

**NGUY CƠ TRÀN ĐỀ SÔNG HỒNG
TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

Đặng Quốc Tuấn¹, Phạm Quang Tú²

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả đánh giá khả năng nước lũ tràn đỉnh đề hữu sông Hồng đoạn từ Sơn Tây đến Phú Xuyên (Hà Nội) theo quan niệm truyền thống và theo phương pháp lý thuyết độ tin cậy (LTĐTC) trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) và nước biển dâng (NBD). Phương pháp truyền thống cho kết quả đề không bị lũ tràn đỉnh, trong khi phương pháp LTĐTC cho thấy có thể xảy ra lũ tràn đỉnh với xác suất từ 0,02% đến 9,38%. Kết quả tính toán được kỳ vọng là tài liệu tham khảo tốt cho các nhà quản lý và cán bộ kỹ thuật liên quan đến an toàn đề (ATĐ).

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, lý thuyết độ tin cậy, đề sông Hồng, tràn đỉnh, an toàn đề.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống (HT) công trình phòng chống lũ, bảo vệ cho đồng vùng châu thổ sông Hồng bao gồm các hồ chứa ở thượng lưu (TL), HT đề sông hạ lưu (HL) và các công trình phòng lũ khác, trong đó tổng chiều dài các tuyến đề khoảng 3.000 km. Hiện nay, HT hồ chứa TL đã được xây dựng tương đối hoàn chỉnh; HT đề HL cũng được quan tâm đầu tư cải tạo, nâng cấp bằng nhiều nguồn vốn khác nhau với mục tiêu đảm bảo an toàn chống lũ thiết kế [tuyến đề hữu Hồng Hà Nội: lũ chu kỳ 500 năm cho khu đô thị trung tâm; lũ chu kỳ 300 năm các khu vực còn lại (QĐ 257/QĐ-TTg, 2016)] và phần đầu chống lũ cao hơn; khả năng dự báo lũ được cải thiện đáng kể về độ chính xác nhờ sự phát triển của khoa học công nghệ. Tuy nhiên, BĐKH đang tạo ra nhiều hình thái thời tiết cực đoan dẫn tới xu thế biến đổi lớn của mực nước lũ; sự phát triển về kinh tế, xã hội và tầm quan trọng của vùng được bảo vệ đang đòi hỏi cần phải nâng cao tiêu chuẩn an toàn phòng lũ. Ngoài ra, HT đề HL cũng tiềm ẩn những nguy cơ mất an toàn trong mùa mưa lũ như: xói ngầm, trượt mái

hoặc tràn đỉnh đề. Bài báo này đi sâu vào phân tích nguy cơ tràn đề dưới bối cảnh BĐKH theo quan điểm truyền thống và theo LTĐTC. Kết quả tính toán được kỳ vọng là tài liệu tham khảo tốt cho các nhà quản lý và cán bộ kỹ thuật liên quan đến ATĐ.

Việt Nam là một trong năm quốc gia dễ bị ảnh hưởng của BĐKH. Thực tế, trong những năm qua, dưới tác động của BĐKH, tần suất và cường độ các thiên tai ngày càng gia tăng; BĐKH đang gây ra sự thay đổi khó kiểm soát của các hình thái khí hậu, thời tiết, làm phát sinh nhiều yếu tố bất lợi đến HT công trình phòng chống lũ, trong đó có HT đề trên đồng bằng sông Hồng.

Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016) đã căn cứ vào kịch bản BĐKH và NBD toàn cầu của Ủy ban Liên chính phủ về BĐKH (IPCC) để xây dựng kịch bản BĐKH và NBD cho Việt Nam. Theo đó, các yếu tố thời tiết, khí hậu và NBD trong tương lai của tất cả các vùng miền, ngoài khơi và hải đảo thuộc lãnh thổ Việt Nam được dự báo với các kịch bản nồng độ khí nhà kính từ thấp đến cao. Kết quả dự báo này được tác giả sử dụng làm điều kiện biên để phân tích lũ trên HT sông Hồng.

Theo quan niệm truyền thống, đề có khả năng bị tràn đỉnh nếu cao trình đỉnh đề không

¹ Viện Bơm và Thiết bị thủy lợi - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.

