

GIỚI THIỆU

1. Tính cấp thiết của nghiên cứu

Nước sạch là một trong những nhu cầu cơ bản nhất của cuộc sống con người. Tuy nhiên, vấn đề cung cấp nước không đảm bảo chất lượng đến người dân vẫn đang diễn ra và chưa có biện pháp kiểm soát hiệu quả. Từ năm 1974-2001, các dịch bệnh do nguồn nước uống đã xảy ra từ Bắc Mỹ đến Tây Âu, mặc dù những nước này có nền kinh tế giàu có và công nghệ xử lý hiện đại. Nổi bật như sự cố ô nhiễm nước uống ở Chicago-Mỹ năm 1933 làm cho 1409 người mắc bệnh lỵ trong đó 98 đã tử vong; tại Walkerton, Canada năm 2000 có 2300 bị viêm dạ dày, 7 người tử vong do uống phải nước bị ô nhiễm, tiêu tốn 64,5 triệu đô la của chính phủ, người dân phải sử dụng nước đóng chai trong 6 tháng sau đó vì mất niềm tin vào chất lượng nước cấp. Qua đây cho thấy trên hệ thống phân phối nước (HTPPN) luôn tồn tại nguy cơ bị ô nhiễm, dù nguồn ô nhiễm từ bên trong hay do bên ngoài tác động vào thì đều có ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng cũng như niềm tin của họ. Hơn thế nữa, nó còn tác động đáng kể đến nền kinh tế quốc gia do chi phí để chữa trị các loại bệnh gây ra do nước bị ô nhiễm là khá cao bao gồm cả chi phí y tế, mất nguồn nhân lực. Vì vậy, dự báo nguy cơ ô nhiễm trên HTPPN là vấn đề cấp thiết cần đưa ra khi thiết kế và quản lý hoạt động của hệ thống.

2. Ý nghĩa khoa học và tính thực tiễn của nghiên cứu

Ý nghĩa khoa học

Nghiên cứu được xây dựng trên nền tảng cơ sở lý luận, thực nghiệm và kế thừa kết quả nghiên cứu trong và ngoài nước, từ đó phát triển cho vấn đề nghiên cứu. Việc tính toán phân tích ba yếu tố nguy cơ đã ước lượng được mức độ ảnh hưởng của các yếu tố này tới sự kiện ô nhiễm nước trong đường ống, từ đó xây dựng nên mô hình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm. Đây chính là cơ sở và ý nghĩa khoa học của luận án. Bên cạnh đó, quá trình áp dụng mô hình đề xuất

cho các HTPPN thực tế đạt được kết quả tốt cũng đã đóng góp và làm phong phú thêm kiến thức chuyên ngành trong lĩnh vực này.

Tính thực tiễn của nghiên cứu

Đề xuất các mô hình toán nhằm dự báo giúp các nhà quản lý trong công tác đánh giá khả năng ống bị vỡ từ đó giảm thiểu tỉ lệ rò rỉ nước trên mạng lưới đường ống, xem xét quy trình vận hành đóng van để hạn chế khả năng xảy ra áp suất âm, giải quyết các giao cắt giữa ống cấp nước và thoát nước hiệu quả hơn, đồng thời đưa ra giải pháp bảo vệ môi trường nước trong ống không bị ô nhiễm.

Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở cho các công ty cấp nước tham khảo đưa ra chiến lược cấp nước an toàn cũng như lập kế hoạch nâng cao chất lượng nước cung cấp, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững phục vụ cộng đồng tốt hơn, tạo niềm tin cho các đối tượng sử dụng nước.

Xác định ô nhiễm nước trên HTPPN là vấn đề nhạy cảm và ảnh hưởng trực tiếp tới uy tín của công ty cấp nước nên rất khó để thực hiện các nghiên cứu thực nghiệm. Việc vận dụng hướng tiếp cận và phương pháp luận mà luận án đề xuất sẽ giải quyết được khó khăn này. Không những thế mô hình đề xuất còn ứng dụng được cho các HTPPN thực tiễn và đạt kết quả dự báo tốt.

3. Mục tiêu nghiên cứu

- Xác định được cơ sở khoa học cho việc xây dựng mô hình đánh giá khả năng xảy ra ba yếu tố nguy cơ và dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm.
- Đề xuất mô hình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm và quy trình thực hiện.

4. Phạm vi nghiên cứu

Vấn đề nghiên cứu được giới hạn trong các phạm vi sau:

- Nguyên nhân ô nhiễm từ bên trong đường ống có thể xem xét và khắc phục từ đầu nguồn hay kiểm soát nồng độ Clo nên nghiên cứu này chỉ đánh giá tác động từ bên ngoài HTPPN. Vi khuẩn, vi sinh vật hoặc virus tồn tại trong môi trường có khả năng truyền bệnh cho người sử dụng nước được gọi chung là nguồn ô

nhiễm bên ngoài, những nguồn này khi xâm nhập vào bên trong ống cấp sẽ làm nước bị ô nhiễm.

- Nghiên cứu cho HTPPN ở Việt Nam và có thể áp dụng cho các hệ thống đường ống có điều kiện tương tự.

- Điểm vỡ xuất hiện trên thành ống cấp nước trong điều kiện làm việc bình thường không xét tới vỡ tại các phụ tùng đầu nối hay do nguyên nhân bất thường như động đất thiên tai, công trình xây dựng,....

- Sự thay đổi của áp suất nước và âm của toàn HTPPN trong thời gian đóng van khi không có thiết bị điều áp.

- Xem xét một trường hợp nguồn ô nhiễm tiêu biểu là dòng thấm rò rỉ từ hệ thống thoát nước tồn tại ngay bên ngoài điểm vỡ trên thành ống cấp nước. Môi trường đất đặt ống được giả định là không bão hòa, đồng chất và đẳng hướng.

- Nghiên cứu không xét tới nồng độ chất ô nhiễm có khả năng ảnh hưởng tới ống cấp nước cũng như quá trình lan truyền chất ô nhiễm vào trong đường ống.

5. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp nghiên cứu sử dụng trong luận án bao gồm: Phương pháp kế thừa; Phương pháp thu thập, thống kê, tổng hợp thông tin số liệu; Phương pháp điều tra thực địa; Phương pháp mô hình toán; Phương pháp chuyên gia.

6. Cấu trúc luận án

Giới thiệu: Giới thiệu lý do lựa chọn đề tài và định hướng mục tiêu và phạm vi nghiên cứu.

Chương 1 Tổng quan các nghiên cứu liên quan: Tìm hiểu các nghiên cứu liên quan tới mục tiêu đã định hướng để từ đó xây dựng nội dung thực hiện để đạt được mục tiêu cụ thể.

Chương 2 Cơ sở lý thuyết và phương pháp luận: Trình bày cơ sở lý thuyết của các mô hình dự báo ống vỡ, mô hình mô phỏng áp suất âm và vùng thấm rò

ri từ cống thoát nước có khả năng gây ô nhiễm cho ống cấp nước và các bước thực hiện. Đồng thời giới thiệu các công cụ sử dụng cho các mô hình đề xuất.

Chương 3 Ứng dụng mô hình dự báo nguy cơ ô nhiễm cho HTPPN thực tế và thảo luận.

Kết luận và kiến nghị: Kết luận nội dung đã thực hiện, những đóng góp mới và hướng phát triển trong tương lai.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ DỰ BÁO NGUY CƠ HTPPN BỊ Ô NHIỄM

1.1 Khái niệm về nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

Kết quả nghiên cứu đều cho thấy rằng đặc điểm về hình dạng và kích thước của điểm vỡ trên thành ống có ảnh hưởng lớn tới lưu lượng dòng chảy ô nhiễm. Tuy nhiên, dù kích thước các điểm vỡ khác nhau thì khả năng nước trong ống bị ô nhiễm vẫn xảy ra khi xuất hiện áp suất âm và bên ngoài có nguồn ô nhiễm. Như vậy, nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm là khi cùng lúc xuất hiện ba yếu tố nguy cơ: ống vỡ, áp suất âm trên ống và nguồn ô nhiễm tồn tại bên ngoài điểm vỡ. Cần đánh giá được cả ba yếu tố nguy cơ này thì mới dự báo được khả năng chất ô nhiễm xâm nhập vào HTPPN.

