

# NGHIÊN CỨU SỰ LAN TRUYỀN SÓNG LŨ TỚI HẠ LƯU CÔNG TRÌNH TRONG TÌNH HUỐNG VỢ ĐẬP VÒM NẬM CHIẾN BẰNG MÔ HÌNH TOÁN

Lê Thanh Hùng

Trưởng đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Đập vòm Nậm Chiến trên suối Chiến thuộc huyện Mường La, tỉnh Sơn La, hiện nay là đập vòm mỏng cong hai chiều duy nhất được xây dựng ở Việt Nam. Với chiều cao đập 135m, nếu đập vòm Nậm Chiến bị vỡ sẽ gây những hậu quả khôn lường cho phía hạ lưu đập. Phương pháp số giải hệ phương trình nước nông phi tuyến hai chiều (2D – SWE) được coi là phương pháp hữu hiệu trong mô phỏng sự lan truyền sóng gián đoạn. Với kịch bản đập vòm vỡ tức thời, hoàn toàn, kết quả tính toán bằng mô hình số trị bao gồm: quá trình mực nước lưu lượng, thời gian lũ đến, thời gian đạt độ sâu lớn nhất các điểm nghiên cứu; bản đồ ngập lụt tại các thời điểm. Bản đồ địa hình DEM90 lưu vực Nậm Chiến được sử dụng và sử dụng các kích thước lưới khác nhau để khảo sát sự phù hợp của lưới tính toán mô phỏng.

**Từ khóa:** Đập vòm, dòng chảy lũ, phương pháp số, kích thước lưới.

**Summary:** Nowadays, Viet Nam has only one an arch dam, namely Nam Chien, constructed in Chien stream, Muong La district, Son La province. With its height of 135m, a catastrophic disaster can be appeared on Nam Chien's downstream if dam collapses. The numerical model based on the non linear 2D shallow water equations (2D-SWE) is considered as an effective tool in simulating the dam break flow. Alternative solutions in the scenario of total, instantaneous dam collapse of Nam Chien arch dam are produced, such as: water depth hydrographs, discharge hydrographs, arrival time, time to reach maximum water level; flooding map. The 90m×90m DEM map of study area is resolved with difference grid sizes so as to estimate the influence of mesh size on these numerical results.

**Key words:** Arch dam, flood propagation, numerical model, grid size.

## 1. MỞ ĐẦU

Những năm gần đây, vấn đề an toàn đập là một trong những vấn đề cấp thiết của ngành thủy lợi. Đặc biệt ở những vùng núi cao, hồ tích nước với dung tích lớn gây nguy hiểm cho sự an toàn đập. Những hư hỏng của đập tràn kéo theo những hệ lụy khôn lường do một lượng lớn nước đổ xuống hạ du với vận tốc rất lớn. Đập vòm hồ thủy điện Nậm Chiến hiện nay là đập vòm bê tông mỏng cong hai chiều duy nhất tại Việt Nam. Chiều cao đập lớn nhất

là 135m, chiều dài tại đỉnh 273m tạo thành hồ chứa có dung tích  $154 \times 10^6 m^3$  trên suối Chiến, huyện Mường La, tỉnh Sơn La.

Theo Phạm Thị Hương Lan và nnk [1], các kịch bản vỡ đập cần phải được đưa ra khi xây dựng hồ chứa nhằm chỉ ra khu vực thiệt hại phía hạ lưu đập để từ đó có biện pháp phòng tránh, giảm thiểu. Những năm gần đây, có một số nghiên cứu về vỡ đập ở Việt Nam bằng việc sử dụng những mô hình toán thương mại như: Mike, HecRas, Telemac, v.v... Trong nghiên cứu trên, các tác giả dùng mô hình thủy động lực MIKE11 mô phỏng vỡ đập kết hợp với mô hình MIKE FLOOD để tính toán ngập lụt hạ du hồ Kẻ Gỗ. Nguyễn Cao Đơn và nnk [2], lại

