trong việc mô phỏng, tiến hành kiểm định bộ thông số đó với một trận lũ lớn thực tế đã xảy ra. Từ đó có thể đánh giá được độ tin cậy của mô hình thủy lực. Qua tính toán kiểm định với trận lũ thực tế năm 1971 từ ngày 13 đến ngày 23 tháng 8 năm 1971 với hệ số NASH lớn hơn 0,87 cho thấy bộ thông số của mô hình đạt yêu cầu.

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN NGẬP LỤT

Sau khi hiệu chỉnh và kiểm định các mô hình. Nhóm nghiên cứu tiến hành mô phỏng kịch bản trước và sau khi thay đổi thảm phủ. Các kết quả được thể hiện dưới đây:



Hình 8: So sánh diện tích ngập (ha) ứng với kịch bản trước và sau khi thay đổi thảm phủ

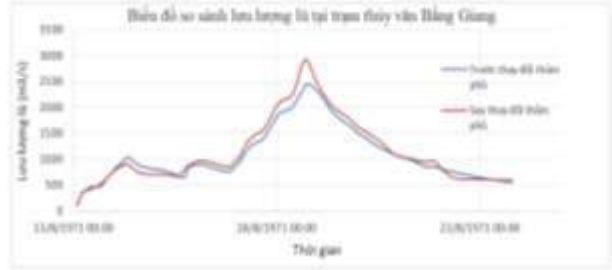


Hình 9: So sánh mực nước lũ kịch bản trước và sau khi thay đổi thảm phủ tại trạm thủy văn Bằng Giang

Bảng 3: Bảng tổng hợp giá trị mực nước lũ các kịch bản tại trạm thủy văn Bằng Giang

Giá trị	Trước khi thay đổi thảm phủ	Sau khi thay đổi thảm phủ
Nhỏ nhất	178,077	178,451
Trung bình	181,342	181,466
Lớn nhất	184,434	185,138

Nhìn vào biểu đồ hình 4 có thể thấy xu hướng diện ngập tăng lên, rõ nhất ở phường Vinh Quang (tăng khoảng 24 ha), ở Phường Hợp Giang diện tích ngập tăng khoảng 2,5ha và ở các xã phường còn lại có tăng nhưng không quá chênh lệch. Như vậy, với kịch bản thay đổi thảm phủ từ nhóm 1 (đất rừng), nhóm 2 (đất trống, chưa trồng trọt), nhóm 3 (đất trồng trọt, ngập nước) sang nhóm 4 (đất xây dựng) có thể thấy sự tác động làm gia tăng diện tích ngập lụt cho thành phố Cao Bằng. Cụ thể theo biểu đồ hình 5 và hình 6 so sánh mực nước và lưu lượng lũ tại trạm thủy văn Bằng Giang có thể thấy: với đỉnh lũ tăng 0,7 m và lưu lượng lớn nhất tăng 475,159 m³/s thì tổng diện tích ngập trên địa bàn thành phố tăng lên 27,4 ha đồng thời tổng diện tích ngập tại độ ngập sâu lớn hơn 2m sẽ gia tăng ở ngưỡng khoảng 20% làm gia tăng rủi ro



Hình 10: So sánh lưu lượng lũ tại trạm thủy văn Bằng Giang với các kịch bản tính toán

