

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH TOÁN, KỸ THUẬT VIỄN THÁM VÀ GIS ĐỂ DỰ BÁO LŨ VÀ CẢNH BÁO NGẬP LỤT TRÊN SÔNG KỶ CÙNG - TỈNH LẠNG SƠN

Nguyễn Đình Thuật¹, Trần Thị Nhân², Nguyễn Hoàng Sơn², Hoàng Thanh Tùng²

Tóm tắt: Mô hình toán thủy văn - thủy lực với sự trợ giúp của Kỹ thuật Viễn thám và Hệ thống tin địa lý (GIS) đang được ứng dụng rộng rãi vào lĩnh vực tài nguyên nước trong những năm gần đây. Bài báo này trình bày tóm tắt kết quả ứng dụng mô hình thủy lực 1, 2 chiều (MIKE 11 và MIKE 21 FM) kết hợp với ảnh vệ tinh Landsat 8 phục vụ công tác dự báo lũ, mô phỏng và cảnh báo ngập lụt cho lưu vực sông Kỳ Cùng, tỉnh Lạng Sơn. Sự kết hợp này góp phần hạn chế những sai số về phạm vi ngập khi mô phỏng 2 chiều trong điều kiện thiếu số liệu kiểm tra như ở Việt Nam.

Từ khóa: Cảnh báo, dự báo, Kỳ cùng, Lạng Sơn, ngập lụt.

Ban Biên tập nhận bài: 09/12/2017 Ngày phản biện xong: 12/01/2018 Ngày đăng bài: 25/02/2018

1. Giới thiệu chung

Sông Kỳ Cùng là con sông lớn nhất của tỉnh Lạng Sơn. Sông bắt nguồn từ vùng núi Bắc Xa cao 1166 m, đỉnh núi Mẫu Sơn cao 1574 m thuộc huyện Đình Lập ở vĩ độ 21038'20"B và 107021'10"Đ, chảy theo hướng Đông NAM lên Tây Bắc qua Lộc Bình, Thành phố Lạng Sơn, Diêm He, Na Sầm, Bình Độ, Thất Khê. Sông Kỳ Cùng đoạn chảy trên đất Việt NAM dài khoảng 243 km, sông có các nhánh là Ba Thìn, Bắc Giang và Bắc Khê. Mùa lũ trên sông Kỳ Cùng thường bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào tháng 9 với tổng lượng nước mùa lũ chiếm 66-80% [4].

Dự báo, cảnh báo ngập lụt trên sông Kỳ Cùng có vai trò quan trọng trong giảm nhẹ thiệt hại do mưa lũ gây ra. Công tác này hiện đang gặp rất nhiều khó khăn do dự báo mưa ở nước ta vẫn còn nhiều hạn chế.

Ở nước ta, mô hình VRSAP do cố PGS.TS Nguyễn Như Khuê [1] xây dựng và được sử dụng rộng rãi ở nước ta trong những năm trước đây. Đây là mô hình tính toán thủy văn - thủy lực của dòng chảy một chiều trên hệ thống sông ngòi có nối với đồng ruộng và các khu chứa khác. Dòng chảy trong các đoạn sông được mô tả bằng

¹Đài khí tượng thủy văn khu vực Đông Bắc

²Đại học Thủy lợi

Email: nguyendinhthuat@gmail.com

phương trình Saint-Venant đầy đủ. Các khu chứa nước và các ô ruộng trao đổi nước với sông qua cống điều tiết. Do đó, mô hình đã chia các khu chứa và ô ruộng thành hai loại chính. Loại kín trao đổi nước với sông qua cống điều tiết, loại hở trao đổi nước với sông qua mặt tràn hay trực tiếp gần với sông như các khu chứa thông thường. Ngoài ra mô hình KOD-01 và KOD-02 của GS. TSKH Nguyễn Ân Niên [1] phát triển dựa trên kết quả giải hệ phương trình Saint-Venant dạng rút gọn, phục vụ tính toán thủy lực, dự báo lũ cũng đã được ứng dụng nhiều ở Việt NAM. Ngoài ra, một số nhà khoa học Việt NAM như Nguyễn Tất Đắc, Nguyễn Văn Điệp, Nguyễn Minh Sơn, Trần Văn Phúc, Nguyễn Hữu Nhân đã xây dựng thành công các mô hình thủy lực mạng như MEKSAL, FWQ87, SAL, SALMOD, HYDROGIS [5, 6, 7].