Ngày nhận bài: 21/3/2017

Ngày thông qua phản biện: 28/4/2017

Ngày duyệt đăng: 25/5/2017

áp dụng mô hình một chiều HecRas để mô phỏng sự lan truyền sóng gián đoạn của kịch bản vỡ đập hồ Vực Mầu. Cả hai trường hợp trên, đập của hồ chứa là đập đất nên quá trình phát triển của vết vỡ do tràn đỉnh được mô tả xảy ra một cách từ từ. Bên cạnh việc sử dụng các phần mềm có sẵn, việc tự xây dựng các mô hình toán hai chiều dựa trên các phương pháp số như sai phân hữu hạn, phần tử hữu hạn hay thể tích hữu hạn cũng là một phương pháp phổ biến trên thế giới nhằm mô phỏng bài toán vỡ đập tức thời. Shi và nnk [3], Hou và nnk [4], dùng phương pháp thể tích hữu hạn mô phỏng dòng chảy do vỡ đập Malpaset (Pháp) bằng phương pháp thể tích hữu hạn. Kết quả của các phương pháp số của các nghiên cứu này như bản đồ mực nước, lưu tốc, quá trình lưu lượng mực nước được kiểm chứng bởi các số liệu thực đo.

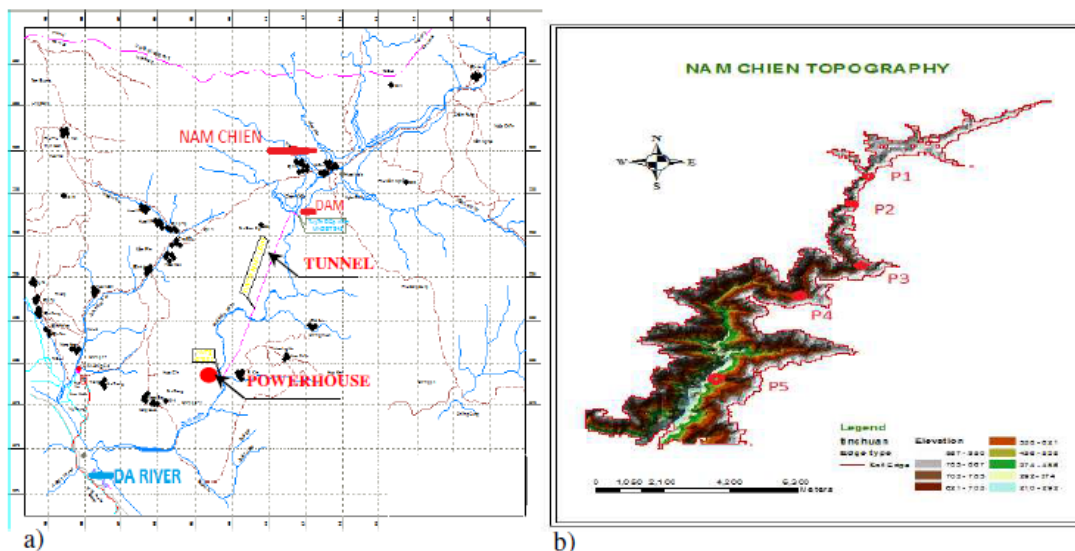
Hiện nay, phương pháp thể tích hữu hạn được sử dụng rộng rãi trong việc giải hệ phương trình nước nông do tính linh hoạt và bảo toàn

hiệu quả. Vì vậy, tác giả lựa chọn phương pháp thể tích hữu hạn dạng Godunov [5], với các thông lượng được xấp xỉ theo [6] để giải hệ phương trình nước nông phi tuyến trên lưới Cartersian. Phương pháp số này đã được mô tả kỹ trong [7] và [8]. Trong nội dung của bài báo này, ứng dụng mô hình số trị để tính toán sự lan truyền sóng lũ cho kịch bản vỡ đập vòm Nậm Chiến, huyện Mường La, tỉnh Sơn La với các kích thước ô lưới tính toán khác nhau.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ KẾT QUẢ

### 2.1. Thủy điện Nậm Chiến

Thủy điện Nậm Chiến nằm trên suối Chiến thuộc huyện Mường La, tỉnh Sơn La. Suối Chiến là nhập lưu phía bên trái của sông Đà, phía dưới thủy điện Sơn La khoảng 5km. Chiều dài của suối Chiến là 20km với độ dốc trung bình rất lớn 10,5m/km, lòng suối hẹp với bề rộng trong khoảng 20-35m (hình 1).

