

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA VIỆC PHÂN VÙNG DMAs TRÊN MẠNG LƯỚI CẤP NƯỚC

Bùi Xuân Khoa

Trường Đại học Thủy lợi, email: khoabx@tlu.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Lấy ý tưởng từ thuật ngữ “chia để trị - divide and conquer”, một mạng lưới cấp nước (MLCN) quy mô lớn cũng được phân thành các phân khu cấp nước – DMAs (District Metered Areas) để nâng cao hiệu quả quản lý vận hành. Mỗi DMA được cô lập khỏi phần còn lại của mạng lưới bằng cách thiết lập các van công và chỉ lắp giới hạn một hoặc một số đồng hồ để đo lưu lượng vào và ra mỗi DMA [1].

Ở Việt Nam, trong những năm gần đây, các công ty cấp nước lớn như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh, Huế, Đà Nẵng đã và đang triển khai thiết lập các DMAs trên MLCN đô thị. Nhiều minh chứng đã chỉ ra rằng, quản lý và vận hành mạng lưới theo các DMAs cho nhiều ưu điểm, có thể kể đến như: kiểm soát rò rỉ; kiểm soát chủ động áp lực; giảm lượng nước thất thu; nhanh chóng xác định vị trí sự cố và khắc phục sự cố; bảo vệ mạng lưới khỏi các sự kiện tấn công hoá học trên mạng lưới. Tuy nhiên, việc thiết lập các DMAs trên mạng lưới cũng có những nhược điểm nhất định như: tăng chi phí xây dựng và quản lý; giảm hiệu suất thủy lực và độ tin cậy của hệ thống cấp nước; thay đổi tuổi nước và chất lượng nước... Do đó, thiết kế DMAs trong một MLCN lớn đòi hỏi phải xem xét ưu nhược điểm, đánh giá từng bố cục DMAs.

Theo cách tiếp cận truyền thống, việc thiết lập các DMAs chủ yếu dựa vào ranh giới hành chính trong đô thị và kinh nghiệm của cán bộ quản lý, vận hành hệ thống để phân khu DMA. Do đó, chưa tạo ra được các bố cục DMA tối ưu và gây lãng phí nhiều thời

gian, chi phí. Trong một số giải pháp để lựa chọn bố cục DMA trên một MLCN, đánh giá hiệu quả có thể được sử dụng như một phương pháp để xác định bố cục DMA hợp lý nhất (bao gồm cả xác định số lượng và ranh giới giữa các DMA).

Nghiên cứu này kế thừa và phát triển nghiên cứu của Bui, X.K., và nnk [2] để phân vùng và đánh giá hiệu quả của các bố cục DMA khác nhau trên một MLCN. Cụ thể, các bố cục DMA khác nhau (cả về số lượng và quy mô của các DMAs) được so sánh, đánh giá dựa trên ba chỉ số: 1) giảm tỷ lệ rò rỉ; 2) giảm tần suất vỡ ống; và 3) giảm độ nhạy lưu lượng theo áp suất. Vì vậy, nghiên cứu này, là cơ sở để đánh giá mức độ hiệu quả của các bố cục DMAs khác nhau theo các mức kinh tế khác nhau; và là công cụ hỗ trợ ra quyết định cho các công ty cấp nước khi triển khai, thiết lập các DMAs.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để tiến hành nghiên cứu, đầu tiên, mạng lưới cấp nước được phân thành các bố cục DMAs khác nhau cả về số lượng và phạm vi, ranh giới giữa chúng. Một thuật toán lai ghép giữa SOM (self-organizing map) và CSA (community structure algorithm) phát triển bởi Bui, X. K., và nnk [2] được áp dụng để chia mạng lưới thành các bố cục DMAs khác nhau. Trong đó, SOM phân loại mạng lưới thành các cụm đồng nhất về mặt thủy lực để hỗ trợ thuật toán CSA trong việc tổng hợp các DMA có ý nghĩa. Sau đó, ba chỉ số đo lường mức độ hiệu quả, liên quan đến lợi ích kinh tế do việc phân vùng DMA mang lại

được áp dụng để phân tích, đánh giá cho từng bố cục DMAs khác nhau. Cụ thể:

