

XÂY DỰNG MÔ HÌNH TỐI ƯU ĐA MỤC TIÊU ĐỂ LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN CẢI TẠO HỆ THỐNG THOÁT NƯỚC THÀNH PHỐ SẦM SƠN, THANH HÓA

Đặng Minh Hải¹

Tóm tắt: *Cải tạo hệ thống thoát nước nhằm đảm bảo cho hệ thống làm việc theo công suất thiết kế. Việc lựa chọn phương án cải tạo thoả mãn nhiều mục tiêu sẽ góp phần tăng hiệu quả đầu tư và giảm thiểu tác động tới môi trường. Bài báo đề xuất một mô hình tối ưu đa mục tiêu để lựa chọn phương án cải tạo hệ thống thoát nước thành phố Sầm Sơn, Thanh Hoá. Giải thuật di truyền NSGA-II được sử dụng để tìm tập hợp các phương án tối ưu (lời giải Pareto) cân bằng giữa 3 mục tiêu: chi phí cải tạo công nhỏ nhất, tuổi thọ công lớn nhất và ảnh hưởng tới giao thông nhỏ nhất. Kết quả là các đường đồng mức về chi phí cải tạo trong mối quan hệ với tuổi thọ công và ảnh hưởng giao thông được thiết lập để hỗ trợ việc lựa chọn các phương án tối ưu. Ba phương án cân bằng gồm phương án A có chi phí cải tạo nhỏ nhất (1,25 tỷ đồng), phương án B có tuổi thọ công cao nhất (78 năm) và phương án C có ảnh hưởng giao thông nhỏ nhất (0 phương tiện/giờ) đã được phân tích để cơ quan quản lý có cơ sở lựa chọn phương án tốt nhất. Việc sử dụng mô hình tối ưu đa mục tiêu đã định lượng ảnh hưởng của chi phí xã hội tới chi phí cải tạo hệ thống thoát nước.*

Từ khóa: Hệ thống thoát nước, cải tạo, tối ưu hoá, NSGA-II.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cải tạo hệ thống thoát nước (HTTN) nhằm đảm bảo cho hệ thống làm việc theo công suất thiết kế. Một phương án cải tạo là tối ưu khi phương án đó cân bằng được nhiều mục tiêu khác nhau như tiết kiệm chi phí, tuổi thọ lâu dài và giảm thiểu tác động môi trường. Để nâng cao hiệu quả đầu tư và tính bền vững của hệ thống thoát nước thì cần sử dụng các công cụ mạnh tìm ra các phương án cải tạo HTTN tối ưu nhằm hỗ trợ cho các cơ quan quản lý trong việc lựa chọn phương án thực hiện.

Trên thế giới, việc thiết lập các bài toán tối ưu đa mục tiêu để tìm phương án tối ưu cho việc quy hoạch, thiết kế và quản lý vận hành hệ thống thoát nước đã được nhiều nhà khoa học thực hiện. Sự phức tạp của bài toán càng tăng khi số lượng các mục tiêu tăng lên. Để giải bài toán tối ưu đa mục tiêu, giải thuật di truyền (Genetic Algorithm) được coi là công cụ mạnh để tìm ra tập hợp các lời giải cân bằng (Pareto Solution-PS). Với nhiều cải tiến,

giải thuật NSGA II (Nondominated sorting genetic Algorithm) (Deb et al. 2002) đã được sử dụng để tìm PS cho các bài toán kỹ thuật khác nhau (Sharma et al. 2012) trong đó có bài toán tối ưu đa mục tiêu trong lĩnh vực thoát nước (Yang and Su 2007). Ở Việt Nam, Hai (2018) đã sử dụng giải thuật NSGA II để tìm phương án tối ưu cải tạo HTTN Sầm Sơn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, tác giả mới chỉ sử dụng 2 hàm mục tiêu là chi phí cải tạo thấp và tuổi thọ công cao. Tập hợp lời giải tối ưu với chỉ 2 mục tiêu chưa phản ánh hết các chi phí xã hội tới các phương án cải tạo HTTN Sầm Sơn. Vì vậy, những nghiên cứu tiếp theo với số hàm mục tiêu nhiều hơn để tìm phương án tối ưu cải tạo HTTN thành phố Sầm Sơn là hết sức cần thiết.

Trong bài báo này, một mô hình tối ưu đa mục tiêu cải tạo HTTN thành phố Sầm Sơn, Thanh Hoá được thiết lập với 3 hàm mục tiêu gồm chi phí cải tạo nhỏ nhất, tuổi thọ công lớn nhất và ảnh hưởng giao thông nhỏ nhất được thiết lập. Tập hợp các phương án cải tạo tối ưu của mô hình được tìm bằng giải thuật NSGA II.