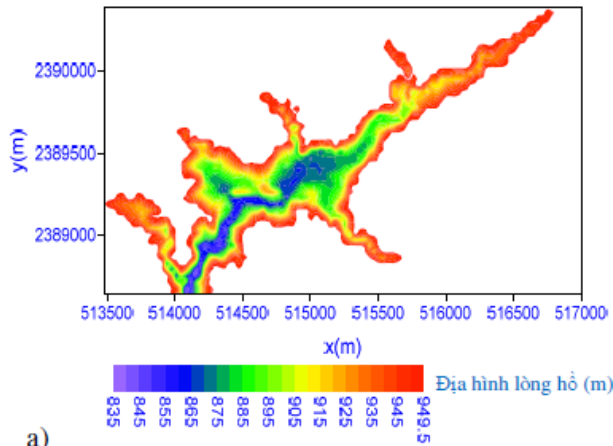


Hình 1: a) Sơ đồ các công trình Nậm Chiến;

b) Địa hình lưu vực và vị trí điểm nghiên cứu

Hồ chứa thủy điện Nậm Chiến có: chiều cao đập 135m, chiều dài đỉnh đập 273m (hình 2). Không giống những công trình thủy điện khác với các tổ máy turbine phát điện thường đặt ngay sau thân đập, thủy điện Nậm Chiến

với công suất lắp máy 200MW có nhà máy ở cao trình 278m, bên bờ trái của suối Chiến, đặt cách xa thân đập dâng gần 10km nối từ đập chính thuộc xã Ngọc Chiến về xã Chiềng Muôn với chiều cao cột nước lên tới 638m (hình 1a).



a)

Hình 2: a). Địa hình lòng hồ;



b)

b) Hạ lưu đập Nậm Chiến

## 2.2. Kích bản vỡ đập

Theo [8], với đập vòm thì kích bản bất lợi nhất là đập vỡ tức thời, hoàn toàn. Nếu hồ chứa có dung tích lớn, để đơn giản có thể coi mực nước ban đầu trong hồ là hằng số với giả thiết đập vỡ tức thời. Vì vậy, trong bài báo này, lấy giả thiết là đập vỡ ở mực nước dâng bình thường  $945m$ ; không có dòng chảy đến hồ, hạ lưu ở điều kiện khô làm những điều kiện ban đầu và hệ số nhám Manning được lấy là  $0,04$ .

Để xây dựng file địa hình của khu vực nghiên cứu làm số liệu đầu vào của chương trình tính, bản đồ DEM  $90m \times 90m$  của miền tính toán có kích thước  $13000m \times 14000m$  bao gồm vùng địa hình lòng hồ và hạ lưu hồ chứa tính đến vị trí trạm thủy điện Nậm Chiến được thu thập. Kích thước của lưới tính toán là nhân tố quan trọng ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả theo phương pháp số. Vì vậy, bản đồ DEM này được chia nhỏ thành các ô lưới vuông với kích thước:  $90m$ ;  $50m$ ;  $40m$ ;  $30m$  nhằm đánh giá ảnh hưởng của kích thước các ô lưới đến kết quả của phương pháp số.

5 vị trí được chọn ở hạ lưu đập để nghiên cứu thời gian lan truyền lũ và quá trình mực

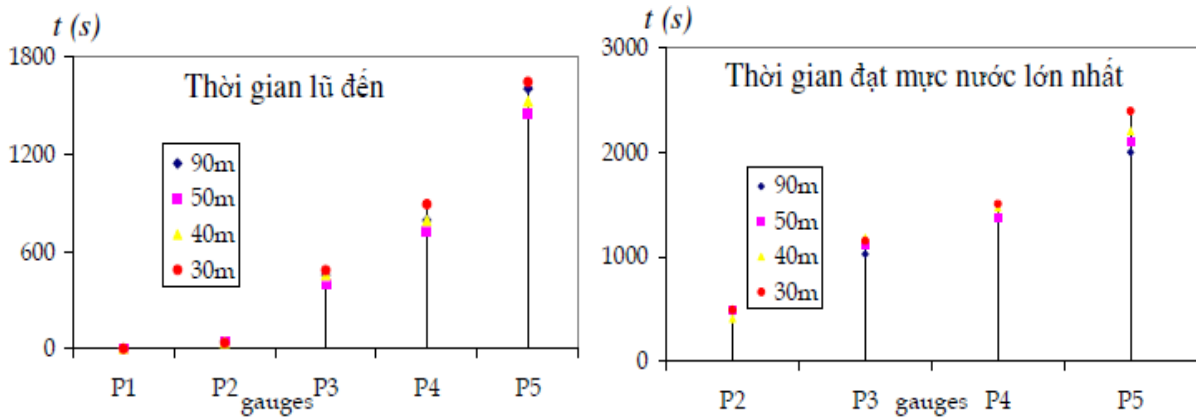
nước tại đó gồm:  $P_1$  (tại ngay sau đập),  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  và  $P_5$  được thể hiện trên hình 1b.

