

BÀI TOÁN TIÊU ÚNG VÀ CHỐNG LŨ HỆ THỐNG NGŨ HUYỆN KHÊ VÀ PHƯƠNG HƯỚNG GIẢI QUYẾT

PGS. PTS. Trịnh Quang Hoà - Trường Đại học thủy lợi
KS. Lê Minh Hằng - Trung tâm tư liệu KTTV

I. GIỚI THIỆU HỆ THỐNG

Hệ thống tiêu Ngũ Huyện Khê thuộc Hệ thống thủy nông Bắc Đuống, nằm trong vùng đồng bằng sông Hồng, phía bắc và đông bắc giáp sông Cầu, nam và đông nam giáp sông Đuống, phía tây giáp sông Cà Lồ. Trục tiêu chính là sông Ngũ Huyện Khê dài 34,534 km thu nước từ hai vùng tiêu khác nhau. Vùng Thượng Cỗ Loa với diện tích 8840 ha tiêu tự chảy vào Đầm Thiếp rồi chảy vào sông Ngũ Huyện Khê qua cống Cỗ Loa. Giữa vùng này và sông Ngũ Huyện Khê có quan hệ hai chiều, nghĩa là sự thay đổi mực nước trong sông Ngũ Huyện Khê sẽ làm thay đổi mực nước trong Đầm Thiếp và ngược lại. Vùng Hạ Cỗ Loa có diện tích 11.135 ha tiêu vào sông Ngũ Huyện Khê bằng 18 trạm bơm nội đồng. Nước trong hệ thống được tiêu ra sông Cầu qua cống Đặng Xá. Mối liên hệ giữa sông Ngũ Huyện Khê và sông Cầu là mối liên hệ một chiều, tức là cống Đặng Xá chỉ hoạt động khi mực nước trong sông Ngũ Huyện Khê cao hơn mực nước sông Cầu, trong trường hợp ngược lại, cống tự động đóng. Về mùa lũ, nước sông Cầu thường cao hơn mực nước sông Ngũ Huyện Khê, do đó cống Đặng Xá không phát huy được tác dụng. Để hỗ trợ cho việc tiêu nước trong sông Ngũ Huyện Khê, trạm bơm Đặng Xá được đưa vào hoạt động với mục đích bơm vọt làm giảm mực nước trong sông Ngũ Huyện Khê, bảo vệ an toàn đê. Ngoài nhiệm vụ bơm vọt, trạm bơm Đặng Xá còn tiêu úng cho 5160 ha thuộc huyện Yên Phong.

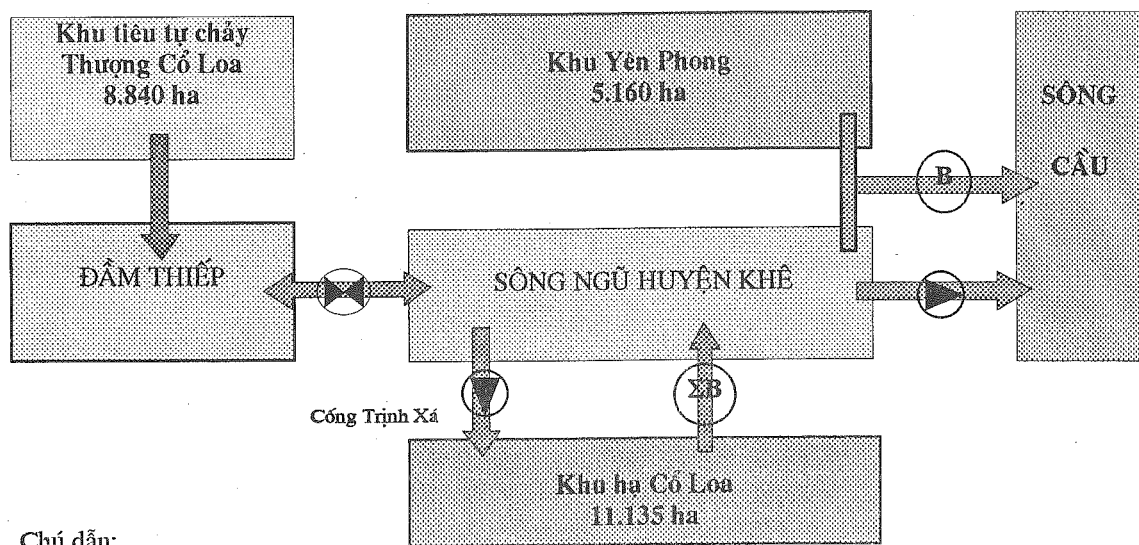
II. CÁC Mâu THUẦN CHÍNH TRONG HOẠT ĐỘNG CHỐNG LŨ VÀ TIÊU ÚNG HỆ THỐNG NGŨ HUYỆN KHÊ