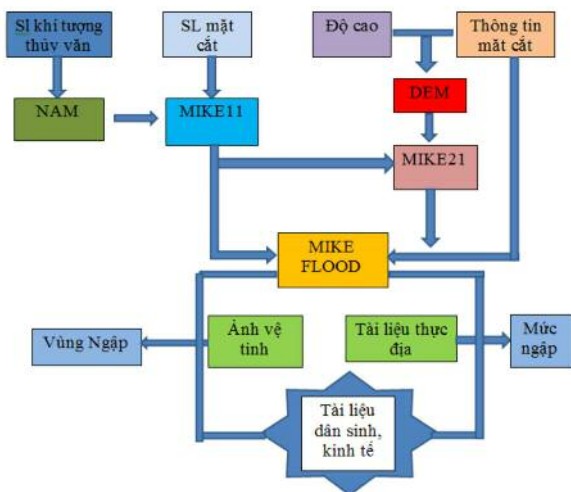
Các mô hình thủy lực do nước ngoài xây dựng như, mô hình WENDY do Viện thủy lực Hà Lan (DELFT) xây dựng. Mô hình HEC-RAS do Trung tâm Thủy văn kỹ thuật quân đội Hoa Kỳ xây dựng được áp dụng để tính toán thủy lực cho hệ thống sông. Phiên bản mới hiện nay đã được bổ sung thêm modul tính vận chuyển bùn cát và tải khuếch tán. Mô hình HEC-RAS được xây dựng để tính toán dòng chảy trong hệ thống sông có sự tương tác 2 chiều giữa dòng chảy

trong sông và dòng chảy vùng đồng bằng lũ. Khi mực nước trong sông dâng cao, nước sẽ tràn qua bãi gây ngập vùng đồng bằng, khi mực nước trong sông hạ thấp nước sẽ chảy qua lại vào trong sông. Họ mô hình MIKE: do viện Thủy lực Đan Mạch (DHI) xây dựng được tích hợp rất nhiều công cụ mạnh, có thể giải quyết các bài toán cơ bản trong lĩnh vực tài nguyên nước. Tuy nhiên đây là mô hình thương mại, phí bản quyền rất cao nên không phải cơ quan nào cũng có điều kiện sử dụng [4, 5, 6].

Các mô hình thủy lực thường được kết hợp với các mô hình thủy văn tính toán mưa dòng chảy làm biên đầu vào. Một số mô hình thủy văn hiện nay đang được áp dụng rộng rãi như mô hình TANK, SSARR, NAM, HEC-HMS [1]. Trong đó các mô hình như TANK, NAM là mô hình cấu trúc dạng bể chứa, mô hình SSARR tính toán phân chia dòng chảy dựa vào các quan hệ giữa lớp dòng chảy mặt, lớp dòng chảy sát mặt, lớp dòng chảy ngầm, vv. Mô hình trong phần mềm HEC-HMS chủ yếu sử dụng các họ đường lũ đơn vị và các phương pháp tính toán tổn thất, tính toán dòng chảy ngầm để tính toán dòng chảy từ mưa [6, 7, 8].

2. Phương pháp nghiên cứu

Với mục tiêu sử dụng kết hợp mô hình động lực học 2 chiều với sự trợ giúp của kỹ thuật Viễn thám và Hệ thông tin địa lý (GIS) trong mô phỏng và cảnh báo ngập lụt trên sông Kỳ Cùng, tỉnh Lạng Sơn, nghiên cứu đã sử dụng mô hình toán mưa dòng chảy MIKE NAM để tính toán các biên đầu vào và các biên nhập lưu khu giữa trên lưu vực sông Kỳ Cùng. Mô hình thủy lực MIKE 11 được ứng dụng để tính toán lưu lượng và mực nước trên toàn tuyến sông Kỳ Cùng về đến trạm Quốc Việt. Mô hình MIKE FLOOD được kết hợp từ mô hình MIKE 11 và mô hình MIKE 21 FM để mô phỏng ngập lụt với thông tin được triết xuất từ ảnh vệ tinh Landsat 8 để hiệu chỉnh phạm vi ngập. Hình 1 dưới đây trình bày sơ đồ khối tính toán mô phỏng ngập lụt trên lưu vực sông Kỳ Cùng, tỉnh Lạng Sơn.



