

ỨNG DỤNG GIS VÀ MÔ HÌNH THỦY VĂN THỦY LỰC MIKE TRONG CÔNG TÁC XÂY DỰNG BẢN ĐỒ NGẬP LỤT VÙNG HẠ DU HỒ CHỨA PLEIPAI KẾT HỢP ĐẬP DÂNG IALÓP TỈNH GIA LAI

Nguyễn Phú Quỳnh

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Cảnh báo ngập lụt vùng hạ du hồ chứa và các thiệt hại rủi ro từ xả lũ và sự cố vỡ đập đang là vấn đề được các cấp chính quyền, các ngành quan tâm. Để chủ động ứng phó và giảm nhẹ thiên tai cho vùng hạ du thì công tác cảnh báo là không thể thiếu. Bài báo này xin trân trọng gửi đến quý bạn đọc phương pháp ứng dụng GIS và mô hình thủy văn thủy lực MIKE trong công tác xây dựng bản đồ ngập lụt cho vùng hạ du hồ chứa Plei Pai kết hợp đập dâng Ia Lốp.

Từ khóa: GIS, Bản đồ ngập lụt, mô hình thủy lực, hồ chứa Pleipai, đập dâng Ia Lốp.

Summary: Flood risk warning at the downstream of reservoirs is now concerned by the authorities and sectors. To actively respond to and mitigate natural disasters in downstream areas, flood warning is indispensable. This paper presents to the readers the method of combining GIS and hydraulic/hydrological modelling MIKE in establishing flood maps for the downstream of PleiPai reservoir and IaLop spillway.

Keywords: GIS, Flood map, hydraulic modeling, Pleipai Reservoir, IaLop spillway.

1. GIỚI THIỆU

Lũ lụt là một trong những hiện tượng ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống con người. Đối với các công trình hồ chứa lớn, có vai trò quan trọng thì khả năng gây lũ lụt cho hạ du càng nghiêm trọng. Về nguyên tắc, hồ, đập thiết kế đều phải đáp ứng yêu cầu đảm bảo an toàn và phù hợp với tiêu chuẩn an toàn của từng quốc gia. Tuy nhiên trên thực tế thế giới và ở Việt Nam đã từng xảy ra xả lũ, vỡ đập gây thiệt hại lớn. Vì vậy cần phải tính toán để các nhà quản lý vận hành đưa ra các phương án phòng chống lũ lụt, cảnh báo, đề phòng và có giải pháp xử lý giảm thiểu thiệt hại khi xả lũ hoặc sự cố xảy ra.

Có nhiều phương pháp để xây dựng bản đồ ngập lụt đưa ra cảnh báo lũ và phương pháp mô hình thủy lực kết hợp với GIS là một trong những phương pháp được sử dụng phổ biến nhất hiện

nay. Có rất nhiều phần mềm mô phỏng thủy lực như: HEC-RAS, ISIS, MIKE...[1]. Mô hình ISIS được ứng dụng để xây dựng "Hệ thống cảnh báo lũ Ủy hội sông Mekong" năm 2005 của Ủy ban sông Mekong[2]; mô hình HEC-RAS được sử dụng để xây dựng "Hệ hỗ trợ trực tuyến cảnh báo lũ cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn, tỉnh Quảng Nam" do Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh thực hiện[3]; Mô hình MIKE được ứng dụng dự báo lũ hệ thống sông Bến Hải và Thạch Hãn[4]. Bộ phần mềm MIKE do Viện thủy lực Đan Mạch phát triển có nhiều ưu điểm và tính năng vượt trội. Trong phần mềm, có module MIKE FLOOD cho phép mô phỏng dòng chảy một chiều trong sông (MIKE 11) kết hợp với dòng chảy tràn bãi hai chiều (MIKE 21) và sẽ được sử dụng trong nghiên cứu này. Tuy nhiên, chỉ phần mềm mô phỏng thủy lực là chưa đủ mà còn cần đến vai trò của GIS trong công tác xử lý tạo số liệu đầu vào, xây dựng bản đồ ngập và phân tích mức độ thiệt hại do lũ...

