

THỬ NGHIỆM ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NGẬP LỤT KHU VỰC HẠ LƯU SÔNG LAM

PGS.TS. **Nguyễn Thanh Sơn**, PGS.TS. **Trần Ngọc Anh**, ThS. **Đặng Đình Khá**

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học quốc gia Hà Nội

ThS. **Nguyễn Xuân Tiến** - Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Bắc Trung Bộ

CN. **Lê Viết Thìn** - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Bài báo giới thiệu một số kết quả đánh giá tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) đến ngập lụt ở khu vực hạ lưu lưu vực sông Lam. Nhằm mô phỏng tình trạng ngập lụt trong khu vực nghiên cứu, mô hình thủy lực kết nối 1-2 chiều Mike Flood đã được xây dựng với các biên dòng chảy là kết quả mô phỏng từ mưa sử dụng mô hình Mike NAM. Hiện trạng ngập lụt trong khu vực hạ lưu đã được tái hiện thông qua tổ hợp các kết quả mô phỏng ngập lụt từ 3 trận lũ lịch sử (1978, 1988, 2010). Trên cơ sở kịch bản phát thải trung bình đã được Bộ Tài nguyên và Môi trường khuyến nghị, sự biến đổi lượng mưa ba tháng lớn nhất trên khu vực Bắc Trung Bộ và mực nước biển dâng tương ứng tại Cửa Hội đã được sử dụng làm kịch bản biên đầu vào cho hệ thống mô hình đã xây dựng tương ứng với các trận mưa điển hình lựa chọn mô phỏng tình hình ngập lụt tại khu vực hạ lưu lưu vực sông Lam. Kết quả tổ hợp bản đồ ngập lụt tương ứng sẽ cung cấp các mô tả về ngập lụt ở khu vực nghiên cứu trong điều kiện BĐKH và trên cơ sở đó so sánh với bản đồ hiện trạng nhằm xác định các tác động của BĐKH đến diện tích ngập lụt, độ sâu ngập lụt và thời gian ngập lụt.

1. Mở đầu

Đối với nghiên cứu tác động của BĐKH đến vấn đề ngập lụt, thông thường có 2 yếu tố được nhấn mạnh đó là sự gia tăng lượng mưa và nước biển dâng (NBD). Các kịch bản về NBD đã được xây dựng cho các vùng biển khác nhau với các mốc thời gian trong tương lai theo các kịch bản BĐKH, và trong nhiều trường hợp có thể sử dụng trực tiếp làm biên đầu vào cho mô hình thủy lực. Riêng đối với việc đánh giá sự gia tăng lượng mưa ảnh hưởng đến ngập lụt bằng các mô hình thủy văn - thủy lực thì cần phải làm rõ được tác động của BĐKH bằng việc so sánh các trường hợp hiện trạng (chưa xét đến BĐKH) và trường hợp đã có BĐKH. Trong thực tế, có một số cách tiếp cận như sau: a) sử dụng mô hình khí hậu khu vực, ứng dụng các kịch bản phát thải khác nhau, với điều kiện ban đầu hiện nay mô phỏng trạng thái thời tiết để nhận được chuỗi số liệu mưa ngày trong 100 năm tiếp theo và phân tích, sử dụng nó để tính toán các giá trị mang tính đại diện về lượng mưa ứng với các thời đoạn 10 năm hoặc 20 trong tương lai tại các ô lưới tính

toán, làm đầu vào cho hệ thống mô hình thủy văn - thủy lực; b) sử dụng một trận mưa điển hình trong quá khứ (thường là các trận gây ngập lụt lịch sử trong khu vực nghiên cứu) để mô phỏng hiện trạng ngập lụt (chưa xét đến BĐKH), sau đó định lượng hóa sự gia tăng của lượng mưa từ các kịch bản có sẵn theo nguyên tắc thu phóng trận mưa điển hình và ứng dụng trong bộ mô hình thủy văn - thủy lực nhằm thu được bức tranh ngập lụt khi có tác động của BĐKH; và c) sử dụng các trận mưa theo tần suất thiết kế (1%, 2%, 5%, 10%,...) tương ứng theo các nhu cầu quy hoạch và thiết kế công trình và thu phóng tác động của BĐKH đối với trận mưa thiết kế lựa chọn và ứng dụng bộ mô hình tương tự như trên.

Cách tiếp cận c) có nhiều thuận lợi là có thể ứng dụng trực tiếp vào các công tác quy hoạch, thiết kế, phù hợp với các nhà thực hành và các kết quả có tính phổ biến cao, trong khi đó việc sử dụng trận lũ thực đã xuất hiện theo (cách tiếp cận b) cho phép hình dung tốt hơn về các tác động của hiện trạng và tương lai khi có BĐKH. Mặt khác, theo cách tiếp

cận b) việc thu thập số liệu, dữ liệu có nhiều thuận lợi và dễ dàng kiểm chứng thực tế. Theo cách tiếp cận a) mang tính đồng bộ cao, số liệu mưa nhận được chi tiết cho từng ô lưới, phản ánh được sự biến đổi và tác động của các yếu tố cục bộ đến phân bố mưa, có độ phân giải về thời gian khá tốt (mưa ngày).