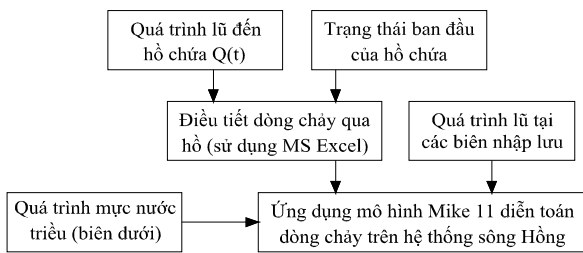
² Trường Đại học Thủy Lợi.

hệ thống sông Hồng. Tuy nhiên, mô hình lũ 1996 là mô hình bất lợi cho vận hành điều tiết các hồ chứa trên sông Đà (lưu lượng đỉnh lũ vào hồ chứa Sơn La là 31.863 m³/s, tổng lượng lũ 20 ngày nhánh sông Đà chiếm hơn 50% tổng lượng hạ du) nên chọn mô hình lũ này để tính toán. Lựa chọn này cũng phù hợp với kiến nghị của một số tác giả trong các nghiên cứu đã tiến hành (H.V. Khối, 2010; Viện QHTL, 2015).

2.4. Công cụ và phần mềm tính toán

Tổng cộng có 12 kịch bản mực nước lũ sông Hồng, tuy nhiên ở đây giới thiệu hai kịch bản, gồm: kịch bản BDKH, NBD ứng với phát thải khí nhà kính trung bình RCP4.5 đến năm 2030, lũ chu kỳ 300, hồ chứa TL vận hành bất lợi (ký hiệu: RCP4.5_2030_300_BL); kịch bản BDKH, NBD ứng với phát thải khí nhà kính trung bình RCP4.5 đến năm 2030, lũ chu kỳ 500, hồ chứa TL vận hành bất lợi (ký hiệu: RCP4.5_2030_500_BL).

Quá trình tính toán được thể hiện ở sơ đồ Hình 2 dưới đây. Trong đó kế thừa toàn bộ mạng lưới sông, mặt cắt và các thông số của mô hình MIKE 11 đã được viện Quy hoạch Thủy lợi thiết lập cho lưu vực sông Hồng (Viện QHTL, 2015).

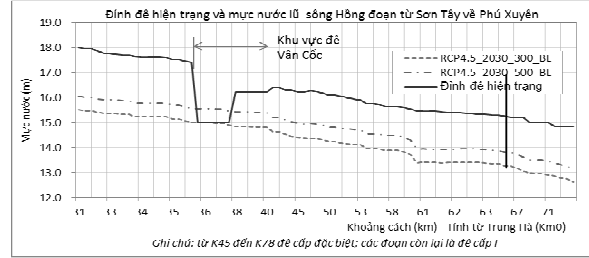


Hình 2. Sơ đồ tính toán dòng chảy lũ hệ thống sông Hồng

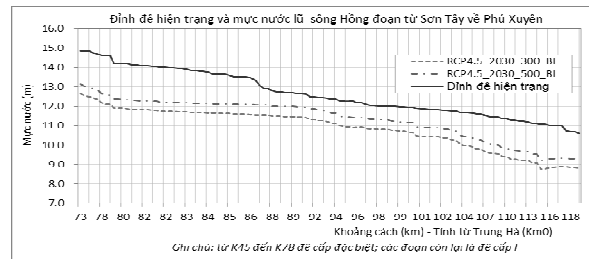
2.5. Nguy cơ tràn đỉnh theo quan niệm truyền thống

Kết quả tính toán cho đoạn đê hữu Hồng (K28+500 ÷ K117+900) được trình bày ở Hình 3 và Hình 4 dưới đây. Kết quả này cho thấy: với lũ có chu kỳ 500 năm, mực nước lớn nhất ở Sơn Tây (K31+600) đạt +16,0m, ở Hà Nội (K65+210) là +13,4m; với lũ chu kỳ 300 năm, mực nước

trương ứng ở Sơn Tây và Hà Nội lần lượt là +15,5m và +12,9m. Như vậy, kể cả trong trường hợp bất lợi vẫn đảm bảo mực nước lớn nhất trên sông Hồng không vượt ngưỡng quy định: tại Sơn Tây +16,0m; tại Hà Nội +13,4m.