Chỉ số giảm rò rỉ nước (WLR): là tỷ số giữa lượng nước rò rỉ sau (WL_1) và trước (WL_0) khi thiết lập DMA. Được xác định như sau:

$$\frac{WL_1}{WL_0} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N_1}$$

trong đó: P_1 và P_0 lần lượt là áp lực sau và trước khi thiết lập DMA; N_1 là hệ số rò rỉ, phụ thuộc vào vật liệu ống. Chỉ số WLR được tính trung bình cho các nút trên mạng lưới trong thời đoạn mô phỏng 24 giờ:

$$WLR = avg_{nodes, t-steps} \left[\frac{WL_1}{WL_0} \right]$$

Chỉ số giảm tần suất vỡ ống (BFR):

$$BFR_i = \left(1 - \frac{BF_{npd}}{BF_0} \right) \left[1 - \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^3 \right]$$

trong đó: BF_{npd} là tần suất vỡ ống không phụ thuộc vào áp suất. BF_0 là tần suất vỡ ống trước khi thiết lập DMA. Chỉ số BFR được tính cho trung bình các nút trên mạng lưới, trong thời đoạn mô phỏng.

$$BFR = avg_{nodes, t-steps} [BFR_i]$$

Chỉ số giảm lưu lượng phụ thuộc theo áp suất (WDR):

$$\frac{WD_1^*}{WD_0^*} = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{N_3}$$

trong đó: WD_1^* và WD_0^* là lưu lượng phụ thuộc theo áp suất sau và trước khi thiết lập DMA. N_3 là hệ số phụ thuộc vào tính chất và đối tượng dùng nước. Chọn $N_3 = 0.3$. Tương tự hai chỉ số trên, BFR được tính cho trung bình các nút trên mạng lưới, trong thời đoạn mô phỏng.

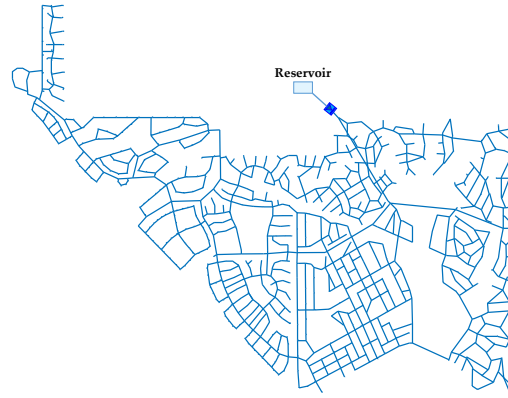
$$WDR = avg_{nodes, t-steps} \left[\frac{WD_1}{WD_0} \right]$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khu vực nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, MLCN áp lực cao tại khu vực Colorado, USA [2] được sử dụng như một mạng lưới kiểm chuẩn (benchmark) để đánh giá phương pháp đề xuất. Đặc điểm

và các thông số chính của mạng lưới lần lượt được trình bày trong Hình 1 và Bảng 1.



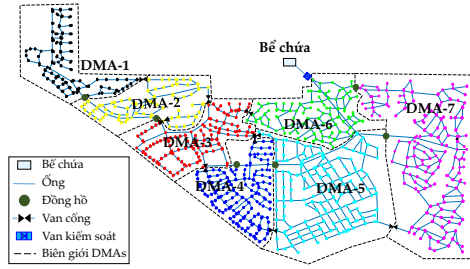
Hình 1. Mạng lưới cấp nước Wolf-Cordera Ranch, tại Colorado, USA sử dụng trong nghiên cứu

Bảng 1. Các thông số chính của mạng lưới cấp nước nghiên cứu

Các thông số vật lý	Giá trị	Các thông số thủy lực chính	Giá trị
Tổng số nút	1592	Áp lực nhỏ nhất (m):	41.2
Tổng số đường ống	1795	Áp lực trung bình (m):	70.8
Số van giảm áp (PRVs)	2	Áp lực lớn nhất (m):	107.7
Số bể chứa	1	Áp lực thặng dư TB (m):	29.1
Trạm bơm	1	Tuổi nước TB (Giờ):	6.0
Đường kính (mm)	200-600	Chỉ số tin cậy của hệ thống	0.877

3.2. Đánh giá hiệu quả của các bố cục DMAs

Có tổng cộng 23 bố cục DMAs khác nhau được xem xét, với số lượng DMAs dao động từ 3 DMAs đến 25 DMAs. Số lượng DMAs lựa chọn để xem xét dựa vào chỉ số modul Q theo CSA. Nhỏ hơn 3 DMAs sẽ không có ý nghĩa, trong khi đó lớn hơn 25DMAs sẽ không hiệu quả về mặt kinh tế. Hình 2 minh họa bố cục DMA đặc trưng (7 DMAs) từ mô hình SOM và CSA [2].