1.2 Đánh giá ba yếu tố nguy cơ dẫn đến HTPPN bị ô nhiễm

1.2.1 Nguy cơ vỡ ống trên HTPPN

Qua các nghiên cứu cho thấy ống vỡ không chỉ do ăn mòn mà còn do tác động của tải trọng làm việc, đặc điểm của vật liệu ống và lịch sử vỡ, cần xem xét các biến đại diện cho các yếu tố này để đưa vào mô hình dự báo ống vỡ. Trong các mô hình dự báo thì mô hình hồi quy logistic cho kết quả tốt và có khả năng đánh giá trực tiếp hiện tượng vỡ hay không vỡ của ống cấp nước tuy nhiên hiệu quả mô hình cần tiếp tục được cải thiện độ chính xác của kết quả dự báo.

1.2.2 Nguy cơ áp suất âm trên xuất hiện trên ống cấp nước

Luận án sử dụng phương pháp mô hình hóa để nghiên cứu HTPPN thực tế. Tổng quan các nghiên cứu trước đây cho thấy phần mềm HAMMER là công cụ

hữu ích khi nghiên cứu áp suất âm sinh ra do đóng van trên đường ống cấp nước phức tạp.

1.2.3 Nguy cơ ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm tới ống cấp nước

Theo quy định hiện hành, khoảng cách tối thiểu giữa ống cấp nước và thoát nước đô thị là 0,5-1m, tuy nhiên ngoài thực tế khi cải tạo, mở rộng mạng lưới cấp nước vẫn có trường hợp phải luồn ngay phía dưới ống thoát nước và không đảm bảo khoảng cách như quy định. Khi nước trong công thoát nước rò rỉ ra ngoài thì khoảng cách này không còn đảm bảo an toàn và các chất ô nhiễm trong nước thải có khả năng xâm nhập vào ống cấp nước. Vậy nên, kế thừa kết quả của nghiên cứu trước, trong luận án này sẽ xác định khả năng ô nhiễm của ống cấp nước nằm trong vùng thấm rò rỉ từ công thoát nước.

1.3 Dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

Tổng quan các nghiên cứu về khả năng chất ô nhiễm xâm nhập vào HTPPN cho thấy các tác giả đã sử dụng các mô hình không chắc chắn, mô hình số D hay logic mờ tuy nhiên các điều kiện đưa vào mô hình cần được cải thiện như phân tích trong Bảng 1.1.

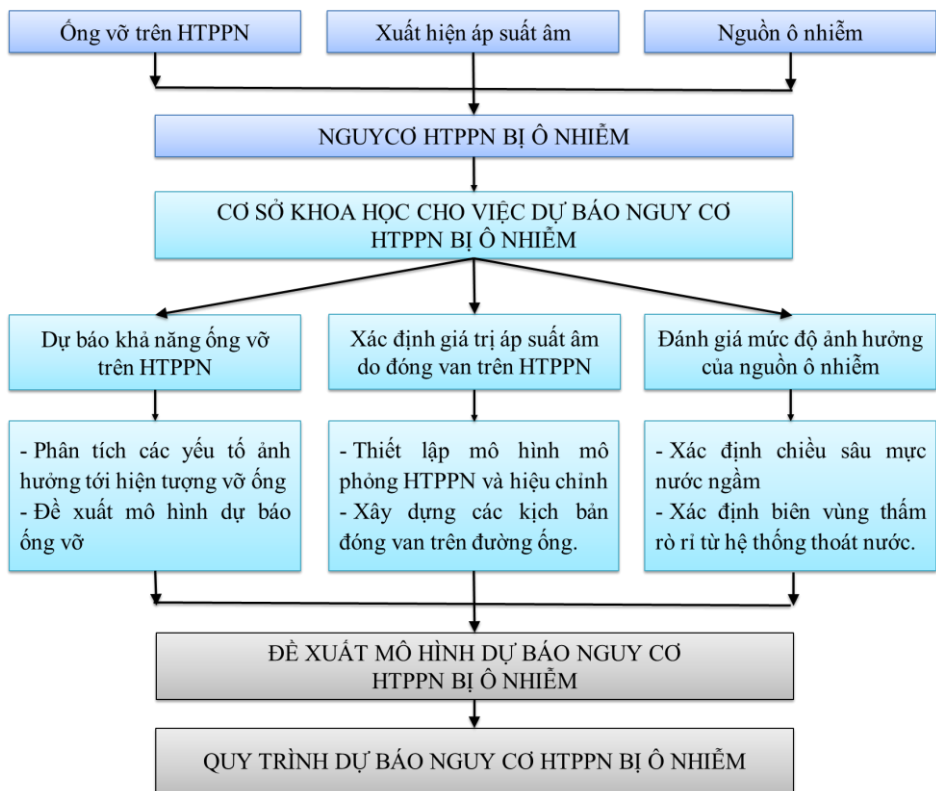
Bảng 1.1 Nghiên cứu dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

Đặc điểm	Nghiên cứu đã thực hiện	Trong nghiên cứu này
Nguy cơ ống vỡ trên HTPPN		
Nguyên nhân	Ăn mòn Điều kiện hoạt động Vật liệu ống	Ăn mòn Tải trọng tác dụng Đặc điểm vật lý của ống Lịch sử ống vỡ
Khả năng vỡ ống	Chiều dày còn lại	Thống kê hiện tượng ống vỡ
Nguy cơ ảnh hưởng của áp suất âm		
Độ lớn áp suất âm	Không được xác định	Xác định bằng mô hình thí nghiệm và phần mềm
Nguy cơ ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm		
Nguồn ô nhiễm	Cống thoát nước bị vỡ Khu vực trữ nước trên mặt đất	Giả định dòng chảy nước ngầm bị ô nhiễm và dòng thấm rò rỉ từ hệ thống thoát nước.

Vùng ảnh hưởng	Lý thuyết thấm của Harr	Lý thuyết thấm của Harr Phương trình biên thấm của Vairavamoorthy
Khả năng ảnh hưởng	Logic mờ	Lựa chọn dạng hàm thuộc của tập mờ
Dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm		
Lý thuyết áp dụng	Dempster-Shafer Số D Logic mờ	Lựa chọn tập mờ phù hợp với đối tượng nghiên cứu và áp dụng logic mờ
Mô hình dự báo	Không có	Mô hình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

1.4 Nội dung nghiên cứu

Nội dung thực hiện như Hình 1.1.



Hình 1.1 Nội dung nghiên cứu

1.5 Kết luận chương 1

Tổng quan các nghiên cứu trước đây nghiên cứu đã cho thấy trong điều kiện hoạt động bình thường của HTPPN các điểm vỡ (1) trên đường ống cấp nước có xu hướng đưa nước ra khỏi đường ống và hình thành dòng chảy rò rỉ tuy nhiên đó là trường hợp áp suất nước trong đường ống có giá trị dương. Xét cho trường hợp áp suất có giá trị âm (2) thì tại vị trí ống vỡ chất lỏng lại có xu hướng bị hút vào bên trong ống cấp nước, giả sử môi trường bên ngoài đường ống bị ô nhiễm (3) thì khả năng chất ô nhiễm đi vào đường ống là hoàn toàn có thể xảy ra. Như vậy, để xây dựng mô hình dự báo nguy cơ chất ô nhiễm xâm nhập vào HTPPN cần ước lượng khả năng xuất hiện của cả ba yếu tố (1) (2) (3) cùng lúc. Các nội dung này sẽ được giải quyết trong các chương tiếp theo.

CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP LUẬN

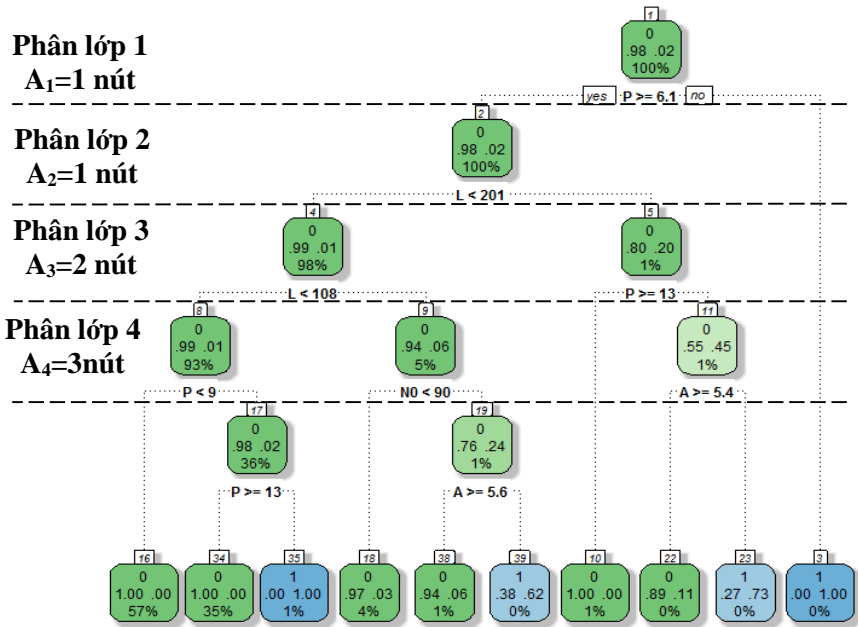
2.1 Đánh giá ba yếu tố nguy cơ dẫn đến ô nhiễm nước trên HTPPN

2.1.1 Dự báo khả năng ống vỡ trên HTPPN

Để xác định hiện tượng vỡ ống trên HTPPN cần biết được nguyên nhân dẫn đến vỡ ống cũng như các yếu tố liên quan tới hiện tượng này. Nghiên cứu thực hiện thu thập số liệu vỡ ống thực tế từ đó tổng hợp và đánh giá số liệu. Sau khi số liệu được chuẩn hóa sẽ được sử dụng để kiểm chứng mô hình dự báo trong phần mềm R.

Các yếu tố ảnh hưởng tới ống vỡ được xem xét trong luận án bao gồm các đặc trưng vật lý của hệ thống đường kính, chiều dài, vật liệu ống (D, L, Mat), chỉ số độ tuổi (A) và giá trị áp suất trung bình làm việc của ống (P), vị trí tuyến đường đặt ống (R), số đoạn ống kết nối trên một tuyến ống (N0), tổng chiều dài ống trong một vùng cấp nước (DMA) và số lần vỡ trước đây (Prior) cũng được khảo sát để đưa vào mô hình thống kê. Bằng mô hình hồi quy logistic và mô hình cây quyết định (Hình 2.2) nghiên cứu dự báo khả năng ống vỡ qua tập số liệu thống kê ống vỡ/không vỡ và các yếu tố ảnh hưởng này.

Ưu điểm của cây quyết định là có thể loại bỏ các giá trị ngoại vi (Outlier) ra khỏi hệ thống, mỗi giá trị này sẽ bị cô lập tại các nút riêng lẻ. Mô hình cây quyết định được gọi là mô hình phi tham số nên khi sử dụng không có những ràng buộc giữa các biến số cũng như cho từng biến số và với cả những bộ dữ liệu có giá trị rỗng.



Hình 2.1 Mô hình cây quyết định phân lớp %

2.1.1 Xác định áp suất âm do đóng van trên HTPPN

Áp suất âm lớn nhất sinh ra do đóng van trên HTPPN được xác định theo phương pháp mô hình hóa, để đảm bảo độ chính xác và tăng hiệu suất của mô hình, nghiên cứu đề xuất phương pháp để xây dựng mô hình như sau:

- Thí nghiệm trên quy mô mạng lưới đường ống nhỏ trước để có khái niệm về các giá trị cần hiệu chỉnh mô hình mô phỏng.
- Ước lượng vị trí đóng van hiệu quả để xác định giá trị áp suất âm lớn nhất có khả năng xuất hiện trên từng ống cấp nước.

Cơ sở lý thuyết tính toán nước va trong phần mềm HAMMER

Nước va được xem xét trên giả thiết nước là một chất lỏng nén được và vật liệu ống trên mạng lưới có khả năng đàn hồi. Dòng chảy nước va được coi là trường hợp dòng chảy không ổn định biến đổi theo thời gian nên mô phỏng dòng chảy nước va thường được mô phỏng bằng phương trình vi phân theo thời gian và không gian.

$$\text{Phương trình liên tục} \quad : \quad \frac{a^2}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial t} = 0 \quad (2.16)$$

$$\text{Phương trình động lượng} \quad : \quad g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{fV|V|}{2D_t} + \frac{\partial V}{\partial t} = 0 \quad (2.17)$$

Trong đó: V - Vận tốc dòng chảy

H - Tổng cột nước so với mặt chuẩn

f - Hệ số ma sát thành ống

D_t - Đường kính trong của ống

g - Gia tốc trọng trường

t - Biến thời gian

x - Biến không gian dọc theo chiều dài ống dẫn.

Tác giả Wylie and Streeter cũng đề xuất sử dụng phương pháp đặc trưng để giải hai phương trình (2.16) và (2.17), từ đó xác định giá trị áp suất và lưu lượng nước va theo thời gian. Lý thuyết này đã được áp dụng trong phần mềm HAMMER của công ty Bentley, cho phép quan sát diễn biến của hiện tượng nước va tại từng điểm trên đường ống. Luận án sẽ sử dụng phần mềm này để nghiên cứu cho HTPPN thực tế.

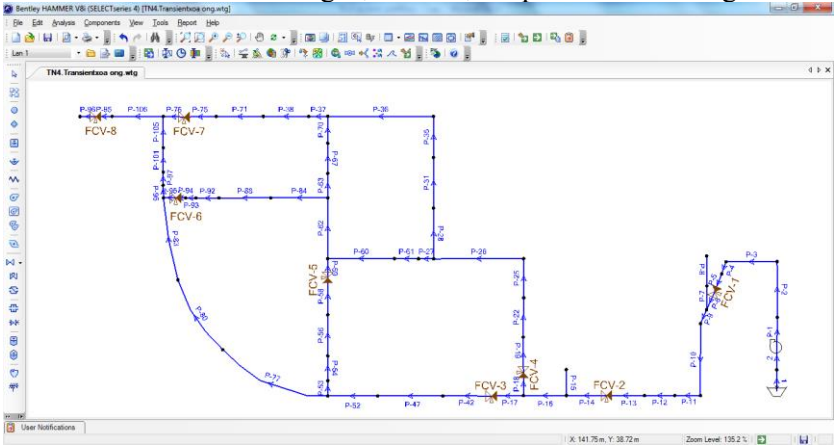
Thiết kế thí nghiệm và mô hình mô phỏng trên phần mềm HAMMER

Mô hình thí nghiệm thiết lập tại sân mô hình của Khoa Xây Dựng trường Đại Học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh (Hình 2.6). Mạng lưới đường ống

tổng chiều dài 78,76m bao gồm các đoạn ống có đường kính từ 15mm đến 140 mm, vật liệu HDPE và PVC với 4 vòng trên diện tích 70m², bơm nước từ bể chứa nước ngầm và có hệ thống kênh dẫn thu gom đưa trở về bể chứa.



