

THIẾT KẾ NÂNG CẤP – VẬN HÀNH TỐI ƯU HỆ THỐNG CẤP NƯỚC TRƯỜNG ĐẠI HỌC LÂM NGHIỆP

Phạm Văn Tĩnh¹, Dương Mạnh Hùng², Hoàng Hà³, Nguyễn Văn Quân⁴

^{1, 2, 3, 4} Trường Đại học Lâm nghiệp

TÓM TẮT

Tính toán thủy lực trong một hệ thống cấp nước thường mất rất nhiều công sức do tính phức tạp của nó. Nghiên cứu này đã phát triển và ứng dụng mô hình tính toán tối ưu đa mục tiêu dựa trên mô phỏng giúp quá trình tính toán tự động dò tìm các thông số tối ưu. Mô hình là sự kết hợp giữa thuật toán “Covariance matrix adaptation evolution strategy - CMAES” và mô hình thủy lực Epanet. Các biến quyết định của mô hình bao gồm đường kính các đoạn ống, lưu lượng và cột áp của bơm và mực nước khởi đầu trong đài nước. Hai hàm mục tiêu được sử dụng trong mô hình là (1) hàm chi phí bao gồm chi phí mua đường ống, chi phí vận hành và (2) hàm chi số độ tin cậy đảm bảo cung cấp nước với các ràng buộc là cột áp yêu cầu và vận tốc giới hạn của dòng chảy trong các đoạn ống. Mô hình được áp dụng cho hệ thống cấp nước Trường Đại học Lâm nghiệp, đây là hệ thống tuy quy mô không lớn nhưng có đầy đủ các công trình chính. Kết quả giải quyết bài toán tối ưu của mô hình là tập phương án Pareto, đây là các giải pháp hài hòa giữa hai hàm mục tiêu. Do số lượng phương án Pareto tương đối lớn, nghiên cứu đã tiến hành phân nhóm tập giải pháp Pareto dựa vào giá trị Silhouette tối ưu và đưa ra 5 phương án đại diện. Kết quả tính toán với phương án hài hòa nhất đối với cả hai hàm mục tiêu cho thấy hệ thống đảm bảo việc cung cấp nước đủ cả về lưu lượng và cột áp yêu cầu.

Từ khóa: CMAES-EP, hệ thống cấp nước, mô phỏng, Pareto, tối ưu đa mục tiêu.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển mạnh mẽ của Trường Đại học Lâm nghiệp trong các năm qua, hệ thống cấp nước được xây dựng từ những năm 1990 hiện không còn đáp ứng được nhiệm vụ đề ra trong tình hình mới. Trong những giờ cao điểm, nhiều điểm lấy nước không được đáp ứng đủ cả về lượng và cột áp yêu cầu, đặc biệt trong khu vực ký túc xá của nhà trường. Tồn thất lưu lượng trong quá trình vận hành lớn và phương thức vận hành chưa thích hợp dẫn đến chi phí vận hành cho hệ thống khá lớn. Với hiện trạng hệ thống cấp nước như trên, việc thiết kế nâng cấp và đề xuất phương án vận hành hệ thống cấp nước của Nhà trường đảm bảo cấp nước đủ cả về lượng và cột áp với chi phí hợp lý thực sự trở lên cấp bách.

Phương pháp thiết kế - vận hành hệ thống cấp nước truyền thống sử dụng cách tiếp cận “Thử và Sai”. Do phương pháp này còn nhiều hạn chế như không chắc chắn đảm bảo cung cấp được giải pháp tối ưu, mất nhiều thời gian thử... nên các nghiên cứu về sau đã sử dụng cách tiếp cận tối ưu hóa. Các mô hình tối ưu có thể được chia thành hai nhóm chính: mô hình tối ưu tất định và mô hình tối ưu ngẫu nhiên

(Elbeltagi et al., 2005; Phan Vĩnh Cẩn, 2012).

Những năm gần đây, với sự phát triển của công nghệ máy tính, mô hình tối ưu dựa mô phỏng đã cung cấp một cách tiếp cận cấu trúc trong thiết kế hệ thống cấp nước, thông qua các thông tin phân tích từ mô phỏng sẽ đưa ra giải pháp hỗ trợ quyết định (Grundmann et al., 2014).

Bài báo này tiến hành xây dựng mô hình tối ưu đa mục tiêu dựa mô phỏng (CMAES-EP) tự động tính toán các thông số của hệ thống cấp nước. Mô hình CMAES-EP là sự kết hợp giữa thuật toán thuật toán Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy - CMAES (Hansen, 2011) và phần mềm thủy lực Epanet - EP (Rosman, 2000). Mô hình được ứng dụng cho thiết kế nâng cấp và vận hành tối ưu hệ thống cấp nước Trường Đại học Lâm nghiệp.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết và kế thừa: Nghiên cứu tổng quan các phương pháp thiết kế - vận hành tối ưu hệ thống cấp nước, từ các kết quả nghiên cứu trước để xây dựng cơ sở lý luận nghiên cứu.

- Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm: Điều tra, khảo sát hệ thống cấp nước Trường

Đại học Lâm nghiệp, tìm hiểu những tồn tại cần giải quyết, nâng cấp và thay thế.

- Phương pháp mô hình hóa: Sử dụng mô hình thủy lực Epanet làm mô đun mô phỏng để tính toán thủy lực.