1. Mâu thuẫn giữa tiêu úng và điều tiết lũ, bảo vệ an toàn đê Ngũ Huyện Khê

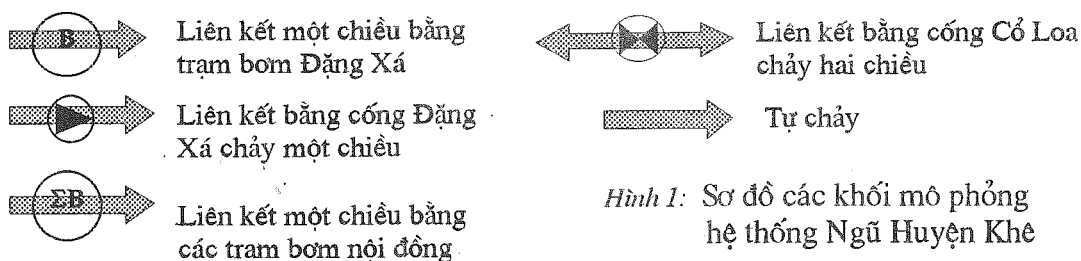
Đây là mâu thuẫn trung tâm trong quá trình điều hành hệ thống Ngũ Huyện Khê. Khi mưa lớn trong đồng gặp mực nước sông Cầu lên cao, cửa tiêu ra sông Cầu bị chặn, trong khi đó nước từ các vùng tiêu tự chảy 8840 ha và tiêu bằng động lực 11.135 ha liên tục đổ vào sông dẫn đến mực nước dâng nhanh uy hiếp sự an toàn của đê. Mức độ mâu thuẫn càng gay gắt khi khả năng trữ nước của sông Ngũ Huyện Khê là hạn chế cũng như khả năng tiêu nước ra sông Cầu của trạm bơm Đặng Xá là chưa đủ. Đến một mực nước giới hạn, các trạm bơm tiêu phải ngừng bơm để bảo đảm an toàn đê [2].

Cần điều hành hệ thống Ngũ Huyện Khê sao cho trong từng thời đoạn hệ thống chỉ làm nhiệm vụ: hoặc tiêu úng, hoặc điều tiết lũ bởi trạm bơm vọt Đặng Xá nhằm bảo vệ đê. Trong trường hợp không thể thực hiện được điều này, cần điều hành sao cho rút ngắn thời gian hệ thống làm đồng thời hai nhiệm vụ xuống tối thiểu.

Thông thường, nhiệm vụ tiêu úng được thực hiện trước, sao cho khi điều tiết lũ bảo vệ đê bằng trạm bơm Đặng Xá, úng đã được tiêu xong qua trạm bơm tiêu và cống Đặng. Điều này thực hiện trên cơ sở phối hợp giữa cống Cổ Loa (cống Cổ Loa phải trở thành cống điều tiết) và các trạm bơm tiêu, thời điểm bắt đầu cũng như thời điểm dừng bơm có ý nghĩa quyết định. Thời điểm bơm và dừng bơm tiêu được tính toán trên cơ sở dự báo và nhận dạng được tổ hợp giữa mưa nội đồng và mực nước sông Cầu, sao cho lợi dụng được thế nước tạo điều kiện cho cống Đặng Xá hoạt động hiệu quả cao, vì rằng khả năng của cống Đặng Xá phụ thuộc cơ bản vào chênh lệch mực



Chú dẫn:



