

ĐÁNH GIÁ RỦI RO KHÍ HẬU ĐỐI VỚI CƠ SỞ HẠ TẦNG: ÁP DỤNG CHO HỆ THỐNG CỐNG CÁI LỚN - CÁI BÉ Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Nguyễn Đức Công Hiệp, Lê Viết Minh, Đỗ Đức Dũng, Nguyễn Trung Nam

Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (SIWRP)

Nguyễn Thị Minh Ngọc, Benjamin Hodick, Katharina Lotzen

Cơ quan hợp tác phát triển Đức (GIZ)

Trần Minh Điền

Ban Quản lý Đầu Tư và Xây dựng Thủy lợi 10

Nguyễn Thị Liên

Đài Khí tượng Thủy văn Nam Bộ

Tóm tắt: Trong những thập kỷ gần đây, Việt Nam đã đầu tư hàng triệu đô la vào cơ sở hạ tầng (CSHT) dài hạn, đặc biệt là ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Tuy nhiên, nguy cơ thiệt hại đầu tư do các hiện tượng thời tiết cực đoan và các thảm họa khởi phát chậm như nước biển dâng đòi hỏi các nhà ra quyết định phải đảm bảo khả năng phục hồi cho các CSHT đang và sẽ được đầu tư. Trong bối cảnh này, đánh giá rủi ro khí hậu cho CSHT được xem là một công cụ hiệu quả để xác định rõ các mức độ nhu cầu thích ứng của CSHT, đồng thời làm cơ sở kỹ thuật cho phát triển các chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu (BĐKH). Những đánh giá như vậy được kỳ vọng sẽ hỗ trợ xây dựng các giải pháp cho đầu tư CSHT chống chịu khí hậu, đặc biệt là khi nhiều CSHT mới được triển khai nhưng thiếu kiến thức về tổn thương của CSHT. Trong nghiên cứu này, phương pháp PIEVC đánh giá rủi ro khí hậu cho CSHT theo từng bước (phương pháp PIEVC) được áp dụng cho hệ thống cống Cái Lớn - Cái Bé trong giai đoạn thiết kế cơ bản. Phương pháp PIEVC được phát triển bởi Hiệp hội Kỹ sư Canada từ năm 2008. Các ma trận rủi ro từ đánh giá PIEVC đã đưa ra một bức tranh về các rủi ro tiềm ẩn đối với hệ thống cống Cái Lớn - Cái Bé dưới tác động của các yếu tố khí hậu và thủy văn trong cả điều kiện lịch sử và dự báo tương lai. Thông qua đánh giá này, một số khuyến nghị chính đã được đề xuất để hỗ trợ các nhà ra quyết định trong các giai đoạn thiết kế chi tiết, thiết kế bản vẽ thi công, vận hành và bảo trì của hệ thống cống Cái Lớn - Cái Bé. Nghiên cứu cũng cho thấy tiềm năng lớn trong việc áp dụng rộng rãi PIEVC để đánh giá rủi ro khí hậu cho CSHT hiện hữu và đang trong quy hoạch ở Việt Nam để xây dựng trong tương lai, đặc biệt ở ĐBSCL, nơi bị ảnh hưởng nghiêm trọng của nước biển dâng và các hiện tượng thời tiết cực đoan do BĐKH.

Từ khóa: đánh giá rủi ro khí hậu, PIEVC, ĐBSCL, cống Cái Lớn - Cái Bé, thích ứng BĐKH, cơ sở hạ tầng, quản lý rủi ro khí hậu

1. GIỚI THIỆU

Trong giai đoạn 2016-2020, Việt Nam đã đầu tư hàng triệu đô la vào cơ sở hạ tầng dài hạn, trong đó Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL)

chiếm 16,53% (khoảng 8.346 triệu USD)¹. Tuy nhiên, nhiều cơ sở hạ tầng (CSHT) mới được triển khai nhưng chưa cân nhắc đầy đủ về rủi ro khí hậu và tổn thương CSHT trong khi tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) lên

Ngày nhận bài: 23/8/2019

Ngày thông qua phản biện: 19/9/2019

Ngày duyệt đăng: 10/10/2019

¹ Thông tin chi tiết xem ở <http://daibieunhandan.vn/default.aspx?tabid=74&NewsId=421488>

CSHT ngày càng nghiêm trọng (IPCC, 2014). Điều này có thể dẫn đến các đầu tư CSHT không hiệu quả và tăng nguy cơ về thiệt hại kinh tế và xã hội.

Theo kịch bản BĐKH - nước biển dâng (NBD) năm 2016 của Bộ Tài nguyên và Môi trường (Bộ TN&MT), khí hậu ở ĐBSCL được dự báo sẽ thay đổi đáng kể trong những thập kỷ tới, cụ thể là tổng lượng mưa hàng năm, cường độ mưa lớn và số ngày nhiệt độ cao dự kiến tăng cao. Sự thay đổi của các yếu tố này sẽ ảnh hưởng đến chất lượng, chức năng và hoạt động của CSHT trong vùng. Nhận ra thách thức này, Việt Nam đã cam kết tăng cường khả năng phục hồi của CSHT như một phần của Kế hoạch hành động quốc gia về thực hiện Chương trình nghị sự phát triển bền vững năm 2030 (theo Quyết định của Thủ tướng số 622/QĐ-TTg). Các nội dung tương ứng của Mục tiêu 13 về *“Phản ứng kịp thời và hiệu quả đối với BĐKH và thiên tai”* đã nhấn mạnh tầm quan trọng của việc xây dựng năng lực thích ứng, kết hợp các cân nhắc về BĐKH vào bối cảnh quy hoạch (Bộ Kế hoạch Đầu tư, 2018).