Hình 3. Mực nước lớn nhất sông Hồng từ K31 đến K73



Hình 4. Mực nước lớn nhất sông Hồng từ K73 đến K118

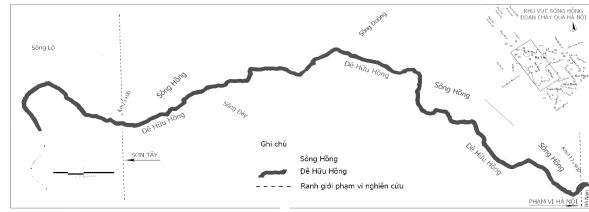
Các đoạn đê cấp I, chênh cao giữa cao trình đỉnh đê với cao trình mực nước thiết kế (chu kỳ 300 năm) là H_{at} như sau: đoạn từ K28+550 ÷ K36+240 có $H_{at} = (2,42 ÷ 2,50)m$; đoạn đê Vân Cốc từ K36+240 ÷ K38 có $H_{at} = (0 ÷ 0,12)m$; đoạn từ K38 ÷ K44+470 có $H_{at} = (1,35 ÷ 2,16)m$; đoạn từ K78 ÷ K117+900 có $H_{at} = (0,97 ÷ 2,32)m$. Đoạn đê cấp đặc biệt từ K45 ÷ K78 (mực nước thiết kế chu kỳ 500 năm) có $H_{at} = (1,05 ÷ 2,02)m$.

Đối chiếu với quy định ở (TCVN 9902:2016), xét đến chiều cao nước dâng do gió ΔH (tính được $\Delta H = 0,03m ÷ 0,12m$) và độ gia cao an toàn a (đê cấp đặc biệt, $a = 0,8m$; đê cấp I, $a = 0,6m$) thì: đoạn đê Vân Cốc, đỉnh đê không đủ độ cao an toàn; các đoạn còn lại đều có cao trình đỉnh lớn hơn mực nước thiết kế $(0,97 ÷ 2,50)m$, đảm bảo độ cao an toàn chống lũ tràn.

3. SỰ CỐ TRÀN ĐÊ THEO LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY

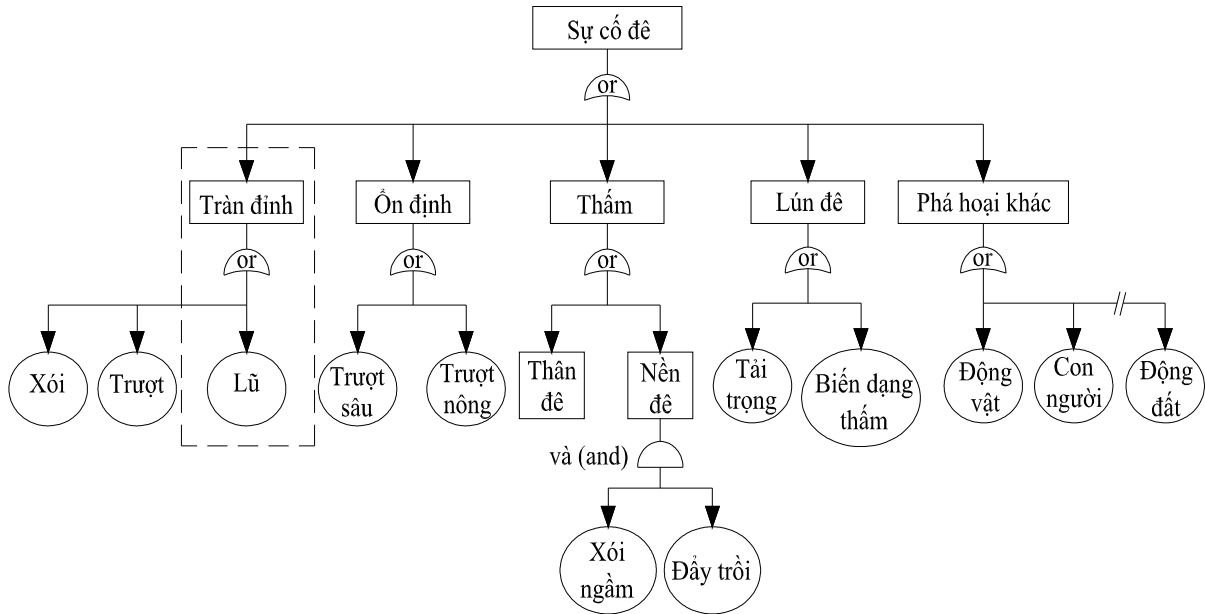
3.1. Mô tả hệ thống

Tính toán tràn đê cho đoạn đê hữu Hồng Hà Nội với tổng chiều dài khoảng 101km được chia thành 17 đoạn theo cách phân đoạn của P.Q. Tú (2014). HT tính toán được minh họa ở Hình 5 dưới đây.