Ngày nhận bài: 07/9/2017

Ngày thông qua phản biện: 25/9/2017

Ngày duyệt đăng: 26/9/2017

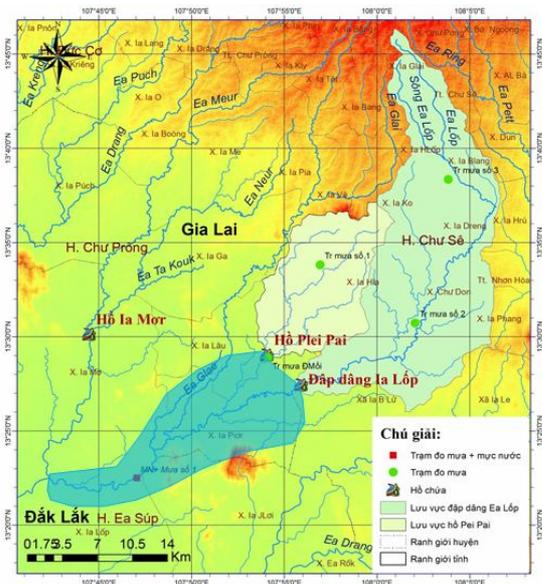
Khu vực nghiên cứu là vùng hạ du hồ chứa Pleipai và đập dâng Ia Lốp

Toạ độ địa lý của toàn bộ hợp phần hồ chứa Plei Pai + đập dâng Ia Lốp kể cả lòng hồ và khu tưới có toạ độ địa lý:

$$\phi = 13^{\circ}25'20'' - 13^{\circ}31'40'' \text{ Vĩ độ Bắc}$$

$$\lambda = 107^{\circ}49'20'' - 107^{\circ}56'20'' \text{ Kinh độ Đông.}$$

Toàn bộ khu hưởng lợi nằm trong địa giới hành chính của xã Ialâu, xã Ia Pior, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai.



Hình 16. Bản đồ vị trí khu vực nghiên cứu

Các kịch bản tính toán bao gồm:

Tên kịch bản	P (lưu lượng)	P (Mưa)
	%	%
Trường hợp 1: Xả lũ qua tràn		
Kịch bản 1 - KB1 (Lũ thiết kế)	1,5	1,5
Kịch bản 2 - KB2 (Lũ kiểm tra)	0,5	0,5
Kịch bản 3 - KB3: Xả lũ vận hành tần suất 2%	2	2
Kịch bản 4-KB4: Xả lũ cực hạn PMF hoặc 0,01%	0,01	0,01
Trường hợp 2: Hồ xảy ra sự cố (vỡ đập)		
Kịch bản 5-KB5 (Vỡ do xói ngầm)	0,5	0,5
Kịch bản 6-KB6 (Vỡ do tràn đỉnh)	0,01	0,01

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thu thập tài liệu

Thu thập các tài liệu từ các nghiên cứu về tính toán ngập lụt trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Các tài liệu liên quan được tổng hợp và phân tích phục vụ việc hiệu chỉnh mô hình thủy văn, thủy lực tính ngập lũ khi mô phỏng lại các trận lũ trong quá khứ:

- Tài liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế xã hội, tình hình lũ lụt các năm qua của vùng nghiên cứu;
- Tài liệu liên quan về thông số thiết kế hồ, đập, tràn...các công trình trên sông Ia Lô và Ia Lốp;
- Tài liệu địa hình, mô hình số độ cao vùng hạ du hồ PleiPai + đập dâng Ia Lốp;
- Tài liệu khí tượng thủy văn tại các trạm đo Chư Prông, Ea Hleo, Ea Súp...

2.2. Phương pháp mô hình thủy lực

Để mô phỏng thủy lực dòng chảy lũ có thể dùng mô hình một chiều, hai chiều hoặc kết hợp cả hai. Mô hình một chiều đạt độ chính xác tốt khi mô phỏng con lũ trong mùa kiệt khi nước chảy trong sông không tràn bãi. Nhưng trong mùa lũ mô hình một chiều gặp rất nhiều hạn chế do có dòng chảy trên bãi tràn, mô hình một chiều không thể hiện được đúng bản chất của con lũ. Nếu sử dụng mô hình hai chiều để tính toán thì gặp khó khăn là không có bình đồ lòng sông. Để giải quyết vấn đề một cách tốt nhất nhóm tác giả sử dụng mô hình MIKE Flood để tính toán với sự kết hợp của cả mô hình một chiều MIKE11 và mô hình 2 chiều MIKE21. Mô hình 1 chiều áp dụng cho dòng chảy trong sông, mô hình 2 chiều mô phỏng dòng chảy tràn trên bãi.