Để đạt được các mục tiêu trên, việc đánh giá rủi ro khí hậu và áp dụng các giải pháp thích ứng với BĐKH phải được lồng ghép vào chu kỳ đầu tư CSHT cũng như đảm bảo các dịch vụ khí hậu (DVKH) cần thiết phải được cân nhắc trong việc ra quyết định (Phạm Hoàng Mai và các cộng sự, 2019). DVKH giúp chuyển đổi dữ liệu khí hậu thành các thông tin hướng dẫn cho quyết định thích ứng bằng cách phát triển các sản phẩm phù hợp và dễ sử dụng cho từng bối cảnh ra quyết định cụ thể. Với một DVKH như vậy, các đánh giá rủi ro khí hậu sẽ cho kết quả đáng tin cậy hơn và giúp các nhà ra quyết định lựa chọn phương án thích ứng phù hợp hơn cho CSHT. Nói cách khác việc đánh giá rủi ro khí hậu sẽ là chìa khóa để làm cho CSHT trở nên bền vững hơn.

Một trong những công cụ hiệu quả để đánh giá rủi ro khí hậu đối với CSHT là phương pháp

PIEVC được phát triển bởi Hiệp hội Kỹ sư Canada từ năm 2008. “Những quan sát, kết luận và khuyến nghị được đề xuất từ việc áp dụng PIEVC cung cấp một khung hỗ trợ ra quyết định hiệu quả về vận hành, bảo trì, lập kế hoạch và phát triển CSHT như một phần trong quản lý rủi ro khí hậu” (Hiệp hội Kỹ sư Canada, 2016). Từ năm 2008, PIEVC đã được áp dụng thành công để đánh giá rủi ro và tổn thương khí hậu cho nhiều hệ thống CSHT ở Canada và các quốc gia khác (Hiệp hội Kỹ sư Canada, 2018).

Bài báo này cho thấy vai trò của đánh giá rủi ro khí hậu đối với CSHT ở ĐBSCL thông qua việc ứng dụng phương pháp PIEVC vào việc đánh giá rủi ro khí hậu cho hệ thống cống Cái Lớn - Cái Bé. Đánh giá này được kỳ vọng sẽ hỗ trợ các nhà ra quyết định trong việc lập kế hoạch đầu tư và thiết kế kỹ thuật cho CSHT để tăng cường khả năng phục hồi của CSHT trước BĐKH và các thiên tai liên quan. Nghiên cứu điển hình này được thực hiện trong khuôn khổ dự án toàn cầu *“Tăng cường Dịch vụ Khí hậu cho Đầu tư Cơ sở hạ tầng (CSI)”* do Bộ Môi trường, Bảo tồn Thiên nhiên và An toàn Hạt nhân (BMU) của Đức tài trợ, như một phần của Chương trình Sáng kiến Khí hậu Quốc tế (IKI). Nghiên cứu được thực hiện bởi tổ chức GIZ và Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, có sự hợp tác với Hiệp hội Kỹ sư Canada và Cơ quan Dịch vụ Khí tượng Đức (DWD). CSI hỗ trợ Việt Nam trong nỗ lực tăng khả năng chống chịu của CSHT trước BĐKH.

Các phần tiếp theo sẽ giới thiệu tóm tắt về PIEVC (Mục 2), mô tả chung về trường hợp áp dụng cho cống Cái Lớn - Cái Bé (Mục 3), đánh giá rủi ro khí hậu (Mục 4), thảo luận kết quả và khuyến nghị (Mục 5) và cuối cùng là kết luận (Mục 6).

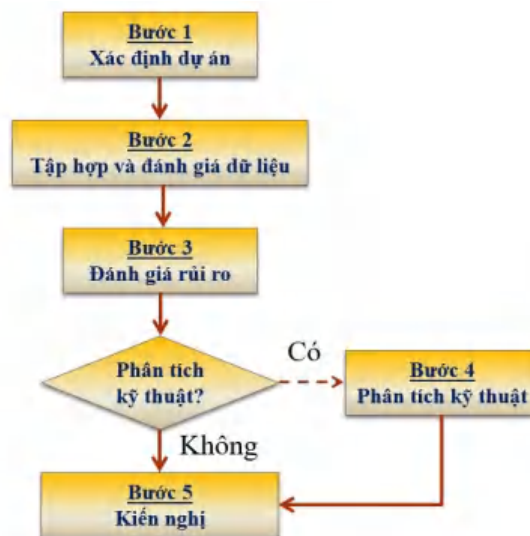
2. PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ RỦI RO KHÍ HẬU - PIEVC

Phương pháp kỹ thuật PIEVC là một quá trình đánh giá từng bước các phản ứng của các thành phần CSHT đối với các tác động của các yếu tố khí hậu. PIEVC được phát triển bởi Hiệp hội Kỹ sư Canada. Sự ra đời của PIEVC là một phần trong các nỗ lực của Hiệp hội để cung cấp hướng dẫn cho ngành kỹ thuật về phát triển CSHT bền vững. Cụ thể, PIEVC cung cấp cho các kỹ sư một công cụ linh hoạt có khả năng đánh giá rủi ro khí hậu tại thời điểm có thể thích ứng với các tình huống khác nhau về khía cạnh thông tin sẵn có, tài nguyên và mục đích. PIEVC có thể hỗ trợ người thực hiện nhận ra sự thay đổi của khả năng chịu tải của CSHT khi có tải trọng bổ sung do BĐKH mà chưa được xem xét trong thiết kế ban đầu (Hiệp hội Kỹ sư Canada 2016). Tổng quan, PIEVC có năm bước chính như trình bày trong Hình 1 (chi tiết nội dung các bước có thể tham khảo thêm trong tài liệu Nguyên tắc và Hướng dẫn sử dụng của PIEVC, 2016).

Trong Bước 1, thu thập các thông tin chung về CSHT (như vị trí, các thành phần chính, tiêu chuẩn thiết kế, v.v.) và dữ liệu khí hậu và thủy văn (bao gồm các thông số, xu hướng và sự kiện có thể ảnh hưởng đến CSHT) để giới hạn phạm vi của công việc đánh giá.