¹ Trường Đại học Thủy lợi

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vùng nghiên cứu và hệ thống thoát nước

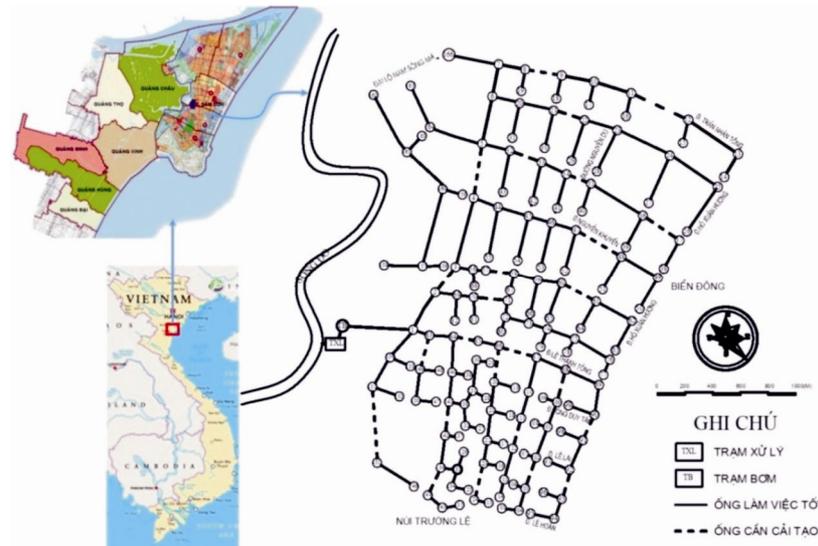
HTTN thành phố Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa có diện tích phục vụ 650 ha. Độ sâu chôn cống của các tuyến cống thoát nước thải biến đổi từ 1 m đến 5.0 m. Đường kính của các tuyến cống

biến đổi từ 300 mm đến 600 mm. Các cống thoát nước thải đều là cống bê tông cốt thép. Qua điều tra, có 18 đoạn cống bị hư hỏng (có chiều dài hư hỏng lớn hơn 25% chiều dài đoạn cống) trên tổng số 158 đoạn cống trong hệ thống (Bảng 1).

Bảng 1. Thông số của các đoạn cống cải tạo

TT	Tên đoạn	D (mm)	L _h (m)	H (m)	f (pt/h)	TT	Tên đoạn	D (mm)	L _h (m)	H (m)	f (pt/h)
1	2-3	600	111	6	50	10	57-58	300	110	4,5	50
2	4-5	600	190	5	39	11	60-61	300	120	3	14
3	8-9	400	160	4	100	12	70-71	500	140	4,5	25
4	11-12	300	210	3	80	13	84-85	600	90	5	50
5	21-22	400	90	4	50	14	83-149	300	110	3	60
6	32-33	500	115	4	20	15	86-120	400	130	4,5	90
7	34-35	400	95	4	40	16	88-100	400	120	4	50
8	36-37	300	180	2,5	50	17	92-93	300	110	3	100
9	47-48	600	220	3	25	18	141-142	300	140	3,5	50

D: đường kính ống; L_h: chiều dài cống bị hỏng; H: độ sâu chôn cống; f: lưu lượng giao thông



Hình 1. Sơ đồ mạng lưới hệ thống thoát nước thành phố Sầm Sơn, tỉnh Thanh Hóa

Bảng 2. Đơn giá và tuổi thọ của vật liệu cống thoát nước

No.	Vật liệu	Y (năm)	Đơn giá (1000 đ)/D(mm)					
			200	250	300	350	500	
1	BTCT	25	183	208	270	283	445	697
2	CSTT	30	167	261	414	501	855	1,316
3	HDPE	50	235	313	392	523	908	1,688
4	Sành	100	257	337	416	545	1,267	2,831

BTCT: Cống bê tông cốt thép; CSTT: Cống cốt sợi thủy tinh; HDPE: Cống HDPE; Sành: Cống sành; Y: Tuổi thọ cống

2.2. Mô hình tối ưu hóa cải tạo hệ thống thoát nước

Mục tiêu thứ nhất là tối thiểu hóa tổng chi phí cải tạo (CPCT) các cống thoát nước. Tổng CPCT (C_{ct}) phụ thuộc vào đường kính cống, vật liệu và phương pháp cải tạo.

$$\begin{aligned} \text{Min } C_{ct} \\ C_{ct} = C_{vl} + C_{tc} \end{aligned} \quad (1)$$

$$C_{vl} = \sum_{i=1}^n C_i L_{hi} \quad (2)$$

Theo Yang and Su (2007), tổng chi phí phục vụ thi công C_{tc} phụ thuộc vào phương pháp thi công và được xác định như sau:

Nếu thay thế cống không mở móng thì:

$$C_{tc} = \sum_{i=1}^n (22D_{ri} + 12062) \quad (3)$$

Nếu thay thế cống mở móng thì

$$C_{tc} = \sum_{i=1}^n (0,009D_{ri}^2 + 550H_{ri}^2 + 0,9D_{ri}H_{ri} - 1168H_{ri} + 1,4D_{ri} + 4299) \quad (4)$$

Nếu sửa chữa lớn thì

$$C_{tc} = \sum_{i=1}^n (55D_{ri} + 15298) \quad (5)$$

Nếu sửa chữa nhỏ thì

$$C_{tc} = \sum_{i=1}^n (60D_{ri} + 5400) \quad (6)$$

Trong đó:

C_{vl} : tổng chi phí của vật liệu thay thế (1000 đồng);

C_i : chi phí vật liệu thay thế cho đoạn cống thứ i (đồng) (xác định ở bảng 2);

L_{hi} : chiều dài bị hư hỏng của đoạn cống thứ i (đồng) (xác định ở bảng 1);

C_{tc} : tổng chi phí phục vụ thi công cải tạo các đoạn cống (1000 đồng);

D_{ri} : đường kính của đoạn cống thứ i (xác định ở bảng 1);

n : số đoạn cống bị hỏng, $n=18$.