Hình 5. Sơ họa tuyến đê hữu Hồng từ Sơn Tây đến Phú Xuyên (P.Q. Tú, 2014)

3.2. Cây sự cố của một đoạn đê



Hình 6. Cây sự cố của đoạn đê thứ i (trong hình chữ nhật nét đứt là sự cố đang xét)

3.3. Hàm tin cậy

Đê sẽ bị tràn đỉnh nếu mực nước lũ có kể đến chiều cao nước dâng do gió vượt quá cao trình đỉnh đê hiện trạng. Sự cố tràn đê được thể hiện bằng biểu thức (1) và được minh họa ở Hình 7 dưới đây.

Khi nước lũ tràn đỉnh đê, hàm tin cậy của sự cố này được xác định như sau:

$$Z_1 = Z_{dd} - (Z_{TL} + \Delta H) \quad (1)$$

Trong đó: Z_{dd} là cao trình đỉnh đê; Z_{TL} là cao trình mực nước TL; Δh là chiều cao nước dâng do gió, xác định theo công thức 114 trong (TCVN 8421 : 2010).

$$\Delta H = -H_{TL}^2 + \sqrt{H_{TL}^2 + 2 \cdot \frac{K_w \cdot v_w^2 \cdot L}{g}} \quad (2)$$

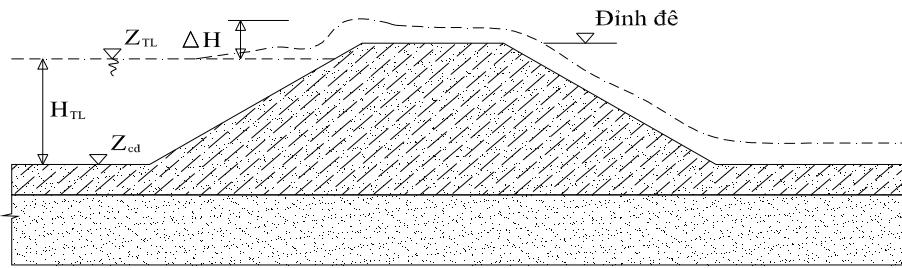
Trong đó: H_{TL} là cột nước TL, được xác định theo biểu thức (3).

$$H_{TL} = Z_{TL} - Z_{cd} \quad (3)$$

v_w là vận tốc gió xác định từ số liệu thực đo ở trạm Sơn Tây và Láng; L là đà gió được lấy theo phương gió thổi (lấy L bằng chiều rộng sông tại vị trí mặt cắt tính toán); g là gia tốc trọng trường; K_w là hệ số phụ thuộc vào vận tốc gió, được xác định thông qua phương trình (4):

$$K_w = 9 \cdot 10^{-8} \cdot v_w + 3 \cdot 10^{-7} \quad (4)$$

Như vậy, xác suất nước lũ tràn đỉnh đê có thể được mô tả thông qua xác suất khi hàm $Z < 0$, tức là $P(Z < 0)$ do có sự biến đổi ngẫu nhiên của các biến đầu vào, xem mục 3.5 và tài liệu tham khảo M.V.Công (2006).



Hình 7. Sơ họa nước lũ tràn đỉnh đê

3.5. Các biến ngẫu nhiên

Các biến ngẫu nhiên đầu vào của bài toán lũ tràn đỉnh đê gồm: vận tốc gió v_w (số liệu quan trắc từ 2000 đến 2015 của trạm Sơn Tây và trạm Láng); mực nước sông Hồng Z_{TL} (số liệu thực đo từ 1971 đến 2015 tại trạm thủy văn Sơn Tây và Hà Nội); mực nước lũ lớn nhất với kịch bản BĐKH, NBD ở trên); cao trình đỉnh Z_{dd} và chân đê Z_{cd} (từ các tài liệu khảo sát địa hình tuyến đê hữu Hồng). Các số liệu này được kiểm định thống