Trên cơ sở dữ liệu thu thập ở Bước 1, Bước 2 tập trung vào hai nhiệm vụ chính, gồm: (i) xác định hệ thống CSHT chính và bóc tách các thành phần công trình, và (ii) xác định các yếu tố khí hậu và thủy văn có thể ảnh hưởng đến CSHT và cần được xem xét trong đánh giá. Việc bóc tách CSHT là một điểm đặc biệt của PIEVC khi đánh giá các dự án CSHT cụ thể. Phương pháp tiếp cận theo từng thành phần cho phép xem xét các ngưỡng khác nhau cho các thành phần khác nhau và do đó có thể phân tích mức độ quan trọng của từng thành phần đối với CSHT. Bước này cũng thể hiện các thông số khí hậu cơ sở và đưa ra các giả định về BĐKH cũng như các ý tưởng đầu tiên về

tác động (riêng lẻ và cộng gộp) tiềm năng đối với từng thành phần công trình, nhằm hỗ trợ cho việc phân tích dữ liệu khí hậu trong bước tiếp theo.



Hình 1: Các bước thực hiện chính của PIEVC

Bước 3 là phần trọng tâm của PIEVC. Mục tiêu chính của bước này là thực hiện đánh giá rủi ro dựa trên sự tương tác giữa các thành phần công trình và các thông số khí hậu và thủy văn. Quá trình này cũng bao gồm việc phân tích ảnh hưởng cộng gộp của hai yếu tố xảy ra đồng thời. Các tương tác này sau đó được đánh giá theo tần suất xảy ra của hiện tượng và mức độ nghiêm trọng của tác động. Tần suất của các yếu tố khí hậu và thủy văn được biểu thị bằng điểm tần suất PIEVC (P), trong khi mức độ nghiêm trọng của các thành phần công trình dưới tác động của các yếu tố khí hậu và thủy văn được thể hiện bằng điểm số nghiêm trọng (S). Cả hai điểm tần suất và mức độ nghiêm trọng đều có giá trị nằm trong giới hạn cụ thể, trong đó giá trị tối thiểu (thường là 0) nghĩa là không đáng kể hoặc không có hậu quả tiêu cực, còn giá trị tối đa nghĩa là khả năng xảy ra cao hoặc hậu quả rất tiêu cực. Những điểm số này được xác định dựa trên phân tích dữ liệu, hoặc phương pháp nhận định của chuyên gia trong trường hợp

hạn chế về dữ liệu. Việc cho điểm này thường được thực hiện tại các hội thảo đánh giá rủi ro với sự tham gia của các chuyên gia ở nhiều lĩnh vực khác nhau như chuyên gia về khí hậu, thủy văn, tài nguyên nước, công trình, v.v. và các bên liên quan khác. Trong phương pháp PIEVC, điểm rủi ro (R) được tính theo công thức sau:

$$R = P \times S \quad (1)$$

Khi đánh giá rủi ro, hai kịch bản phổ biến nhất được sử dụng (mặc dù có thể có nhiều hơn). Kịch bản cơ sở đánh giá rủi ro dựa trên các dữ liệu lịch sử. Trong khi đó, kịch bản tương lai phân tích sự thay đổi của điểm tần suất và điểm rủi ro dựa vào việc dự báo các yếu tố khí hậu trong tương lai (theo kịch bản phát thải được lựa chọn bởi nhóm đánh giá).

Các ma trận rủi ro được phân tích để quyết định xem có cần tiến hành phân tích kỹ thuật ở Bước 4 hay không. Bước 4 là bước tùy chọn và chỉ được thực hiện nếu một tương tác không đủ thông tin có sẵn để xác định mức độ nghiêm trọng của tác động. Trong Bước 4, tổng tải trọng lên công trình và tổng khả năng chịu tải cho cả điều kiện hiện tại và tương lai sẽ được tính để xác định là công trình bị tổn thương (nghĩa là tổng tải dự kiến vượt quá tổng khả năng chịu tải dự kiến) hay đủ khả năng thích ứng (tức là, tổng tải dự kiến nhỏ hơn tổng khả năng chịu tải dự kiến). Cuối cùng, các giả định, hạn chế và khuyến nghị từ quá trình đánh giá được đề xuất trong Bước 5, trên cơ sở giải thích các ma trận rủi ro và điều kiện thực tế để thích ứng.

3. ÁP DỤNG PIEVC CHO CỐNG CÁI LỚN - CÁI BÉ

Trong nghiên cứu này, một áp dụng của PIEVC đã được thực hiện để đánh giá rủi ro khí hậu ở hiện tại và dự báo tương lai cho dự án hệ thống cống Cái Lớn - Cái Bé. Đây là dự án xây dựng mới, thuộc nhóm A, với tổng vốn đầu tư là 3.300 tỷ đồng. Dự án được đề xuất lần đầu tiên vào năm 2006. Theo Quyết định

số 498/QĐ-TTg ngày 17/4/2017, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt chủ trương đầu tư giai đoạn 1 và giao cho Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (Bộ NN&PTNT) tổ chức triển khai thực hiện dự án với chủ đầu tư là Ban Quản lý Đầu tư và Xây dựng Thủy lợi 10.

Do dự án cống Cái Lớn - Cái Bé đang trong giai đoạn thiết kế cơ sở, việc thực hiện đánh giá này chỉ sử dụng thông tin và dữ liệu về công trình được trích xuất từ phiên bản thiết kế vào tháng 12 năm 2018. Trong nghiên cứu này, đánh giá chỉ tiến hành cho các bước 1-3 và 5 của PIEVC. Bước 4 được bỏ qua vì việc phân tích chi tiết hơn chỉ phù hợp cho giai đoạn sau của dự án.