Phạm vi nghiên cứu của mô hình là hệ thống sông kênh vùng hạ du từ sau chân đập Pleipai và đập dâng Ia Lốp đến ngã ba sông Ia Lốp và Ia Mờ chiều dài khoảng 52,16 km. Dòng chảy nội vùng nhập lưu của các chi lưu trên tuyến sông chính được tính toán từ mưa. Các tiểu vùng này đóng vai trò trong việc trữ nước và hứng nước mưa.

a. Xây dựng sơ đồ mưa dòng chảy theo mô hình MIKE NAM

Ngập lụt hạ du hồ chứa ngoài tác động của lũ xả tràn thì lượng mưa tại vùng hạ du cũng là một nguyên nhân. Lưu lượng dòng chảy từ mưa phía hạ du là dòng nhập lưu cho mô hình thủy lực. Trong nghiên cứu tính toán này trong các kịch bản và trường hợp tính có xét tới xả tràn của hồ kết hợp với mưa dưới hạ du.

Để tính lưu lượng dòng chảy do mưa nhóm tác giả sử dụng module MIKE NAM trong bộ phần mềm MIKE 11. Số liệu đưa vào tính toán là tại các trạm đo Chư Prông, Ea Hleo, Ea Súp.... Dựa vào đầu vào khí tượng, NAM tạo ra được dòng chảy cũng như thông tin về các thành phần của tầng đất trong chu trình thủy văn, giống như sự biến đổi theo thời gian của lượng bốc thoát hơi nước, lượng ẩm của đất, lượng nấp nước ngầm, mực nước ngầm v.v... Kết quả dòng chảy lưu vực theo khái niệm được tách ra thành dòng chảy mặt, dòng chảy sát mặt và dòng chảy cơ bản (dòng ngầm).

b. Xây dựng sơ đồ thủy lực một chiều theo mô hình MIKE 11

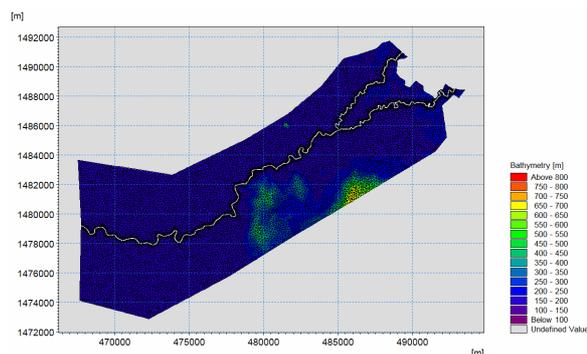
Mô-đun MIKE 11 giải các phương trình tổng hợp hệ phương trình Saint-Vernant gồm hai phương trình: phương trình liên tục và phương trình động lượng. Hình 2 thể hiện Sơ đồ tính toán thủy lực 1 chiều trên MIKE11 của khu vực nghiên cứu.



Hình 17. Sơ đồ tính toán thủy lực 1 chiều trên MIKE11

c. Xây dựng sơ đồ thủy lực hai chiều và tràn bãi theo mô hình MIKE 21

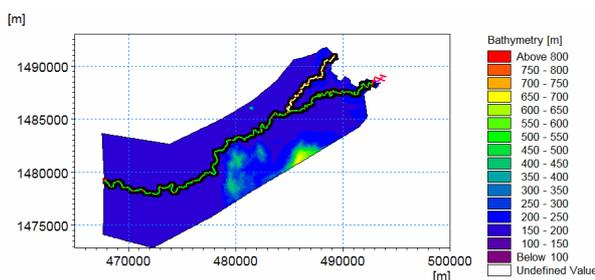
Để nghiên cứu mức độ ngập lụt cho vùng hạ du hồ chứa, miền và lưới tính toán (hình 3) được chọn sao cho có khả năng bao phủ được toàn bộ phạm vi có khả năng bị ngập tương ứng với các kịch bản tính toán. Các bước chính xây dựng mô hình MIKE21 trong mô hình MIKE FLOOD tập trung vào việc xây dựng miền và lưới tính toán cũng như xác định các thông số mô hình thủy lực của phần bãi tràn.



Hình 18. Sơ đồ tính toán cho vùng hạ lưu

d. Xây dựng sơ đồ thủy lực cho hệ thống sông rạch theo mô hình MIKE Flood

MIKE FLOOD là mô hình được tích hợp từ mô hình một chiều MIKE 11 và mô hình 2 chiều MIKE 21. Các nhánh sông kênh của mô hình MIKE 11 được liên kết với các ô lưới tính toán của mô hình MIKE 21 hai bên bờ trong trạng thái chảy tự do hoặc nối kết với nhau theo các công trình. Từ sơ đồ MIKE 11 và MIKE 21 đã xây dựng ở trên tiến hành xây dựng mô hình MIKE Flood (hình 4).