- Phương pháp chuyên gia: Tiến hành tham vấn ý kiến các chuyên gia trong lĩnh vực cấp thoát nước và đội ngũ quản lý hệ thống cấp

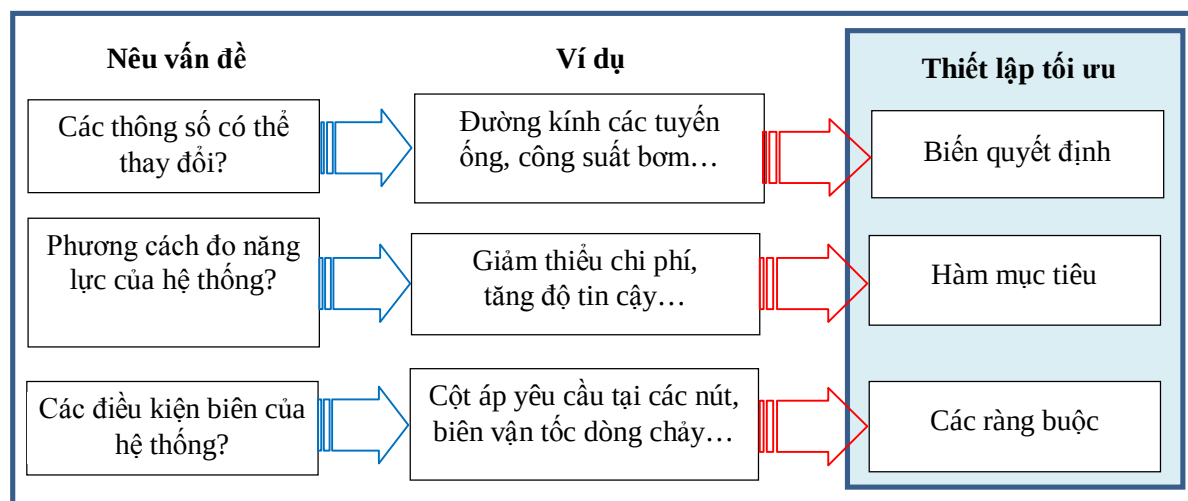
nước Trường Đại học Lâm nghiệp.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU, THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng mô hình tối ưu dựa mô phỏng thiết kế - vận hành tối ưu hệ thống cấp nước

3.1.1. Xác lập vấn đề tối ưu

Vấn đề tối ưu trong thiết kế - vận hành hệ thống cấp nước được xác lập như trong hình 1.



Hình 1. Các vấn đề trong tối ưu hóa thiết kế hệ thống cấp nước

3.1.2. Cấu trúc và nguyên lý của mô hình CMAES-EP

Cấu trúc và nguyên lý của mô hình được xây dựng như trên hình 2 bao gồm hai mô đun: mô đun tối ưu (CMAES) và mô đun mô phỏng thủy lực (Epanet) tương tác với nhau thông qua một giao diện liên kết viết bằng ngôn ngữ Matlab.

3.2. Xác định bộ thông số đầu vào cho mô hình

3.2.1. Sơ đồ hệ thống cấp nước trong phạm vi nghiên cứu

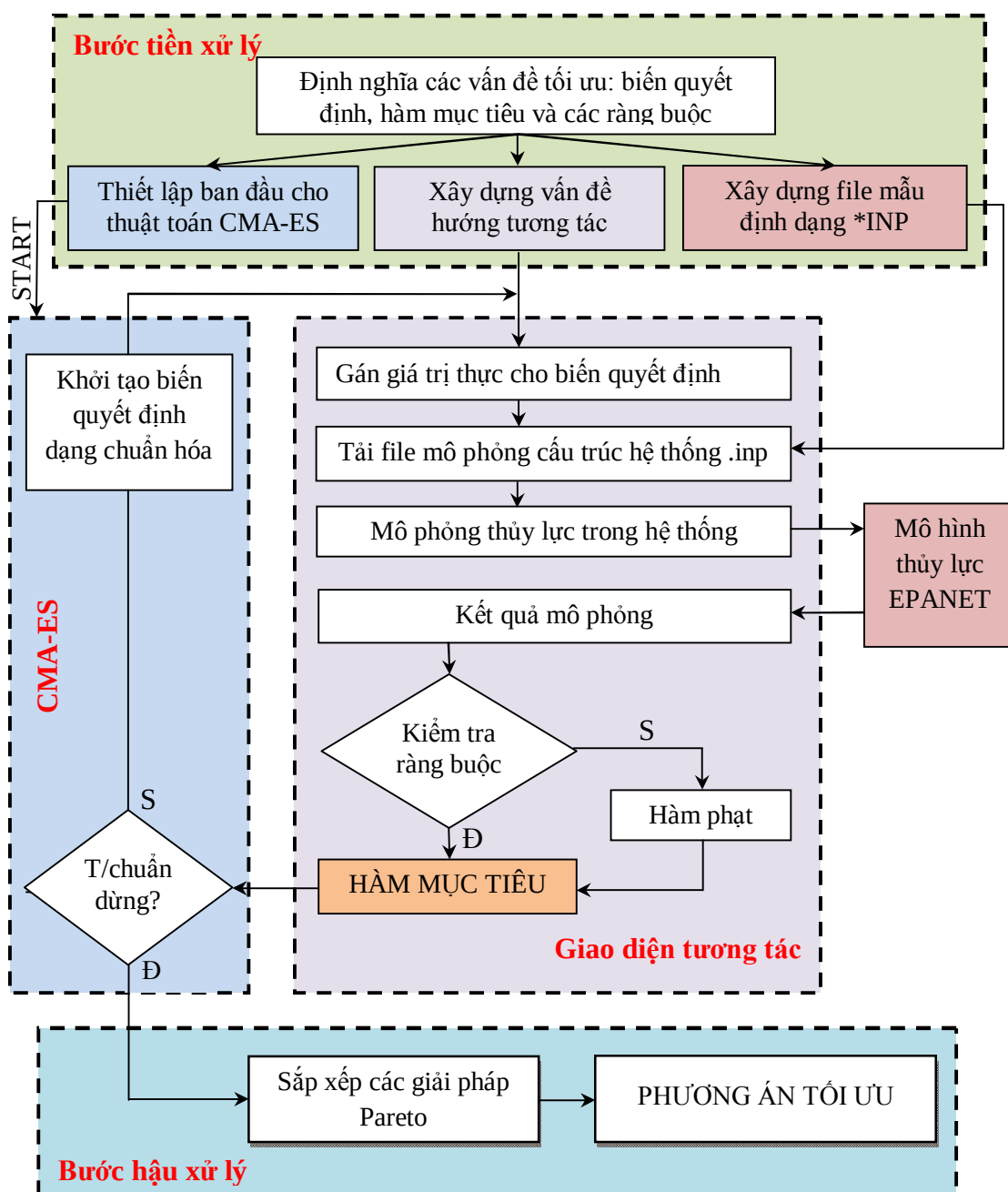
Hệ thống cấp nước Trường Đại học Lâm nghiệp bao gồm 3 hệ thống con riêng biệt: (1) Hệ thống kết nối bể 300 m³ cung cấp nước cho phần lớn các khu nhà trong kí túc xá, các giảng đường, phòng thí nghiệm, khu văn phòng làm việc, khu viện sinh thái, vườn ươm, các hộ gia đình khu Làng giáo viên (Hệ thống cấp nước tự chảy); (2) Hệ thống kết nối bể 240 m³ cung