Cống Cái Lớn nằm cách cầu Cái Lớn 2,1 km về phía thượng lưu, trong khi cống Cái Bé cách cầu Cái Bé 1,9 km (Hình 2). Về quy mô, cống Cái Lớn có chiều rộng tổng cộng là 470 m, gồm 11 khoang cống 40 m với cao trình ngưỡng (-3,5)m ÷ (-6,5)m và 02 âu thuyền (rộng 15 m và dài 130 m) đi theo 2 chiều ngược nhau và có cao trình ngưỡng -5,0 m. Với quy mô nhỏ hơn, cống Cái Bé có chiều rộng tổng cộng là 85 m, gồm 02 khoang 35 m với cao trình ngưỡng -5,0 m và 01 âu thuyền (rộng 15 m và dài 100 m) có cao trình ngưỡng -4,0 m. Cả hai cống có cửa van làm bằng thép, kéo đứng, vận hành bằng hệ thống xi lanh thủy lực, cao trình cửa van +2,5 m. Trên cống có cầu giao thông tải trọng HL93, với chiều rộng $B = 9,0$ m (Hình 3). Trong bài báo này, việc đánh giá tập trung vào các cửa cống.

Tuổi thọ thiết kế của công trình là 100 năm. Do đó, các tác động tiềm năng của khí hậu trong tương lai được chọn tương ứng với giai đoạn 2080-2099 theo các kịch bản BĐKH của Bộ TN&MT 2016. Các mốc thời gian dự báo cho NBD là 10 năm một từ năm 2030 – 2100. Mặc dù công trình tổng thể có tuổi thọ thiết kế là 100 năm nhưng từng thành phần công trình có tuổi thọ thiết kế khác nhau. Chẳng hạn, hệ thống điều khiển và quan trắc có tuổi thọ thiết

kể là 10 năm, trong khi các cấu trúc vật lý có tuổi thọ thiết kế khoảng 70 - 100 năm. Các thông tin này quan trọng cho Bước 5 của đánh

giá khi đưa ra các khuyến nghị về các biện pháp thích ứng cho các thành phần có tuổi thọ khác nhau.



Hình 2: Vị trí công Cái Lớn - Cái Bé (Hiệu chỉnh từ hồ sơ dự án, 2018)



Hình 3: Phối cảnh tổng thể công Cái Lớn - Cái Bé (Nguồn: Hồ sơ dự án, 2018)

Để xác định sự tương tác giữa công trình và các yếu tố khí hậu, các thành phần của công Cái Lớn và Cái Bé được liệt kê chi tiết trong Bảng 1. Dựa vào chức năng và đặc điểm, các thành phần chính của công được chia thành 4 nhóm chính: (A) Cán bộ quản lý và vận hành; (B) Các thành phần công trình chính (bao gồm thân công, âu thuyền, cửa công - cửa âu, và mang công, nối tiếp mang và bờ); (C) Hệ thống vận hành (bao gồm hệ thống điện, hệ thống điều khiển, vận hành, hệ thống quan trắc, hệ thống phòng cháy và hệ thống thông tin liên lạc); và (D) Các thành phần công trình phụ trợ (bao gồm cầu giao thông, nhà quản lý và công viên).

Bên cạnh các yếu tố khí hậu được đề nghị trong PIEVC, nhóm đánh giá cũng xem xét tác

động của các yếu tố thủy văn và xâm nhập mặn lên công Cái Lớn - Cái Bé, vì chúng là những đặc điểm quan trọng ảnh hưởng đến cơ sở hạ tầng ở ĐBSCL. Dữ liệu khí hậu và thủy văn được sử dụng trong nghiên cứu này được thu thập từ 6 trạm khí tượng, 10 trạm đo mưa và 10 trạm thủy văn nằm quanh khu vực nghiên cứu. Các bộ dữ liệu này có độ dài là 30 năm (1988 - 2017), ngoại trừ dữ liệu về độ mặn là 22 năm (1996 - 2017).

Để xem xét tác động của BĐKH và các yếu tố thủy văn đến công trình, nhóm đánh giá đã chọn ra 9 yếu tố khí hậu (nhiệt độ cao, sóng nhiệt, hạn hán, mưa lớn, tổng lượng mưa 5 ngày, gió lớn, bão/áp thấp nhiệt đới (ATNĐ), lốc xoáy, và giông sét tương ứng với các Cột 1 đến 9 trong Hình 4), 2 yếu tố thủy văn (mức

nước và xâm nhập mặn tương ứng với Cột 10 đến 11 trong Hình 4) và 2 tác động cộng gộp (xâm nhập mặn và nhiệt độ cao, và mực nước cao và mưa lớn tương ứng với các Cột 12 đến

13 trong Hình 4). Các yếu tố này đã được chọn vì tác động của chúng đối với các công trình tương tự đã được ghi nhận ở ĐBSCL và chúng có đủ dữ liệu sẵn có cho đánh giá.

Bảng 1: Thành phần chính và chi tiết của công Cái Lớn – Cái Bé

STT	Thành phần chính	Chi tiết	Nhóm
1	Quản lý và vận hành	Cán bộ vận hành Vận chuyển vật tư trong quá trình vận hành	A
2	Thân cống	Cọc xử lý nền Cừ chống thấm Bản đáy trụ Dầm đỡ cửa van Trụ pin (trụ cống) Tháp van (gắn xi lanh thủy lực)	B
3	Âu thuyền	Buồng âu Đầu âu Hệ thống cấp nước Hàng rào hướng dẫn	
4	Cửa van - Cửa âu	Xi lanh thủy lực Cửa van Gioăng cao su kín nước	
5	Mang cống, nối tiếp mang và bờ	Kè mang cống Thảm đá gia cố lòng dẫn Kè nối tiếp mang cống Thảm đá lát mái kè	
6	Hệ thống điện	Hệ thống lưới điện Máy biến áp Máy phát điện dự phòng	C
7	Hệ thống điều khiển, vận hành cửa van cống, âu thuyền	Hệ thống điều khiển Hệ thống vận hành	
8	Hệ thống quan trắc (ví dụ: SCADA)		
9	Hệ thống phòng cháy	Chuông cảnh báo, bình chữa cháy,...	
10	Hệ thống thông tin liên lạc	Máy tính, điện thoại, máy fax...	D
11	Cầu giao thông	Mặt cầu Lan can Hệ thống chiếu sáng Hệ thống biển báo	
12	Nhà quản lý		
13	Công viên		