Đối với lưu vực sông nhỏ, mưa phân bố tương đối đồng nhất theo không gian việc sử dụng một trận lũ (lich sử hoặc theo tần suất thiết kế) làm cơ sở để mô phỏng điều kiện hiện trạng và có xét đến BĐKH sẽ hợp lý và dễ dàng ứng dụng trong thực tiễn [1, 2]. Đối với các lưu vực sông lớn, việc lựa chọn một trận lũ thiết kế theo tần suất sẽ rất khó khăn (do phải tính toán tổ hợp và lựa chọn điểm khống chế tính tần suất cho toàn lưu vực,...), trong khi nếu sử dụng một trận lũ lịch sử sẽ không thể hiện được hết mức độ ngập lụt cho toàn lưu vực. Việc sử dụng mô hình khí hậu khu vực tuy có nhiều ưu điểm nhưng lại hàm chứa tính bất định cao, đặc biệt là đối với các đợt mưa lớn gây lũ và thời đoạn mô phỏng dài (dự tính cho hàng thập kỷ sau) cũng như khó khăn trong việc so sánh với ngập lụt của thời kỳ nền. Do vậy, cần có một hướng đánh giá khắc phục được các nhược điểm nêu trên.

2. Giới thiệu về vùng nghiên cứu

Lưu vực sông Lam ở vị trí từ $18^{\circ}15'50''$ đến $20^{\circ}10'30''$ vĩ độ Bắc, từ $103^{\circ}45'10''$ đến $105^{\circ}15'20''$ kinh độ Đông. Phía bắc giáp lưu vực sông Chu, phía tây giáp lưu vực sông Mêkông, phía nam giáp lưu vực sông Gianh, phía đông giáp biển Đông. Tổng diện tích lưu vực là 27.200 km^2 , phần diện tích tại Việt Nam là 17.730 km^2 , chiếm 65,2% diện tích lưu vực. Diện tích thuộc Lào là 9.470 km^2 chiếm 34,8% diện tích lưu vực. Dòng chính sông Cả có chiều dài 531km, trong đó chảy qua Lào là 170 km và qua Nghệ An - Hà Tĩnh là 361km (hình 1) [4].

Hệ thống sông Lam có mật độ lưới sông 0,6 km/km². Các sông suối đổ vào dòng chính đều ngắn và dốc bắt nguồn từ vùng núi cao của các tỉnh Xiêm Khoảng, Nghệ An, Hà Tĩnh. Tổng số có 44 sông

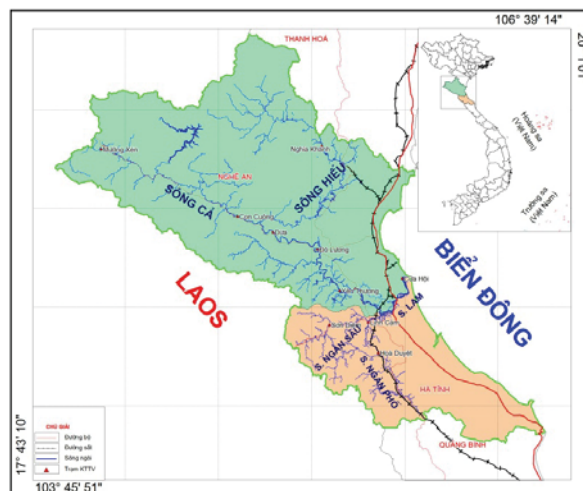
nhánh cấp I.

Những sông nhánh lớn của sông Lam là Nậm Mô, Huổi Nguyên, sông Hiếu, sông Giăng và sông La. Các sông này đóng góp lượng dòng chảy đáng kể vào sông Lam.

+ Sông La là hợp lưu của hai nhánh Ngàn Phố và Ngàn Sâu bắt nguồn từ vùng núi cao phía tây Hà Tĩnh, có tổng diện tích là 3.210 km² đổ vào hạ lưu sông Cả tại Chợ Trảng.

+ Sông Hiếu bắt nguồn từ dãy núi cao Phu Hoát có độ cao đỉnh núi 2.452 m trên huyện Quế Phong, Quỳnh Châu, Nghĩa Đàn và Tân Kỳ đổ vào sông Cả tại ngã ba Cây Chanh. Diện tích toàn bộ lưu vực là 5.340 km², chiều dài sông là 228 km.

+ Các sông nhánh lớn như Nậm Mỏ, Huổi Nguyên, sông Giăng có tổng lượng dòng chảy năm chiếm tới 62,3% lượng dòng chảy năm tới Yên Thương trên sông Cả.