Hình 2.6 Mô hình thí nghiệm xác định áp suất âm do đóng van



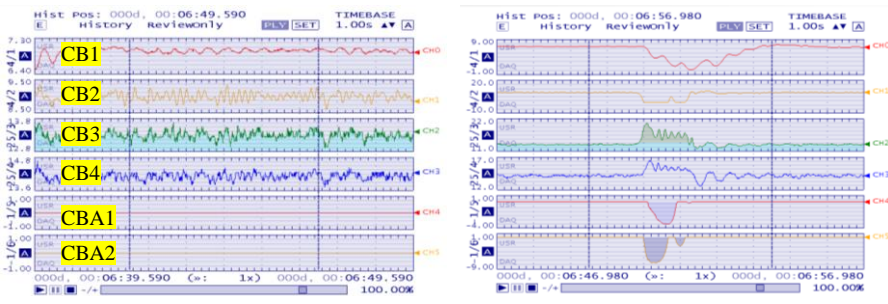
Hình 2.7 Mô hình mô phỏng thí nghiệm đóng van

Hiệu chỉnh mô hình HAMMER

Các giá trị cột áp đo bằng thực nghiệm đưa vào hiệu chỉnh, kết quả đưa ra giá trị hệ số nhám cho từng ống trong mô hình. Sau hiệu chỉnh, các nút trong mạng lưới thí nghiệm có giá trị cột áp nhỏ hơn 2%-4% và lớn hơn từ 4%-5% so với mô hình HAMMER. Đây là khoảng sai số chấp nhận được giữa mô hình và thực tế nên mô hình HAMMER sẽ được áp dụng để mô phỏng các kịch bản đóng van trên mạng lưới.

Kiểm định mô hình HAMMER

Bố trí 6 cảm biến đầu giữa và cuối mạng lưới, mở bơm cho mạng lưới chạy ổn định, quan sát tín hiệu cảm biến đưa về phù hợp với các thí nghiệm trước thì tiến hành đóng van đầu mạng lưới trong thời gian 5s. Thực nghiệm tiến hành 3 lần so sánh kết quả cho thấy sai khác không đáng kể. Hình 2.11 là hình ảnh ghi lại từ chương trình đọc tín hiệu cảm biến trên máy tính có kết nối với thiết bị đo áp với trục đứng là giá trị cột áp đo được trên đường ống và trục ngang là thời gian đo. Nước va xuất hiện và dao động trong khoảng 10s, áp suất âm sau van xuất hiện sớm hơn và lớn hơn trước van.



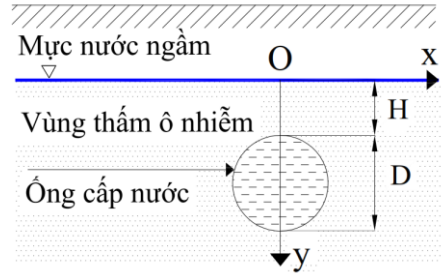
Hình 2.11 Tín hiệu cảm biến đo áp suất trước và sau đóng van FCV-3

Kết luận về vị trí đóng van để xác định áp suất âm lớn nhất

Tiến hành các kịch bản đóng van khác nhau, so sánh giá trị cột áp âm sau van giữa thực nghiệm và mô phỏng cho thấy độ lớn của áp suất âm khi đóng van. Kết quả cho thấy các kịch bản đóng van để xác định áp suất âm lớn nhất có khả năng xuất hiện trên HTPPN sẽ được mô phỏng trên ống chính tại ba khu vực đầu, giữa và cuối mạng lưới.

2.1.2 Đánh giá nguy cơ ảnh hưởng của dòng chảy rò rỉ từ cống thoát nước

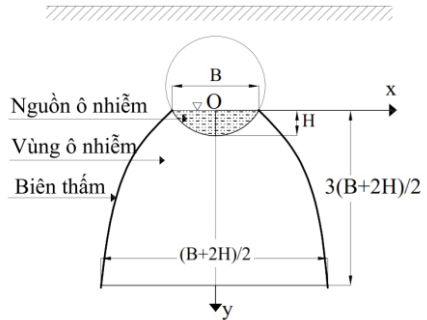
Khi nước ngầm bị ô nhiễm nằm ngay bên ngoài điểm vỡ trên thành ống cấp nước sẽ xuất hiện nguy cơ ô nhiễm xâm nhập vào bên trong ống. Như vậy, mực nước ngầm nằm cao hơn đỉnh ống cấp nước (Hình 2.19), tương quan giữa giá trị H là khoảng cách từ mực nước ngầm đến đỉnh ống và đường kính ống cấp nước D sẽ quyết định khả năng chất ô nhiễm có thể xâm nhập vào bên trong ống ở mức thấp, trung bình hay cao



Hình 2.2 Mực nước ngầm nằm cao hơn ống cấp nước

Dòng thấm rò rỉ từ cống thoát nước có mặt cắt ngang như Hình 2.3, trong đó B , H lần lượt là chiều rộng mặt thoáng và chiều sâu nước trong cống thoát nước.

Dòng chảy rò rỉ từ cống thoát nước là dòng không bão hòa và giới hạn bởi biên thấm như Hình 2.19. Khi chiều sâu dòng thấm $y=3(B+2H)/2 \rightarrow \infty$ thì chiều rộng dòng thấm gần như không đổi $x=(B+2H)/4$, theo Vairavamorthy phương trình biên thấm là:



Hình 2.21 Vùng thấm ô nhiễm

$$x = \frac{(B+2H)/2 - H \cdot e^{\frac{-\pi}{(B+2H)y}}}{2}$$

2.2 Dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

2.2.1 Lý thuyết logic mờ

Định nghĩa Tập mờ A trong miền xác định U với các giá trị u thuộc miền U được xác định: $A = \{ \mu_A(u) \mid u : u \in U, \mu_A(u) \in [0, 1] \}$ trong đó hàm thuộc $\mu_A(u) : U \rightarrow [0, 1]$ được gọi là độ thuộc của phần tử u thuộc về tập mờ A .

Logic mờ được phát triển trên lý thuyết tập mờ và lý thuyết logic cổ điển nên nó bao gồm toàn bộ các tính chất của tập mờ và thực hiện lập luận một cách

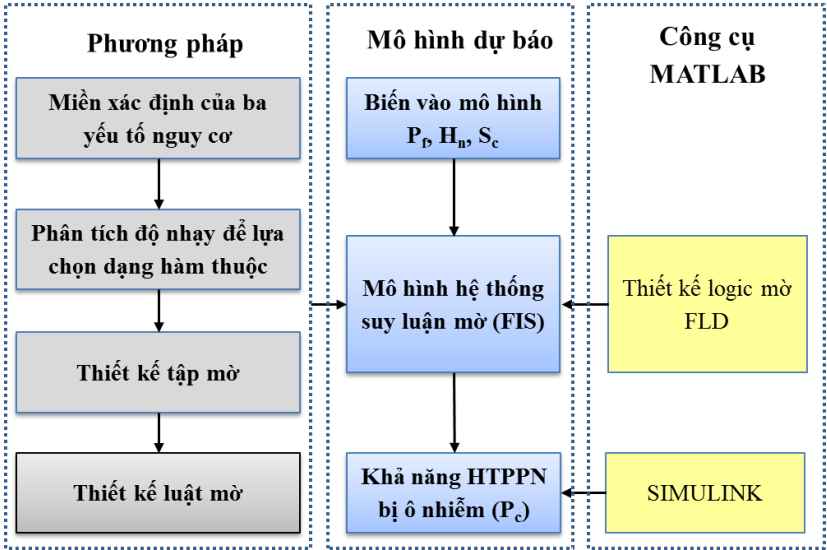
xấp xỉ thay vì lập luận chính xác như trong logic cổ điển. Tập mờ được xác định bởi các yếu tố là miền xác định, chiều cao tập mờ và dạng hàm thuộc.