Hình 1. Sơ đồ khối mô phỏng ngập lụt

MIKE 11 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng mô phỏng lưu lượng, chất lượng nước và vận chuyển bùn cát ở cửa sông, sông, hệ thống tưới, kênh dẫn và các hệ thống dẫn nước khác. MIKE 11 là công cụ lập mô hình động lực một chiều nhằm phân tích chi tiết, thiết kế, quản lý và vận hành cho sông và hệ thống kênh dẫn đơn giản và phức tạp. Với môi trường đặc biệt thân thiện với người sử dụng, linh hoạt và tốc độ, MIKE 11 cung cấp một môi trường thiết kế hữu hiệu về kỹ thuật công trình, tài nguyên nước, quản lý chất lượng nước và các ứng dụng quy hoạch. Mô đun mô hình thủy động lực (HD) là một phần trung tâm của hệ thống lập mô hình MIKE 11 và hình thành cơ sở cho hầu hết các mô đun bao gồm: dự báo lũ, tải khuếch tán, chất lượng nước và các mô đun vận chuyển bùn cát. Mô đun MIKE 11 HD giải các phương trình tổng hợp theo phương đứng để đảm bảo tính liên tục và bảo toàn động lượng (phương trình Saint Venant).

Hệ phương trình cơ bản của MIKE 11 là hệ phương trình Saint Venant viết cho trường hợp dòng chảy một chiều trong lòng kênh dẫn hở, bao gồm [2], [3]:

Các ứng dụng liên quan đến mô đun MIKE 11 HD bao gồm:

- Dự báo lũ và vận hành hồ chứa
- Các phương pháp mô phỏng kiểm soát lũ
- Vận hành hệ thống tưới và tiêu thoát nước mặt
- Thiết kế các hệ thống kênh dẫn

- Nghiên cứu sóng triều và dòng chảy do mưa ở sông và cửa sông

Đặc trưng cơ bản của hệ thống lập mô hình MIKE 11 là cấu trúc mô đun tổng hợp với nhiều loại mô đun được thêm vào mô phỏng các hiện tượng liên quan đến hệ thống sông. Ngoài các mô đun thủy lực và tải khuếch tán đã mô tả ở trên, MIKE bao gồm các mô đun bổ sung đối với: thủy văn, các mô hình chất lượng nước, vận chuyển bùn cát có cấu kết, vận chuyển bùn cát không cấu kết.

Mô hình MIKE FLOOD được kết hợp từ mô hình MIKE 11 và mô hình MIKE 21 FM. Việc kết nối tính toán song song mô hình mưa dòng chảy, mô hình 1 chiều MIKE 11, Mô hình 2 chiều MIKE 21 để mô phỏng dòng chảy lũ tốt hơn đã được ứng dụng trong nhiều nghiên cứu trước đây.

Vệ tinh Landsat 8 được phóng lên quỹ đạo vào ngày 11/2/2013. Ảnh của Landsat 8 là ảnh 16 bit, có độ phân giải 30 m và 11 band ảnh. Trong đó band đơn sắc có độ phân giải 15 m. Ảnh Landsat 8 đã được ứng dụng nhiều trong các nghiên cứu về tài nguyên nước.

Lưu vực sông Kỳ Cùng trên địa bàn tỉnh Lạng Sơn có 3 trạm thủy văn là Hữu Lũng, Văn Mịch và Lạng Sơn (hình 2). Trong đó chỉ có trạm thủy văn Lạng Sơn đo lưu lượng. Diện tích khống chế của lưu vực đến trạm thủy văn Lạng Sơn là 1560km². Số liệu được đo đạc từ những năm 1960 trở lại đây [5]. Ngoài trạm thủy văn, trên lưu vực có còn 06 trạm khí tượng là các trạm Mẫu Sơn, Bắc Sơn, Thất Khê, Đình Lập, Hữu Lũng và Lạng Sơn (tên gọi khác là Mai pha) [5].