Hình 1. Sơ đồ lưu vực sông Lam

Mùa lũ trên lưu vực sông Cả tại hạ du từ tháng 6 - 11, lũ lớn thường xuất hiện vào tháng 9, 10.

3. Thiết lập mô hình Mike FLOOD

Nhằm mô phỏng ngập lụt trên lưu vực sông Lam, mô hình MIKE FLOOD đã được lựa chọn [1, 2, 5, 6]. Trên lưu vực nghiên cứu, mô hình gồm có các thành phần: mạng lưới sông được mô phỏng bằng mô hình MIKE 11 với các biên dòng chảy đầu vào và gia nhập khu giữa mô phỏng từ mưa bằng mô hình MIKE NAM, ở các khu vực trũng ven sông và

khu vực hạ lưu, khi xuất hiện dòng chảy tràn từ sông và ngập úng trong nội đồng mô hình MIKE 21 được sử dụng nhằm mô phỏng dòng chảy 2 chiều và diện tích ngập lụt. Cụ thể về các thành phần được mô tả chi tiết dưới đây.

a. Xây dựng mạng lưới thủy lực 1 chiều

Bảng 1. Thông tin đặc trưng của mạng thủy lực 1 chiều

TT	Tên sông	Chiều dài (km)	Số mặt cắt	Điểm đầu	Điểm cuối
1	Sông Cả	225	164	Cửa Rào	Nhập lưu vào sông Lam
2	Sông Giăng	22	11	Thác Muối	Nhập lưu vào sông Cả
3	Sông Hiếu	105	48	Tân Kỳ	Nhập lưu vào sông Cả (Ngã ba Cây Chanh)
4	Sông La	13	12	Linh Cảm	Ngã ba Chợ Tràng
5	Sông Lam	35	23	Ngã ba Chợ Tràng	Cửa Hội
6	Sông Ngân Phố	30	16	Sơn Diệm	Linh Cảm
7	Sông Ngân Sâu	25	14	Hòa Duyệt	Linh Cảm
8	Sông Hào	6.25	4	Sông La	Sông Lam

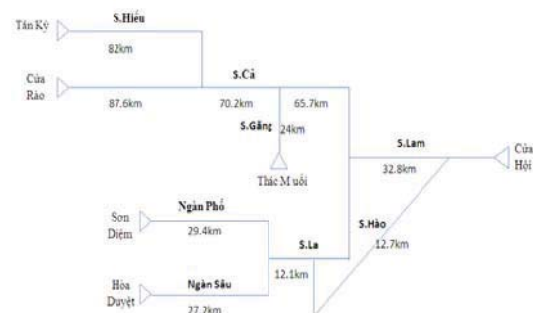


Hình 2. Bản đồ phân chia các tiểu lưu vực trong vùng nghiên cứu

b. Xây dựng mạng lưới thủy lực hai chiều

Mô hình MIKE 21 được sử dụng để tính toán dòng chảy trên bãi ngập lũ, vùng tính toán 2 chiều trong vùng nghiên cứu được xác định trên cơ sở bản đồ địa hình kết hợp số liệu điều tra khảo sát các trận lũ lịch sử nhằm đảm bảo vùng tính toán bao trùm được vùng ngập trên lưu vực. Từ bản đồ địa hình 1:10.000 do Bộ Tài nguyên và Môi trường cấp, nghiên cứu đã tiến hành xây dựng lưới tính cho miền tính 2 chiều. Khu vực nghiên cứu được rời rạc hóa theo lưới phần tử hữu hạn (FEM) với kích thước mỗi cạnh ô lưới từ 100 – 200 m cho khu vực có địa hình tương đối bằng phẳng, còn với những khu vực

Mô hình thủy lực 1 chiều MIKE 11 được sử dụng để mô phỏng lại chế độ thủy động lực trong sông. Mạng lưới thủy lực được sử dụng để tính toán bao gồm các 8 sông chính trên lưu vực với tổng chiều dài là 461km bao gồm 292 mặt cắt được thể hiện trong bảng 1 và hình 2, 3.