4. ĐÁNH GIÁ RỦI RO KHÍ HẬU

Như đã đề cập ở trên, mục này là một bước

cốt lõi trong PIEVC vì nó thể hiện các nội dung chính của đánh giá rủi ro khí hậu đối với cơ sở hạ tầng. Để đạt được điều này, một nhóm đánh giá gồm các chuyên gia về khí hậu, thủy văn, tài nguyên nước và công trình đã xác định các thành phần công trình, giá trị của các yếu tố khí hậu và các yếu tố khác, và các mục tiêu thể hiện tối thiểu trước khi đưa ra một nhận định cho đánh giá các tương tác. Nhận định này dựa trên sự kết hợp của các kỹ năng, tư vấn và tập huấn được cung cấp bởi các chuyên gia Canada cũng như chuyên môn và kinh nghiệm của cả nhóm đánh giá. Các thành phần công trình được xác định có sự nhạy cảm với các thay đổi của các yếu tố khí hậu và thủy văn được đánh giá. Trong bước này, một hội thảo đánh giá rủi ro đã được tổ chức để tham vấn ý kiến của chủ đầu tư, kỹ sư thiết kế công trình, kỹ sư phụ trách vận hành và các bên liên quan khác. Hội thảo này cho phép nhóm đánh giá làm việc theo phương thức đa ngành kết hợp các lĩnh vực chuyên môn khác nhau. Theo cách này, nhóm đã cùng thảo luận để đưa ra các nhận định chuyên gia về mức độ nghiêm trọng và (trong một số trường hợp) tần suất của một tác động cụ thể, nhất là cho các trường hợp hạn chế về dữ liệu.

Theo phương pháp PIEVC, điểm tần suất được giới hạn trong khoảng từ 0 đến 7, trong đó 0 có nghĩa là yếu tố khí hậu và thủy văn hầu như không xảy ra và 7 có nghĩa là yếu tố này có khả năng xảy ra rất cao. Điểm tần suất được ước tính dựa vào phân tích dữ liệu và nhận định của các chuyên gia khí hậu và thủy văn. Bên cạnh các phương pháp thống kê truyền thống dùng để phân tích dữ liệu lịch sử, nghiên cứu này đã áp dụng công cụ Phân tích thông tin về nguy cơ BĐKH (CCHIP) (<https://go.cchip.ca>) được cung cấp bởi Hiệp hội kỹ sư Canada và tổ chức quốc tế về khoa học rủi ro (RSI) để hỗ trợ phân tích dữ liệu khí hậu và thủy văn cho cả xu hướng lịch sử và dự báo tương lai.

Tương tự như điểm tần suất, điểm mức độ nghiêm trọng cũng được chuẩn hóa trong phạm vi từ 0 đến 7, trong đó 0 có nghĩa là công trình không bị tác động và 7 có nghĩa là công trình chịu tác động rất lớn và bị hư hại. Điểm mức độ nghiêm trọng đã được xác định cho từng thành phần công trình của cống Cái Lớn - Cái Bé dưới tác động của từng yếu tố khí hậu và thủy văn (bao gồm cả tác động cộng gộp) trong điều kiện quá khứ và tương lai. Để xác định điểm mức độ nghiêm trọng, nhóm đánh giá đã sử dụng các nguồn thông tin sau:

- Các tiêu chuẩn, quy chuẩn thiết kế cho cống Cái Lớn - Cái Bé;
- Đặc điểm công trình cống Cái Lớn – Cái Bé;
- Đặc điểm, xu thế biến đổi và dự báo tương lai của các yếu tố khí hậu-thủy văn liên quan;
- Ý kiến tham vấn của các cán bộ quản lý vận hành tại các công trình tương tự như cống Ba Lai (Bến Tre), cống Láng Thè (Trà Vinh);
- Thông tin của các công trình tương tự như cống Hộ Phòng, cống Láng Trâm (Bạc Liêu) và cống Cần Chông (Trà Vinh);
- Nhận định của các chuyên gia từ các lĩnh vực khác nhau (như công trình, khí hậu, thủy văn và tài nguyên nước) và các chuyên gia.

Điểm rủi ro (R) sau đó được tính toán và phân loại thành rủi ro cao, trung bình và thấp như được ghi trong hướng dẫn của PIEVC. Rủi ro cao ($R > 36$) đòi hỏi phải có giải pháp ứng phó trong giai đoạn thiết kế chi tiết, trong khi mức rủi ro thấp ($R < 12$) thì chưa cần các giải pháp tức thời. Rủi ro trung bình ($12 \leq R \leq 36$) cũng cần được quan tâm trong giai đoạn thiết kế chi tiết. Việc xác định ngưỡng rủi ro thường được thực hiện bởi nhóm đánh giá, vì nó phụ thuộc vào mức độ chấp nhận rủi ro của chủ sở hữu công trình. Tuy nhiên, trong trường hợp đánh giá này, nhóm đánh giá đã quyết định tuân theo các ngưỡng mặc định trong PIEVC.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

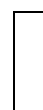
Trong đánh giá rủi ro khí hậu, các tương tác

giữa các thành phần công trình với các yếu tố khí hậu và thủy văn đã được xác định và phân tích. Tổng cộng đã có 468 tương tác được xem xét. Trong đó, chỉ có 106 tương tác có khả năng tác động tiêu cực và do đó được cho

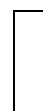
điểm về mức độ nghiêm trọng và tần suất xảy ra. Tổng hợp của các ma trận rủi ro thu được từ quá trình đánh giá cho cả điều kiện lịch sử và các dự báo tương lai được thể hiện trong Hình 4.