Hình 19. Sơ đồ tính toán trong MIKE FLOOD

2.3. Phương pháp phân tích GIS

GIS được sử dụng trong những nội dung sau:
- Các công cụ GIS được sử dụng để xử lý số liệu địa hình làm cơ sở cho việc xây dựng lưới

tính toán cho mô hình MIKE FLOOD

- GIS là công cụ để phân chia lưu vực, xác định mức độ ảnh hưởng của từng trạm mưa tới các lưu vực. Đó là số liệu đầu vào của mô hình dòng chảy do mưa.

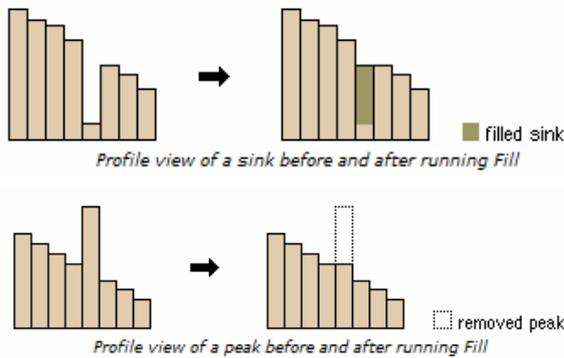
- Từ những dữ liệu bản đồ thu thập thông qua phần mềm ArcGIS phân tích và tổng quát hóa các lớp thông tin xây dựng lên bản đồ nền. Kết hợp với dữ liệu ngập xuất ra từ MIKE FLOOD xây dựng bản đồ ngập lụt vùng hạ du hồ chứa Pleipai + đập dâng Ia Lốp.

a. Phân chia các lưu vực tính toán phía hạ du bằng ArcGIS

Từ dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) dựa trên bộ công cụ Hydrology trong phần mềm ArcGIS để phân chia lưu vực. Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Hiệu chỉnh DEM.

Nếu chưa hiệu chỉnh DEM có thể có một số lỗi về những điểm lồi hoặc lõm không mong muốn. Vì vậy, cần hiệu chỉnh dữ liệu này, bằng việc sử dụng hàm "Fill".



Nguồn: ESRI

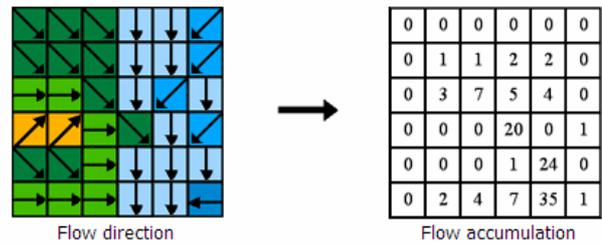
Bước 2: Xác định hướng dòng chảy (Flow Direction).

Hướng dòng chảy cho một pixel bất kỳ được xác định trên cơ sở so sánh độ chênh cao giữa điểm đó với các điểm xung quanh.

Bước 3: Xác định sự tích lũy của dòng chảy bằng công cụ Flow Accumulation.

Sự tích lũy dòng chảy cho một ô nào đó trong khu vực (1pixel) được xác định bằng cách tính

tổng số ô lưới tập trung nước về ô đó theo hướng dòng chảy (bao gồm cả trực tiếp lẫn gián tiếp).



Nguồn: ESRI

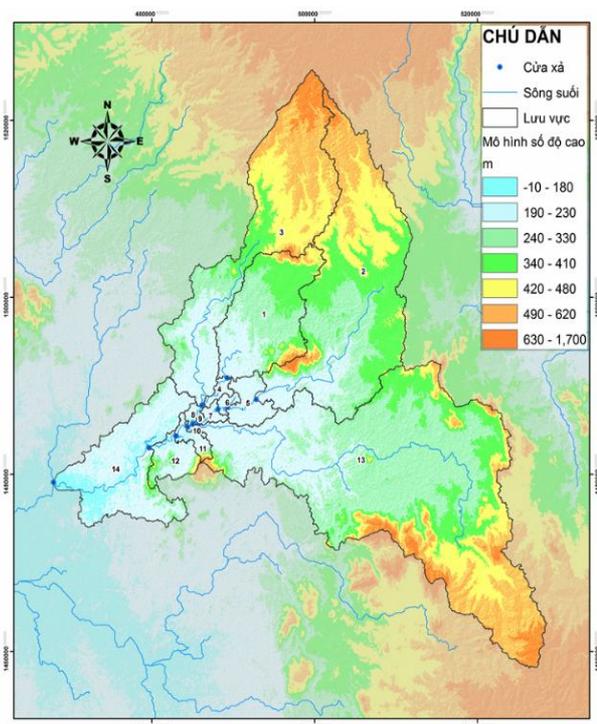
Bước 4: Lựa chọn cửa ra lưu vực (Snap Pour Point).