kê để tìm quy luật phân bố xác suất phù hợp với sự trợ giúp của phần mềm BestFit và EasyFit. Các hướng gió tác động lên tuyến đê ở các đoạn khác nhau gồm: Tây Bắc, Đông Nam, Nam với phân bố xác suất của vận tốc là LogNormal; Tây Nam với phân bố xác suất của vận tốc là Gamma. Mực nước TL có phân bố Gumbel; Z_{dd} và Z_{cd} có phân bố Normal. Bảng 2 dưới đây tổng hợp các biến đầu vào minh họa cho một đoạn đê, các đoạn còn lại được trình bày tương tự.

Bảng 2. Các đặc trưng thống kê của các biến mực nước sông và cao trình đỉnh đê

Đoạn đê	Mực nước sông	Đơn vị	Luật phân phối	p_1	p_2	Cao trình đỉnh đê	Đơn vị	Luật phân phối	p_1	p_2
1	Z_{TL}	m	Gumbel	13,99	0,704	Z_{dd}	m	Normal	18,10	0,50
2	Z_{TL}	m	nt	13,91	0,704	Z_{dd}	m	nt	17,80	0,50
3	Z_{TL}	m	nt	13,55	0,704	Z_{dd}	m	nt	15,20	0,15
4	Z_{TL}	m	nt	13,26	0,704	Z_{dd}	m	nt	15,05	0,12
5	Z_{TL}	m	nt	13,13	0,704	Z_{dd}	m	nt	16,01	0,15
6	Z_{TL}	m	nt	12,93	0,704	Z_{dd}	m	nt	16,25	0,15
7	Z_{TL}	m	nt	12,57	0,704	Z_{dd}	m	nt	15,90	0,50
8	Z_{TL}	m	nt	11,88	0,704	Z_{dd}	m	nt	15,20	0,50
9	Z_{TL}	m	nt	11,48	0,704	Z_{dd}	m	nt	15,92	0,50
10	Z_{TL}	m	nt	10,87	0,704	Z_{dd}	m	nt	14,61	0,50
11	Z_{TL}	m	nt	10,43	0,704	Z_{dd}	m	nt	14,57	0,50
12	Z_{TL}	m	nt	9,95	0,704	Z_{dd}	m	nt	14,00	0,50
13	Z_{TL}	m	nt	9,75	0,704	Z_{dd}	m	nt	13,75	0,50
14	Z_{TL}	m	nt	8,84	0,704	Z_{dd}	m	nt	12,50	0,50
15	Z_{TL}	m	nt	7,69	0,704	Z_{dd}	m	nt	12,05	0,50
16	Z_{TL}	m	nt	7,17	0,704	Z_{dd}	m	nt	11,09	0,50
17	Z_{TL}	m	nt	6,78	0,704	Z_{dd}	m	nt	10,60	0,50

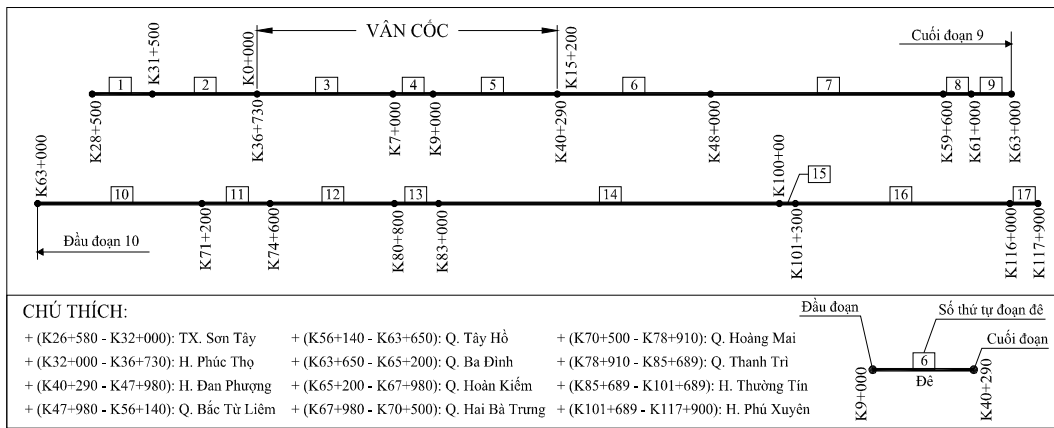
Ghi chú: Gumbel ($p_1 \sim$ vị trí; $p_2 \sim$ tỷ lệ); Normal ($p_1 \sim$ giá trị trung bình; $p_2 \sim$ độ lệch chuẩn).