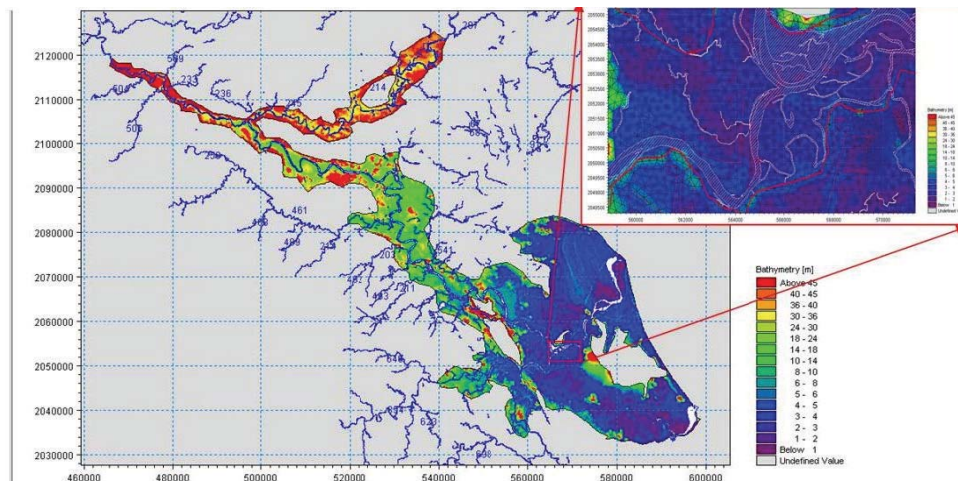
Hình 3. Sơ đồ mạng thủy lực 1D vùng nghiên cứu

có sự thay đổi nhiều về địa hình thì lưới tính nhỏ hơn, từ 30 – 100 m (hình 4).

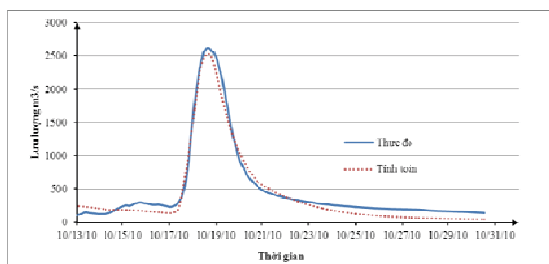
Sau khi xây dựng mạng lưới thủy lực trong Mike 11 và Mike 21 nghiên cứu tiến hành Coupling cả 2 mạng lưới thủy lực 1 chiều và 2 chiều, các liên kết bên được lựa chọn để kết nối 2 mô hình.

c. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

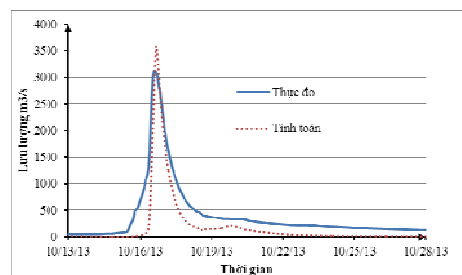
Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình mưa dòng chảy MIKE NAM cho 2 trận lũ 10/2010 và 10/2013 tại trạm Nghĩa Khánh và Sơn Diệm trên sông Hiếu và sông Ngân Phố cho kết quả khá tốt, đánh giá theo chỉ tiêu Nash đạt 70% (hình 5, 6).



Hình 4. Miền tính 2 chiều trong vùng nghiên cứu



Hình 5. So sánh đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Nghĩa Khánh (trận lũ 10/2010)

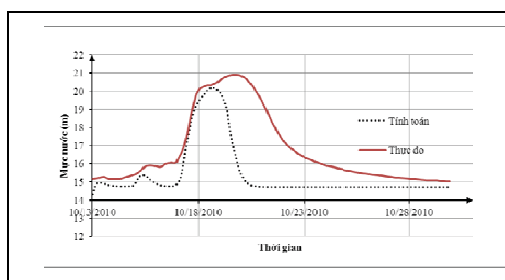


Hình 6. So sánh đường quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại trạm Sơn Diêm (trận lũ 10/2013)

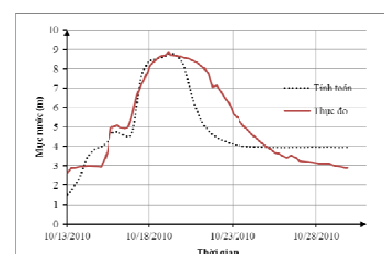
Mô hình thủy lực được hiệu chỉnh và kiểm định với 2 trận lũ 10/2010 và 10/2013 cho lưu vực sông Lam. Số liệu dùng để hiệu chỉnh và kiểm định là mực nước thực đo trên các hệ thống sông và số liệu diện ngập được chụp từ vệ tinh ngày 20/10/2010 do UNOSAT công bố.

Trận lũ từ 14 - 25/10/2010 được sử dụng để hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình. Kết quả so sánh mực nước tính toán và thực đo tại trạm Linh Cảm

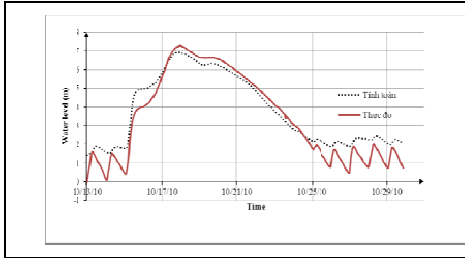
trên sông La và Yên Thượng, Nam Đàn trên sông Cả khá tốt với chỉ tiêu Nash trên 75% (hình 7-10). Nghiên cứu cũng tiến hành hiệu chỉnh các thông số thủy lực trên các bãi ngập lũ thông qua việc so sánh diện ngập tính toán và diện ngập thu được từ vệ tinh vào ngày 20/10/2010. Kết quả cho thấy giá trị tính toán của mô hình khá phù hợp với giá trị quan trắc được cả về diện ngập và độ sâu ngập lụt (hình 11).