2.2.2 Phần mềm MATLAB và công cụ thiết kế

MATLAB là phần mềm dùng ngôn ngữ lập trình để xử lý số liệu có tích hợp các thư viện ToolBox và công cụ hỗ trợ SIMULINK giúp việc thiết kế, mô phỏng dễ dàng hơn, giảm được thời gian tính toán cũng như tăng tính tin cậy của kết quả.

2.2.3 Mô hình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

Mô hình hệ thống suy luận mờ FIS được xây dựng trên cơ sở lý thuyết logic mờ từ đó đưa vào mô hình dự báo nguy cơ như Hình 2.33. Với ba giá trị của biến đầu vào P_f - khả năng ống vỡ, H_n - giá trị áp suất âm, S_c - mức độ ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm.



Hình 2.33 Mô hình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

Phân tích độ nhạy của hàm thuộc cho biến nghiên cứu

Các dạng hàm thuộc khác nhau thì đặc điểm tập mờ cũng khác nhau, trong khi, các yếu tố nghiên cứu được xem xét có trọng số đóng góp như nhau trong một

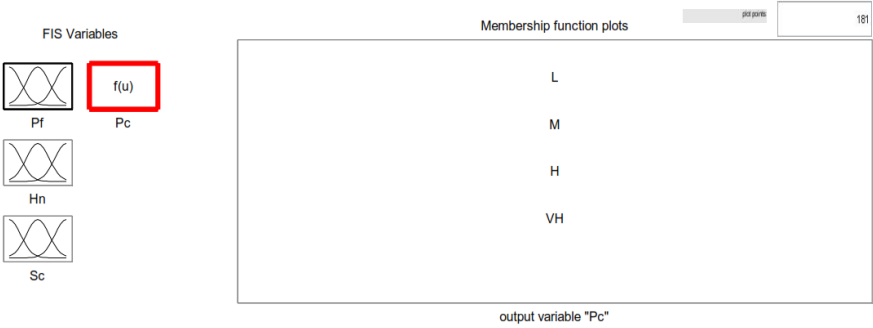
tập mờ vậy nên cần một cơ sở phù hợp để lựa chọn các hàm thuộc có độ biến thiên càng nhỏ càng tốt. Tác giả Hung Nguyen đã đề xuất khái niệm độ nhạy trung bình để đo lường sự biến thiên của các giá trị hàm thuộc trong tập mờ A có miền xác định $[a,b] \rightarrow [0,1]$:

$$S(A) = \frac{1}{b-a} \int_a^b \left(\frac{d\mu_A(u)}{du} \right)^2 du \tag{2.28}$$

Áp dụng phương trình phân tích độ nhạy S(A) cho bảy dạng hàm thuộc tam giác (Trimf), hình thang (Trapmf), hình L (Lmf), Gamma tuyến tính (Gmf), Gaussian (Gaufmf), Sigmoidal dạng S (Smf), Sigmoidal dạng Z (Zmf). Kết quả cho thấy ba dạng hàm thuộc Gaufmf, Zmf, Smf là phù hợp cho biến nghiên cứu. Hơn nữa, những dạng hàm thuộc này có thể sử dụng cho các giá trị thực như H_n và cả những giá trị không thứ nguyên như P_f, S_c .

Mô hình hệ thống suy luận mờ (mô hình FIS)

Mô hình FIS được phát triển từ lý thuyết logic mờ, cấu trúc mô hình bao gồm các đầu vào, đầu ra là các giá trị thực nhưng không có mối liên hệ toán học nên cần một bộ xử lý số liệu trung gian để mờ hóa ngõ vào và sử dụng các luật mờ, luật suy diễn xấp xỉ để xác định giá trị biến ra. Tập mờ của ba yếu tố nguy cơ được thiết kế bằng công cụ FLD-MATLAB.



Tập mờ Thấp (Low) – L	Tập mờ Trung bình (Medium) – M	Tập mờ Cao (High) – H	Tập mờ Rất cao (Very High) – VH
0,25	0,50	0,75	1

Hình 2.40 Khả năng chất ô nhiễm xâm nhập HTPPN

Theo luật mờ TS thì giá trị đầu ra là một giá trị thực và tương ứng với một luật mờ sẽ có một trị ngõ ra. Tương ứng với bốn tập mờ L-M-H-VH sẽ có 4 giá trị thực ở ngõ ra. Khi đưa thông tin vào công cụ FLD các hằng số này được quy ước tương ứng với mức độ thuộc lớn nhất (=1) trong tập mờ như Hình 2.40.

Từ các 4 tập mờ trong yếu tố ống vỡ, 3 tập mờ trong hai yếu tố còn lại là khả năng ảnh hưởng của áp suất âm và nguồn ô nhiễm thì tổng số luật mờ hình thành là $4 \times 3 \times 3 = 36$ luật. Các luật mờ là cơ sở để ra quyết định cho biến ngõ ra là khả năng đường ống trên HTPPN bị chất ô nhiễm xâm nhập (P_c).

2.2.4 Mô hình FIS (Sc) xác định khả năng ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm

Góc tọa độ xOy được đặt ở trung điểm của mặt nước trong cống thoát nước, tọa độ (x,y) của mỗi ống cấp nước trong mô hình. Xác định khả năng ảnh hưởng của vùng ô nhiễm tới ống cấp nước bằng cách nhập các cặp tọa độ (x,y) vào ô Input của công cụ FLD sẽ hiển thị một giá trị Sc tương ứng.

2.2.5 Kiểm định mô hình dự báo nguy cơ

Để xác thực khả năng làm việc của mô hình dự báo luận án thực hiện so sánh kết quả chạy mô hình dự báo và tính toán thủ công cho một đoạn ống. Kết quả cho thấy mô hình giống và tính toán là giống nhau, vậy mô hình làm việc chính xác theo các nguyên tắc được lập trình.

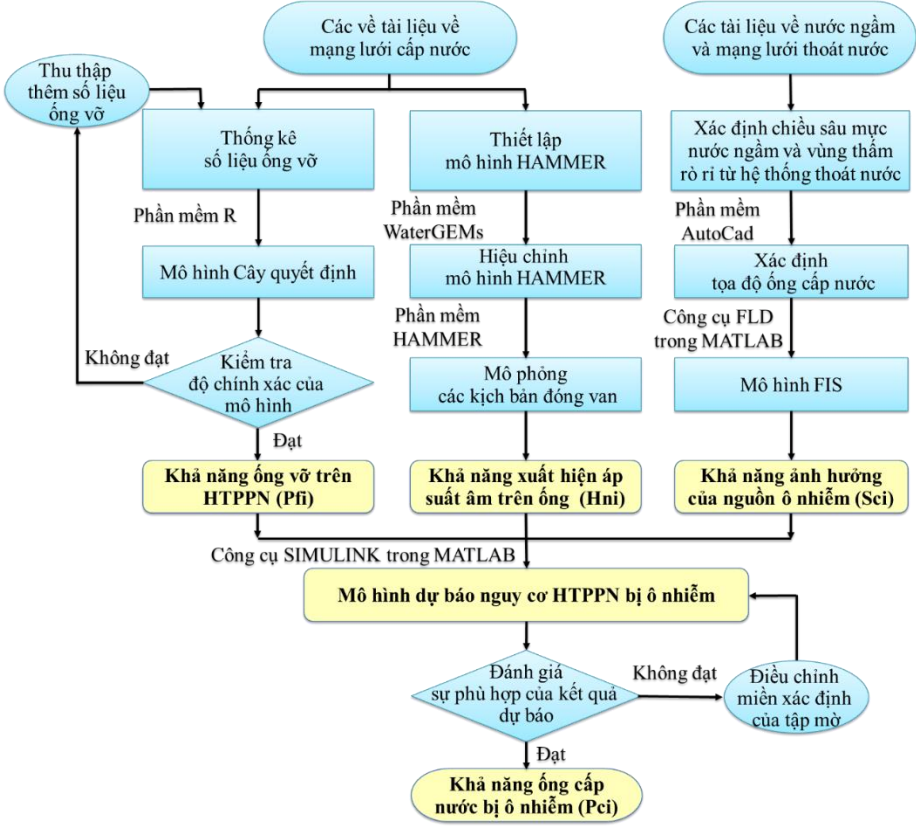
2.3 Đề xuất quy trình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

Luận án đề xuất quy trình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm như Hình 2.44.