Hình 1: Sơ đồ các khối mô phỏng hệ thống Ngũ Huyện Khê

nước giữa sông Ngũ Huyện Khê và sông Cầu. Thời điểm bơm tiêu còn có thể được điều khiển bởi lợi dụng quán tính của hệ thống. Có thể hiểu quán tính của hệ thống là khả năng của hệ thống phản ứng lại trước những đột biến của mưa và lũ: mưa lớn không dẫn đến úng ngay, lúa có khả năng chịu ngập, lũ dâng cao phải có thời gian... Nếu thời điểm bơm và ngừng bơm tiêu có ý nghĩa quyết định đến bài toán tiêu úng thì thời điểm bắt đầu bơm và dừng bơm vọt có ý nghĩa lớn với bài toán điều tiết lũ bởi trạm bơm Đặng Xá là công trình duy nhất thực hiện nhiệm vụ điều tiết lũ tích cực. Bài toán tiêu úng và bài toán điều tiết lũ có mối tác động tương hỗ: tiêu úng là nguyên nhân của điều tiết lũ và ngược lại điều tiết lũ tạo điều kiện cho tiêu úng. Giải quyết mâu thuẫn này đồng nghĩa với hạn chế tối thiểu thời gian bơm vọt, kéo dài tối đa thời gian hoạt động của cống Đặng và các trạm bơm tiêu mà vẫn bảo đảm điều kiện an toàn cho đê sông Ngũ Huyện Khê. Dự án tôn cao thêm đê cũng như nâng cấp

trạm bơm Đặng Xá thực sự là tạo thêm khả năng cho việc giải quyết mâu thuẫn này.

2. Mâu thuẫn giữa bơm vọt và tiêu úng cho Yên Phong

Mâu thuẫn biểu hiện ở chỗ khi thực hiện bơm vọt phải ngừng hoàn toàn việc tiêu úng cho 5160 ha của huyện Yên Phong. Giải quyết mâu thuẫn này cần hạn chế tối thiểu thời gian bơm vọt để sử dụng tối đa trạm bơm Đặng Xá tiêu úng cho Yên Phong. Khi mâu thuẫn 1 được giải quyết, mâu thuẫn 2 sẽ được giảm tới mức tối thiểu.

3. Mâu thuẫn giữa bơm vọt và trữ nước trong đoạn sông Ngũ Huyện Khê phục vụ cho tưới vụ đông

Trong thực tế, nhiều năm do nước sông Ngũ Huyện Khê kiệt nên phải mở cống Long Tử lấy nước sông Đuống phục vụ các trạm bơm tưới vào cuối vụ mùa và đầu vụ đông, trong khi trước đó không lâu, trạm bơm Đặng Xá vẫn bơm nước sông Ngũ Huyện Khê ra sông Cầu. Việc lấy nước sông Đuống vào tưới thường gây ra bồi lắng phải dùng tàu cuốc nạo vét rất tốn kém. Thời điểm dừng bơm vọt cần được tính toán và quyết định sao cho trữ đủ nước trên đoạn sông 33 km Ngũ Huyện Khê phục vụ tưới cho vụ đông xuân tiếp theo. Giải quyết vấn đề này đòi hỏi bổ sung tính toán nhu cầu nước cho vụ đông kế cận.

III. BÀI TOÁN CHỐNG LŨ VÀ TIÊU ÚNG HỆ THỐNG NGŨ HUYỆN KHÊ

Bài toán chống lũ và tiêu úng hệ thống Ngũ Huyện Khê được phát biểu như sau:

1. Hàm mục tiêu của bài toán

$$\begin{array}{l} T_{vọt} \rightarrow \min \\ (T_{tiêu} \rightarrow \max) \cap (F_{úng} \rightarrow \min) \end{array}$$

trong đó $T_{vọt}$, $T_{tiêu}$ là thời gian bơm vọt, bơm tiêu tương ứng, $F_{úng}$ là diện tích úng ngập. Hàm mục tiêu này có nghĩa là trong cả chu trình điều hành, thời gian bơm vọt sẽ là tối thiểu, thời gian bơm tiêu sẽ là tối đa nhằm đưa diện tích úng ngập đạt nhỏ nhất.