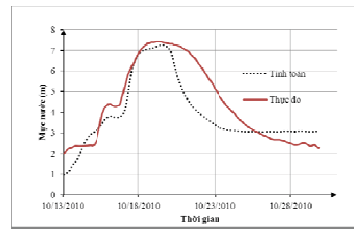
Hình 7. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Dừa (trận lũ 10/2010)



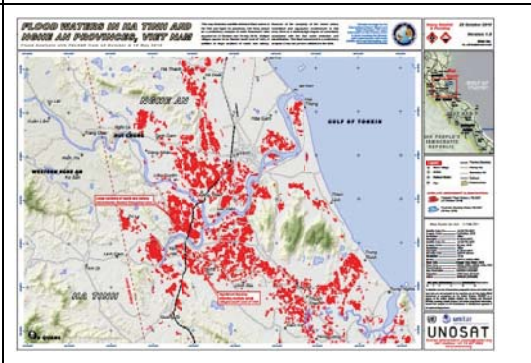
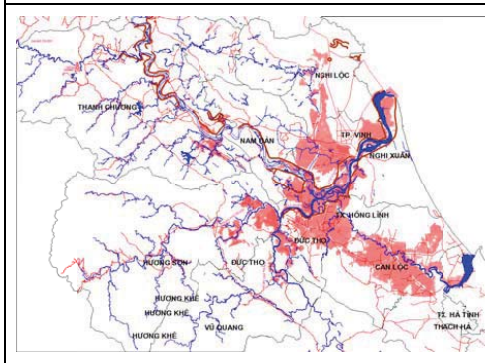
Hình 8. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Yên Thượng (trận lũ 10/2010)



Hình 9. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Linh Cảm (trận lũ 10/2010)



Hình 10. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Nam Đàn (trận lũ 10/2010)

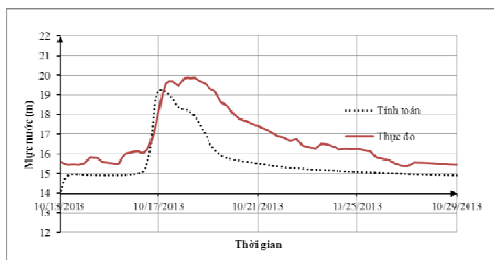


Hình 11. So sánh đường diện ngập tính toán và ảnh vệ tinh ngày 20/ X/2010

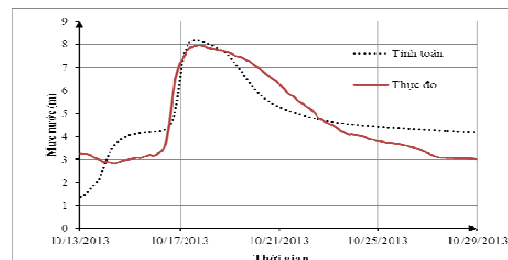
Mô hình thủy lực được kiểm định với trận lũ từ ngày 13 - 25/10/2013 cho kết quả khá và tốt với chỉ tiêu Nash đều trên 70% (hình 12 - 15).

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình cho kết quả khá tốt với chỉ tiêu Nash đều đạt >70%. Do vậy, sơ đồ mạng lưới thủy lực xây dựng cho 2 lưu

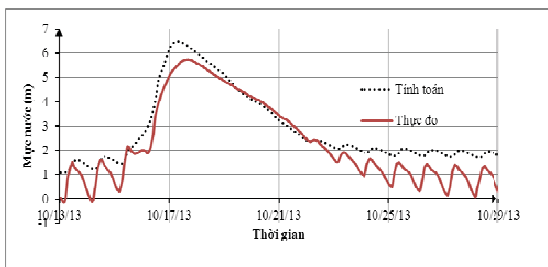
vực sông và bộ thông số hiệu chỉnh và kiểm định là đáng tin cậy trong việc sử dụng bộ mô hình này để mô phỏng các kịch bản ngập lụt trong quá khứ cũng như trong tương lai dưới tác động của BĐKH và NBD.