2.4 Kết luận chương 2

Chất ô nhiễm xâm nhập vào hệ thống là tổng hợp của ba yếu tố nguy cơ, trong chương này đã đưa ra cơ sở lý thuyết từ đó phát triển mô hình dự báo nguy cơ ống vỡ và mô hình xác định độ lớn của áp suất nước va âm, yếu tố nguy cơ thứ ba là vùng thấm của dòng chảy rò rỉ từ cống thoát nước được mô phỏng bằng phương trình toán học. Từ đó đề xuất mô hình dự báo HTPPN bị ô nhiễm sử dụng lý thuyết logic mờ và đánh giá độ nhạy hàm thuộc của ba biến nghiên cứu.

Kết quả đã đưa ra hàm dạng Gaussian và Sigmoidal phù hợp cho biến nghiên cứu hơn là dạng tam giác, L, Gamma tuyến tính hay hình thang. Sử dụng công cụ SIMULINK trong phần mềm MATLAB nghiên cứu đã xây dựng mô hình và quy trình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm.



Hình 2.44 Quy trình dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm

CHƯƠNG 3 XÂY DỰNG MÔ HÌNH DỰ BÁO NGUY CƠ Ô NHIỄM CHO HTPPN THỰC TẾ VÀ THẢO LUẬN

Tổng hợp hai yếu tố nguy cơ kết hợp nguồn ô nhiễm tồn tại bên ngoài ống dẫn là yếu tố đầu vào cho mô hình dự báo nguy cơ hệ thống phân phối nước (HTPPN) bị ô nhiễm. Áp dụng mô hình đề xuất cho HTPPN của ba khu vực:

1. Quận Hải Châu - Thành phố Đà Nẵng

2. Quận Ninh Kiều - Thành phố Cần Thơ

3. Khu vực Long Điền - Tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu.

Kết quả mô hình dự báo hướng tới là xác định được khả năng ô nhiễm cho từng đường ống trên HTPPN.

3.1 HTPPN quận Hải Châu, thành phố Đà Nẵng

Quận Hải Châu là một quận thuộc thành phố Đà Nẵng có độ tuổi ống trên mạng lưới là lớn nhất (hơn 36 tuổi) và ống dẫn đa dạng nên luận án lựa chọn khu vực này để nghiên cứu.

3.1.1 Dự báo khả năng ống bị vỡ

Số liệu khảo sát được thu thập từ mạng lưới phân phối của quận Hải Châu có tổng chiều dài mạng lưới là 158,43 km ống km bao gồm các vật liệu khác nhau. Kết quả thống kê số lần vỡ qua các năm cho thấy giá trị này có xu thế tăng theo chiều dài ống.

Lựa chọn và kiểm tra dữ liệu sử dụng cho mô hình dự báo

Các yếu tố ảnh hưởng tới sự kiện vỡ ống bao gồm độ tuổi ống A(năm), số điểm đầu nối trên một tuyến N0, vật liệu ống Mat, đường kính ống D(mm), áp suất làm việc của đoạn ống P(m), chiều dài L(km), mã tuyến đường đặt ống R, tổng chiều dài trong một DMA La(km), số lần vỡ ống trong lịch sử Prior và số liệu ống vỡ F quận HC bao gồm 1979 hàng x10 cột. Dữ liệu khảo sát được đưa vào mô hình hồi quy logistic và mô hình cây quyết định bằng phân tích trong phần mềm R với hàm glm và rpart. Dữ liệu đưa vào được phân chia thành hai phần, phần 1 có 70% số liệu để huấn luyện cho mô hình đề xuất và 30% số liệu còn lại được sử dụng để kiểm tra mô hình.

Kiểm chứng mô hình hồi quy logistic

Mẫu nghiên cứu được chia thành hai nhóm: ống vỡ và không vỡ tương ứng với các giá trị nhị phân 0|1 kết hợp với 9 yếu tố ảnh hưởng độc lập, trong hồi quy logistic mỗi biến này đều có thể tương quan tuyến tính với biến phụ thuộc. Kết quả kiểm tra cho thấy biến ống vỡ được thể hiện tốt nhất qua độ tuổi, vật liệu,

áp suất làm việc chiều dài ống dẫn, tổng chiều dài đường ống trong một khu vực và lịch sử vỡ.

Theo thang đo độ tin cậy, khả năng ống vỡ $P_f = 95\%$ được cho là mô hình dự báo tốt vậy nên các ống cấp nước được mô hình dự báo có khả năng vỡ lớn hơn 95% được cho là vỡ thật ngoài thực tế, ngược lại những ống có $1 - P_f \leq 5\%$ được cho là không vỡ. So sánh kết quả chạy mô hình với số liệu thực tế thì dự báo sai $15/594 = 2,5\%$ cho thấy mô hình đề xuất có độ tin cậy cao tuy nhiên để đánh giá chính xác chất lượng của mô hình dự báo trong lĩnh vực thống kê thường sử dụng hai tiêu chí là đường cong ROC (Receiver Operating Characteristic Curve) và chỉ số AUC (Area Under Curve). AUC được tính toán bằng hàm `auc` trong phần mềm R cho thấy kết quả dự báo ống vỡ cho quận Hải Châu được chấp nhận ở mức độ tốt.

Kiểm chứng mô hình cây quyết định (DT)

Mô hình DT xây dựng trong phần mềm R với hàm `rpart`, kết quả mô phỏng được thể hiện như một cây nhị phân. Dự báo khả năng xảy ra ống vỡ theo 9 yếu tố ảnh hưởng trong tập số liệu thống kê của mô hình logistic, cây quyết định ban đầu với đầy đủ các số liệu trong tập thống kê, sau đó được giản lược các biến không quan trọng và có được cây tối ưu.

Kiểm tra sự phù hợp giữa kết quả mô hình và số liệu thực tế

So sánh kết quả dự báo khả năng ống vỡ của mô hình cây quyết định với số liệu thực tế cho thấy mô hình dự báo đúng $97,8\%$. Đường cong ROC của mô hình cây quyết định có tiêu chuẩn $AUC = 0,89$ nằm trong giới hạn rất tốt vậy khả năng dự báo tốt hơn mô hình hồi quy logistic ($AUC = 0,849$).

Áp dụng hai mô hình cho tập số liệu quận Hải Châu đều chỉ ra các biến liên quan tới vỡ ống bao gồm A, Mat, D, La, Prior, L, P, trong đó mô hình DT có khả năng dự báo ống vỡ tốt hơn mô hình hồi quy logistic. Vậy nên trong các khu vực áp dụng sau sẽ chỉ sử dụng mô hình cây quyết định để dự báo khả năng ống vỡ.

3.1.2 Xác định độ lớn của áp suất âm trên DMA - HC05 quận Hải Châu

HTPPN quận Hải Châu được quản lý theo 5 khu vực cấp nước (DMA), DMA HC05 nằm ở vị trí nguồn cấp nước vào của quận Hải Châu và khu vực này có áp suất tương đối ổn định, đây cũng là khu vực cung cấp nước rộng nhất so với các DMA còn lại, vậy nên nghiên cứu lựa chọn DMA này để xác định giá trị áp suất âm. Bằng công cụ Darwin Designer trong WaterGEMs giá trị áp suất thực đo và mô hình mô phỏng sau khi hiệu chỉnh chênh lệch từ -0,6m đến 1,01m với hệ số Hazen Williams C được cân chỉnh. Các kịch bản đóng van của HTPPN HC05 mô phỏng bằng phần mềm HAMMER được thực hiện với mục đích xác định giá trị áp suất âm lớn nhất có khả năng xuất hiện do đóng van trên từng đoạn ống. Vị trí mô phỏng hiện tượng đóng van được xác định dựa trên các đặc điểm được rút ra từ mô hình thực nghiệm. Kết quả mô phỏng cho biết các giá trị áp suất âm lớn nhất có khả năng xuất hiện trên từng tuyến ống.