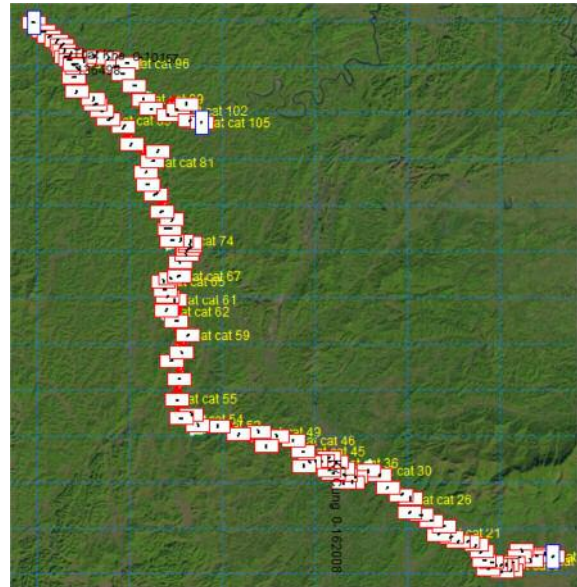


Hình 2. Mạng lưới KTTV tỉnh Lạng Sơn

3. Kết quả nghiên cứu

3.1 Thiết lập mạng lưới thủy lực MIKE 11

Mạng thủy lực 1 chiều sông Kỳ Cùng được xây dựng có độ dài 160 km với 105 mặt cắt ngang và sông Bắc Giang có độ dài 9 km với 10 mặt cắt ngang (xem hình 3).



Hình 3. Mạng thủy lực 1 chiều sông Kỳ Cùng

Biên tính toán: gồm có biên trên và biên dưới là các số liệu thực đo thu thập được tại các trạm Bản Lải và Quốc Việt trên sông Kỳ Cùng, Chi Lăng trên sông Thất Khê; trong đó:

Biên trên: là biên lưu lượng thực đo (Q-t) từng giờ tại các trạm Bản Lải và Chi Lăng.

Biên dưới: là được sử dụng là đường quan hệ lưu lượng và mực nước (Q - H) tại trạm Quốc Việt trên sông Kỳ Cùng.

Biên nhập lưu: là quá trình lưu lượng được tính toán từ mô hình mưa - dòng chảy NAM cho các lưu vực bộ phận nhập vào các khu giữa của mạng thủy lực tính toán. Việc mã hóa, xây dựng mạng thủy lực diễn toán lũ trong sông được thiết lập dưới sự trợ giúp của Hệ thống tin địa lý (GIS). Bản đồ véc tơ sau khi được kiểm tra độ chính xác, kết hợp với mô hình số độ cao (DEM), hiệu chỉnh cắt bỏ những nhánh sông không thuộc phần diễn toán từ đó xác định được các lưu vực bộ phận

Bản Thìn, Khuổi Cút, Tà San, Tam Khuôi, Bản Ban, Khu Giữa 1, Hoàng Việt, Mô Pi A, Khu Giữa 2, Trung Thành, Khu Giữa 3, Văn

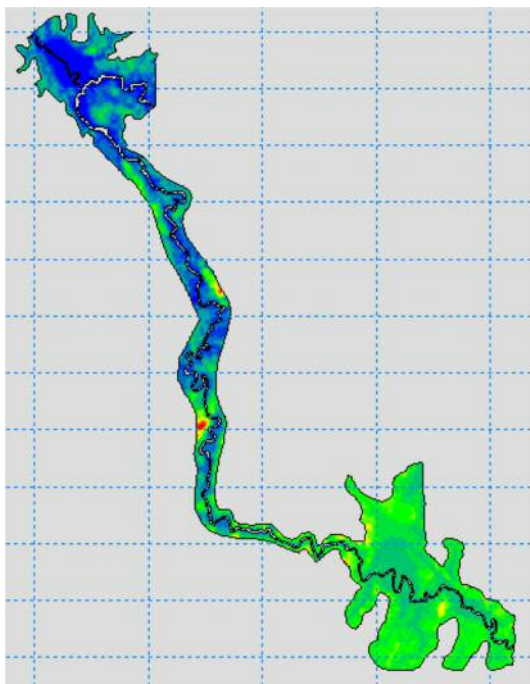
Mạch để tính toán đường quá trình lưu lượng ra nhập các khu giữa từ mô hình NAM.

Trạm kiểm tra: Mức nước và lưu lượng giờ tại trạm thủy văn Lạng Sơn trên sông Kỳ Cùng được sử dụng để kiểm tra trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

3.2 Thiết lập mạng lưới thủy lực MIKE 21

Để mô phỏng dòng chảy trên lưu vực trong và ngoài lòng sông, dòng tràn bề mặt cần phải thiết lập miền tính cho mô hình 2 chiều MIKE 21. Đây là cơ sở để mô hình mô phỏng các hướng chuyển động của dòng chảy cũng như các tương tác thủy lực của toàn bộ hệ thống sông và bãi bồi xung quanh.