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tính toán xác suất tràn đỉnh theo cấp độ II và cấp độ III cho 17 đoạn đê hữu Hồng, vị trí và lý trình của từng đoạn được thể hiện ở Hình 8.

4.1. Kết quả tính toán

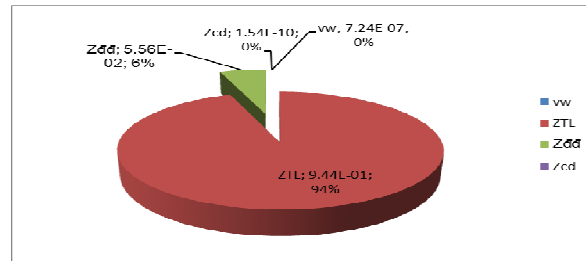
Kết quả tính toán được trình bày ở Bảng 3 và biểu đồ ở Hình 9. Ngoài ra, thông qua tính toán ở cấp độ II, xác định được tỷ lệ ảnh hưởng (α_i^2) của các biến đến xác suất sự cố tràn đỉnh đê và được thể hiện ở Hình 10.



Hình 8. Sơ đồ 17 đoạn thuộc tuyến đê hữu Hồng từ Sơn Tây đến Phú Xuyên

Bảng 3. Tổng hợp kết quả tính toán xác suất tràn đê theo cấp độ 2 và cấp độ 3

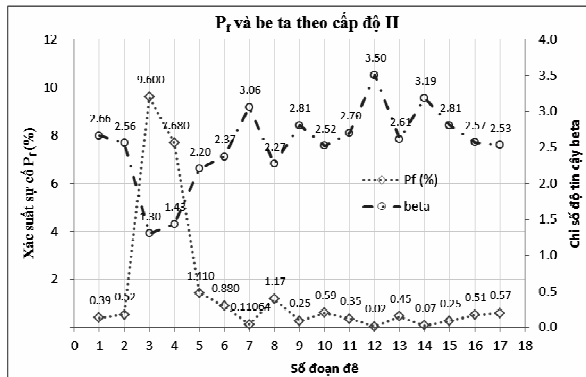
Đoạn đê	Cấp độ 2		Cấp độ 3	
	P_f (%)	Beta (β)	P_f (%)	Beta (β)
1	0,39	2,66	0,37	2,68
2	0,52	2,56	0,51	2,57
3	9,60	1,30	9,38	1,32
4	7,68	1,43	7,72	1,42
5	1,41	2,20	1,50	2,17
6	0,88	2,37	0,94	2,35
7	0,11	3,06	0,113	3,05
8	1,17	2,27	1,16	2,27
9	0,25	2,81	0,24	2,82
10	0,59	2,52	0,62	2,50
11	0,35	2,70	0,36	2,69
12	0,02	3,50	0,02	3,51
13	0,45	2,61	0,44	2,62
14	0,072	3,19	0,07	3,19
15	0,25	2,81	0,26	2,79
16	0,51	2,57	0,48	2,59
17	0,57	2,53	0,57	2,53



Hình 10. Ảnh hưởng của các biến đầu vào đến P_f

4.2. Thảo luận

Kết quả tính toán kiểm tra lũ tràn đỉnh đê với hai cấp độ (II, III) cho giá trị P_f chênh lệch không lớn. Với cấp độ 3, các đoạn đê thuộc khu vực Vân Cốc (đoạn: 3; 4 và 5) có khả năng bị tràn đỉnh cao $P_f = (1,50 \div 9,38)\%$; chỉ số độ tin cậy $\beta = (1,32 \div 2,17)$. Các đoạn còn lại có xác suất $P_f = (0,02 \div 1,16)\%$; $\beta = (2,27 \div 3,51)$. Tại một số điểm trên đê Vân Cốc, khi mực nước lũ vượt thiết kế có thể chấp nhận tràn đê (hoặc phá bỏ một phần đỉnh đê để nước tràn) tiêu thoát lũ vào sông Đáy; do đó xác suất nước lũ tràn đỉnh đê tại khu vực này cao là phù hợp. Một số đoạn đê khác, theo quan niệm truyền thống, đê đủ khả năng chống tràn lũ thiết kế với chu kỳ 500 năm (đê không thể bị tràn). Tuy nhiên, kết quả phân tích xác suất sự cố nước lũ tràn đỉnh đê đã chỉ ra rằng, xác suất tràn đỉnh đê là hiện hữu và cao tại một số đoạn ($P_f \sim 1,16\%$). Đây là kết quả phân tích thủy lực dòng chảy có kết hợp với BĐKH và NBD cũng như số liệu phản ánh biến thiên cao trình đỉnh đê trong quá trình duy tu, bảo