cấp nước cho phần còn lại trong khu vực kí túc xá, các hộ dân khu vực trung tâm trường; (3) Hệ thống cấp nước cho các hộ cán bộ công nhân viên khu vực Tân Xuân, H12... Mỗi hệ thống có bơm cấp và các bể chứa riêng biệt, hiện đang hoạt động độc lập.

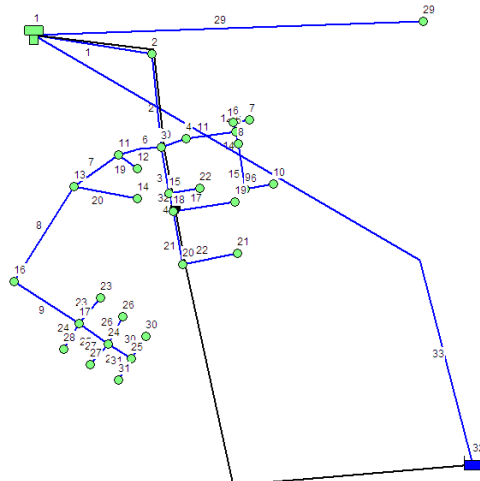
Phạm vi nghiên cứu:

- Hệ thống cấp nước trong phạm vi nghiên cứu là hệ thống tự chảy bao gồm bể chứa tại trạm cấp nước (số 32), 01 bể chứa tại cao trình 66,14 m (1), 02 đường ống (32-33) dẫn nước từ trạm bơm lên bể, 31 tuyến đường ống (1-30), 30 nút (2-31) làm nhiệm vụ cung cấp nước và kết nối các đoạn ống dẫn được thể hiện như hình 3.

- Do hệ thống đường ống cũ bằng ống kẽm theo thời gian bị oxy hoá, rỉ, bị ăn mòn nên trong nghiên cứu đề xuất thay thế bằng ống HDPE (High-density polyethylene) do các tính năng vượt trội.



Hình 2. Cấu trúc mô hình tối ưu dựa mô phỏng CMAES-EP



Hình 3. Hiện trạng HTCN kết nối bể 300 m³ trường ĐHLN

3.2.2. Xác định lưu lượng cơ bản cho các nút lấy nước trong hệ thống

Trong số 30 nút (nút 2 - 31) có 14 nút lấy nước phục vụ cho khu vực kí túc xá (KTX), giảng đường, phòng thí nghiệm (GD, PTN), các hộ gia đình làng giáo viên. Lưu lượng cơ bản của các nút này dùng cho thiết kế - vận hành HTCN là lưu lượng bình quân giờ của tháng yêu cầu nước nhiều nhất. Nghiên cứu

tiến hành thu thập số liệu thực tế các tháng dùng nhiều nước nhất (từ tháng 4 đến tháng 10) và lấy số liệu năm 2014 – 2015 để tính toán dựa trên tuyến sinh cho tới hiện tại và dự báo tương lai. Cột áp yêu cầu tại các nút được tính toán dựa theo TCXDVN 33-2006 và chiều cao các khu nhà tại các nút lấy nước. Kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Cao độ, lưu lượng cơ bản và cột áp yêu cầu của các nút lấy nước trong hệ thống

Ký hiệu nút	Cao độ (m)	Lưu lượng yêu cầu cơ bản (m ³ /h)	Cột áp yêu cầu (m)	Ghi chú
1	66,14		---	Bể nước 300 m ³
7	18,52	0,38	40,52	Khu GD, PTN
10	17,56	0,38	39,56	Khu GD, PTN
12	30,13	0,95	52,13	Xưởng
14	27,89	0,95	49,89	Xưởng
19	19,91	0,38	41,91	Khu GD, PTN
21	13,56	0,38	35,56	Khu GD, PTN
22	21,52	0,38	43,52	Khu GD, PTN
23	19,36	1,64	41,36	KTX
26	14,49	1,94	36,49	KTX
27	13,27	1,73	35,27	KTX
28	15,89	1,42	37,89	KTX
29	18,00	2,10	40	Làng Giáo viên
30	18,30	0,19	40,3	KTX
31	14,25	0,49	36,25	KTX
32			---	Bể chứa trạm bơm