Các dạng kết quả của phương pháp số mô phỏng sự lan truyền sóng do vỡ đập được mô tả trong bài báo này gồm: quá trình mực nước, lưu lượng tại các điểm nghiên cứu; thời gian sóng vỡ đập truyền tới và thời gian đạt đến mực nước lớn nhất tại các điểm nghiên cứu được tính với các kích cỡ ô lưới khác nhau; bản đồ phân bố độ sâu mực nước ở các thời điểm khác nhau ứng với các kích thước ô lưới khác nhau. Những thông tin này rất cần thiết trong việc đưa ra các cảnh báo cũng như việc phác họa khu vực an toàn cho vùng hạ lưu hồ chứa.

Hình 3a trình bày kết quả tính thời gian lũ lan truyền tới các điểm nghiên cứu với các kích thước lưới khác nhau:  $30m$ ,  $40m$ ,  $50m$  và  $90m$ . Rõ ràng, lưới mịn nhất cho kết quả thời gian lan truyền lũ lớn nhất. Tuy nhiên, thời gian nhỏ nhất tới các điểm này lại đạt được khi lưới không phải là nhỏ nhất,  $50m$ . Thời gian tới điểm  $P_2$  gần đập với các kích thước lưới khác nhau là khá giống nhau nhưng sự chênh lệch thời gian lũ đến tại 3 điểm quan trọng  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_5$  lại khá nhiều. Mất khoảng  $1600s$  để lũ đến điểm  $P_5$ , vị trí đặt nhà máy thủy điện Nậm Chiến. Bên cạnh đó,

hình 3b lại mô tả thời gian đạt độ sâu mực nước lớn nhất tại các vị trí này tương ứng với 4 kích cỡ lưới tính toán. Khi tính với kích thước ô lưới là 30m, thời gian này là lớn

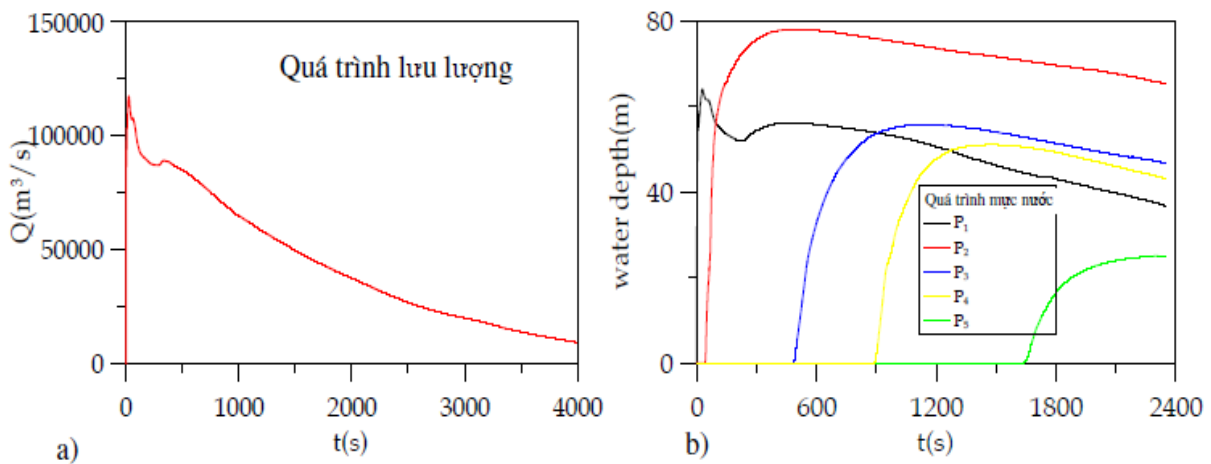
nhất so với 3 kích thước lưới còn lại. Kết quả thu được với 2 kích thước lưới 40m và 50m khá giống nhau. Tại điểm P<sub>5</sub>, giá trị này là 2200s (hình 3b).



Hình 3: a) Thời gian lũ đến và b) Thời gian đạt mực nước lớn nhất tại các điểm nghiên cứu với các kích thước lưới khác nhau.