Mục tiêu thứ hai là tối đa hóa tuổi thọ trung bình của các đoạn cống (TTC) sau khi cải tạo. Các cống hư hỏng được giả thiết là sẽ phục hồi lại tuổi thọ sau khi cải tạo.

$$\text{Max } SL = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (7)$$

Trong đó:

SL : tuổi thọ trung bình của các đoạn cống sau khi cải tạo (năm);

Y_i : tuổi thọ của đoạn cống thứ i sau khi cải tạo, phụ thuộc vào vật liệu thay thế của đoạn cống (năm) (xác định ở bảng 1).

Mục tiêu thứ ba là tối thiểu hóa việc ảnh hưởng tới giao thông (AHGT) trong quá trình

cải tạo đường ống. Các phương pháp thi công khác nhau có thể gây ra việc gián đoạn giao thông khác nhau. Việc mở móng để thi công đường ống trên một đoạn đường nào có thể làm thu hẹp bề mặt đường và vì vậy ảnh hưởng tới các phương tiện tham gia giao thông trên đoạn đường đó. Ngược lại, thi công cải tạo đường ống không mở móng sẽ ảnh hưởng ít đến lưu lượng phương tiện tham gia giao thông. Do đó, sự gián đoạn giao thông được xác định bằng công thức sau:

$$\text{Min } GT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i f_i \quad (8)$$

Trong đó:

GT : là mức độ ảnh hưởng tới giao thông (phương tiện/giờ);

a_i : là hệ số kể đến mức độ ảnh hưởng đến các phương tiện tham gia giao thông trên đường khi cải tạo đoạn cống thứ i , $a_i = 1$ nếu thi công mở móng và $a_i = 0$ nếu thi công ngầm;

f_i : là lưu lượng tham gia giao thông trên đường trong điều kiện bình thường (bảng 1) (phương tiện/giờ).

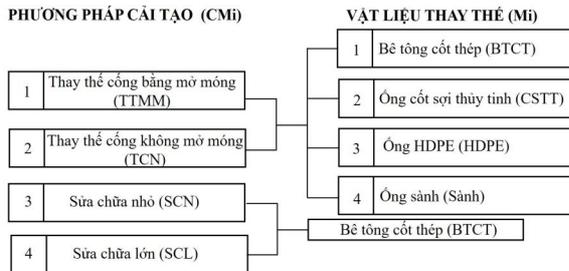
2.3. Giải thuật di truyền NSGA-II

Giải thuật NSGA-II là một dạng của giải thuật tiến hóa đa mục tiêu được sử dụng để tìm tập hợp các lời giải tối ưu Pareto cho các vấn đề tối ưu đa mục tiêu. Ba đặc trưng chính của giải thuật NSGA-II là: phát triển các tầng lớp ưu tú, sử dụng cơ chế bảo tồn sự đa dạng của lời giải và tập trung vào các lời giải không vượt trội. Các cá thể Quá trình thực hiện thuật toán trải qua các bước sau:

1. Thuật toán gen bắt đầu với các chuỗi được mã hóa gọi là *chromosomes*. Trong bài báo này, *chromosomes* được mã hóa bằng số nguyên và mô tả 2 biến là vật liệu thay thế (M_i) và phương pháp thi công (CM_i). M_i được mã hóa là 1 đối với ống bê tông cốt thép (BTCT); 2 đối với ống cốt sợi thủy tinh (CSTT); 3 đối với ống HDPE; 4 đối với ống sành. CM_i được mã hóa là 1 khi thay thế cống không mở móng (TCN); 2 khi thay thế cống mở móng (TTMM); 3 khi sửa chữa lớn (SCL); 4 khi sửa chữa nhỏ (SCN). Ràng buộc giữa M_i và CM_i được thể hiện trong hình 2, cụ thể là: nếu $CM_i = 1$ hoặc 2 thì $1 \leq M_i \leq 4$; nếu

$CM_i=3$ hoặc 4 thì $M_i=1$, với $i=1,..,18$.

2. Quần thể ban đầu gồm N cá thể được tạo ra theo luật ngẫu nhiên phân phối đồng nhất. Ước tính các hàm mục tiêu: CPCT tổng cộng được xác định theo công thức (1); tuổi thọ trung bình của các đoạn cống cải tạo được xác định theo công thức (7); ảnh hưởng giao thông được xác định theo công thức (8).