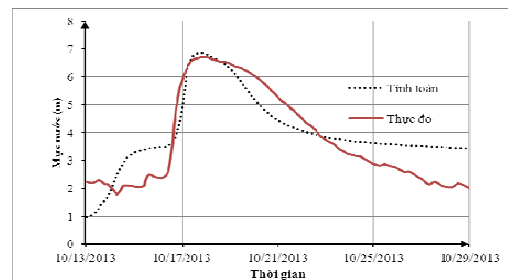
Hình 12. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Dừa (trận lũ 10/2013)



Hình 13. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Yên Thượng (trận lũ 10/2013)



Hình 14. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Linh Cảm (trận lũ 10/2013)



Hình 15. So sánh đường quá trình mực nước tính toán và thực đo tại trạm Nam Đàn (trận lũ 10/2013)

4. Xây dựng bản đồ ngập lụt khu vực nghiên cứu trong điều kiện hiện trạng

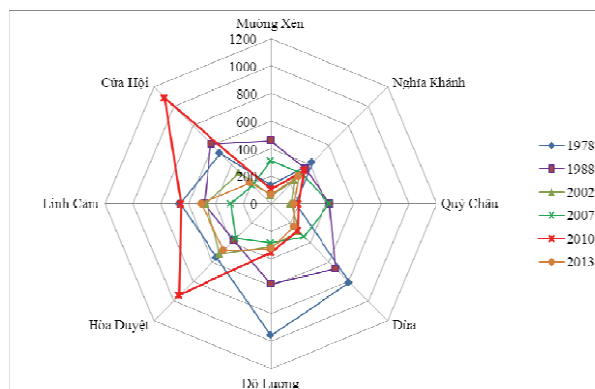
a. Lựa chọn các tần mưa tính toán

Nhằm đánh giá được điều kiện ngập lụt hiện trạng khi chưa có tác động của BĐKH trên lưu vực, phân tích tài liệu các trận mưa gây lũ điển hình trên lưu vực (bảng 2, hình 16), nhận thấy có 3 trận mưa

có phân bố khá rộng và đặc trưng trên lưu vực (1978, 1998 và 2010) và có thể sử dụng làm các trận mưa tính toán. Mặt khác, do phân bố mưa khác nhau nên diễn biến và diện tích ngập lụt trên lưu vực tương đối khác nhau do vậy khi tổ hợp để xây dựng bản đồ ngập lụt có thể bao quát được tối đa các khu vực có nguy cơ bị ngập do lũ.

Bảng 2. Tổng lượng mưa của các trận lũ trên lưu vực sông Lam

Trạm	9/1978	9/1988	10/2002	10/2007	10/2010	10/2013
Mường Xén	135,3	457,2	58,4	310,0	104,0	68,0
Nghĩa Khánh	421,5	355,0	241,2	310,0	343,0	280,0
Quỳ Châu	178,1	424,9	146,8	426,0	196,0	164,6
Dừa	809,2	667,8	282,5	339,0	275,0	234,0
Đô Lương	957,9	584,2	312,5	285,3	355,7	327,0
Hòa Duyệt	554,2	377,9	519,6	356,8	940,0	482,0
Linh Cảm	660,8	484,4	467,6	285,6	652,0	506,0
Cửa Hội	516,0	612,5	319,2	186,7	1089	212,0

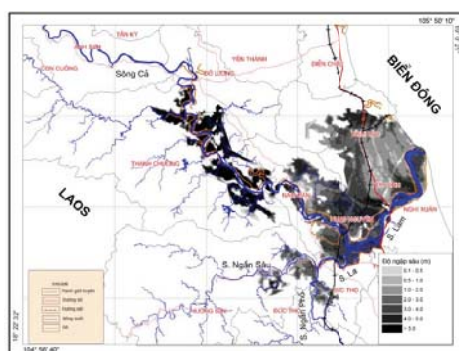


Hình 16. Tổng lượng mưa tại các trạm trong các trận lũ điển hình

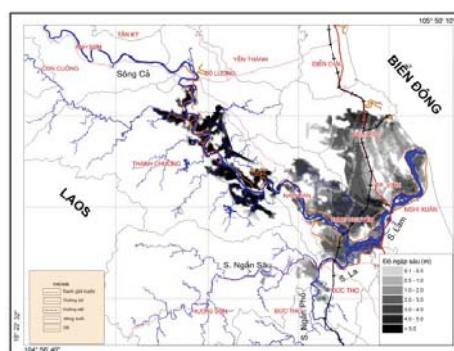
b. Xây dựng bản đồ ngập lụt

Từ các đầu vào là lượng mưa tại các trạm mưa ứng với các trận lũ năm 1978, 1988 và 2010, sử dụng bộ mô hình đã hiệu chỉnh và kiểm định ở trên thu được kết quả về độ sâu ngập lụt dưới dạng ASCII, sau đó được xử lý bằng phần mềm Mapinfo để xây dựng vùng ngập lụt với các độ sâu khác