3.3. Các vấn đề tối ưu hóa thiết kế HTCN trường ĐHLN

3.3.1. Tập biến quyết định

3.3.1.1. Đường kính các tuyến ống

Bảng 2. Đường kính và giá bán của ống HDPE Tiền Phong (<http://www.nhuatienphong.vn>)

STT	Đường kính (mm)	PN 20	
		Chiều dày (mm)	Đơn giá (VND/m)
1	Φ 20	2,3	10000
2	Φ 40	4,50	38100
3	Φ 50	5,6	58900
4	Φ 63	7,10	93800
5	Φ 75	8,40	132800
6	Φ 90	10,1	190600
7	Φ 110	12,3	288600
8	Φ 125	14,00	369900
9	Φ 140	15,70	462600
10	Φ 160	17,90	606800
11	Φ 180	20,1	767200
12	Φ 200	22,4	954500

Đường kính các tuyến ống được lựa chọn ngẫu nhiên từ một tập giá trị đường kính thương mại, sản xuất theo tiêu chuẩn chung. Nghiên cứu sử dụng loại ống HDPE Tiền Phong, cỡ đường kính ống và đơn giá tương ứng thể hiện trong bảng 2.

3.3.1.2. Lưu lượng bơm và cột áp bơm

Liên quan đến chi phí vận hành thì lưu lượng bơm và cột áp bơm có ý nghĩa quan trọng. Lưu lượng và cột áp bơm được tính toán phù hợp dựa trên cơ sở khoảng lưu lượng là [1 - 200] m³/h và khoảng cột áp [1-100] m.

3.3.1.3. Mục nước khởi đầu trong đài nước

Thực tế đối với đài nước HTCN trường ĐHLN là bể chứa hình khối hộp đã được xây dựng từ trước. Để phù hợp với mô hình Epanet, đài nước này được tính toán chuyển về dạng hình trụ có cùng chiều cao và đường kính đáy tương ứng để có cùng dung tích với đài hình khối. Mục nước ban đầu được chọn là biến quyết định và được tính toán trong khoảng [0,05 – 3,0 m].

3.3.2. Các hàm mục tiêu

- Tối thiểu chi phí (COST):

$$\text{Minimize } \text{COST} = \text{PIC} + \text{POC} \quad (1)$$

Trong đó:

PIC: chi phí mua sắm đường ống:

$$\text{PIC} = \sum_{i=1}^{np} (C(D_i) \times L_i) \quad (2)$$

np : số tuyến đường ống trong hệ thống;

L_i : Chiều dài đoạn ống thứ i ; $C(D_i)$: Chi phí cho 1 m đoạn ống có đường kính D_i ;

POC: chi phí vận hành bơm:

$$\text{POC} = \sum_{p=1}^{npump} \left(\sum_{i=1}^{NT} EC_i \times PP_{p,i} \right) \quad (3)$$

$npump$: số bơm có trong hệ thống; NT : thời gian theo giờ trong ngày; PP : công suất giờ của bơm; EC : giá điện năng theo giờ.

- Tối đa chỉ số độ tin cậy (NRI):

Tối ưu theo hàm chi phí sẽ cho kết quả đầu ra duy nhất là chi phí thấp nhất và do đó sẽ cho ra giải pháp là tập đường kính ống nhỏ nhất có

thể cho mỗi đoạn ống tương ứng. Nếu sử dụng kết quả này để thiết kế thì độ an toàn, độ tin cậy của hệ thống rất thấp, hệ thống sẽ xảy ra sự cố như không cấp đủ lưu lượng yêu cầu, không đủ cột áp... nếu có bất kỳ một sự thay đổi nào trong hệ thống.

Để khắc phục nhược điểm này, nghiên cứu sử dụng hàm mục tiêu thứ 2 là chỉ số độ tin cậy của hệ thống (NRI) được tính toán dựa trên tỷ số giữa năng lượng tổn thất để thắng sức cản trong hệ thống mà vẫn đáp ứng được lưu lượng yêu cầu và năng lượng tổn thất lớn nhất để thỏa mãn cả lưu lượng và cột áp yêu cầu. Ngoài ra còn phản ánh độ tin cậy của hệ thống thông qua sự hiện diện của số các đoạn ống được kết nối vào một nút nào đấy. Công thức xác định chỉ số độ tin cậy được thể hiện như sau:

$$\text{Maximize } \text{NRI} = \frac{\sum_{j=1}^n C_j \cdot q_j (H_j - H_j^{req})}{\sum_{r=1}^{nres} Q_r \cdot H_r - \sum_{j=1}^{nn} q_j \cdot H_j^{req}} \quad (4)$$

Trong đó:

q_j, H_j : lưu lượng thực tế tháo ra khỏi nút thứ j tương ứng với cột áp thực tế tại nút đó;

H_j^{req} : cột áp yêu cầu tại nút thứ j ;

Q_r, H_r : lưu lượng và cột áp cung cấp bởi đài nước;

C : chỉ số phản ánh mức độ tham gia kết nối vào nút nào đó trong hệ thống, được xác định bằng công thức:

$$C_j = \frac{\sum_{i=1}^{np_j} (D_{i,j})}{np_j \times \max(D_{i,j})} \quad (5)$$

Trong đó: np_j : số đoạn ống kết nối vào nút thứ j ; D_{ij} : đường kính của ống thứ i kết nối vào nút j .

3.3.3. Các ràng buộc

- Cột áp yêu cầu tại mỗi nút phụ thuộc vào chiều cao tòa nhà và yêu cầu cột áp cho thiết bị vệ sinh, được xác định cho trong bảng 3.1.