Miền tính thủy lực hai chiều được xác định là miền có khả năng ngập lụt khi xuất hiện mưa, lũ lớn trên khu vực nghiên cứu. Tại khu vực nghiên cứu miền tính này được xác định dựa vào kết quả phân tích các tài liệu điều tra ngập lụt, bản đồ ranh giới ngập lụt được giải đoán từ ảnh vệ tinh Landsat 8. Miền tính toán được minh họa trong hình 4.



Hình 4. Miền tính toán của mạng thủy lực MIKE 21 sông Kỳ Cùng

Trong nghiên cứu này lưới tính toán được xây dựng là lưới phi cấu trúc, hay còn gọi là lưới tam

giác, giúp cho việc mô phỏng địa hình được mềm dẻo, đặc biệt các địa hình khi có xây dựng các công trình trên sông. Lưới tính toán được xây dựng từ bản đồ số địa hình tỉ lệ 1:10.000 trong đó phần mềm ArcGIS được sử dụng để tạo đầu vào cho mô hình MIKE 21FM.

Lưới tính toán gồm có 2.466.651 điểm với trục X tọa độ lớn nhất là 412139,66 và tọa độ nhỏ nhất là 328679,66; trục Y tọa độ lớn nhất là 2474263,34 và tọa độ nhỏ nhất là 2391553,34; trục Z giá trị lớn nhất là 485,84 và giá trị nhỏ nhất là -10.

3.3 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình NAM

Hiệu chỉnh bộ thông số mô hình NAM cho lưu vực tính đến trạm thủy văn Lạng Sơn

Trận lũ năm 2008 được lựa chọn để phục vụ hiệu chỉnh bộ thông số cho mô hình NAM. Đây là trận lũ lớn đã từng xảy ra trên lưu vực và tương đương với lũ năm 2014.

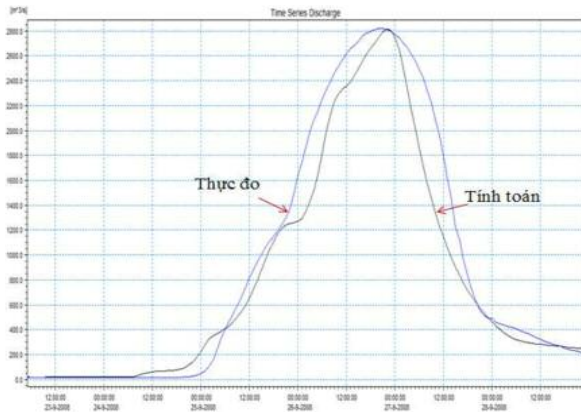
Sử dụng trận lũ tháng 09 năm 2008 tại Lạng Sơn để hiệu chỉnh mô hình với số liệu mưa được thu thập từ 3 trạm mưa trong khu vực là Lạng Sơn, Điểm Hệ, Lộc Bình. Kết quả hiệu chỉnh mô hình NAM cho lưu vực tính đến trạm Lạng Sơn được minh họa trong hình 4 cho thấy đường quá trình lũ tính toán và thực đo khá phù hợp nhau: với hệ số tương quan R đạt 0,93, sai số đỉnh là 23 m³/s (<5%) nằm trong phạm vi sai số cho phép khi tính toán thủy văn.

Kiểm định bộ thông số mô hình NAM cho lưu vực tính đến trạm thủy văn Lạng Sơn

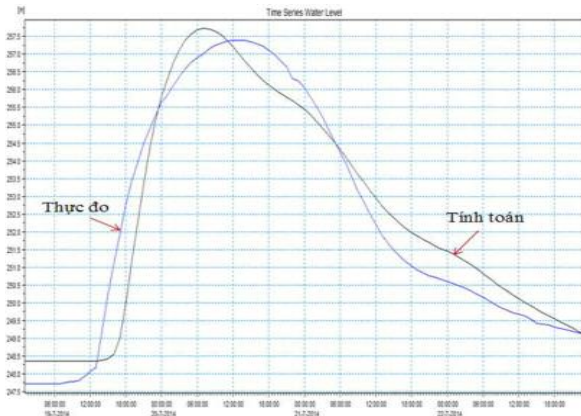
Bộ thông số mô hình NAM tìm được ở bước trước được sử dụng để kiểm định mô hình với trận lũ thực đo tháng 07 năm 2014 tại Lạng Sơn. Kết quả kiểm định được minh họa ở hình 5 cho thấy đường quá trình lũ tính toán và thực đo cũng khá phù hợp nhau với hệ số tương quan đạt 0,9 và sai số đỉnh nằm trong giới hạn cho phép. Tuy nhiên đỉnh lũ tính toán xuất hiện sớm hơn đỉnh lũ thực đo khoảng 2 giờ nhưng có thể chấp nhận được.