Lựa chọn các điểm dựa trên mạng lưới tích lũy dòng chảy, nơi các nhánh nhỏ gia nhập vào dòng chính hoặc vị trí đặc biệt có công trình như cầu, đập...

Bước 5: Xác định ranh giới lưu vực (Watershed).

Dựa trên hai yếu tố là hướng dòng chảy và vị trí cửa xả (vị trí đầu ra của một lưu vực).

Các lưu vực tính toán phía hạ du hồ chứa, đập dâng được phân chia dựa vào các sông suối chính kết quả thu được như Hình 20:



Hình 20. Phân chia lưu vực trong vùng nghiên cứu

b. *Tính trọng số trạm mưa ảnh hưởng tới từng tiểu lưu vực nhỏ.*

Các tiểu lưu vực bị ảnh hưởng từ các trạm quan trắc với trọng số khác nhau, để tính được trọng số đó nhóm tác giả sử dụng phương pháp đa giác Thiessen với dữ liệu đầu vào là vị trí của các trạm quan trắc lân cận khu vực nghiên cứu là trạm Chư Prông, Ea Hleo, EaSup. Phương pháp đa giác Thiessen xuất phát từ sơ đồ Voronoi trong toán học với mục đích để tính lượng mưa bình quân trong từng lưu vực. Đây là dữ liệu đầu vào tính toán trong mô hình mưa dòng chảy.

Diện tích vùng ảnh hưởng của mỗi trạm mưa được khống chế bởi các đường trung trực của các đoạn thẳng nối liền các trạm đo với nhau.

Cơ sở của phương pháp là: nếu một lưu vực có nhiều trạm mưa thì mưa tại một điểm bất kì trên lưu vực sẽ coi bằng lượng mưa đo đạc được tại trạm mưa gần đó nhất. Với một lưu vực có nhiều trạm đo mưa sẽ có lượng mưa trung bình trên toàn lưu vực là trung bình có trọng số của các lượng mưa tại các trạm thành phần với trọng số tỉ lệ với diện tích của hình đa giác chứa trạm mưa đó.

$$\bar{X} = \mu_1 X_1 + \mu_2 X_2 + \dots$$

Trong đó: Trọng số $\mu_1 = f_1/F$; $\mu_2 = f_2/F$

f_1, f_2 ... các diện tích đa giác thành phần

X_1, X_2 ... lượng mưa các trạm thành phần

F: diện tích toàn bộ lưu vực

\bar{X} : lượng mưa trung bình của lưu vực

Bảng 5. Trọng số ảnh hưởng của các trạm quan trắc tới lưu vực

Tên lưu vực	Diện tích (km ²)	Tên trạm	Trọng số
LV1	128,00	Trạm Chư Prông	1,000
LV2	329,06	Trạm Chư Prông	0,890
		Trạm Ea Hleo	0,110
LV3	251,45	Trạm Chư Prông	1,000

Tên lưu vực	Diện tích (km ²)	Tên trạm	Trọng số
LV4	5,33	Trạm Chư Prông	1,000
LV5	23,27	Trạm Chư Prông	1,000
LV6	4,16	Trạm Chư Prông	1,000
LV7	5,12	Trạm Chư Prông	1,000
LV8	3,79	Trạm Chư Prông	1,000
LV9	0,50	Trạm Chư Prông	1,000
LV10	1,78	Trạm Chư Prông	1,000
LV11	9,30	Trạm EaSup	0,288
		Trạm Chư Prông	0,712
LV12	24,58	Trạm EaSup	0,856
		Trạm Chư Prông	0,144
LV13	616,08	Trạm EaSup	0,024
		Trạm Ea Hleo	0,941
		Trạm Chư Prông	0,035
LV14	132,66	Trạm EaSup	0,678
		Trạm Chư Prông	0,322