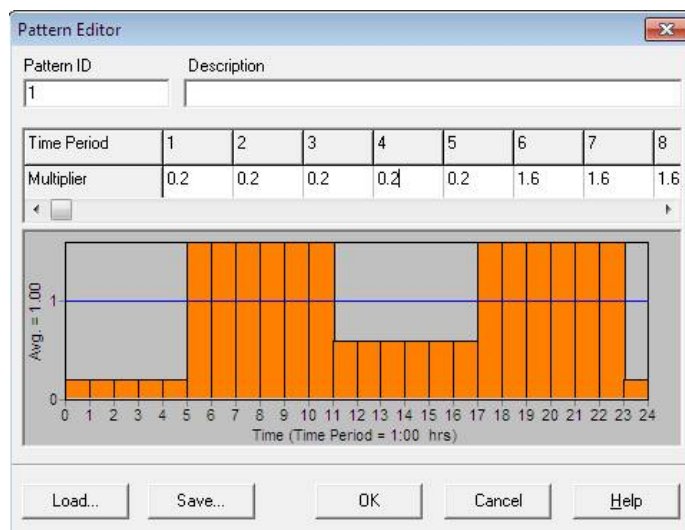
- Vận tốc dòng chảy lớn nhất trong mỗi đoạn ống nhỏ hơn 2,4 m/s (Walski et al, 2003).

- Sai số chênh lệch mực nước đầu và cuối mỗi chu kỳ vận hành được chọn là $\varepsilon = 0,2 \text{ m}$ (Walski et al., 2003).

Ngoài ra có các tham số sau:

- Hiệu suất bơm trung bình chọn $\eta = 0,75$;
- Phân phối lưu lượng nước theo giờ trong

ngày, để đơn giản phân phối này chia làm 4 thời đoạn như hình 4, trong đó các giờ dùng nước nhiều từ 5:00 - 11:00 và 17:00 - 23:00, các thời đoạn dùng ít nước từ 11:00 - 17:00 và từ 23:00 - 05:00 hôm sau.



Hình 4. Phân phối lượng nước dùng theo giờ trong ngày

- Giá bán điện thay đổi theo giờ như trong bảng 3:

Bảng 3. Giá bán điện cho các ngành sản xuất (trích)

Giờ dùng điện	Giá bán điện (đồng/kWh)
a) Giờ bình thường	1.453
b) Giờ thấp điểm	934
c) Giờ cao điểm	2.637

Nguồn: Tổng Công ty điện lực miền Bắc (<http://www.npc.com.vn/bieugiabandien.aspx>)

Theo phân phối lưu lượng theo giờ như hình 4, từ 5:00 - 11:00 và 17:00 - 23:00 là các giờ cao điểm, từ 11:00 - 17:00 là các giờ bình thường và từ 23:00 - 05:00 là giờ thấp điểm.

3.4. Kết quả tính toán

3.4.1. Tập giải pháp tối ưu Pareto và các giải pháp đặc trưng

Áp dụng mô hình CMAES-EP cho việc tối ưu hóa thiết kế nâng cấp - vận hành HTCN ĐHLN với các hàm mục tiêu là chi phí và độ tin cậy cấp nước dưới các điều kiện ràng buộc đã cho đối với 34 biến (31 biến đường kính ống, 02 biến cho lưu lượng và cột áp bơm và 01 biến cho mực nước ban đầu trong đài nước) đã cho ra tập gồm 378 giải pháp Pareto. Lựa

chọn ra được giải pháp phù hợp nhất từ tập này vẫn còn là khó khăn cho người ra quyết định. Vì thế, tập này có thể được rút gọn xuống chỉ còn vài đại diện nhưng vẫn đảm bảo tính đại biểu cho cả tập. Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu áp dụng đồng thời 2 phương pháp:

(i) Phương pháp phân vùng để lựa chọn các giải pháp đại diện vùng

Thuật toán phân vùng (nhóm - Clustering) tổ chức dữ liệu theo cách nhóm với quy tắc: mỗi giải pháp thuộc vùng này là tương đồng hơn đối so với các giải pháp thuộc vùng dữ liệu khác. Có khá nhiều cách phân vùng dữ liệu, nghiên cứu sử dụng phương pháp “k-means” chia toàn bộ dữ liệu thành k nhóm

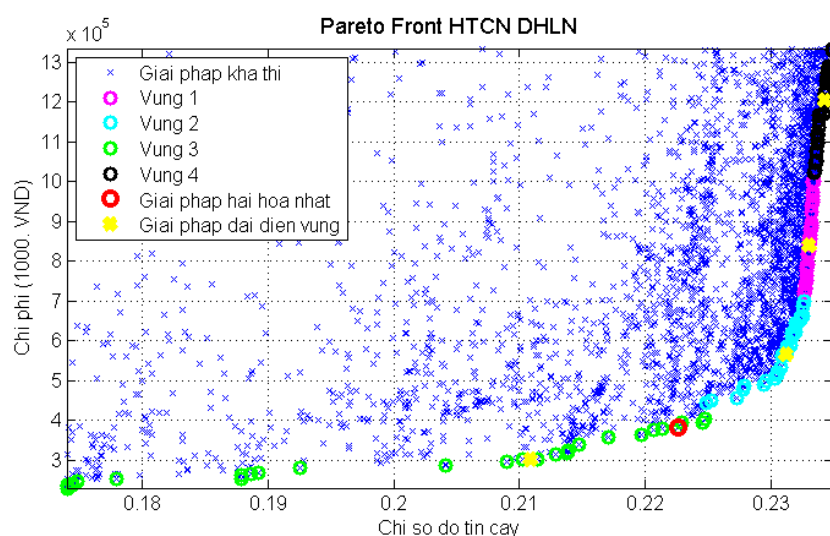
riêng biệt (Chaudhari et al., 2007). Mỗi vùng được xác định bởi mục tiêu của các giải pháp thành viên và được đại diện bởi giải pháp trung tâm (centroid) của vùng. Số phân vùng tối ưu được lựa chọn dựa trên giá trị Silhouette lớn nhất. Kết quả tính toán theo phương pháp “k-means”, tập các giải pháp Pareto khi tối ưu thiết kế HTCN ĐHLN được phân làm 4 vùng và mỗi vùng được đại diện bởi một giải pháp (x màu vàng - Hình 5).