2. Ràng buộc của bài toán

$$Z_{NHK} \leq [Z]_{\text{Cho phép}}$$

Z_{NHK} : mực nước sông Ngũ Huyện Khê, trong suốt chu trình điều hành mực nước này không được vượt quá mực nước an toàn cho phép. Đây là điều kiện an toàn cho đê. Theo qui trình vận hành tiêu nước hệ thống Ngũ Huyện Khê năm 1996, mực nước an toàn đê cho phép là +6,50m. Trong trường hợp mực nước sông Cầu không lên, cống Đặng Xá còn mở thì mực nước an toàn cho phép là +6,70m.

3. Trạng thái của hệ thống

$$S = (S_{NHK}, S_{tiêu})$$

S là đường mặt nước trên toàn hệ thống, có thể coi đó là một vectơ gồm 2 phần tử: S_{NHK} - đường mặt nước dọc sông Ngũ Huyện Khê, $S_{tiêu}$ - cao trình mặt nước các ô ruộng.

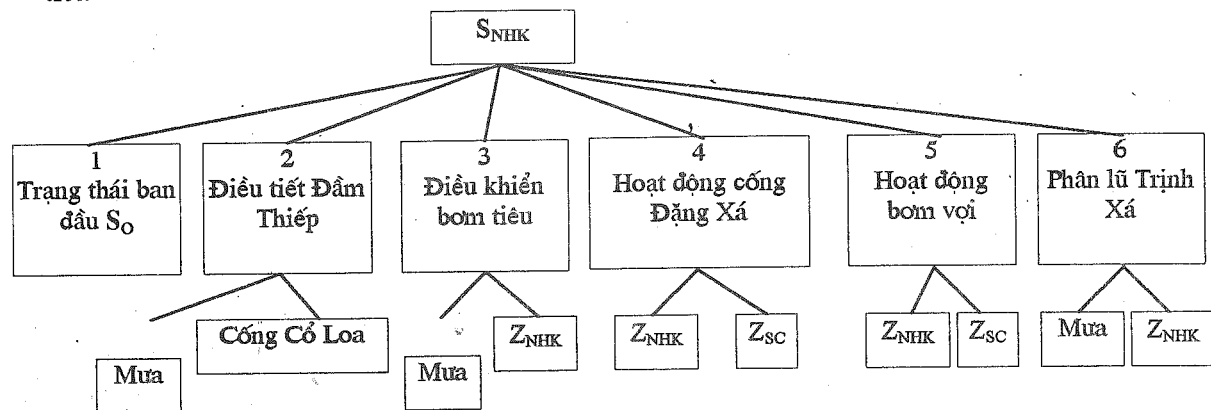
Như vậy, bài toán điều khiển hệ thống Ngũ Huyện Khê là xác định đường mặt nước S sao cho trong cả quá trình vận hành thời gian bơm vọt ít nhất, thời gian bơm tiêu lớn nhất cũng như diện tích úng ngập nhỏ nhất mà vẫn bảo đảm an toàn cho đê sông Ngũ Huyện Khê.

4. Các nhân tố quyết định đường mặt nước hệ thống

1. Đường mặt nước sông Ngũ Huyện Khê

Tên hình 2 biểu diễn các nhân tố quyết định đường mặt nước sông Ngũ Huyện Khê, gồm có 6 nhân tố như sau:

- **Trạng thái ban đầu S_0 :** là đường mặt nước ban đầu trước kỳ tiêu lũ, có thể gọi là mực nước trước lũ. Mực nước trước lũ S_0 là hệ quả của quá trình điều khiển, có thể được thiết lập một cách có chủ định. Trạng thái trước lũ của đường mặt nước sông Ngũ Huyện Khê có quan hệ với mực nước sông Cầu. Mực nước sông Ngũ Huyện Khê trước lũ luôn bám sát mực nước sông Cầu, chênh lệch mực nước hai sông không lớn. Nếu đưa hệ thống về một trạng thái trước lũ nào đó đòi hỏi trạm bơm Đặng Xá phải bơm nước ra sông Cầu. Việc này sẽ rất tốn kém và không hợp lý.
- **Điều tiết Đầm Thiếp:** là quá trình điều tiết tiêu úng bằng tự chảy của 8840 ha vùng trên Cổ Loa. Quá trình vào là mưa và quá trình ra là lưu lượng chảy qua cống Cổ Loa. Điều tiết Đầm Thiếp mang ý nghĩa điều khiển khi cống Cổ Loa trở thành cống điều tiết.