Với các kết quả hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số mô hình NAM cho lưu vực tính đến trạm thủy văn Lạng Sơn là tương đối tốt cho

phép nhóm nghiên cứu sử dụng sử dụng bộ thông số của mô hình này để tính toán cho các lưu vực tương tự nhập lưu vào khu giữa của mạng thủy lực đã xây dựng cho lưu vực sông Kỳ Cùng.



Hình 5. Đường quá trình lũ tính toán và thực đo trận lũ tháng 9/2008 tại trạm thủy văn Lạng Sơn (hiệu chỉnh mô hình)

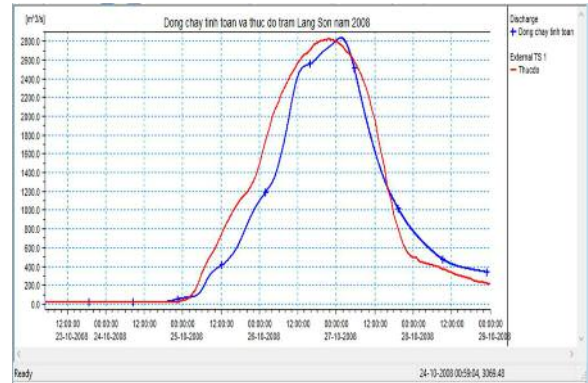


Hình 6. Đường quá trình lũ tính toán và thực đo trận lũ tháng 7/2014 tại trạm thủy văn Lạng Sơn.

3.4 Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 11

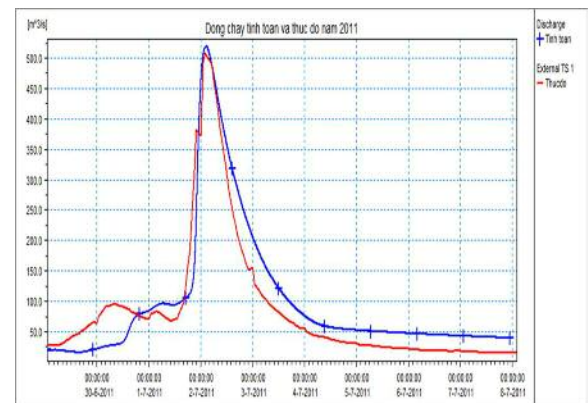
* Hiệu chỉnh mô hình MIKE 11

Mô hình được hiệu chỉnh với số liệu thực đo trận lũ từ ngày 23/10/2008 đến 29/10/2008 tại trạm thủy văn Lạng Sơn. Kết quả hiệu chỉnh mô hình MIKE 11 được minh họa trong hình 6, cho thấy đường quá trình lũ tính toán và thực đo khá phù hợp nhau với hệ số tương quan R đạt 0,97, sai số đỉnh rất nhỏ.



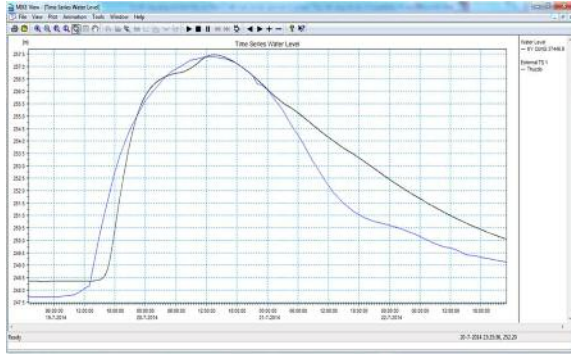
Hình 7. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo sông Kỳ Cùng tại trạm Lạng Sơn từ ngày 23/10/2008 - 29/10/2008 (hiệu chỉnh) * Kiểm định mô hình MIKE 11

Với bộ thông số mô hình tìm được từ bước trên, tiến hành kiểm định mô hình với số liệu thực đo cho trận lũ từ ngày 29/6/2011 - 08/7/2011 và trận lũ từ ngày 19/7/2014 - 23/7/2014 tại trạm Lạng Sơn. Kết quả kiểm định mô hình được minh họa trong hình 7 và hình 8 cho thấy đường quá trình lũ tính toán và thực đo rất phù hợp nhau, hệ số tương quan đạt khá cao lần lượt là 0,97 và 0,90, sai số đỉnh và tổng lượng của cả 2 trận lũ là không đáng kể.