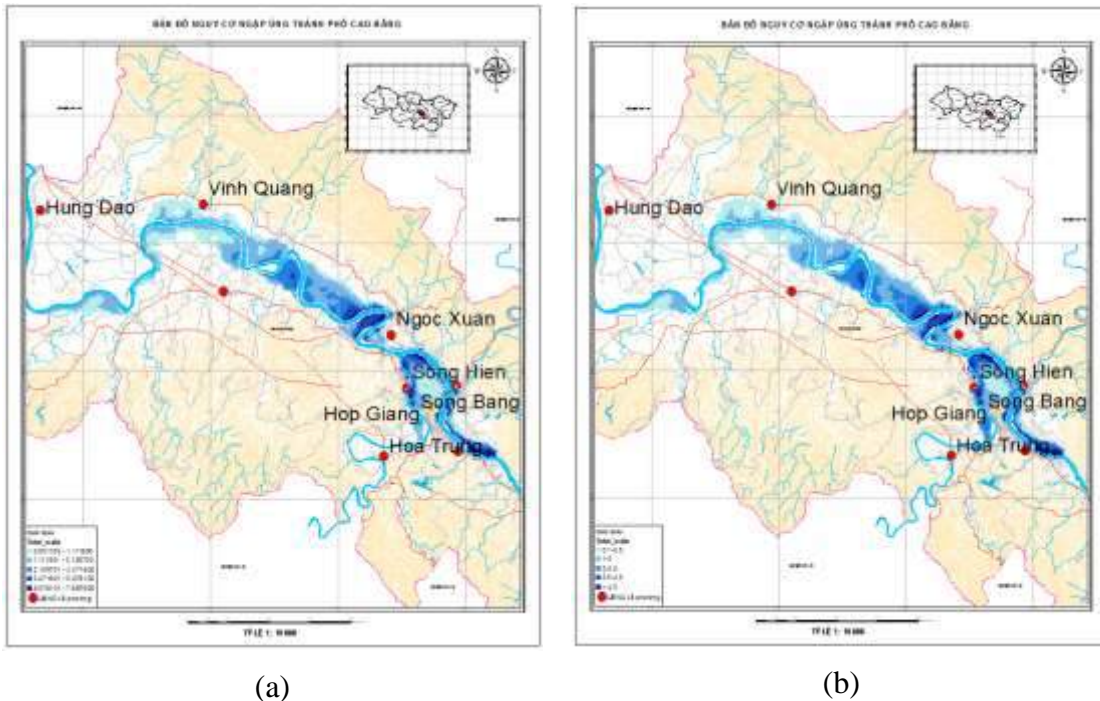
Bảng 4: Bảng tổng hợp giá trị lưu lượng lũ các kịch bản tại trạm thủy văn Bằng Giang

Giá trị	Trước khi thay đổi thảm phủ	Sau khi thay đổi thảm phủ
Nhỏ nhất	279,878	294,405
Trung bình	1089,551	1147,128
Lớn nhất	2455,908	2931,067

ngập lụt ở phạm vi rộng hơn cho các khu vực đông dân cư, các trụ sở hành chính của tỉnh nằm trên địa bàn thành phố.

Ngoài ra xét trên tỉ lệ diện tích ngập trên diện tích tự nhiên, với kịch bản thay đổi thảm phủ thì phường Hợp Giang có tỉ lệ cao nhất là 74,72% và phường Tân Giang có tỉ lệ thấp nhất là 0,5%. Qua đó có thể thấy mức độ rủi ro ngập lũ của phường Hợp Giang là rất cao. Các phường xã còn lại đều có tỉ lệ diện tích ngập trên diện tích tự nhiên nhỏ hơn 15% cụ thể ở các phường, xã như: Ngọc Xuân là 14,23%; Đề Thám là 9,45%; Vinh Quang là 7,54%; Sông Bằng là 3,92%; Sông Hiến là 2,94%; Hung Đạo là 2,84% và Hòa Trung là 2,64%.

Bản đồ thể hiện tình hình ngập lụt tại thành phố Cao Bằng ứng với kịch bản trước và sau khi thay đổi thảm phủ được thể hiện dưới đây:



Hình 11: Bản đồ ngập lụt thành phố Cao Bằng ứng với kịch bản (a) trước khi thay đổi thảm phủ và (b) sau khi thay đổi thảm phủ