Hình 2. Sơ đồ mã hóa phương pháp cải tạo và vật liệu thay thế

3. Quần thể hiện tại gồm N cá thể sẽ tham gia vào quá trình lựa chọn, lai tạo và đột biến của thuật toán gen để sinh ra quần thể mới gồm N cá thể. Ước tính các hàm mục tiêu như đã thực hiện ở bước 2. Lai ghép là quá trình trao đổi một phần gen của hai chuỗi bố mẹ thành hai chuỗi con. Trong bài báo này, sử dụng kiểu lai ghép hai điểm.

4. Tổ hợp quần thể hiện tại với N cá thể mới tạo thành quần thể hỗn hợp gồm 2N cá thể.

5. Tìm số lượng các cá thể vượt trội của mỗi cá thể (N_{dom}) trong quần thể hỗn hợp. Cá thể B được xem là vượt trội so với cá thể A nếu giá trị của mỗi hàm mục tiêu của cá thể B không tồi hơn giá trị của mỗi hàm mục tiêu của cá thể A và tồn tại ít nhất một hàm mục tiêu của cá thể B tốt hơn một hàm mục tiêu của cá thể A.

6. Các cá thể có N_{dom} nhỏ nhất được xếp hạng 1 (Pareto front tốt nhất). Các cá thể có N_{dom} nhỏ tiếp theo được xếp hạng 2 (Pareto front thứ hai). Quá trình này tiếp tục cho tới khi mọi cá thể đều được xếp hạng.

7. Sắp xếp các cá thể theo hạng của chúng và tìm hạng của cá thể thứ N, được kí hiệu là N_{domcut} .

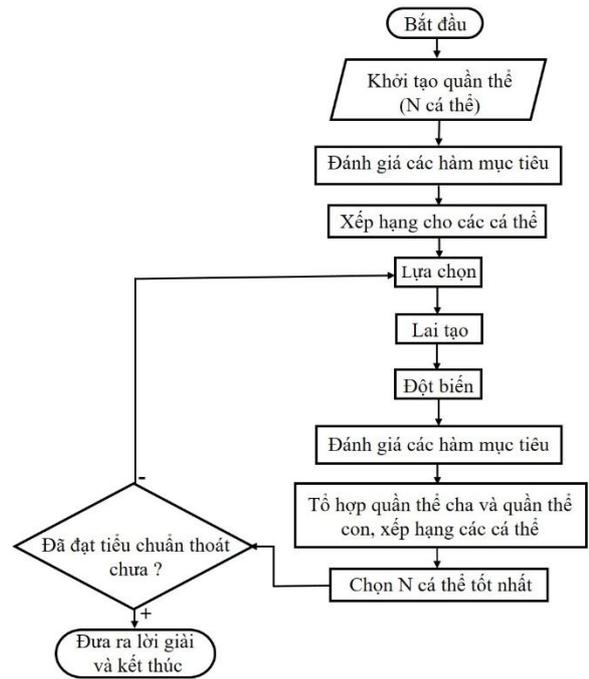
8. Đối với các cá thể có hạng là N_{domcut} thì

xác định *khoảng mật độ* (crowding distance) của mỗi cá thể (đại lượng đo mật độ của các cá thể khác xung quanh một cá thể nào đó) trong không gian hàm mục tiêu.

9. Sắp xếp các cá thể trong quần thể hỗn hợp theo mức độ tăng dần của *hạng* và giảm dần của *khoảng mật độ*.

10. N cá thể tốt nhất được xác định ở bước 9 sẽ hình thành nên quần thể mới của thế hệ tiếp theo.

11. Lặp lại từ bước 3 đến bước 9 cho đến khi đạt tới số lượng lớn nhất các thế hệ.



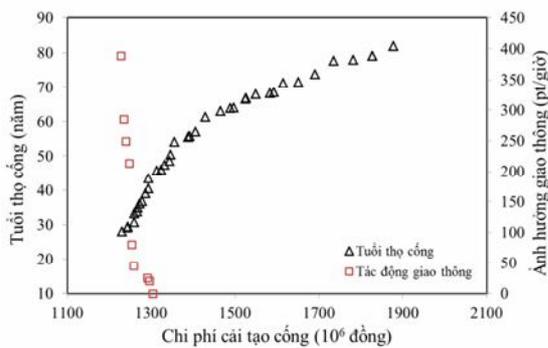
Hình 3. Sơ đồ khối của thuật toán NSGA-II