ii) Phương pháp xác định giải pháp hài hòa cho cả hai hàm mục tiêu

Giải pháp này được xác định dựa trên khoảng cách ngắn nhất tới một điểm giả tưởng “Utopia-point, $U(x_U, y_U)$ ”, đây là điểm thỏa mãn tốt nhất các hàm mục tiêu. Khoảng cách từ mỗi điểm (x_i, y_i) tới điểm U được xác định theo:

$$d_{euc}^i = \sqrt{(x_i - x_U)^2 + (y_i - y_U)^2}$$

Sau đó so sánh tất cả các khoảng cách này để tìm ra giải pháp giải pháp hài hòa nhất đối với cả 2 hàm mục tiêu (Hình 5).



Hình 5. Các giải pháp phân nhóm theo vùng (thứ tự: vùng 3, vùng 2, vùng 1, vùng 4) và đại diện vùng (x màu vàng); và giải pháp hài hòa cả 2 hàm mục tiêu (O màu đỏ)

* Kết quả tính toán đường kính các đoạn ống từ các giải pháp đại diện

Nghiên cứu đề xuất một số phương án (PA) đường kính các đoạn ống theo kết quả tối ưu đại diện như trong bảng 4. Các PA trong bảng

4 đều đảm bảo về mặt kỹ thuật, việc lựa chọn phương án nào hợp lý nhất chỉ còn phụ thuộc vào nguồn lực tài chính để quyết định do đó sẽ rất thuận lợi cho các nhà thiết kế và quản lý.

Bảng 4. Đường kính (mm) một số phương án

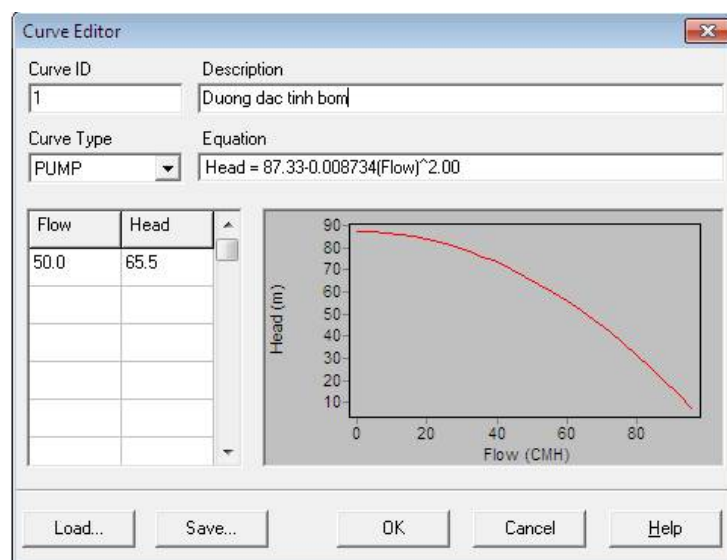
TT	PA hiện tại	PA1 (Vùng 3)	PA2 (O đỏ)	PA3 (Vùng 2)	PA4 (Vùng 1)	PA5 (Vùng 4)
1	150	110	125	160	200	200
2	150	110	125	110	160	200
3	100	50	50	75	160	160
4	100	50	50	75	125	160
5	150	90	125	160	200	200
6	150	90	125	160	200	200
7	150	50	125	160	180	180
8	100	50	50	50	50	50
9	100	40	40	40	40	40

TT	PA hiện tại	PA1 (Vùng 3)	PA2 (O đỏ)	PA3 (Vùng 2)	PA4 (Vùng 1)	PA5 (Vùng 4)
10	100	40	75	50	75	50
11	50	40	40	50	75	75
12	40	40	40	40	40	40
13	50	40	40	40	50	40
14	40	40	40	40	90	40
15	40	40	40	40	50	40
16	70	40	40	40	50	50
17	40	40	40	40	40	40
18	40	40	40	40	75	40
19	40	40	50	90	90	90
20	70	40	90	90	90	90
21	50	40	40	40	90	40
22	40	40	40	50	50	50
23	70	40	40	40	40	40
24	100	40	40	40	40	40
25	40	40	40	40	40	40
26	40	40	40	40	40	40
27	70	40	40	40	40	40
28	50	40	40	40	40	40
29	40	40	40	40	40	40
30	40	40	40	40	40	40
31	40	40	40	40	40	40
Tổng chi phí (1000 VND)	---	229048	287620	380830	635760	872360

3.4.2. Kết quả tính toán bơm và vận hành dài nước

Ứng với mỗi phương án về đường kính các đoạn ống, mô hình sẽ cho ra kết quả một đường đặc tính bơm tương ứng. Tính toán với