c. *Xây dựng bản đồ ngập lụt*

• *Xây dựng bản đồ nền*

Dữ liệu thu thập có các định dạng khác nhau và hệ quy chiếu khác nhau: Bản đồ địa hình tỷ lệ 1/10.000 định dạng *.dgn sử dụng hệ quy chiếu VN2000 với kinh tuyến trục 108⁰ múi chiếu 3⁰; Bản đồ hiện trạng sử dụng đất của các xã được thu thập ở tỷ lệ 1/10.000 cũng cùng trên định dạng *.dgn sử dụng hệ quy chiếu VN2000 múi 3⁰ kinh tuyến trục địa phương 108⁰30'... Dữ liệu được thống nhất về một hệ quy chiếu là hệ quy chiếu VN2000 múi chiếu 3⁰ kinh tuyến trục 108⁰.

Bản đồ nền cung cấp cho thấy khu dân cư nào sẽ bị ảnh hưởng sớm nhất, nơi nào có khả năng thiệt hại lớn nhất; chọn vị trí di tản tới phải là nơi có địa hình cao, có giao thông thuận tiện và bố trí phương tiện phù hợp để vận chuyển, ứng cứu....

• *Xây dựng lớp dữ liệu độ sâu ngập*

Dữ liệu xuất ra từ mô hình thủy lực MIKE FLOOD ở định dạng *.txt, mỗi giá trị đại diện

cho một ô lưới tính toán thể hiện độ sâu ngập tại vị trí đó. Dựa trên các công cụ của ArcGIS (Spatial Analysis tool, Analysis tool, 3D Analysis tool...) nội suy độ sâu ngập:

Dữ liệu ngập được hiển thị dưới dạng raster và có thể phân nhóm thành các ngưỡng giá trị ngập khác nhau.

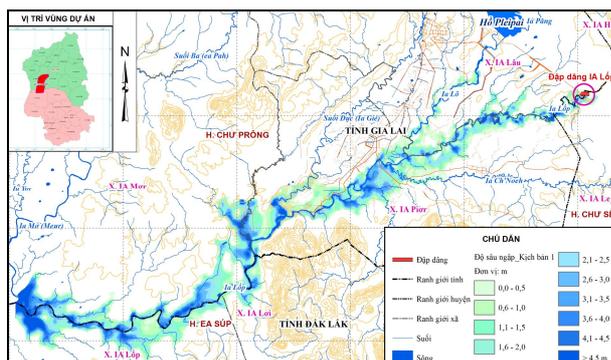
Dữ liệu ngập sau khi được xử lý kết hợp với bản đồ nền xây dựng lên bản đồ ngập lụt cho vùng hạ du hồ chứa.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Các kịch bản vỡ đập

- Kịch bản 1 (KB1): Hồ xả lũ chủ động ứng với lũ thiết kế $P=1,5\%$.

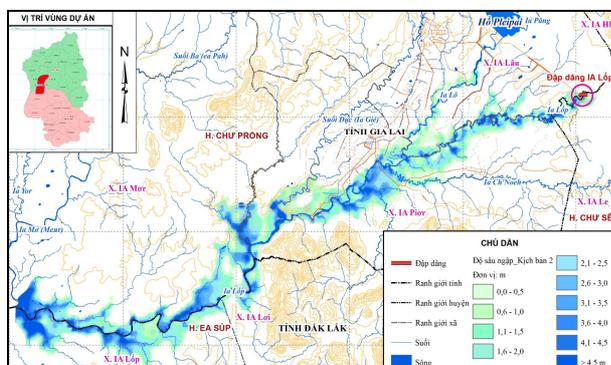
Kết quả tính toán là bản đồ ngập lụt theo Kịch bản 1 (Hình 21).



Hình 21. Bản đồ ngập lụt _ Kịch bản 1

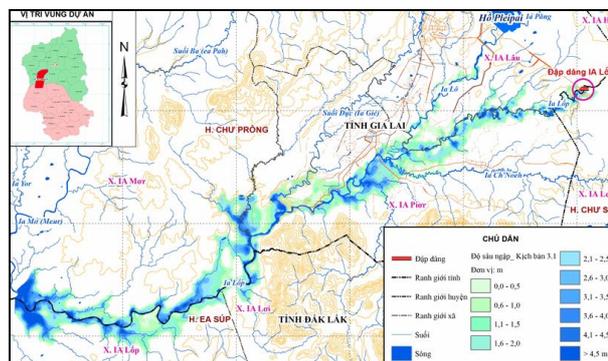
- Kịch bản 2 (KB2): Hồ xả lũ chủ động ứng với lũ kiểm tra $P=0,5\%$.