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

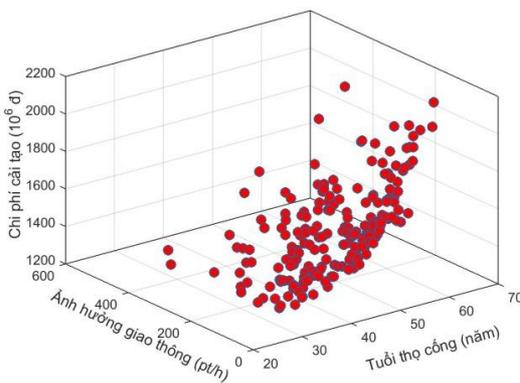
3.1. Tập hợp các phương án tối ưu

Có 4 loại vật liệu thay thế và 4 phương pháp thi công có thể áp dụng cho 18 đoạn ống hỏng nên sẽ có $4^{18} \times 4^{18}$ phương án cải tạo cống của HTTN Sầm Sơn. Hình 4 mô tả 2 đường cong Pareto tối ưu cho 2 trường hợp: (i) tối thiểu hóa CPCT và tối đa hóa TTC và (ii) tối thiểu hóa CPCT và tối thiểu hóa AHGT. Trong trường hợp này, các thông số cho thuật toán NSGA-II được thiết lập như sau: số cá thể của quần thể ban đầu $N_p=300$; số thế hệ $N_g=900$; xác suất lai tạo $P_c=0,9$; xác suất đột biến $P_m=0,1$. Kết quả cho thấy rằng các phương án cải tạo với CPCT

đã xác định thì TTC sau cải tạo sẽ lớn nhất hoặc AHGT sẽ nhỏ nhất. Khi CPCT tăng thì TTC sẽ tăng hoặc AHGT sẽ giảm. Để tăng TTC từ 29 năm (giá trị nhỏ nhất) đến 81 năm (giá trị lớn nhất) thì cần phải đầu tư thêm 674 triệu đồng. Để giảm AHGT từ 389 phương tiện/giờ đến 0 phương tiện/giờ thì cần số kinh phí là 76 triệu. Số lời giải tối ưu thu được chỉ là 38 và 10 (chiếm 13% và 3% số lượng lời giải ban đầu) chứng tỏ việc tìm kiếm phương án tối ưu để cải tạo hệ thống thoát nước là rất khó khăn. Mức độ ảnh hưởng của TTC (vật liệu cống) đến CPCT lớn hơn mức độ ảnh hưởng của tác động giao thông đến chi phí cải tạo. Khi chỉ xét tối ưu theo 2 mục tiêu, CPCT hệ thống thoát nước Sầm Sơn biến đổi từ 1,27 tỷ đến 1,88 tỷ.



Hình 4. Đường cong Pareto tối ưu



Hình 5. Tập hợp các phương án tối ưu trong trường hợp 3 mục tiêu

Để tăng thêm cơ sở lựa chọn phương án tối ưu cải tạo HTTN Sầm Sơn, việc tìm kiếm lời giải tối ưu với 3 mục tiêu được thực hiện. Hình 5 thể hiện các phương án tối ưu được trong không gian 3 chiều tương ứng với 3 hàm

mục tiêu là CPCT, TTC và AHGT. Kinh phí cải tạo biến đổi từ 1,26 tỷ đến 2,29 tỷ, cao hơn so với trường hợp tối ưu với hai hàm mục tiêu (như trình bày ở trên). Các phương án được thể hiện trong không gian 3 chiều (hình 5) tạo điều kiện thuận lợi cho việc lựa chọn phương án cải tạo HTTN Sầm Sơn. Chẳng hạn, để có phương án cải tạo chỉ ảnh hưởng tới 230 phương tiện/giờ thì nếu cần TTC là 55 năm thì phải đầu tư kinh phí là 1,62 tỷ đồng và nếu cần TTC là 65 năm thì phải đầu tư 1,67 tỷ đồng. Như vậy, khi số hàm mục tiêu tăng lên thì CPCT hệ thống thoát nước của các phương án tối ưu sẽ tăng lên.

3.2. Ảnh hưởng của các thông số của mô hình tối ưu

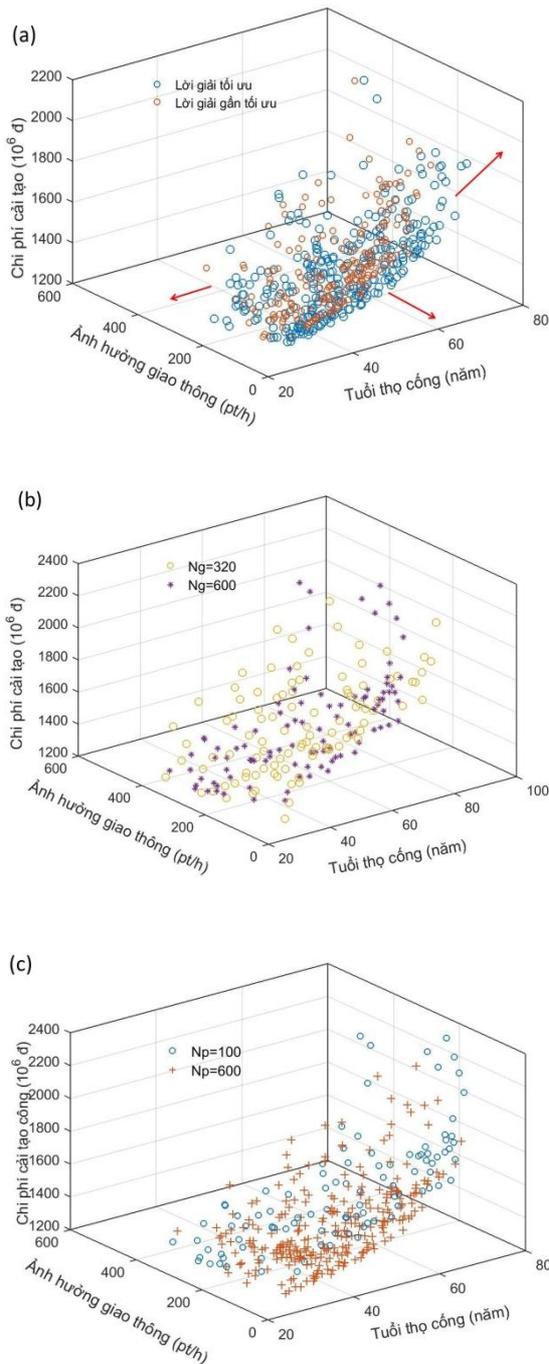
Sự ảnh hưởng của số lượng thể hệ (N_g) và số lượng của cá thể (N_p) tới sự tiến hoá và số lượng các phương án tối ưu (PU) được minh họa trong hình 6. Ban đầu, số thể hệ $N_g=320$; số cá thể $N_p=80$; xác suất lai tạo $P_c=0,9$; xác suất đột biến $P_m=0,08$.