Nhóm Số lượng rủi ro thấp, trung bình và cao trong điều kiện lịch sử

A	1	1	1	1	2	1	2	2	1				
				1									
				1									
				1									
B	1	1	1			1	1	1		3	2	7	
		10								1	10	5	4
C				5	3	2	5	5	7				
							1						
D		3	1	3		1	1		1				
						1		4	1				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Yếu tố khí hậu								Thủy	Cộng			
									văn	gộp			



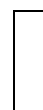
Rủi ro cao



Rủi ro trung bình



Rủi ro thấp



Không có rủi ro

Nhóm Số lượng rủi ro thấp, trung bình và cao trong điều kiện

A	1	1	1	1	1	1	2	2	1				
B	1	3	1			1	1	1		4	12	12	3
C				5	3	2	6	3	7				
D		2	1	3		1	2	2	1				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Yếu tố khí hậu								Thủy	Cộng			

Rủi ro cao

RỦi ro trung

Rủi ro thấp

Không có rủi



Rủi ro cao



Rủi ro trung



Rủi ro thấp



Không có rủi

Hình 4. Tổng hợp của các ma trận rủi ro theo 4 nhóm công trình (hàng 1-4) và các yếu tố khí hậu (Cột 1-9), thủy văn (Cột 10-11) và tác động cộng gộp (Cột 12-13)

5.1. Tương tác giữa các thành phần công trình với các yếu tố khí hậu và thủy văn

Có thể thấy trong Hình 4, chỉ các thành phần công trình chính (Nhóm B) bị ảnh hưởng bởi các yếu tố thủy văn và tác động cộng gộp. Mức nước tăng (B10) do nước biển dâng, chế độ thủy triều và nước dâng do bão được dự đoán sẽ không chỉ ảnh hưởng đến chức năng của các trụ pin, cửa cống và âu thuyền nếu bị nước tràn qua, mà còn làm tăng nguy cơ mất ổn định của mái dốc và kè ở phía trước và sau cống. Mặc dù điểm mức độ nghiêm trọng cho các tương tác này thấp (từ 1 đến 4), điểm tần suất tương ứng rất cao (bằng 7) cho cả điều kiện lịch sử và tương lai. Do đó, điểm số rủi ro ở mức trung bình (lần lượt là 21 và 28 cho điều kiện lịch sử và tương lai), tức là sự ổn định, chức năng và hoạt động của cống Cái Lớn - Cái Bé có thể bị giảm đáng kể. Hơn nữa, mực nước cũng gián tiếp gây ra mài mòn vật lý và ăn mòn hóa học cho bê tông như được ghi nhận ở một số cống ở ĐBSCL.

Mặt khác, nồng độ mặn cao và hơi nước có độ mặn cao (B11) được nhận định sẽ làm giảm tuổi thọ của gioăng cao su kín nước và tăng sự ăn mòn hóa học của cửa cống, bê tông bị nứt và xi lanh thủy lực. Các tác động tiêu cực lên các tương tác này cũng được dự báo mạnh hơn dưới tác động cộng gộp của xâm nhập mặn và nhiệt độ cao (B12), cũng như mực nước cao và mưa lớn (B13). Ngoài ra, các thành phần của nhóm B cũng bị ảnh hưởng bởi một số yếu tố khí hậu. Nhiệt độ cao, sóng nhiệt, hạn hán (B1 đến B3) có thể làm tăng độ nứt và ăn mòn bê tông, tăng khả năng xói lở kè do thay đổi kết cấu đất và giảm tuổi thọ của gioăng cao su kín nước. Bão/ATNĐ, lốc xoáy và gió lớn (B6 đến B8) có thể làm mực nước dâng cao, và tăng nguy cơ tràn qua cống, do đó gây ra sự mất ổn định, nhất là khi cống mở. Trái ngược với các nhóm khác, Nhóm A (nhân viên vận hành và bảo trì) bị ảnh hưởng của tất cả các yếu tố khí hậu trong đánh giá này. Trong khi bão/ATNĐ, lốc xoáy và giông sét (A7 đến A9) có thể gây thương tích và thậm chí nguy hiểm tính mạng của nhân viên vận hành trong quá trình làm

việc, các yếu tố khác như nhiệt độ cao, sóng nhiệt, mưa lớn hoặc gió lớn có thể khiến họ mệt mỏi, ảnh hưởng đến hiệu suất làm việc ngoài trời. Đối với nhóm C, các tương tác được xác định với mưa lớn, tổng lượng mưa trong 5 ngày, bão/ATNĐ, gió lớn và giông sét (từ C4 đến C9). Trong khi giông sét có thể phá hủy hoàn toàn hệ thống, các yếu tố khác có thể làm hỏng đường dây và cảm biến, gây sốc điện và làm gián đoạn việc truyền tín hiệu. Cuối cùng, mặc dù thiệt hại của các thành phần công trình phụ trợ (Nhóm D) không ảnh hưởng trực tiếp đến chức năng và hoạt động của cống, nó có thể làm mất tài sản và hạn chế khả năng làm việc của nhân viên.