Kết quả tính toán là bản đồ ngập lụt theo Kịch bản 2 (Hình 22).



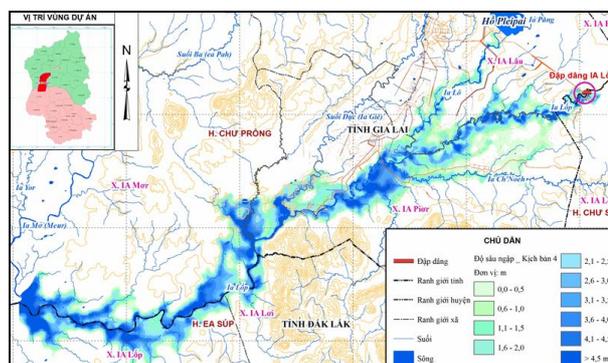
Hình 22. Bản đồ ngập lụt _ Kịch bản 2

- Kịch bản 3 (KB3): Hồ xả lũ vận hành tần suất $P=2\%$.



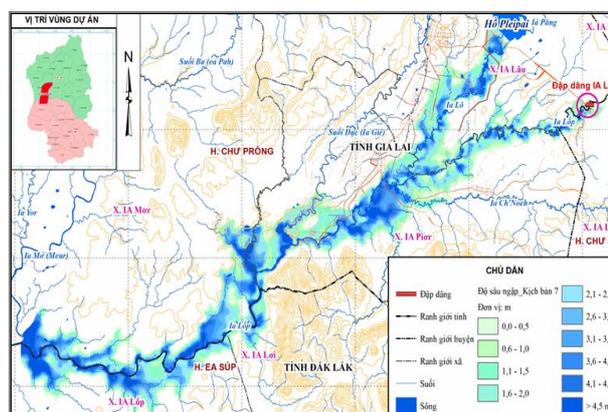
Hình 23. Bản đồ ngập lụt _ Kịch bản 3

- Kịch bản 4 (KB4): Hồ xả lũ cực hạn $P=0,01\%$.



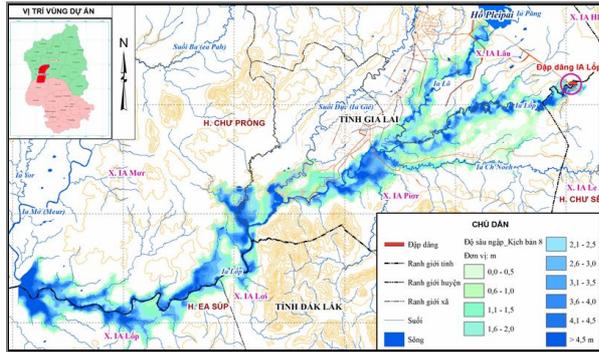
Hình 24. Bản đồ ngập lụt _ Kịch bản 4

- Kịch bản 5 (KB5): Hồ xảy ra sự cố vỡ đập xói ngầm ứng với tần suất $P=0,5\%$



Hình 25. Bản đồ ngập lụt _ Kịch bản 5

- Kịch bản 6 (KB6): Hồ xảy ra sự cố vỡ đập tràn đỉnh ứng với tần suất $P=0,01\%$



Hình 26. Bản đồ ngập lụt_ Kịch bản 6

Bảng 6. Bảng thống kê thiệt hại do ngập tỉnh Gia Lai

Kịch bản	H. CHƯ PRÔNG			H. CHƯ PƯH
	Ia Lâu	Ia Pior	Ia Mor	Ia Lê
KB1	522	1.713	1.130	88
KB2	590	1.821	1.182	94
KB3	487	1.813	1.098	88
KB4	860	2.609	1.391	100
KB5	1.126	1.992	1.305	93
KB6	1.146	2.494	1.365	100

Bảng 2. Bảng thống kê thiệt hại do ngập tỉnh Đắk Lắk

Kịch bản	H. EA SÚP		Tổng
	Ia Lôi	Ia Lốp	
KB1	150	820	4.423
KB2	156	864	4.706
KB3	148	810	4.444
KB4	174	1.003	6.138
KB5	168	726	5.410
KB6	165	954	6.223

Từ bảng thống kê trên cho thấy mức độ thiệt hại thống kê trên diện tích của kịch bản 6: Vỡ đập tràn đỉnh và hạ du có mưa là lớn nhất

(6.223ha). Song trên thực tế kịch bản 5 có khả năng gây thiệt hại về kinh tế và người lớn hơn mặc dù diện tích ngập và độ sâu ngập đều không lớn bằng kịch bản 6. Nguyên nhân là do yếu tố bất ngờ, không lường trước, các biện pháp ứng phó và phòng chống sẽ không kịp thời do diễn ra vào thời điểm không có mưa, không có dấu hiệu là sẽ có lũ.