Hình 9. Biểu đồ P_f và beta cấp độ III

dưỡng. Sử dụng phương pháp phân tích độ nhạy cho thấy, trong các biến đầu vào: mực nước TL đê ảnh hưởng lớn nhất đến xác suất sự cố lũ tràn đỉnh với tỷ lệ ảnh hưởng lớn hơn 90%; cao trình đỉnh đê ảnh hưởng dưới 10% và các biến còn lại như vận tốc gió, cao trình chân đê có mức độ ảnh hưởng không đáng kể. Điều này cũng chỉ ra một thực tế cần quan tâm nâng cao độ chính xác trong dự báo khí tượng thủy văn cũng như tối

ưu hóa vận hành HT hồ chứa sẽ góp phần giảm thiểu nguy cơ tràn đê, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH và NBD khi tính bất biến trong các đại lượng này càng tăng cao. Kết quả đánh giá lũ tràn đỉnh theo phương pháp TLĐTC giúp người đọc có góc nhìn khác về nguy cơ nước lũ tràn đỉnh đê so với các quan niệm theo phương pháp truyền thống khi xét tới ảnh hưởng của BĐKH và NBD.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi trường, (2016). *Kịch bản biến đổi khí hậu nước biển dâng cho Việt Nam*, Hà Nội.
- H.V. Khôi, (2010). *Nghiên cứu cơ sở khoa học để xóa các khu chậm lũ sông Hồng, sông Đáy và sông Hoàng Long*, Trường Đại học Thủy Lợi.
- H.V. Khôi, V.T.M. Huệ, (2012). *Phân tích ảnh hưởng của các hồ chứa thượng nguồn trên địa phận Trung Quốc đến dòng chảy hạ lưu sông Đà, sông Thao*, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy Lợi và Môi trường.
- M.V. Công, (2006). *Thiết kế công trình theo lý thuyết ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy*, Trường Đại học Thủy Lợi.
- P.Q. Tú, (2014). *Reliability analysis of the Red River Dike system in Viet Nam*. (PhD Thesis), TU Delft, Delft, the Netherlands.
- TCVN 8421 : 2010. *Công trình thủy lợi - Tải trọng và lực tác dụng lên công trình do sóng và tàu*.
- TCVN 9902 : 2016. *Công trình thủy lợi - Yêu cầu thiết kế đê sông*.
- Thủ tướng Chính phủ, (2015). *Quyết định số 1622/QĐ-TTg V/v ban hành Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Hồng*, Hà Nội.
- Thủ tướng Chính phủ, (2016). *Quyết định số 257/QĐ-TTg V/v phê duyệt Quy hoạch phòng, chống lũ và quy hoạch đê điều hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình*, Hà Nội.
- Viện QHTL, (2015). *Rà soát quy hoạch phòng chống lũ và quy hoạch đê điều hệ thống sông Hồng - sông Thái Bình*, Hà Nội.

Abstract:

THE PROBABILITY OF OVERFLOWING OF THE RED RIVER DYKE IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

The paper presents the overflowing analysis results of the Red River dike (the right side) from Son Tay to Phu Xuyen following the conventional and the reliability-based approach in the context of climate change and sea level raise. The conventional approach shows the crest level of dike is higher than river flood water level (the dike is safe in term of overflowing) while the reliability-based approach estimates the probability of overflowing is relatively high from 0,02 upto 9,38%. It is expected that, the results will be good references for officer and engineer in their dike engineering field.

Keywords: Climate change, reliability analysis, Red River dike, overflowing, dike safety.

Ngày nhận bài: 03/8/2017

Ngày chấp nhận đăng: 13/9/2017