3.1.3 Đánh giá ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm

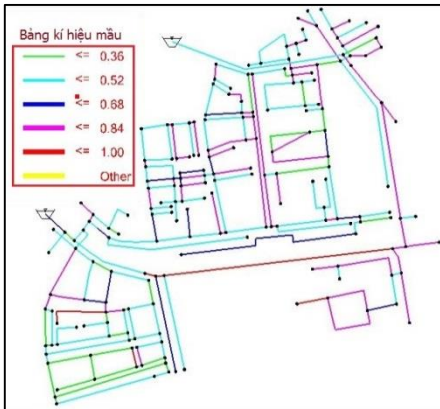
Theo tài liệu của Bộ Tài Nguyên và Môi Trường [85] mực nước ngầm tại thành phố Đà Nẵng dao động trong khoảng từ 1,86m đến 4,34m so với mặt đất, chủ yếu nằm trong tầng chứa nước lỗ rỗng các trầm tích Holocen. Như vậy, nếu ống cấp nước đường kính $D = 0,2$ m được đặt ở độ sâu 2 m so với mặt đất thì khoảng cách từ mực nước ngầm cao nhất đến đỉnh ống là $H = 2 \text{ m} - 1,86 \text{ m} = 0,16 \text{ m}$. Lúc này, $0,5D = 0,1 \text{ m} < H < 1,5D = 0,3 \text{ m}$ vậy khả năng chất ô nhiễm xâm nhập vào ống được đánh giá ở mức độ trung bình.

Hệ thống thoát nước thải hiện có ở quận Hải Châu nói riêng và của thành phố Đà Nẵng chủ yếu là hệ thống thoát nước chung với hệ thống thu gom chính chạy dọc sông Hàn. Theo hồ sơ thiết kế mạng lưới thoát nước của DMA HC05 của quận Hải Châu, kết hợp với vị trí lắp đặt ống cấp nước trong khu vực nghiên cứu xác định được tọa độ (x,y) cho từng ống cấp nước

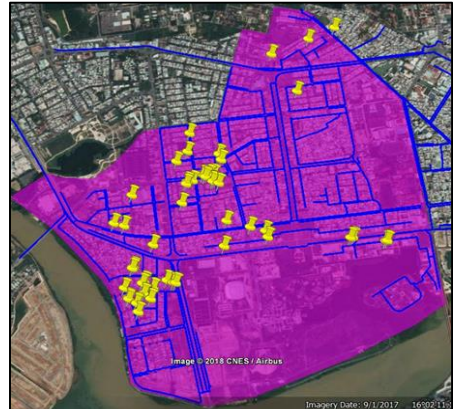
3.1.4 Dự báo nguy cơ HTPPN bị ô nhiễm cho DMA HC05

Ba giá trị P_r , H_n , S_c của các tuyến ống được đưa vào mô hình dự báo khả năng ô nhiễm P_c cho từng ống với giá trị nằm trong khoảng từ 1% đến 100% được kí

hiệu các màu khác nhau trên mô hình HAMMER như Hình 3.19. Theo thống kê số liệu trong năm 2014 và 2015 của phòng quản lý chất lượng nước - công ty cấp nước Đà Nẵng thì một số khu vực lấy mẫu thường xuyên không đạt được đánh dấu trong Hình 3.20. Nhìn chung, những đoạn ống mô hình dự báo có khả năng bị ô nhiễm thấp thì thực tế cũng không có đánh dấu về mẫu nước không đạt chất lượng. Trên một số tuyến ống truyền dẫn được mô hình dự báo giá trị P_c cao vì các tuyến này nằm gần cống thoát nước chính và có nguy cơ vỡ cao.



Hình 3.20 Kết quả dự báo nguy cơ ống cấp nước bị ô nhiễm



Hình 3.19 Vị trí lấy mẫu thường xuyên không đảm bảo chất lượng quy định

3.2 HTPPN quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ

Ninh Kiều là một quận nằm phía Đông Nam Thành phố Cần Thơ chiếm 75% tổng nhu cầu sử dụng nước sạch toàn Thành phố. HTPPN của quận (Hình 3.21) lấy nước từ nhà máy nước Cần Thơ 1 với công suất 55.000 m³/ngày đêm. Tổng chiều dài mạng lưới cấp nước là 249,91km gồm các ống đường kính từ 100mm tới 650mm, vật liệu ống sử dụng chủ yếu là gang xám CI, gang dẻo DI, nhựa PVC và HDPE. Từ trạm bơm II nước được đưa vào ống D650mm và chia thành hai tuyến ống chính D600mm và D400mm, được nối thành mạng vòng phân phối nước tới các khu vực trong quận NK.

3.2.1 Dự báo khả năng ống vỡ trên HTPPN quận Ninh Kiều (NK)

Sử dụng phần mềm R, xây dựng mô hình Cây quyết định từ hai tập số liệu ống vỡ và không vỡ. Kết quả mô hình DT, tổng số nút trên mô hình là 1891 trong

đó có 85 nút số liệu ống vữa. Hai yếu tố độ tuổi ống (A), lịch sử vữa ống (Prior) ảnh hưởng tới sự kiện ống vữa cũng trùng khớp với mô hình quận HC, tuy nhiên số liệu thống kê của HTPPN quận NK có thêm yếu tố tuyến đường đặt ống (R).

Sử dụng lệnh `Predict` trong cho kết quả dự báo khả năng ống vữa trên HTPPN quận Ninh Kiều (P_f). Đánh giá theo tiêu chuẩn đường cong ROC thì chỉ số $AUC = 0,801$ cho thấy mô hình dự báo tốt.

3.2.2 Xác định áp suất âm lớn nhất trên từng đoạn ống

Mạng lưới cấp nước quận NK trải dài theo địa hình và được phân tách thành hai khu vực phân phối, vậy nên đầu mạng lưới vẫn lựa chọn 1 kích bản đóng van FCV-1 trên đường ống chính D650mm nhưng khu vực giữa và cuối HTPPN cần mô phỏng 4 kích bản đóng van FCV-2, FCV-3, FCV-4 và FCV-5 trên đường ống chính D600mm, D400mm và D250mm. Tổng hợp năm kích bản đóng van từ FCV-1 đến FCV-5 xác định được giá trị áp suất âm lớn nhất có khả năng trên từng đường ống (H_n).

3.2.3 Đánh giá ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm

Theo tác giả Lê Văn Phát [88] trong phạm vi thành phố Cần Thơ, nước ngầm nằm ở các tầng chứa nước Holocene, Pleistocene giữa - trên và tầng trên. Mực nước trung bình so với mặt đất dao động từ 0,08 m đến 6,06 m và có sự suy giảm mực nước từ năm 2000 đến 2015. Các giá trị mực nước ngầm nằm trong khoảng này sẽ được sử dụng để đánh giá nguy cơ ô nhiễm xâm nhập vào đường ống cấp nước.

Đa số các giao cắt xảy ra trên các công thoát nước đường kính từ 400mm trở xuống, với các công có đường kính lớn hơn đều nằm sâu hơn. Xem xét tương quan vị trí ống cấp, thoát nước trên các tuyến đường xác định được các cặp tọa độ (x_i, y_i) của ống cấp nước. Đưa (x_i, y_i) vào mô hình mờ xác định được mức độ ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm tới ống cấp nước (S_c).