Hình 2: Các cơ chế điều khiển đường mặt nước sông Ngũ Huyện Khê

- **Điều khiển bơm tiêu:** đây là quá trình điều khiển tiêu úng cho vùng tiêu bằng động lực. Quá trình bơm tiêu còn tiếp tục khi mực nước sông Ngũ Huyện Khê chưa vượt quá giới hạn cho phép, chỉ còn phụ thuộc đơn thuần vào mưa.
- **Hoạt động của cống Đặng Xá:** cống đóng mở tự động nên không điều hành được. Gián tiếp có thể điều khiển qua mực nước sông Ngũ Huyện Khê, vì lưu lượng qua cống phụ thuộc mực nước sông Cầu và sông Ngũ Huyện Khê. Mực nước sông Ngũ Huyện Khê thay đổi được, tùy thuộc vào điều tiết Đầm Thiếp và điều khiển bơm tiêu. Cần điều hành sao cho cống Đặng hoạt động lâu nhất, bơm sẽ kinh tế nhất.
- **Hoạt động của trạm bơm Đặng Xá:** phụ thuộc vào mực nước sông Ngũ Huyện Khê và mực nước sông Cầu. Tồn tại một mực nước sông Ngũ Huyện Khê giới hạn $[Z_{NHK}]$ cho phép bắt đầu bơm vọt và cũng tồn tại một mực nước sông Cầu giới hạn

cho phép dùng bơm $[Z_{SC}]$. Hai thông số $[Z_{NHK}]$ và $[Z_{SC}]$ có vai trò quyết định hoạt động chiến lược của toàn hệ thống lại phụ thuộc vào những yếu tố sau:

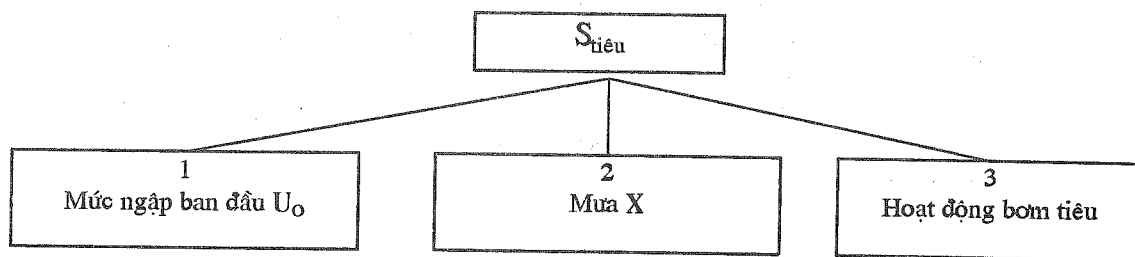
$$[Z_{NHK}] = f(\text{Mưa nội đồng } X, \text{ Lũ sông Cầu } H, \text{ Mức nước Ngũ Huyện Khê})$$

Trong mối quan hệ trên X và H là hai yếu tố cần nhận dạng. Nếu nhận dạng được chính xác có thể quyết định chiến lược điều khiển cùng thời điểm bắt đầu bơm vơi cũng như dùng bơm trước từng đợt mưa lớn.

- Phân lũ vào kênh Nam Trịnh Xá. Sự phân lũ chỉ xảy ra trong những đợt mưa rất lớn, mặc dù có sự phối hợp hoạt động của cống Cổ Loa, trạm bơm Đặng Xá, cống Đặng Xá vẫn không cản được mực nước sông Ngũ Huyện Khê vượt giới hạn cho phép.

2. Cao trình mực nước các ô ruộng

Các ô ruộng là các ô canh tác thường bị ngập úng mỗi khi mưa lớn. Cao trình mực nước các ô ruộng phụ thuộc vào 3 yếu tố (xem hình 3).