Hình 6a minh họa các phương án gần tối ưu (sau 50 thế hệ tiến hoá) và phương án tối ưu (sau 320 thế hệ tiến hoá). Nhận thấy, các phương án gần tối ưu bị vượt trội bởi các phương án tối ưu và có xu hướng tiến tới các phương án tối ưu sau khi thêm một số thế hệ tiến hoá (chiều mũi tên).

Hình 6b cho thấy khi tăng N_g từ 320 (gấp 4 lần $N_p=80$) đến 600 thì không có sự cải thiện đáng kể về các phương án tối ưu. Tương tự như vậy, không có nhiều thay đổi khi tăng N_p từ 300 đến 600 (hình 6c). Tuy nhiên, khi tăng N_p từ 80 đến 300 thì các phương án tối ưu đã cải tiến đáng kể. Như vậy, khi N_p và N_g đủ lớn thì việc tăng chúng không làm tăng đáng kể số lượng các phương án cải tạo tối ưu HTTN Sầm Sơn.

Khi đánh giá ảnh hưởng của một thông số nào đó đến PU và PUG thì thông số đó được thay đổi trong khi giữ nguyên các thông số còn lại. Ảnh hưởng của các thông số đến số lượng các phương án tối ưu PU và phương án tối ưu không ảnh hưởng đến giao thông (PUG) được thể hiện trong bảng 3. Kết quả

cho thấy PU tăng khi $N_g < 320$ và PU sẽ không thay đổi khi N_g lớn hơn 4 lần N_p ($N_g > 320, N_p = 80$). PUG đạt giá trị lớn (51%) khi $N_g = 4N_p$. Khi $N_p > 200$ tăng thì PU và PUG sẽ không thay đổi nhiều. Khi $0,85 < P_c < 0,9$ thì PU sẽ lớn hơn so với giá trị của PU tương ứng với P_c nằm trong khoảng còn lại. P_c không ảnh hưởng nhiều tới PUG. Khi P_m tăng thì PU và PUG giảm.



Hình 6. Ảnh hưởng của các thông số đến lời giải

Bảng 3. Kết quả phân tích độ nhạy các thông số của giải thuật NSGA-II

Thông số	PU ¹	PUG ²
Số thế hệ N_g		
100	40 (50%) ³	12(30%) ⁴
160	73(91%)	19(26%)
240	72(90%)	10(14%)
320	80(100%)	41(51%)
400	80(100%)	27(34%)
480	80(100%)	16(20%)
600	79(99%)	27(34%)
Số lượng cá thể N_p		
100	100(100%)	26(26%)
200	77(39%)	12(16%)
300	120(40%)	25(21%)
400	139(35%)	25(18%)
500	173(35%)	54(31%)
600	251(42%)	99(39%)
Xác suất lai tạo P_c		
0.8	50(63%)	6(12%)
0.85	72(90%)	8(11%)
0.9	80(100%)	11(14%)
0.95	59(74%)	7(12%)
Xác suất đột biến P_m		
0.05	80(100%)	22(28%)
0.1	30(38%)	7(23%)
0.15	14(7%)	1(7%)

¹: Phương án tối ưu;

²: Phương án tối ưu không tác động giao thông;