3.2.4 Dự báo khả năng chất ô nhiễm xâm nhập

Đánh giá định lượng và định tính trên một số tuyến ống cho thấy sự tương đồng

giữa kết quả dự báo ô nhiễm và các yếu tố nguy cơ. Khi cả ba yếu tố nguy cơ đều ở mức cao thì khả năng xảy ra ô nhiễm trên đường ống $P_c \leq 100$. Ngược lại, các vòng tròn nét đứt cho thấy giá trị P_c dự báo thấp ($\leq 36\%$) khi ba yếu tố nguy cơ là $P_f \leq 1\%$, $H_n < -1,03$ và $S_c \leq 60\%$. Kết quả dự báo khả năng ống cấp nước bị ô nhiễm trên HTPPN quận NK đã khẳng định một lần nữa độ chính xác của mô hình dự báo mà luận án đề xuất, cũng như khả năng ứng dụng cho các khu vực khác nhau.

3.3 HTPPN Long Điền, tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu.

HTPPN Long Điền thuộc tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu lấy nước từ đường ống D1000mm, cung cấp nước sạch cho thị trấn Long Điền, Long Hải, xã An Ngãi, xã Phước Hưng và Phước Tỉnh với tổng chiều dài ống cấp nước là 126km. Hệ thống có 2 tuyến ống với đường kính D400mm, mỗi tuyến dài 13km chạy dọc theo đường tỉnh lộ 44.

3.3.1 Dự báo khả năng ống vỡ trên HTPPN Long Điền (LĐ)

So với số liệu thống kê quận Hải Châu thì sự cố ống vỡ của HTPPN LĐ không có yếu tố ảnh hưởng là vật liệu (Mat). Sự khác biệt này là do tập số liệu ống vỡ của khu vực LĐ chỉ có hai loại vật liệu HDPE và PVC nên không đủ tính đại diện để nhận biết sự cố vỡ ống. Đại lượng đường kính (D) có trọng số đóng góp rất nhỏ so với các đại lượng khác, trong tập số liệu của quận HC là 0,39% và trong tập số liệu này cũng không được dùng để nhận biết hiện tượng vỡ ống. Xem xét sai số giữa mô hình và số liệu thực tế bằng tiêu chuẩn đường cong ROC cho thấy diện tích dưới đường cong $AUC = 0,963$, vậy kết quả dự báo của mô hình DT có độ chính xác nằm trong giới hạn rất tốt.

3.3.2 Xác định độ lớn của áp suất âm trên từng đoạn ống

HTPPN Long Điền phát triển theo chiều dài khu quy hoạch, các đường ống tập trung thành một phân khu ở đầu và hai phân khu ở cuối hệ thống, đường ống chính D400mm làm nhiệm vụ kết nối giữa phân khu đầu và cuối. Theo cơ sở lý thuyết ba khu vực mô phỏng các kịch bản đóng van trên đường ống chính bao gồm đầu, cuối và giữa mạng lưới. Như vậy, để áp dụng cho hệ thống này cần tất

cả 6 kích bản đóng van, đóng van FCV-1 trên ống D1000mm để kiểm tra áp suất âm cho tất cả các phân khu. Năm van còn lại đặt trên các mỗi phân khu cần 2 kích bản đóng van để có thể xác định được giá trị áp suất lớn nhất cho từng đoạn ống. Mô phỏng 6 kích bản đóng van, luận án xác định được giá trị áp suất âm lớn nhất có khả năng xuất hiện trên từng đoạn ống cấp nước (H_n).

3.3.3 Đánh giá ảnh hưởng của nguồn ô nhiễm

Địa hình khu vực Huyện Long Điền xen kẽ giữa đồi núi và đồng bằng với các tầng chứa nước Holocen và Pleistocen trên, Pleistocen giữa - trên. Theo sơ đồ diễn biến mực nước tháng 10 năm 2017 [88] thì độ sâu mực ngầm tại tầng chứa nước Pleistocen trên và giữa - trên tại khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu dao động trong khoảng từ 0 đến 6 m so với mặt đất.

Kết hợp giữa phần mềm AutoCAD và bản vẽ giấy, nghiên cứu xác định tọa độ của ống cấp nước so với công thoát nước trong cùng khu vực. Áp dụng mô hình FIS(Sc) cho các cặp tọa độ công thoát nước đã xác định, sẽ đưa ra khả năng ảnh hưởng vùng thấm ô nhiễm tới ống cấp nước.

3.3.4 Dự báo khả năng chất ô nhiễm xâm nhập

Đưa tập số liệu P_f , H_n và S_c vào mô hình dự báo nguy cơ, so sánh kết quả mô hình và hồ sơ đánh giá cấp độ nguy hại của Công ty cấp nước Bà Rịa - Vũng Tàu là phù hợp. Vậy mô hình đề xuất có thể áp dụng cho các khu vực nghiên cứu khác nhau.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

1. Kết luận : Kết quả nghiên cứu đạt được như sau

Xây dựng mô hình nghiên cứu để đánh giá khả năng xảy ra vỡ ống trên mạng lưới cấp nước từ đó có biện pháp giảm thiểu nguy cơ vỡ ống và là cơ sở để khoanh vùng rò rỉ. Áp suất âm là yếu tố tác động đưa chất ô nhiễm vào hệ thống dễ dàng hơn. Xác định chiều sâu mực nước ngầm và biên của vùng thấm rò rỉ từ hệ thống thoát nước từ đó đánh giá mức độ ảnh hưởng thấp - trung bình - cao của nguồn ô nhiễm tới ống cấp nước. Kích bản ô nhiễm đưa ra các giá trị khác nhau

của ba yếu tố nguy cơ từ đó đề xuất giá trị tối thiểu và tối đa dẫn đến hiện tượng xâm nhập chất ô nhiễm vào trong đường ống cấp nước. Từ các giá trị của kịch bản ô nhiễm, nghiên cứu đề xuất mô hình dự báo ô nhiễm trên không gian biển này và kiểm chứng phương pháp đề xuất bằng hệ thống phân phối nước thực tế.

2. Những đóng góp mới của luận án

- Luận án xem xét giá trị ăn mòn bằng độ tuổi ống cấp nước và đặc trưng môi trường ống làm việc được thể hiện qua vị trí tuyến đường đặt ống. Từ đó đề xuất sử dụng mô hình cây quyết định để dự báo khả năng vỡ ống.
- Qua mô hình thí nghiệm và mô phỏng trên phần mềm, luận án đề xuất vị trí đóng van hiệu quả để xác định giá trị áp suất âm lớn nhất có khả năng xuất hiện trên từng ống trong HTPPN.
- Nguy cơ bị ô nhiễm được dự báo trực tiếp cho từng ống trên hệ thống. Trên cơ sở lý thuyết logic mờ thiết lập mô hình dự báo nguy cơ trong đó xem xét lựa chọn dạng hàm thuộc phù hợp cho các yếu tố nguy cơ. Hơn nữa, để đảm bảo độ tin cậy của kết quả, mô hình dự báo được xây dựng bằng công cụ SIMULINK trong phần mềm MATLAB.

3. Kiến nghị: Nghiên cứu có thể được mở rộng

- Đánh giá ống vỡ tại vị trí phụ tùng đầu nối và tăng hiệu quả dự báo của mô hình bằng cách lấy số liệu thống kê ống vỡ có tuổi thọ từ 50 năm đến 100 năm. Xem xét nguyên nhân áp suất âm xuất hiện do bơm bị mất điện đột ngột trên hệ thống. Nguồn ô nhiễm là các điểm phát thải như bể chứa xăng dầu; bể tự hoại hay các mương dẫn nước thải sản xuất. Kết quả của mô hình đề xuất là cơ sở để phát triển bài toán mô phỏng lan truyền chất ô nhiễm trên hệ thống với các thông số liên quan tới quá trình lan truyền như kích thước điểm vỡ, thời gian xảy ra áp suất âm, nồng độ chất ô nhiễm. Đồng thời đánh giá tính dễ bị tổn thương của một HTPPN.