4. KẾT LUẬN

Cảnh báo ngập lụt vùng hạ du hồ chứa và các thiệt hại rủi ro từ xả lũ và sự cố vỡ đập hiện nay đang là vấn đề được các cấp chính quyền, các ngành quan tâm. Hồ Pleipai + đập dâng Ia Lốp là hai công trình thủy lợi lớn trên địa bàn tỉnh Gia Lai cũng như khu vực Tây Nguyên mang lại rất nhiều lợi ích. Tuy nhiên bên cạnh những lợi ích đem lại thì hồ chứa, đập dâng phía thượng nguồn đều ẩn chứa những rủi ro cho phía hạ du. Để chủ động ứng phó và giảm nhẹ thiên tai cho vùng hạ du thì công tác cảnh báo là không thể thiếu được.

Dựa trên các số liệu thu thập tác giả đã tiến hành thực hiện công tác cảnh báo lũ vùng hạ du bằng ứng dụng của GIS kết hợp với mô hình thủy văn thủy lực MIKE:

- Tính toán kiểm tra các vấn đề liên quan đến thủy văn;
- Xây dựng mô hình thủy văn thủy lực cho vùng hạ du và tính toán các trường hợp hồ xả lũ và gặp sự cố vỡ đập...theo quy trình vận hành của hồ chứa Pleipai và thiết kế của đập dâng Ia Lốp.
- Trên cơ sở tính toán từ các kịch bản lũ bằng mô hình MIKE kết hợp với GIS, xây dựng được các bản đồ ngập lụt cho vùng hạ du.
- Phân tích đánh giá rủi ro, thiệt hại cho vùng ngập lụt hạ du: diện tích ngập, các loại hình đất đai bị ngập ...

Qua nghiên cứu tính toán cho thấy vai trò của GIS vô cùng quan trọng: từ bước xử lý số liệu đầu vào thực hiện tính toán trong MIKE đến xử lý số liệu đầu ra của MIKE và thành lập

bản đồ ngập lụt. Nếu chỉ có mô MIKE thì nhiệm vụ đặt ra cũng không thể hoàn thành mà đòi hỏi sự kết hợp hài hòa giữa mô hình tính toán MIKE và GIS.

Để cảnh báo lũ cho vùng hạ du hồ đập phát huy hiệu quả cao hơn cần có hệ thống các trạm đo mưa tự động và các thiết bị quan trắc vận hành hồ chứa. Tuy nhiên vùng hạ du hồ chứa

hiện nay chưa có các trạm quan trắc mưa tự động nên việc dự báo dòng chảy phát sinh từ mưa có độ chính xác không cao. Cùng với đó, có thể xây dựng phần mềm trực tuyến dựa trên cơ sở tính toán và xây dựng bản đồ ngập như trên, song được cập nhật theo thời gian thực dựa trên số liệu của các trạm đo quan trắc tự động về mực nước, lưu lượng và mưa.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. TS. Tô Văn Trường. “*Các mô hình tính toán dòng chảy*”. Hội Đập lớn & Phát triển nguồn nước Việt Nam.
- [2]. T.C.Pagano. “*Evaluation of Mekong River commission operational flood forecasts, 2000–2012*”. Hydrology and earth system Sciences, 17 July 2014.
- [3]. PGS.TS Nguyễn Kim Lợi. “*Đề tài KHCN cấp nhà nước KC.01.24/11-15: Hệ hỗ trợ trực tuyến cảnh báo lũ cho lưu vực sông Vu Gia – Thu Bồn, tỉnh Quảng Nam*”. Đại học Nông Lâm Tp.HCM.
- [4]. Vũ Đức Long, Trần Ngọc Anh, Hoàng Thái Bình, Đặng Đình Khá. “*Giới thiệu công nghệ dự báo lũ hệ thống sông Bến Hải và Thạch Hãn sử dụng mô hình MIKE11*”. Tạp chí khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ. Số 35, trang 397-404, (2010).