Hình 8. Đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo sông Kỳ Cùng tại trạm Lạng Sơn từ ngày 29/6/2011 - 08/7/2011 (kiểm định)

Với bộ thông số đã được của mô hình thông qua bước hiệu chỉnh và kiểm định ở trên, hoàn toàn có thể sử dụng kết quả tính toán từ mô hình MIKE 11 làm biên đầu vào cho mô hình MIKE 21FM để mô phỏng vùng ngập trong trận lũ tháng 7/2014 trên lưu vực sông Kỳ Cùng.



Hình 9. Đường quá trình mực nước tính toán và thực đo trên sông Kỳ Cùng tại trạm Lạng Sơn từ 19/7/2014 đến 23/7/2014 (kiểm định)

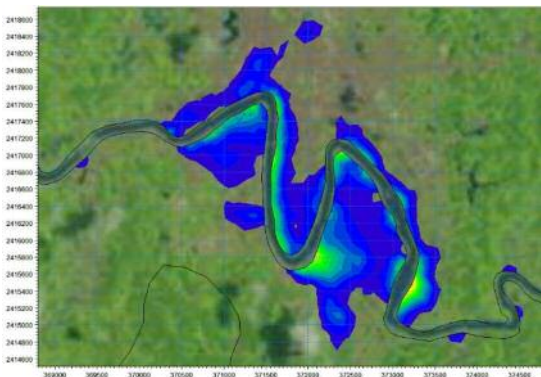
3.5 So sánh kết quả ngập tính từ mô hình MIKE 21 FM với kết quả ngập được chụp từ ảnh vệ tinh

Ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp khu vực ngập lụt tỉnh Lạng Sơn vào ngày 23/7/2014 được thu thập và phân tích sử dụng phần mềm xử lý ảnh ENVI để triết xuất ra vùng ngập nhằm so sánh với vùng

ngập lụt được tính từ mô hình MIKE 21 FM.

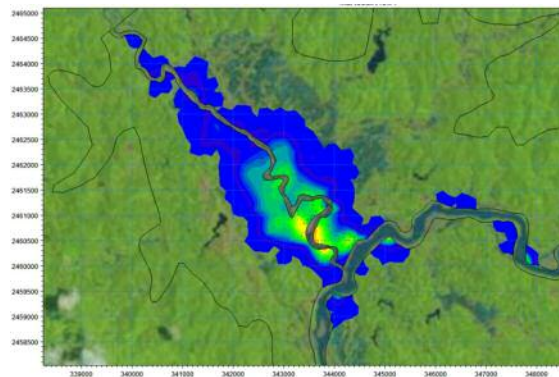
Kết quả tính toán vùng ngập tại Lạng Sơn cho thấy vùng ngập tính toán từ mô hình toán phù hợp với vùng ngập được phân tích và triết xuất từ trên ảnh vệ tinh Landsat 8. Các khu vực ngập trong Thành phố Lạng Sơn (Hình 9) bao gồm khu vực phường Đông Kinh và vùng chân cầu Mai Pha. Vùng Nà Thố, Pò Đứa, Pò Mỏ bị ngập phía ven sông Kỳ Cùng. Vùng Mai Pha bị ngập từ ven sông Kỳ cùng đến khu vực đường sắt. Khu vực phường Chi Lăng cũng bị ngập phía giáp sông.

Các khu vực ngập lụt trong thị trấn Thất Khê bao gồm các vị trí từ Nà Lâu, Nà Puộc đến ngã ba sông Thất Khê - Kỳ Cùng. Đây là vùng trũng thường xuyên bị ngập lụt. Tuy nhiên khu vực Bản Chang, Nà Cáy, Nà Vải bị ngập lụt theo kết quả phân tích từ ảnh vệ tinh nhưng kết quả tính toán từ mô hình toán lại không cho thấy khu vực này bị ngập lụt.



Hình 10. Vùng ngập mô phỏng từ mô hình tại vị trí thành phố Lạng Sơn

Với bộ mô hình NAM, MIKE 11, MIKE 21 FM đã xây dựng cho lưu vực sông Kỳ Cùng, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính toán và xây dựng một seri các bản đồ ngập lụt cho lưu vực Kỳ Cùng tại tỉnh Lạng Sơn ứng với các tần suất mưa lũ khác nhau làm cơ sở để cảnh báo ngập lụt khi có thông tin dự báo và thực đo mực nước tại trạm thủy văn Lạng Sơn. Minh họa bản đồ ngập lụt mô phỏng từ bộ mô hình được đưa ra trong hình 10 dưới đây.