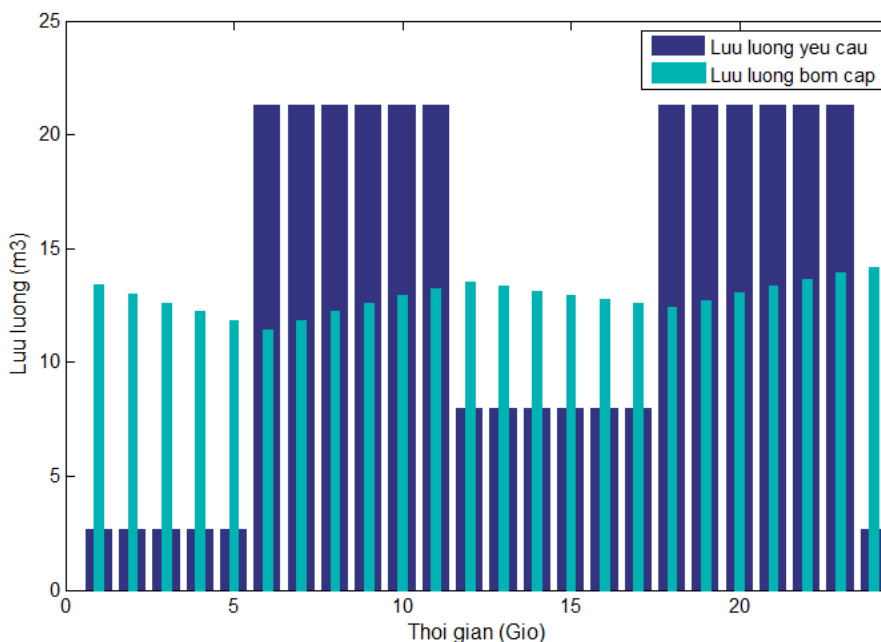
bộ đường kính các đoạn ống theo phương án 3 (phương án thỏa mãn nhất đối với cả hai hàm mục tiêu), tìm được đường đặc tính như trong hình 6.



Hình 6. Đường đặc tính bơm trong HTCN

Với đường đặc tính bơm như hình 6, biểu đồ lượng nước cấp bởi bơm và nhu cầu dùng

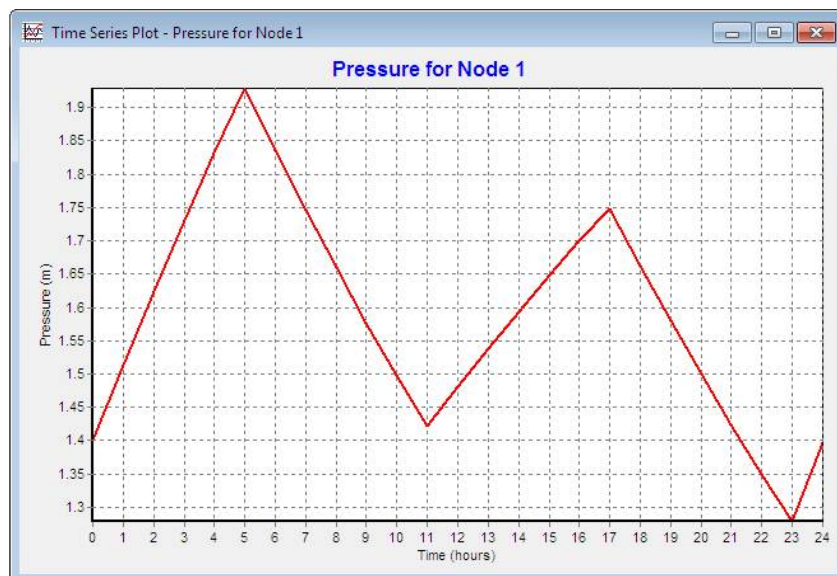
nước theo giờ được thể hiện như trong hình 7.



Hình 7. Tương quan giữa nhu cầu và lượng nước cấp bởi bơm cho PA3

Qua hình 7 cho thấy, trong những giờ dùng nước ít, phần nước cấp dư thừa bởi bơm sẽ được chuyển lên đài nước và sẽ được cấp lại vào hệ thống trong những giờ dùng nước nhiều. Do đó mực nước trong đài nước luôn thay đổi theo các giờ với yêu cầu dùng nước và lượng nước cấp bởi bơm khác nhau. Để đạt được điều này thì mực nước ban đầu trong đài đóng vai trò quan trọng. Như trong hình 8, mực nước ban đầu trong đài xác định được đối

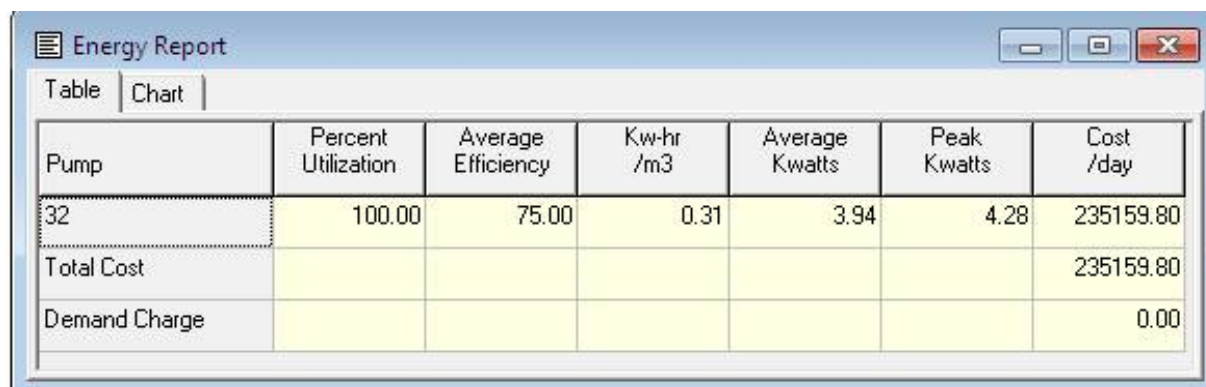
với PA3 là 1,4 m, mực nước chênh lệch ở đầu và cuối mỗi chu kỳ 1 ngày đêm là 0,07 m là thỏa mãn điều kiện ràng buộc. Qua quá trình đường mực nước trong đài, lượng nước trong đài thay đổi theo 4 thời đoạn dùng nước khác nhau, do đó đài sẽ có tác dụng điều hòa, tránh được việc phải sử dụng nhiều loại bơm hoặc tránh được việc điều chỉnh lưu lượng bơm, làm đơn giản quá trình vận hành bơm nhưng vẫn đạt hiệu quả cao.