Hình 4a trình bày kết quả tính quá trình lưu lượng do vỡ đập tại đập tính với lưới 30m. Lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất đạt được khoảng  $110 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Hình 4b lại chỉ ra 5 đường quá

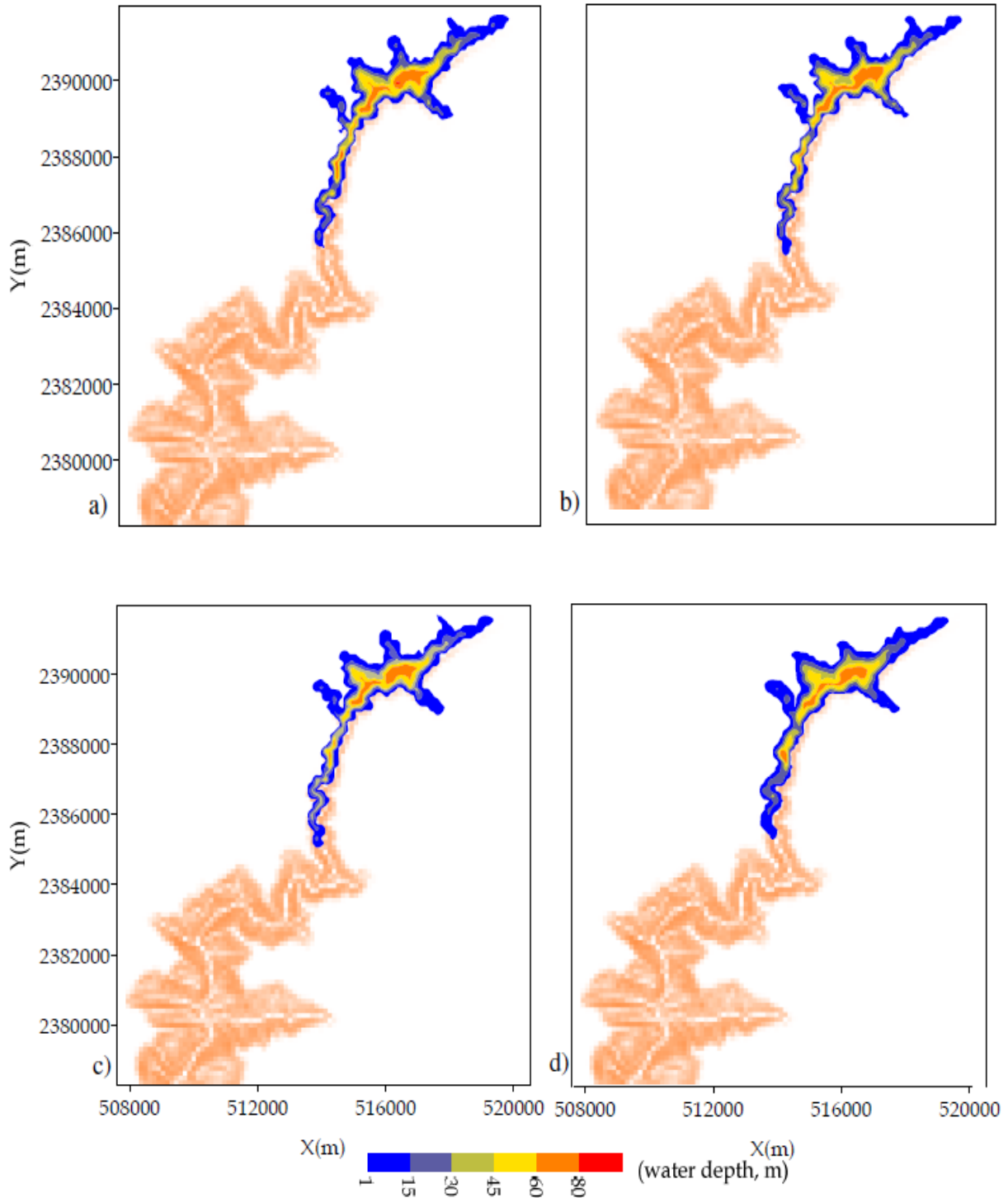
trình mực nước ở 5 điểm nghiên cứu khi cũng tính với cùng kích thước ô lưới. Giá trị mực nước lớn nhất tại các điểm P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> và P<sub>5</sub> lần lượt là: 71,5m; 57,1m; 48,9m; 38,3m.



Hình 4: a) Quá trình lưu lượng tại đập; b) Quá trình mực nước tại 5 điểm nghiên cứu tính với kích thước lưới  $\Delta x \times \Delta y = 30\text{m} \times 30\text{m}$ .