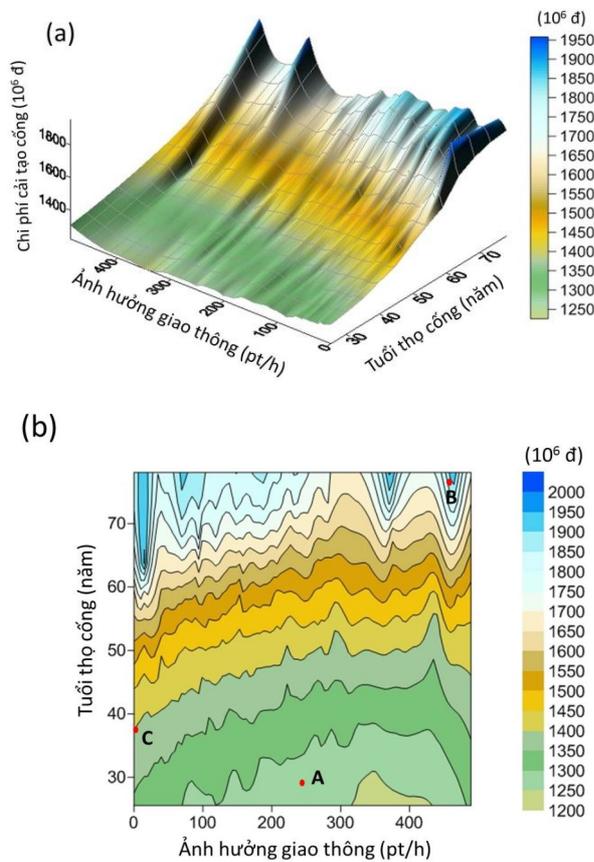
³: Phần trăm của PU so với N_p ;

⁴: Phần trăm của PUG so với PU;

3.3. Phân tích lựa chọn các phương án

Để hiểu rõ hơn về tập hợp các phương án tối ưu cân bằng giữa TTC và AHGT ở một CPCT xác định, một mặt cong 3 chiều chứa đựng tập hợp các phương án tối ưu được thiết lập. Hình 7a cho thấy có một số đỉnh và một số vùng thấp tồn tại trên mặt cong 3 chiều chứa tập hợp các lời giải tối ưu (mặt PS). Điều đó chứng tỏ rằng tập hợp các phương án tối ưu cải tạo HTTN là tập hợp các lời giải không lời và rất khó để tìm ra lời giải bằng các phương pháp truyền thống.

Đề thuận lợi cho việc lựa chọn phương án cải tạo HTTN trên cơ sở phân tích hiệu quả - chi phí, một bản đồ đường đồng mức CPCT HTTN với trục tung là mức độ AHGT, trục hoành là TTC được thiết lập (hình 7b) trên cơ sở mặt PS đã thiết lập ở trên. Khi AHGT là 100 (pt/giờ) và TTC là 68 năm thì CPCT là 1860 (triệu đồng). Khi AHGT nhỏ hơn 60 phương tiện/năm thì các đường đồng mức CPCT gần song song với trục hoành và thưa hơn các đường đồng mức khi AHGT lớn hơn 60 phương tiện/năm. Điều đó chứng tỏ rằng khi $TTC > 60$ phương tiện/giờ thì mức độ ảnh hưởng của nó tới CPCT lớn hơn khi $TTC < 60$ phương tiện/giờ.



Hình 7. Mặt Pareto 3 chiều (PS) cho vùng nghiên cứu (a) Mặt phẳng hiệu quả - chi phí được rút ra từ mặt PS

Bảng 4 thể hiện phương án cải tạo HTTN Sầm Sơn có CPCT nhỏ nhất (phương án A trên hình 7b). Phương án A có CPCT là 1,25 tỉ đồng, tuổi thọ trung bình của cống sau cải tạo là 27

năm và ảnh hưởng tới giao thông là 253 phương tiện/giờ. Trong phương án A, vật liệu BTCT chiếm 86,3%, mỗi vật liệu còn lại chiếm 5,6%. Những đoạn cống có mật độ tham gia giao thông lớn như đoạn 8-9 và đoạn 92-93 được áp dụng biện pháp thi công ngầm; trong khi đó, những đoạn cống có mật độ giao thông nhỏ được áp dụng biện pháp thi công mở móng (7 đoạn).

Bảng 4. Vật liệu và phương pháp thi công của các cống cải tạo ứng phương án với CPCT nhỏ nhất (điểm A trên hình 7b)

TT	Tên đoạn	Vật liệu	Phương pháp cải tạo
1	2-3	BTCT	SCN ¹
2	4-5	BTCT	TCMM ²
3	8-9	BTCT	TCN ³
4	11-12	BTCT	SCN
5	21-22	HDPE	TCN
6	32-33	BTCT	SCN
7	34-35	BTCT	SCN
8	36-37	BTCT	SCN
9	47-48	BTCT	TCMM
10	57-58	BTCT	TCMM
11	60-61	BTCT	TCMM
12	70-71	BTCT	TCMM
13	84-85	BTCT	SCN
14	83-149	BTCT	TCMM
15	86-120	Sành	TCN
16	88-100	BTCT	SCN
17	92-93	BTCT	SCN
18	141-142	CSTT	TCMM

^{1, 2} và ³ được giải thích trong hình 2

Bảng 5. Vật liệu và phương pháp thi công của các cống cải tạo ứng với TTC lớn nhất và AHGT nhỏ nhất (điểm B trên hình 7)

TT	Tên đoạn	Vật liệu của điểm B	Phương pháp cải tạo của điểm C
1	2-3	Sành	SCN
2	4-5	HDPE	SCN
3	8-9	BTCT	SCN