Hình 8. Đường quá trình mực nước trong đài nước

Tiêu hao năng lượng trung bình cho 1m^3 nước được bơm lên, tiêu hao năng lượng trung bình giờ, tiêu hao năng lượng giờ cao điểm và

chi phí năng lượng trung bình ngày được tính toán như trong hình 9.



Pump	Percent Utilization	Average Efficiency	Kw-hr /m3	Average Kwatts	Peak Kwatts	Cost /day
32	100.00	75.00	0.31	3.94	4.28	235159.80
Total Cost						235159.80
Demand Charge						0.00

Hình 9. Chi phí năng lượng

IV. KẾT LUẬN

Kết luận

Bằng việc sử dụng nhiều loại biến quyết định (đường kính ống, lưu lượng và cột áp bơm, mực nước ban đầu trong đài nước), mô hình CMAES-EP nhằm tối ưu hóa thiết kế - vận hành một HTCN theo hướng giảm thiểu chi phí và tối đa độ tin cậy về khả năng cấp nước cho hệ thống đã được xây dựng và áp dụng thành công vào HTCN ĐHLN. Mô hình đã tính toán được tập biên Pareto tối ưu, thỏa mãn cả hai hàm mục tiêu đặt ra.

Ứng dụng 2 phương pháp: (i) Phân vùng các giải pháp đạt được theo giá trị Silhouette lớn nhất theo phương pháp “k-means” và (ii) tìm phương án hài hòa nhất đối với cả 2 hàm mục tiêu đã làm giảm đáng kể số lượng lớn các giải pháp Pareto xuống 5 phương án đại diện, do đó tạo điều kiện thuận lợi cho người thiết kế lựa chọn phương án hợp lý một cách dễ dàng, thuận tiện.

Tương ứng với 5 phương án tối ưu đề xuất, mỗi phương án sẽ có một bộ đường kính của các đoạn ống và đường đặc tính bơm tương ứng và mực nước ban đầu trong đài nước trước mỗi chu kỳ vận hành, đây chính là cơ sở để vận hành tối ưu HTCN.

Mô hình sử dụng lưu lượng bơm và cột áp bơm làm biến quyết định do đó rất thuận tiện cho việc lựa chọn bơm.

Kiến nghị

Để công tác vận hành bơm có hiệu quả nên sử dụng bể 300 m^3 tại cao trình 66,14 như một đài điều hòa cho hệ thống và vận hành bơm với lưu lượng, cột áp như kết quả tính toán theo chu kỳ 24 giờ/ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Vĩnh Cẩn (2012). *Tối ưu hóa hệ thống cấp thoát nước và môi trường*. Nhà xuất bản Xây dựng.
2. Bộ Xây Dựng, TCXDVN 33 – 2006: *Mạng lưới đường ống và công trình - Tiêu chuẩn thiết kế*.
3. Chaudhari, P.M., Dharashar, and Thakare, V. M. (2010). Computing the most significant solution from Pareto front obtained in multi-objective evolutionary. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 1, No. 4.
4. Elbeltagi, E., Hegazyb, T., and Griersonb, D. (2005). Comparison among five evolutionarybased optimization algorithms. *Advanced Engineering Informatics*, Vol.19, pp. 43-53.
5. Grundmann, J., Pham, V.T., Müller, R., and Schütze, N. (2014). A simulation-optimization approach for designing water distribution networks under multiple objectives. *European Geoscience Union General Assembly*, Vienna, Austria.
6. Hansen, N. (2011). *The CMA Evolution Strategy: A Tutorial*.
7. Rosman (2000). *Epanet 2 User Manual*.
8. Walski et al. (2003). *Advanced water distribution modeling and management*. Bentley Institute press.

**OPTIMAL UPGRADING DESIGN AND OPERATION
FOR WATER SUPPLY SYSTEM
OF VIETNAM NATIONAL UNIVERSITY OF FORESTRY**

Pham Van Tinh¹, Duong Manh Hung², Hoang Ha³, Nguyen Van Quan⁴

^{1, 2, 3, 4} *Vietnam National University of Forestry*

SUMMARY

Hydraulic calculation for a water supply system often takes a lot of effort because of its very complexity. This study develops and applies a new simulation-based multi-objective optimization model to help calculation process detect automatically the optimal parameters of the system. The model is a combination of optimization algorithm "Covariance Matrix Adaptation Evolutionary Strategy - CMAES" and hydraulic model - Epanet. Two objective functions used in the model are (1) cost function including cost of buying the pipe, operating cost and (2) reliability index function in order to supply sufficient water under constraints of required pressure and velocity limitation of the flow in the pipes. The model is applied to the VNUF water supply systems which is a small system but full of major components such as pump, elevated tank, pipes... The result achieved from solving the optimization problem is a set of trade-off Pareto optimal solutions which are the harmonious solutions between the objective functions. Due to the large number of Pareto solutions, they are divided into subgroups based on the optimal Silhouette value and represented by only 5 solutions finally. With the most harmonious solution with respect to both the objective function, the result shows that the designed water supply system can ensure sufficient water supply in terms of volume and required pressure as well.

Keywords: CMAES-EP, multi-objective optimization, pareto, simulation, water supply system.

Ngày nhận bài : 07/3/2017

Ngày phản biện : 10/7/2017

Ngày quyết định đăng : 18/7/2017