Các hình 5 và 6 mô tả kết quả phân bố mực nước theo phương pháp số tại các thời điểm 300s và 1000s ứng với các kích thước ô lưới 30m, 40m, 50m, 90m.

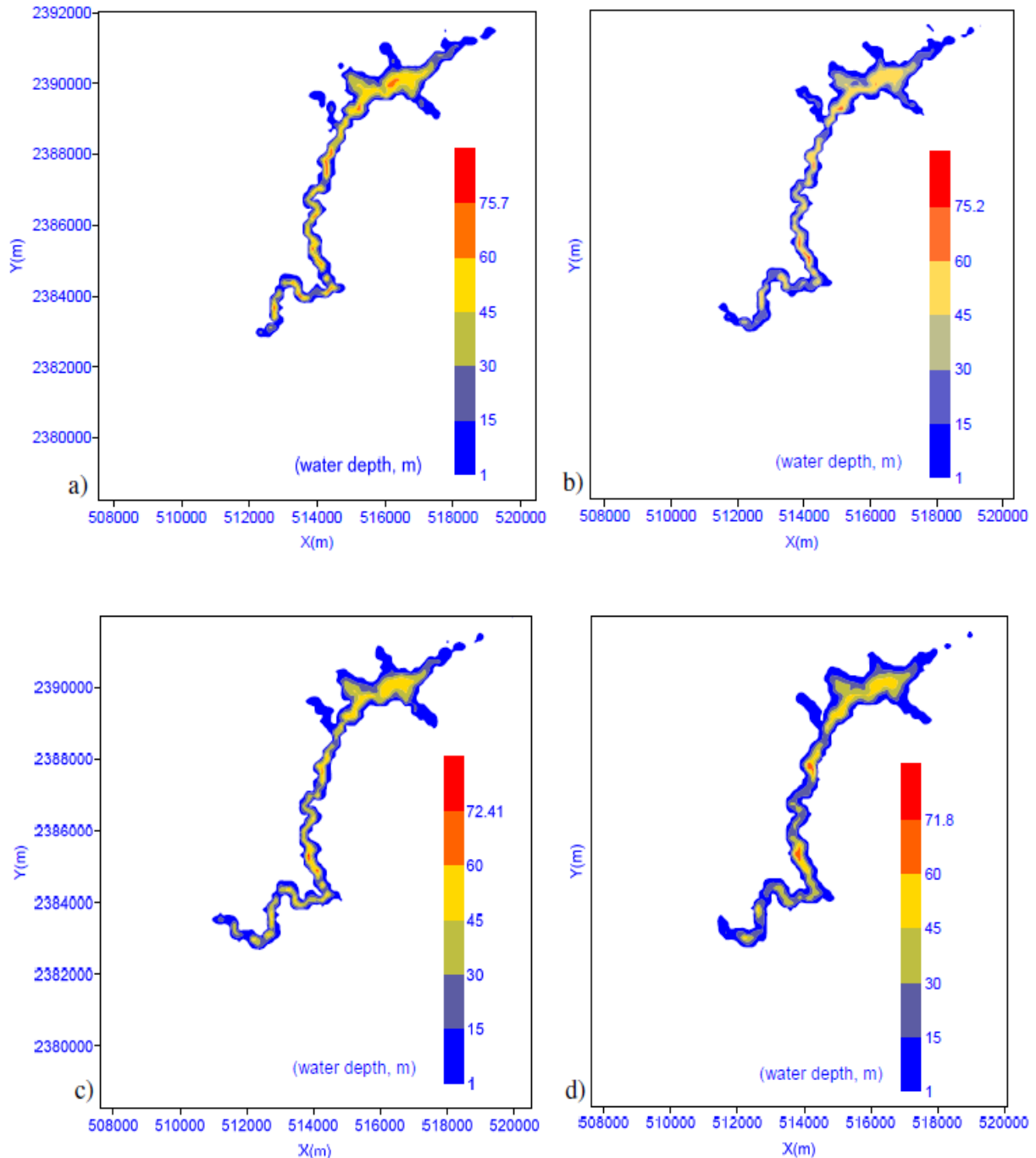
Ở hình 5, khi thời gian ngắn, chưa có sự khác biệt đáng kể về thời gian lan truyền sóng vỡ đập tính với các kích thước ô lưới này.