TT	Tên đoạn	Vật liệu của điểm B	Phương pháp cải tạo của điểm C
4	11-12	Sành	SCN
5	21-22	Sành	TCN
6	32-33	Sành	SCN
7	34-35	Sành	SCN
8	36-37	Sành	SCL ⁴
9	47-48	BTCT	SCN
10	57-58	Sành	SCN
11	60-61	Sành	TCN
12	70-71	BTCT	SCN
13	84-85	CSTT	SCN
14	83-149	HDPE	TCN
15	86-120	Sành	TCN
16	88-100	Sành	SCN
17	92-93	Sành	SCN
18	141-142	Sành	SCN

⁴ được giải thích trong hình 2

Bảng 5 mô tả vật liệu của phương án có tuổi thọ cao nhất 78 năm (điểm B trên hình 7) và phương án ảnh hưởng đến giao thông thấp nhất 0 phương tiện/giờ (điểm C trên hình 7b). Nhận thấy, có 61,1% vật liệu sành được sử dụng cho phương án B, tiếp đến là 16,7% vật liệu là BTCT, các vật liệu còn lại chỉ chiếm 11,2%. Đối với phương án C, 72,2% số đoạn cống được

cải tạo bằng phương pháp sửa chữa nhỏ, biện pháp thi công ngầm chiếm 22,2% và 5,6% số cống còn lại được cải tạo bằng sửa chữa lớn.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất một mô hình tối ưu đa mục tiêu để lựa chọn phương án tối ưu cải tạo hệ thống thoát nước thành phố Sầm Sơn, Thanh Hoá. Giải thuật di truyền NSGA-II được sử dụng để tìm tập hợp các phương án tối ưu (lời giải Pareto) cân bằng giữa 3 mục tiêu: chi phí cải tạo cống nhỏ nhất, tuổi thọ cống lớn nhất và ảnh hưởng tới giao thông nhỏ nhất. Thông qua phân tích ảnh hưởng của các thông số tới số lượng các phương án tối ưu và số lượng các phương án cải tạo không AHGT, bộ thông số của giải thuật NSGA-II được xác định. Từ đó, các đường đồng mức về CPCT trong mối quan hệ với TTC và AHGT được thiết lập để hỗ trợ việc lựa chọn các phương án tối ưu. Ba phương án cân bằng có CPCT nhỏ nhất (phương án A), TTC lớn nhất (phương án B) và AHGT nhỏ nhất (phương án C) đã được phân tích để cơ quan quản lý có cơ sở lựa chọn phương án tốt nhất. Việc sử dụng mô hình tối ưu đa mục tiêu đã định lượng các chi phí không trực tiếp (AHGT) trong thực hiện cải tạo HTTN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hai, D. M. (2018). “*Ứng dụng giải thuật di truyền NSGA-II để lựa chọn phương án tối ưu cải tạo hệ thống thoát nước thành phố Sầm Sơn, Thanh Hóa.*” Tuyển tập kỷ yếu Hội nghị thường niên trường Đại học Thủy lợi 2018.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyerivan, T. (2002). “*A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II.*” *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182–197.
- Sharma, S., Rangaiah, G. P., and Cheah, K. S. (2012). “*Multi-objective optimization using MS Excel with an application to design of a falling-film evaporator system.*” *Food and Bioproducts Processing*, Institution of Chemical Engineers, 90(2), 123–134.
- Yang, M. Der, and Su, T. C. (2007). “*An optimization model of sewage rehabilitation.*” *Journal of the Chinese Institute of Engineers, Transactions of the Chinese Institute of Engineers, Series A/Chung-kuo Kung Ch’eng Hsueh K’an*, 30(4), 651–659.

Abstract:
**MULTI-OBJECTIVE OPTIMAL DESIGN OF SEWERAGE REHABILITATION
FOR THE SAM SON SEWERAGE SYSTEM, THANH HOA PROVINCE**

The rehabilitation of a sewerage system is to maintain its initial designed capacity. Implementing multi-objective optimal rehabilitation plans results in both increase in benefit and mitigation of negative environmental impact. This paper proposed a multi objective optimal model to determine the optimal rehabilitation plans of Sam Son sewerage system, Thanh Hoa province. NSGA-II was utilized to define Pareto solution sets which were trade off solutions among three objectives including minimum rehabilitation cost, maximum service life and minimum traffic impact. As a result, rehabilitation cost contours in relation to service lifes and traffic disruption were established to determine optimal rehabilitation plans. Three trade off plans including the plan A with the minimum rehabilitation cost (12,5 billion VND), the plan B with the maximum service life (78 years) and the plan C with minimum traffic disruption (0 vehicle/hr) were analyzed in more detail to facilitate decision makers. Using the multi objective optimal design helped to quantify social costs of rehabilitation costs.

Keywords: Swerage systems, rehabilitation, optimization, NSGA-II.

Ngày nhận bài: 31/10/2018

Ngày chấp nhận đăng: 07/12/2018