5.2. Rủi ro tiềm ẩn cho các thành phần công trình

Một bức tranh về các rủi ro tiềm ẩn đối với các thành phần của cống Cái Lớn - Cái Bé dưới tác động của các yếu tố khí hậu và thủy văn được trình bày trong Hình 4. Có thể thấy là không có bất kỳ tương tác rủi ro cao nào cho cả điều kiện lịch sử và tương lai. Về khía cạnh màu sắc đại diện cho các mức độ rủi ro, Hình 4 cho thấy mức độ bao phủ của rủi ro thấp và trung bình khá tương đương trong điều kiện lịch sử, nhưng mức độ rủi ro trung bình lại chiếm ưu thế trong dự báo tương lai. Về mặt giá trị, điều kiện lịch sử bị chi phối bởi các tương tác rủi ro thấp (64 so với 42 tương tác), trong khi phần lớn các tương tác của dự báo tương lai là rủi ro trung bình (76 so với 30 tương tác). Điều này chỉ ra rằng mức rủi ro sẽ tăng lên khi khí hậu thay đổi. Sự gia tăng của các tương tác rủi ro trung bình từ điều kiện lịch sử đến tương lai chủ yếu đến từ Nhóm B (từ 17 đến 38 tương tác). Vì vậy, những rủi ro này cần được xem xét cho các thành phần công trình chính trong giai đoạn thiết kế chi tiết.

Mặt khác, các tương tác rủi ro trung bình ở điều kiện lịch sử chủ yếu bị ảnh hưởng bởi các cơn bão/ATNĐ, giông sét và gió lớn. Các yếu

tổ tương ứng cho dự báo tương lai là bão/ATNĐ, giông sét, gió lớn, hạn hán, mực nước, xâm nhập mặn và xâm nhập mặn kết hợp với nhiệt độ cao. Giông sét có điểm tần suất trung bình (từ 3 đến 5) nhưng có tác động đáng kể (điểm mức độ nghiêm trọng chủ yếu từ 5 đến 7), nên cần xem xét các biện pháp giảm thiểu tác động của nó trong các giai đoạn tiếp theo (nghĩa là thiết kế chi tiết, thiết kế bản vẽ xây dựng, và vận hành và bảo trì). Ngoài ra, xâm nhập mặn và xâm nhập mặn kết hợp với nhiệt độ cao có ảnh hưởng ở mức trung bình (từ 2 đến 4) đến các thành phần làm bằng kim loại và bê tông nhưng có điểm tần suất cao (bằng 7). Vì vậy, cần phải xem xét các yếu tố này ở giai đoạn thiết kế chi tiết.

5.3. Khuyến nghị

Dựa vào kết quả phân tích trong Mục 5.1 và 5.2, các khuyến nghị chính cho các giai đoạn thiết kế chi tiết, thiết kế bản vẽ thi công, vận hành và bảo trì cống Cái Lớn - Cái Bé được đề xuất như trong Bảng 2.

Bảng 2: Các đề xuất cho chống chịu khí hậu của công trình

STT	Rủi ro khí hậu cho thành phần công trình	Các đề xuất cho chống chịu khí hậu của công trình
1	Trụ pin, âu thuyền, vv.	Sử dụng các vật liệu để giảm ăn mòn bê tông, như xi măng chống sunfat, hỗn hợp phụ gia chống ăn mòn hoặc bê tông mác cao (M50).
2	Xi lanh thủy lực, cửa cống, vv.	Nghiên cứu cơ chế và nguyên nhân ăn mòn kim loại ở vùng ĐBSCL để có biện pháp phòng chống phù hợp như sử dụng thép không gỉ.
3	Trụ pin, âu thuyền, xi lanh thủy lực, cửa cống, vv.	Xem xét sử dụng sơn chất lượng cao cho bê tông và kim loại để chống ăn mòn, như phương pháp sơn epoxy theo khuyến nghị của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam và Công binh Lục quân Hoa Kỳ (USACE).
4	Hệ thống vận hành (Nhóm C)	Xem xét thiết kế hệ thống dây điện ngầm để đảm bảo an toàn khi có giông sét, lốc xoáy hoặc trong mùa mưa.
5	Toàn bộ công trình	Thiết kế hệ thống chống sét cho toàn bộ khu vực công trình như đã áp dụng cho cống âu Rạch Chanh ở Long An.
6	Hệ thống quan trắc	Lựa chọn sensor có tính chống chịu cao với khí hậu để giảm thiểu hư hại và sai số như kinh nghiệm từ các cống ở Trà Vinh.
7	Cán bộ quản lý - vận hành	Đào tạo cho nhân viên về các rủi ro khí hậu / thủy văn đối với công trình và cách ứng phó với các hiện tượng cực đoan có tần suất xảy ra thấp (ví dụ: bão và lốc xoáy).

8	Cán bộ quản lý - vận hành	Nên sử dụng thiết bị và quần áo bảo hộ khi làm việc ngoài trời trong trường hợp nhiệt độ cao, mưa to, gió lớn.
9	Cán bộ quản lý - vận hành	Sử dụng chế độ vận hành tự động hoặc chọn thời gian bảo trì thích hợp, ví dụ vào buổi chiều trong điều kiện nắng nóng dài ngày.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đánh giá rủi ro khí hậu cho công Cái Lớn - Cái Bé ở giai đoạn thiết kế cơ sở bằng phương pháp PIEVC. Đánh giá này đã xác định các đại diện của các yếu tố và hiện tượng khí hậu trong quá khứ và dự báo tương lai, cũng như sự tương tác của chúng với các thành phần công trình của công Cái Lớn - Cái Bé. Các tương tác này đã hình thành cơ sở cho việc xác định tần suất xảy ra của một yếu tố khí hậu và mức độ nghiêm trọng gây ra cho các thành phần công trình, để từ đó xác định mức tổn thương công trình do biến đổi khí hậu.

Bước 1, 2, 3 và 5 trong phương pháp PIEVC đã được áp dụng trong đánh giá này. Mặc dù Bước 4 không được xem xét trong đánh giá, các ma trận rủi ro thu được từ quá trình đánh giá đã đưa ra một bức tranh về các rủi ro tiềm ẩn đối với công Cái Lớn - Cái Bé dưới tác động của các yếu tố khí hậu và thủy văn trong cả hai điều kiện lịch sử và dự đoán trong tương lai. Các khuyến nghị cho các giai đoạn thiết kế chi tiết, thiết kế bản vẽ thi công, vận hành và bảo trì của công Cái Lớn - Cái Bé được đề xuất dựa trên phân tích các tương tác giữa các thành phần công trình và các yếu tố khí hậu và thủy văn, cũng như các rủi ro tiềm ẩn của các tương tác này.