Hình 5: Bản đồ ngập lụt tính với các kích thước lưới khác nhau tại thời điểm  $t = 300s$   
 a)  $\Delta x = 30m$ ; b)  $\Delta x = 40m$ ; c)  $\Delta x = 50m$ ; d)  $\Delta x = 90m$

Hình 6 ứng với thời gian  $t=1000s$ , sự khác biệt này là đáng kể. Mặt khác, cũng ở hình này, giá trị mực nước lớn nhất tương ứng với các ô lưới này lần lượt là: 75,66m; 75,2m; 72,41m;

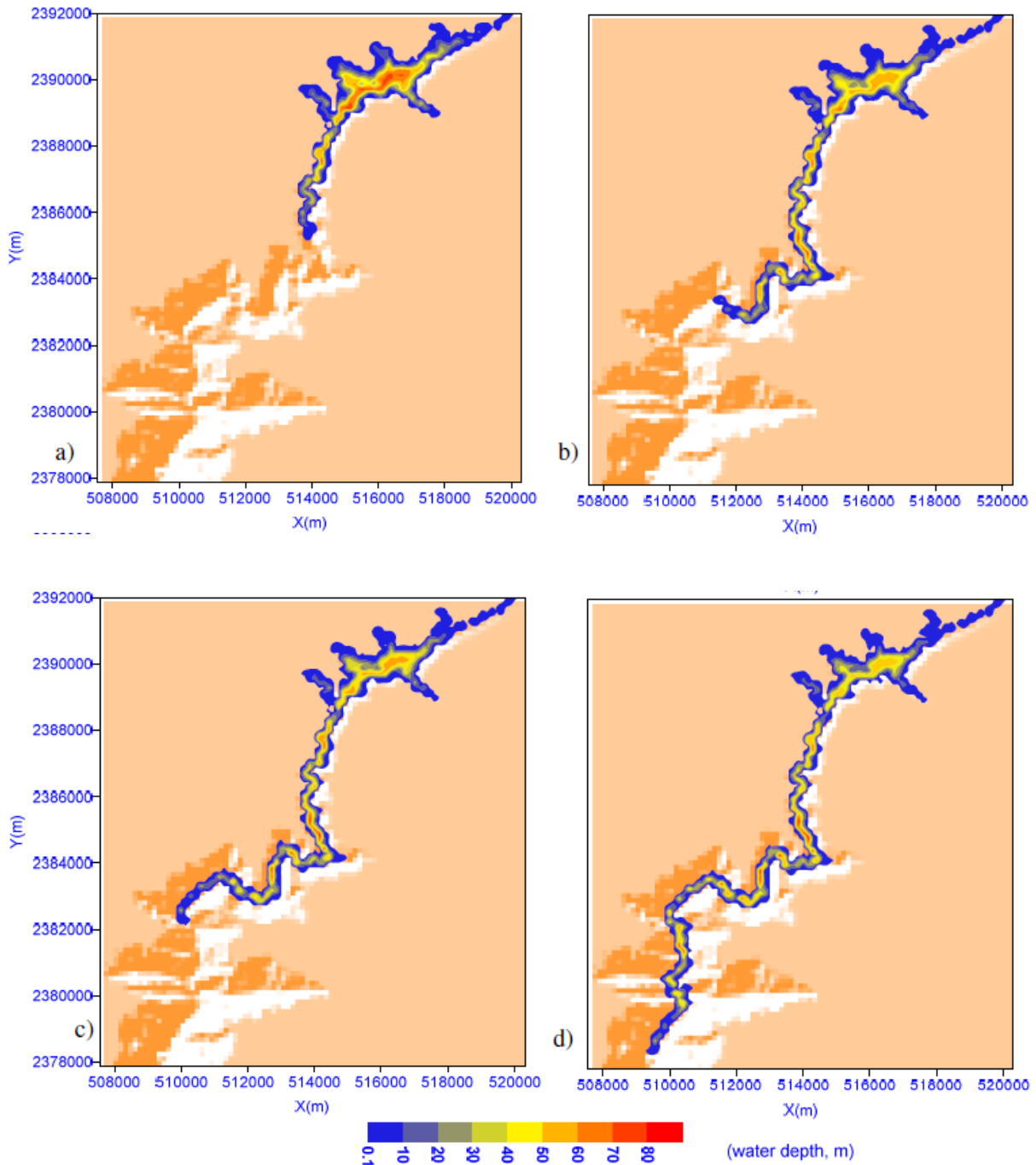
71,8m. Điều đó chỉ ra rằng, độ sâu mực nước này càng giảm khi lưới chia càng thô. Vùng đồ rộng nhất do có mực nước ngập lớn nhất tương ứng với lưới nhỏ nhất 30m.