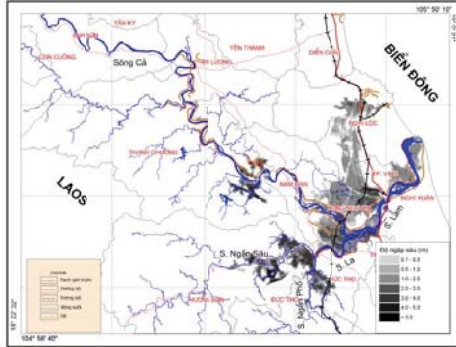
nhau cho các trận lũ trên các lớp thông tin trên nền GIS (hình 17-19). Trên cơ sở 3 bản đồ ngập lụt đã có, tiến hành tổ hợp bằng phương pháp chồng xếp bản đồ để tạo ra bản đồ ngập lụt tối đa cho khu vực lưu vực sông Lam (hình 20) và đây chính là hiện trạng ngập lụt đã diễn ra trên lưu vực trong điều kiện chưa có tác động của BĐKH.



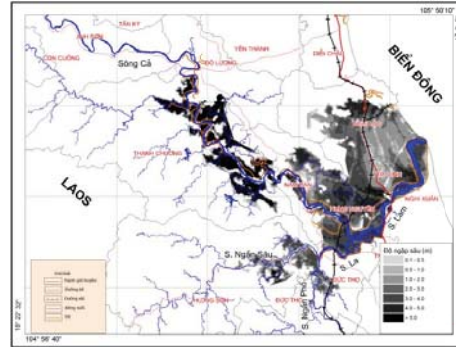
Hình 17. Bản đồ ngập lụt hạ lưu lưu vực sông Lam trên lũ 9/1978



**Hình 18. Bản đồ ngập lụt hạ lưu vực sông
Lam trên lũ 10/1988**



Hình 19. Bản đồ ngập lụt hạ lưu lưu vực sông Lam trận lũ 10/2010



Hình 20. Bản đồ ngập lụt hạ lưu lưu vực sông Lam trong điều kiện hiện trạng chưa có tác động

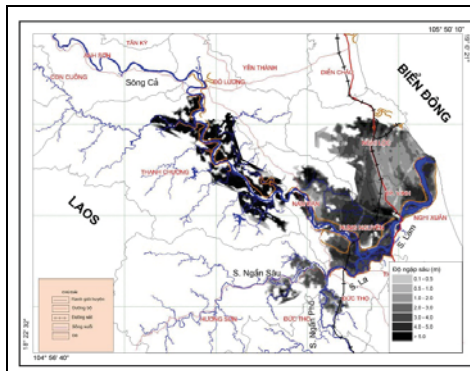
5. Xây dựng bản đồ ngập lụt khu vực nghiên cứu trong điều kiện BDKH & NBD

a. Kịch bản BDKH và NBD

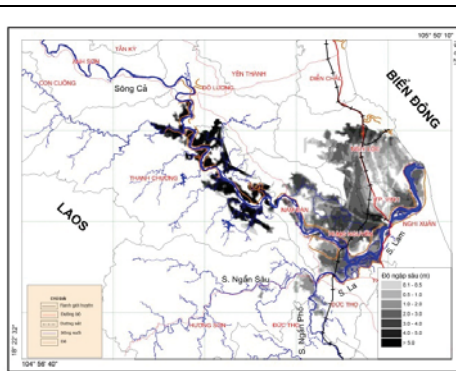
Theo Kịch bản BDKH&NBD năm 2012 [6] và khuyến nghị của Bộ Tài nguyên và Môi trường thì kịch bản phát thải trung bình B2 được sử dụng để triển khai, xây dựng và thực hiện các giải pháp ứng phó với BDKH&NBD. Theo kịch bản phát thải B2, lượng mưa của tỉnh Nghệ An – Hà Tĩnh qua các thập kỷ vào mùa khô (tháng 3, 4, 5) có xu hướng giảm dần qua các thập kỷ, ngược lại vào mùa mưa (tháng 9, 10, 11) lại có xu hướng tăng. Tuy nhiên, tốc độ

tăng của mùa mưa nhanh hơn so với tốc độ giảm của mùa ít mưa. Vào cuối thế kỷ 21, mức giảm trong mùa ít mưa giảm khoảng 8,5%, còn mức tăng trong mùa mưa là 10,8% [6]. Giá trị lượng mưa tăng lớn nhất của mùa mưa của mỗi thời đoạn sẽ được sử dụng để tính toán khả năng ngập lụt cho lưu vực sông Lam. Ngoài ra giá trị mực nước biển dâng của mỗi thời đoạn tại vùng biển Cửa Hội cũng được đưa vào tính toán nhằm đánh giá khả năng bất lợi nhất có thể xảy ra trong tương lai.