Kết quả của nghiên cứu này dựa vào phương pháp nhận định của chuyên gia để đánh giá thông tin mới nhất sẵn có trong phạm vi của PIEVC và do đó có thể được sử dụng như một tham chiếu cho thiết kế chi tiết của công Cái

Lớn - Cái Bé và các nghiên cứu tương tự. Vì đây là áp dụng đầu tiên của PIEVC ở Việt Nam, việc đánh giá gặp nhiều thách thức do một số hạn chế về thông tin và dữ liệu (ví dụ: nước dâng do bão, sóng, nhiệt độ nước và vận chuyển trầm tích). Để tạo điều kiện thuận lợi cho các nghiên cứu tương tự đối với cơ sở hạ tầng ở ĐBSCL trong tương lai, một bước quan trọng là tăng cường các hoạt động quan trắc và đo đạc, cung cấp thông tin và dữ liệu cần thiết. Công việc này không chỉ tập trung vào dữ liệu khí hậu và thủy văn, mà còn bao gồm cả việc ghi chép các tác động của các hiện tượng khí hậu cực đoan lên công trình. Nói chung, nghiên cứu sâu hơn về tác động của BĐKH và những nỗ lực của Việt Nam để tăng cường Dịch vụ Khí hậu sẽ cho phép đánh giá rủi ro khí hậu trong tương lai có thể cung cấp cái nhìn sâu sắc hơn nữa về tiềm ẩn của các rủi ro khí hậu.

Nhìn chung, kết quả nghiên cứu đã chứng minh PIEVC có tiềm năng cao để áp dụng cho đánh giá rủi ro khí hậu đối với cơ sở hạ tầng (cả quy hoạch và hiện hữu) ở Việt Nam, đặc biệt là ở ĐBSCL trong bối cảnh BĐKH - NBD. Tuy nhiên, PIEVC cần được điều chỉnh và bổ sung để phù hợp với điều kiện thực tế ở Việt Nam, như trong trường hợp của công Cái Lớn - Cái Bé cần xem xét tác động của mực nước và xâm nhập mặn.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo này là kết quả nghiên cứu từ dự án “Phân tích và đánh giá rủi ro khí hậu cho dự án công Cái Lớn - Cái Bé sử dụng phương pháp

kỹ thuật PIEVC”, một hợp phần của dự án toàn cầu “Tăng cường dịch vụ khí hậu cho đầu tư cơ sở hạ tầng (CSI)”, được thực hiện bởi Cơ quan hợp tác phát triển Đức (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH – GIZ) đại diện cho Bộ Môi trường, Bảo tồn Thiên nhiên và An toàn Hạt nhân (BMU) của Đức trong chương trình Sáng kiến Khí hậu Quốc tế (IKI). Chúng tôi rất biết ơn GIZ, Dự án CSI, Cơ quan Dịch

vụ Khí tượng Đức (DWD), Hiệp hội Kỹ sư Canada và các chuyên gia Canada của công ty Wood PLC đã đào tạo, giám sát tận tình và đưa ra nhiều nhận xét có giá trị trong quá trình thực hiện. Chúng tôi cũng cảm ơn Ban Quản lý Đầu Tư và Xây dựng Thủy lợi 10, Đài Khí tượng Thủy văn Nam Bộ và tất cả các thành viên của nhóm đánh giá đã đóng góp vào sự thành công của dự án.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ban Quản lý đầu tư và Xây dựng Thủy lợi 10 (PMU-10) (2018). *Hồ sơ dự án thủy lợi công trình Cái Lớn - Cái Bé giai đoạn 1*.
- [2] Bộ Kế hoạch Đầu tư (2018). *Đánh giá cấp quốc gia của Việt Nam về việc thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững*.
- [3] Bộ Tài nguyên và Môi trường (2016). *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*.
- [4] GIZ (2019). *Báo cáo nhiệm vụ tư vấn: Phân tích và đánh giá rủi ro khí hậu cho dự án công trình Cái Lớn - Cái Bé sử dụng phương pháp kỹ thuật PIEVC*, thuộc dự án Tăng cường dịch vụ khí hậu cho đầu tư công trình (CSI).
- [5] Hiệp hội Kỹ sư Canada (2016). *Phương pháp kỹ thuật PIEVC cho đánh giá tổn thương cơ sở hạ tầng và thích ứng với biến đổi khí hậu: Các nguyên tắc và hướng dẫn sử dụng (Phiên bản PG-10.1)*.
- [6] Hiệp hội Kỹ sư Canada (2018). *Các ứng dụng của phương pháp kỹ thuật PIEVC cho đánh giá tổn thương cơ sở hạ tầng*. Thông tin được xem vào ngày 29 tháng 8 năm 2018 từ <https://pievc.ca/assessments>.
- [7] IPCC (2014). *Biến đổi khí hậu - Các tác động, tính thích ứng và tính dễ bị tổn thương; Phần A: Các yếu tố toàn cầu và cho ngành*. Báo cáo đánh giá thứ năm của tổ chức liên chính phủ
- [8] Phạm Hoàng Mai, Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Thị Diệu Trinh, Nguyễn Giang Quân, Nguyễn Thị Minh Ngọc, Benjamin Hodick, Katharina Lotzen, Nguyễn Hoàng Xuân Anh, Ngô Tiến Chương, Ngô Phúc Hạnh (2019). *Dịch vụ khí hậu trong đầu tư kết cấu hạ tầng phối cảnh quy hoạch cho sự phát triển bền vững của Việt Nam trong tương lai*. Tạp chí Kinh tế và Dự báo, số 07, ISSN 0866-7120.