Hình 6: Bản đồ ngập lụt tính với các kích thước lưới khác nhau tại thời điểm  $t = 1000s$   
 a)  $\Delta x = 30m$ ; b)  $\Delta x = 40m$ ; c)  $\Delta x = 50m$ ; d)  $\Delta x = 90m$

Mặt khác, kết quả bản đồ ngập lụt tính với lưới  $\Delta x = 40m$  tại các thời điểm:  $300s$ ,  $1000s$ ,  $1200s$  và  $1700s$  cũng được thể hiện trên hình 7 nhằm mô tả sự lan truyền lũ trên lưu vực theo thời gian. Khi  $t = 1700s$ , lũ do vỡ đập lan truyền gần tới biên hạ lưu miền tính toán.

Kết quả tính độ sâu mực nước, thời gian lan truyền lũ với các lưới khác nhau là tương đối giống nhau. Tuy nhiên, ở vài điểm nghiên cứu các đại lượng này có sự khác biệt. Kích thước ô lưới chia càng mịn thì kết quả sẽ càng chính xác.



Hình 7: Bản đồ ngập lụt tính với  $\Delta x = 40m$ :  
 a)  $t = 300s$ ; b)  $t = 1000s$ ; c)  $t = 1200s$ ; d)  $t = 1700s$ .

### 3. KẾT LUẬN

Phương pháp số dùng để nghiên cứu sự lan truyền sóng gián đoạn do tình huống vỡ đập hoàn toàn, tức thời của hồ Nậm Chiến là hoàn toàn phù hợp. Kích cỡ ô lưới tính toán là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến kết quả

tính toán theo phương pháp này. Với 4 loại kích thước ô lưới khác nhau, thời gian lũ đến và thời gian đạt mực nước lớn nhất tại các điểm nghiên cứu được so sánh với nhau cho thấy: kích thước lưới càng mịn thời gian truyền sóng sẽ càng lớn. Bên cạnh đó bản đồ

ngập lụt mô phỏng tại một số thời điểm cũng tính với các kích thước không gian này lại chỉ ra rằng, kích thước ô lưới nhỏ thì sóng vỡ đập lại lan truyền đi chậm nhất. Thời gian

càng tăng thì sự khác biệt này càng nhiều. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, với điều kiện địa hình phức tạp, lưới càng mịn sẽ cho kết quả càng chính xác.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Thị Hương Lan, Nguyễn Cảnh Thái, Trần Ngọc Huân (2013). “Nghiên cứu ảnh hưởng tình huống vỡ đập hồ Kẻ Gỗ - Hà Tĩnh đến vùng hạ du”. *Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, **11**, 43-49.
- [2] Nguyễn Cao Đơn, Lê Mạnh Hùng (2013). “Mô phỏng quá trình lũ do vỡ đập hồ chứa Vực Mầu, Nghệ An”. *Tuyển tập Hội nghị Khoa học thường niên năm 2013*. ISBN 978-604-82-0066-4.
- [3] Yu.E. Shi; R.K. Ray; K.D Nguyen (2013). “A projection method based model with the exact C-property for shallow water flows over dry and irregular bottom with using unstructured finite volume technique”. *Computers and Fluids*, **76**, 178-195.
- [4] J. Hou, Q. Liang, F. Simons (2013). “A 2D well-balanced shallow flow model for unstructured grids with novel slope source term treatment”. *Adv. Water Resour.*, **52**, 107-131.
- [5] E.F. Toro (2001). “Shock-capturing methods for free-surface shallow flows”, *Wiley, Chichester, U.K.*
- [6] P.L. Roe. (1981). “Approximate Riemann Solvers, parameter vectors and difference schemes”. *Journal of Computational Physics*, **43**, 357-372.
- [7] Le T.T.H (2014), “2D Numerical modeling of dam break flows with application to case studies in Vietnam”, *Ph.D thesis, University of Brescia, Italia.*
- [8] Lê Thị Thu Hiền (2015), “Ứng dụng phương pháp số giải bài toán sóng gián đoạn trong tính toán thủy lực khi đập bê tông vỡ”, *Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, **50**, 88-94.