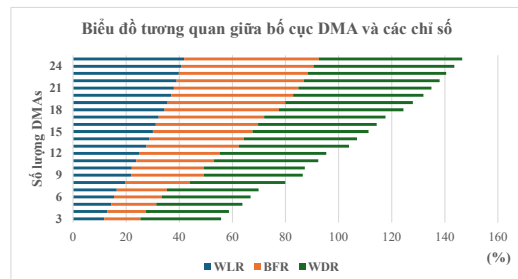
Hình 2. Bố cục DMAs đặc trưng (7 DMAs) từ mô hình lai ghép SOM và CSA

Các chỉ số WLR, BFR và WDR được đánh giá cho từng bố cục DMAs, kết quả được tổng hợp như Bảng 2. Kết quả đã chỉ ra, lợi ích từ việc phân vùng DMA làm giảm tỷ lệ rò rỉ trong kháng từ 11.8% đến 41.8%, tần suất vỡ ống giảm từ 13.5% đến 50.7% và giảm độ nhảy lưu lượng với áp suất từ 30.4% đến 54%.

Bảng 2. Thống kê lợi ích của việc phân vùng DMA

Lợi ích theo các chỉ số	Giá trị
Giảm tỷ lệ rò rỉ (WLR)	11.8% - 41.8%
Giảm tần suất vỡ ống (BFR)	13.5% - 50.7%
Giảm độ nhảy lưu lượng theo áp lực (WDR)	30.4% - 54%

Hình 3 chỉ ra mối quan hệ giữa các bố cục DMA và lợi ích của việc: giảm rò rỉ, giảm tần suất vỡ ống; và giảm lưu lượng nhảy cảm. Có thể thấy rằng số lượng DMA càng tăng thì mức giảm rò rỉ (WLR) càng lớn.



Hình 3. Mối tương quan giữa các bố cục DMA và các chỉ số phân tích

Tương tự, kết quả phân tích cũng chỉ ra rằng, tỷ lệ giảm lưu lượng nhạy cảm với áp suất và tỷ lệ giảm tần suất vỡ ống cũng tăng theo số lượng DMA được thiết lập. Tuy nhiên, kết quả cũng chỉ ra rằng mức giảm cao nhất về tần suất vỡ ống có thể đạt được khi số lượng DMA lên đến 25 tương ứng với số lượng van biên cần đóng là 36. Do đó, có thể kết luận rằng, mặc dù nhìn chung lợi ích giảm tần suất vỡ ống tăng theo số lượng DMA nhưng cũng làm tăng chi phí thiết lập van công.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã chỉ ra rằng phân vùng DMA trong MLCN mang lại các lợi ích về giảm rò rỉ, giảm tần suất vỡ ống và giảm nhu cầu nước nhạy cảm với áp suất. Kết quả phân tích cho thấy, hiệu quả của mỗi chỉ số phụ thuộc vào số lượng DMAs: số lượng DMA càng cao thì mức độ rò rỉ và lưu lượng nhạy cảm với áp suất càng giảm. Do đó, khuyến nghị rằng khi thiết lập số lượng lớn các DMAs trên mạng lưới cần có giải pháp quản lý áp lực phù hợp để giảm áp lực trên mạng lưới. Trong khi đó, lợi ích từ việc giảm tần suất vỡ ống cũng có xu hướng tương tự nhưng hiệu suất đặc trưng bởi số lượng các DMAs. Do đó, các công ty cấp nước cần phân tích thêm các chỉ tiêu kinh tế để lựa chọn bố cục DMA phù hợp cho một MLCN.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bui, X. K., Marlim, M. S., & Kang, D. (2020). Water network partitioning into district metered areas: A state-of-the-art review. *Water*, 12(4), 1002.
- [2] Bui, X. K., Marlim, M. S., & Kang, D. (2021). Optimal design of district metered areas in a water distribution network using coupled self-organizing map and community structure algorithm. *Water*, 13(6), 836.