Hình 11. Vùng ngập mô phỏng từ mô hình tại vị trí thị trấn Thất Khê



Hình 12. Bản đồ ngập lụt trận lũ tháng 7/2014 trên sông Kỳ Cùng

4. Kết luận

Mô hình toán thủy văn - thủy lực với sự trợ giúp của Kỹ thuật Viễn thám và Hệ thống tin địa lý (GIS) đang được ứng dụng rộng rãi vào lĩnh vực tài nguyên nước trong những năm gần đây. Nghiên cứu này đã ứng dụng ảnh vệ tinh Landsat 8 chụp ngày 23/7/2014 để làm căn cứ xây dựng mạng thủy lực 1 chiều và 2 chiều (MIKE 11 và MIKE 21 FM) phục vụ công tác dự báo lũ

và mô phỏng và cảnh báo ngập lụt cho lưu vực sông Kỳ Cùng, tỉnh Lạng Sơn. Kết quả nghiên cứu cho thấy với sự kết hợp này thì kết quả mô phỏng và tính toán từ mô hình thủy văn - thủy lực sẽ chính xác và hợp lý hơn. Sự kết hợp này góp phần hạn chế những sai số về phạm vi ngập khi mô phỏng 2 chiều trong điều kiện thiếu số liệu kiểm tra như ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

1. L.V. Nghinh và nnk (2005), *Giáo trình Mô hình toán thủy văn*, NXB Xây dựng.
2. DHI (2007), *MIKE 11, A Modelling System for Rivers and Channels*, Reference Manual, 516 pp.
3. DHI (2007), *MIKE 11 A modelling system for Rivers and Channels User Guide*, 460 pp.
4. Nguyễn Đình Thuật và nnk, (2015), *Nghiên cứu dự báo lũ và cảnh báo ngập lụt hạ lưu sông Kỳ Cùng tại thành phố Lạng Sơn*, Tuyển tập Hội nghị Khoa học Thường niên 2015, Đại học Thủy lợi.
5. Nguyễn Đình Thuật (2015). *Nghiên cứu dự báo lũ và cảnh báo ngập lụt hạ lưu sông kỳ cùng tại thành phố Lạng Sơn*, luận văn thạc sĩ, đại học Thủy lợi.
6. Nguyễn Hoàng Sơn (2013), *Xây dựng chương trình dự báo lũ và vận hành hồ chứa theo thời gian thực - ứng dụng cho lưu vực sông Lô*, Đề tài cấp cơ sở Đại học Thủy lợi.
7. Vũ Minh Cát và nnk (2008), *Hợp tác nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo lũ trung hạn kết nối với công nghệ điều hành hệ thống công trình phòng chống lũ cho đồng bằng sông Hồng - Thái Bình*, Đề tài cấp Nhà nước theo nhiệm vụ Nghị định thư với Italia.
8. Vũ Minh Cát và nnk (2012), *Hợp tác nghiên cứu xây dựng công nghệ dự báo lũ trung hạn kết nối với công nghệ điều hành hệ thống công trình phòng chống lũ cho Lưu vực sông Cả*, Đề tài cấp Nhà nước theo nhiệm vụ Nghị định thư với Italia.

APPLICATION OF HYDRO-DYNAMIC MODEL, REMOTE SENSING AND GIS ON FLOOD FORECASTING AND INUNDATION WARNING ON THE KY CUNG RIVER, LANG SON PROVINCE

Nguyen Dinh Thuat¹, Tran Thi Nhan², Nguyen Hoang Son², Hoang Thanh Tung²

¹Hydro-meteorological station in the Northeast

²Thuyloi University

Abstract: *Hydro-dynamic model with the support of Remote Sensing and GIS has been commonly applied in water resources. This article briefly presents research results on application of 1D and 2D hydraulic models (MIKE 11 and MIKE 21 FM) in combination with satellite information which are classified from Landsat 8 image for flood forecasting and inundation warning on the Ky Cung River, Lang Son Province. This combination reduced errors of inundation extent compared to that which are simulated by the 2D model while data for calibration of the 2D model is lack in Vietnam.*

Keywords: *Warning, forecasting, Ky Cung, Lang Son, Inundation.*