5. KẾT LUẬN

Trong khuôn khổ bài báo đã thể hiện kết quả đánh giá được tác động của thảm phủ tới khả năng xuất hiện lũ, ngập lụt của TP. Cao Bằng bằng các phương pháp khoa học, định lượng. Nhóm nghiên cứu đã đề xuất kịch bản mô phỏng, tính toán dòng chảy lũ trên lưu vực theo kịch bản thay đổi thảm phủ từ nhóm 1 (đất rừng), nhóm 2 (đất trống, chưa trồng trọt), nhóm 3 (đất trồng trọt, ngập nước) sang nhóm 4 (đất xây dựng). Kết quả cho thấy tổng diện tích ngập trên toàn thành phố tăng 27,4 ha, đồng thời gia tăng khoảng 20% diện tích thành phố sẽ nằm ở độ ngập sâu lớn hơn 2m có thể gây ra thiệt hại cho người và tài sản. Ngoài ra phường Hợp Giang là phường có tỉ lệ diện tích ngập trên

diện tích tự nhiên cao nhất với khoảng 74,72% diện tích của phường này sẽ bị ngập lụt.

Kết quả nghiên cứu cũng được thể hiện dưới dạng bản đồ ngập lụt với hình ảnh trực quan giúp các nhà quản lý và người dân dễ dàng nhận biết, qua đó sẽ góp phần hỗ trợ xây dựng được các giải pháp và kế hoạch ứng phó với lũ, ngập lụt trên địa bàn thành phố Cao Bằng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài nghiên cứu khoa học và phát triển công nghệ cấp Quốc gia: Nghiên cứu đánh giá rủi ro lũ, ngập lụt và đề xuất các giải pháp phòng tránh, thích ứng cho các khu vực tập trung đông dân cư, đô thị vùng miền núi Bắc Bộ, mã số KC08.26/16-20.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] UBND thành phố Cao Bằng, "Báo cáo Kinh tế-Xã hội," 2018.
- [2] UBND thành phố Cao Bằng, "Quy hoạch Thủy lợi tỉnh Cao Bằng giai đoạn 2016-2025 và định hướng đến 2030," 2016.

- [3] kttvqg.gov.vn, "Mưa lớn ở Cao Bằng: Nhiều tuyến đường bị tắc nghẽn," <http://kttvqg.gov.vn/kttv-voi-san-xuat-va-doi-song-106/mua-lon-o-cao-bang--nhieu-tuyen-duong-bi-tac-nghen-6736.html>, 2020.
- [4] nhandan.com.vn, "Mưa lũ, lở đá gây thiệt hại tại Cao Bằng," <https://nhandan.com.vn/tin-tuc-xa-hoi/mua-lu-lo-da-gay-thiet-hai-tai-cao-bang-609481/>, 2020.
- [5] baotainguyenmoitruong.vn, "Cao Bằng: Thiệt hại nhiều tài sản do mưa lớn gây ra," <https://baotainguyenmoitruong.vn/cao-bang-thiet-hai-nhieu-tai-san-do-mua-loc-gay-ra-299848.html>, 2020.
- [6] ICHARM, "IFAS ver.2.0 technical manual," 2014.
- [7] Chow, M. F., & Jamil, M. M. (2017), "Review of Development and Applications of Integrated Flood Analysis System (IFAS) for Flood Forecasting in Insufficiently-Gauged Catchments," *Journal of Engineering and Applied Sciences*, pp. 9210-9215, 2017.
- [8] Denmark Hydraulic Institute (DHI), "MIKE FLOOD user guide," p. 514, 2017.
- [9] Denmark Hydraulic Institute (DHI), "MIKE 21 Flow model FM user guide," 2017.
- [10] Denmark Hydraulic Institute (DHI), "MIKE 11 model user guide," 2017.
- [11] Tomlinson, Roger F., "Thinking about GIS: Geographic Information System Planning for Managers," *ESRI, Inc*, 20007.
- [12] Trần Duy Kiêu, Đinh Xuân Trường, Nguyễn Quang Minh, "Tích hợp công nghệ GIS và mô hình thủy văn, thủy lực trong việc thành lập bản đồ ngập lụt phục vụ công tác dự báo lũ cho lưu vực sông Cả," 2012.
- [13] Lê Văn Nghinh, "Giáo trình kỹ thuật viễn thám và hệ thống thông tin địa lý," 1998.
- [14] esri.com.<https://www.esri.com/en-us/about/about-esri/overview>.