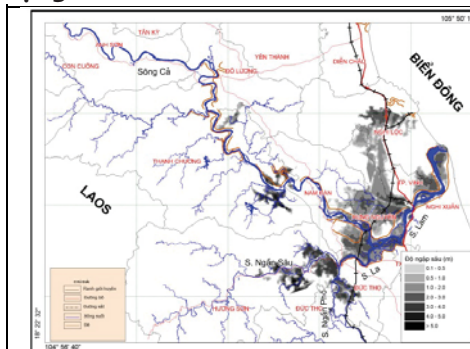
b. Xây dựng bản đồ ngập lụt



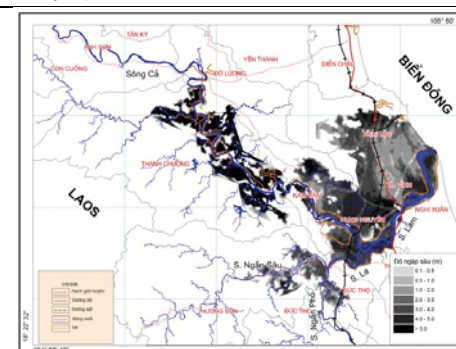
Hình 21. Bản đồ ngập lụt trận lũ 9/1978 dưới tác động của BDKH và NBD đến năm 2100



Hình 22. Bản đồ ngập lụt trận lũ 10/1988 dưới tác động của BDKH và NBD đến năm 2100



Hình 23. Bản đồ ngập lụt trận lũ 10/2010 dưới tác động của BDKH và NBD đến năm 2100



Hình 24. Bản đồ ngập lụt hạ lưu lưu vực sông Lam dưới tác động của BDKH và NBD đến năm 2100

Các trận mưa trong quá khứ tương ứng với các trận lũ lịch sử đã mô phỏng ở trên được sử dụng để thu phóng với điều kiện gia tăng do tác động của BĐKH đến 2100 theo kịch bản B2 và đưa vào bộ mô hình thủy văn thủy lực đã có. Kết quả mô phỏng ngập lụt được xây dựng thành các bản đồ tương ứng (hình 21-23), sau đó tiến hành tổ hợp và thu được bức tranh ngập lụt trong khu vực hạ lưu dưới các tác động của BĐKH và NBD (hình 24).

So sánh với điều kiện ngập lụt hiện trạng (hình 20) nhận thấy nhìn chung ngập lụt đã gia tăng đáng kể cả về diện tích ngập lụt và độ sâu ngập lụt tương ứng. Các tính toán chi tiết từ các bản đồ cho thấy diện tích ngập hiện trạng là 109.368 ha đã tăng lên do BĐKH&NBD thành 115.331 ha (5,45%) so với nguy cơ ngập hiện trạng và chủ yếu tập trung ở các khu vực huyện Hưng Nguyên của Nghệ An và

huyện Đức Thọ của tỉnh Hà Tĩnh. Một số các vùng thuộc Hưng Nguyên độ sâu ngập lụt đã gia tăng đáng kể từ 0,5 m trong điều kiện hiện trạng đến 1,5 m khi có tác động của BĐKH.

6. Kết luận

Các kết quả của nghiên cứu này đã đề nghị một phương pháp sử dụng tổ hợp ngập lụt các trận lũ lịch sử điển hình trên lưu vực làm điều kiện hiện trạng (nền) và trên cơ sở đó mô phỏng tác động của BĐKH thông qua sự gia tăng lượng mưa tương ứng (thu phóng từ các trận mưa thực gây lũ) và NBD để xây dựng được bản đồ ngập lụt trong điều kiện có BĐKH&NBD. Cách làm này có cơ sở khoa học và có thể ứng dụng dễ dàng trong thực tiễn cũng như có tiềm năng ứng dụng cho các lưu vực sông lớn khác có điều kiện tương tự.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này đã nhận được sự hỗ trợ về số liệu và tài chính của đề tài BĐKH-19 “Đánh giá mức độ tổn thương về kinh tế - xã hội do lũ lụt trên một số lưu vực sông chính ở miền Trung trong bối cảnh biến đổi khí hậu và khai thác công trình thủy điện, thủy lợi” thuộc Chương trình “Khoa học và công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu”. Các tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ quý giá này.

Tài liệu tham khảo

1. Trần Ngọc Anh (2011). *Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ lưu các sông Bến Hải và Thạch Hãn, tỉnh Quảng Trị. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Tập 27, số 15, tr. 1-8.*
2. Hoàng Thái Bình, Trần Ngọc Anh và Đặng Đình Khá (2010). *Ứng dụng mô hình MIKE FLOOD tính toán ngập lụt hệ thống sông Nhật Lệ tỉnh Quảng Bình, Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 26, số 35, 285-294.*
3. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.*
4. Viện Quy hoạch Thủy lợi (2006). *Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Cả, Báo cáo tổng hợp.*
5. Denmark Hydraulic Institute (DHI), 2007, “MIKE FLOOD Reference Manual”, DHI
6. Denmark Hydraulic Institute (DHI), 2007, “MIKE FLOOD User Guide”, DHI, 514 pp.