Hình 3: Các yếu tố điều khiển mực nước các ô ruộng

- Mức ngập ban đầu U_0 . Trong quá trình mưa và tiêu úng, cao trình mực nước trong các ô ruộng không ngừng thay đổi. Phụ thuộc vào địa hình, trong từng ô ruộng luôn luôn tồn tại một mức ngập xác định U_{max} mà vượt quá nó, các trạm bơm tiêu không đủ khả năng tiêu được trong một thời đoạn cho phép để đảm bảo cây trồng không chết mặc dù không còn mưa nữa. U_{max} là trạng thái tới hạn cần xác định. Hiệu $U_{max} - U_0$ là số đo quán tính của hệ thống.
- Mưa nội đồng. Mưa là một yếu tố rất khó dự báo, nhưng trong quá trình điều hành chỉ cần nhận dạng ra các lớp mưa: mưa to, mưa vừa, mưa nhỏ, và tương ứng với từng lớp mưa đó cần xác định mức độ hoạt động của hệ thống bơm tiêu, sao cho khi xảy ra những trận mưa cùng loại mức ngập trong ô đồng không vượt quá U_{max} .
- Hoạt động của hệ thống bơm tiêu: hoạt động của hệ thống bơm tiêu gắn bó với từng lớp mưa và điều kiện ban đầu U_0 . Ngoài điều kiện ngừng bơm tiêu từ phía mực nước sông Ngũ Huyện Khê, còn có những điều kiện ngừng bơm hoặc giảm bơm do quán tính của hệ thống quyết định.

IV. PHƯƠNG HƯỚNG GIẢI QUYẾT

1. Xây dựng mô hình tính toán: bao gồm các khối:

- + Khối mô hình điều tiết Đầm Thiếp;
- + Khối mô hình điều tiết các ô ruộng;

(xem tiếp trang 28)

- Sự gia tăng lưu lượng tại Phnôm Pênh trong mùa khô trong một phạm vi nào đó (mức độ gia tăng và thời gian gia tăng) làm giảm không nhiều độ mặn ở cửa sông (và mức độ giảm cũng tùy thuộc cửa sông) và vì thế vẫn có thể sử dụng mô hình một chiều trong trường hợp này.
- Các cửa sông ĐBSCL rất rộng, độ mặn bờ và độ mặn trung bình mặt cắt khác nhau nhiều, vì thế cần được lưu ý trong đo đạc độ mặn đại biểu.

Tài liệu tham khảo

1. Proceedings of the Regional Workshop on Oil Spill Modelling 31 May to 3 June 1966, Pusan, Republic of Korea.
2. Nguyen Tat Duc and Nguyen Minh Son (1992). Report on a coupling of one and two dimensional models for flow and salinity intrusion, UNDP Project VIE/87/020.
3. Các báo cáo của “Dự án dự báo mặn giai đoạn III”. 1995, Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ.
4. Nguyễn Tất Đắc (1987). Mô hình toán học không dừng, một chiều cho dòng chảy và xâm nhập mặn trên hệ thống kênh sông. Luận án Phó tiến sĩ khoa học toán lý.
5. Nguyễn Tất Đắc (1995). Báo cáo về sử dụng mô hình ghép nối 1-2 chiều trong dự báo mực nước, độ mặn tại các cửa sông Cửu Long. Dự án “Dự báo xâm nhập mặn Đồng Bằng Sông Cửu Long giai đoạn III”.

(tiếp theo trang 21)

- + Khối mô hình hoạt động của trạm bơm Đặng Xá;
 - + Khối mô hình hoạt động của công trình phân lũ Trịnh Xá;
 - + Khối mô hình diễn toán lũ trên sông Ngũ Huyện Khê;
 - + Khối mô hình dự báo và nhận dạng mực nước lũ trên sông Cầu tại Đặng Xá.
2. Xây dựng chiến lược điều khiển hệ thống
 - + Phân tích cơ chế mưa, phân lớp mưa;
 - + Xác định các độ ngập giới hạn U_{MAX} trong các ô ruộng;
 - + Xác định tập biểu đồ mô phỏng quan hệ:
$$[Z_{NHK}] = f(\text{Mưa nội đồng, Lũ sông Cầu H, Mực nước Ngũ Huyện Khê})$$

Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo tổng hợp qui hoạch thủy lợi hệ thống thủy nông Bắc Đổng -- Viện Qui hoạch và quản lý nước, Bộ NN và PTNT, 1989.
2. Trịnh Quang Hoà, Dương Văn Tiến. Đề cương dự án: “Xây dựng chương trình điều khiển hệ thống Ngũ Huyện Khê bằng sự trợ giúp của máy tính”. Bộ NN và PTNT, 1997.