

## **BỐ TRÍ VÀ LỰA CHỌN TỐI ƯU CÁC CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC BỀN VỮNG CHO LƯU VỰC SÔNG CẦU BÂY, GIA LÂM, HÀ NỘI**

**Đặng Minh Hải<sup>1</sup>**

**Tóm tắt:** Gần đây, quá trình đô thị hóa trên lưu vực đã làm gia tăng dòng chảy nước mưa vào hệ thống thoát nước trong lưu vực sông Cầu Bây. Các giải pháp thoát nước bền vững LID (Low Impact Development) trên lưu vực có hiệu quả cao trong việc giảm lưu lượng đỉnh và kéo dài thời gian tập trung dòng chảy vào hệ thống thoát nước. Bài báo này tích hợp giải thuật sắp xếp không vượt trội (NSGAII) với mô hình quản lý nước mưa (SWMM) để tìm phương án lựa chọn và bố trí tối ưu các công trình thoát nước bền vững LID trong lưu vực sông Cầu Bây. Các phương án tối ưu đạt hiệu quả giảm dòng chảy đỉnh là cao nhất và chi phí đầu tư các công trình LID là nhỏ nhất. Tập hợp các phương án tối ưu hình thành nên đường cong hiệu quả - chi phí. Mỗi điểm trên đường cong hiệu quả - chi phí tương ứng với một tổ hợp công trình gồm ô chứa sinh học, lát vật liệu thấm, hộp trồng cây, ô trồng cây cho dòng chảy qua. Ba phương án giảm dòng chảy đỉnh 10%, 24% à 46% cho thấy có sự khác biệt lớn về số lượng của mỗi loại công trình LID: hộp trồng cây có số lượng chiếm tỉ lệ từ 73.3% đến 77.4% trong khi số lượng công trình lát vật liệu thấm chỉ chiếm tỉ lệ chỉ 1%. Ngược lại, tỉ lệ về diện tích của mỗi loại công trình lại không có sự khác biệt lớn.

**Từ khóa:** SWMM 5.1, LID, NSGA-II, Cầu Bây

### **1. GIỚI THIỆU CHUNG**

Quá trình đô thị hóa đã chuyển một phần diện tích thấm nước sang diện tích không thấm. Điều này đã làm cho thời gian tập trung dòng chảy giảm xuống và lưu lượng đỉnh tăng lên, gây quá tải cho hệ thống thoát nước. Để giảm sự gia tăng lưu lượng do quá trình đô thị hóa trên lưu vực, các giải pháp thoát nước bền vững (LID) đã được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Nguyên lý của LID là giữ lại dòng chảy mặt thông qua quá trình trữ, thấm và bốc hơi. Thông qua việc sử dụng tổ hợp các công trình LID thì hiệu quả giảm dòng chảy đỉnh và tải lượng PCB có thể đạt tới 70% (Wu et al. 2018).

Trong những năm gần đây, quá trình đô thị hóa đã diễn ra mạnh mẽ ở nước ta với tốc độ 3.4 %/năm. Đông & Hải (2012) kết luận rằng khi tỉ lệ đất không thấm ở vùng Đồng Bằng Bắc Bộ tăng 78% thì hệ số tiêu sẽ tăng lên 2.3 lần. Hai & Hien (2015) đã chỉ ra rằng thời gian ngập và diện tích ngập của khu vực trong lưu vực sông Cầu Bây sẽ tăng 30%

khi tỉ lệ bề mặt không thấm tăng thêm 10%. Trong các nghiên cứu trên, giải pháp cải tạo và nâng cấp các công trình trong hệ thống thoát nước được đề xuất để đối phó với lưu lượng dòng chảy gia tăng trên lưu vực thoát nước. Các giải pháp công trình truyền thống đòi hỏi một lượng kinh phí đầu tư lớn và không theo kịp được tốc độ đô thị hóa biến đổi nhanh chóng trên bề mặt lưu vực. Vì vậy, việc tìm lựa chọn và bố trí tối ưu tổ hợp các công trình thoát nước bền vững LID trên lưu vực để giảm thiểu lưu lượng dòng chảy gia tăng chảy vào hệ thống thoát nước là hết sức cần thiết.

Bài báo này tập trung vào việc phát triển mô hình tổng hợp thủy văn – thủy lực – tối ưu hóa để tìm phương án lựa chọn và bố trí tối ưu các công trình thoát nước bền vững LID nhằm giảm thiểu ngập lụt trong lưu vực sông Cầu Bây, Hà Nội. Đầu tiên, mô hình SWMM 5.1 (Storm Water Management Model, Lewis A. Rossman 2010) được thiết lập với đầy đủ các thuộc tính khí tượng, thủy văn, thủy lực và LID. Sau đó, hai hàm mục tiêu cùng với các điều kiện ràng buộc được thiết lập: mục tiêu thứ nhất là tối thiểu hóa chi phí thực

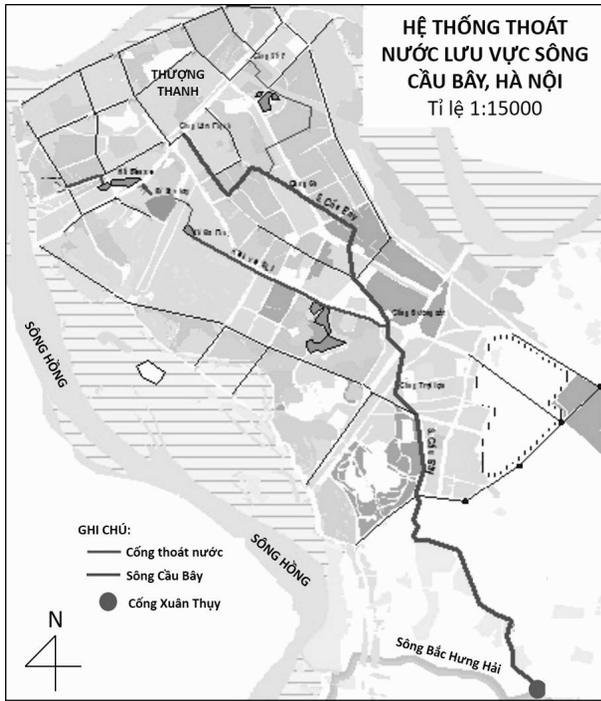
---

<sup>1</sup> Đại học Thủy lợi

hiện giải pháp LID; mục tiêu thứ hai là tối đa hóa hiệu quả giảm lưu lượng dòng chảy. Cuối cùng, giải thuật di truyền NSGA II (Deb et al. 2002) được tích hợp với mô hình SWMM 5.1 để tìm được tập hợp các phương án lựa chọn và bố trí LID tối ưu cho lưu vực sông Cầu Bậy.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vùng nghiên cứu



Hình 1. Sơ đồ vị trí hệ thống thoát nước Cầu Bậy

Vùng nghiên cứu thuộc huyện Gia Lâm, Hà Nội, có diện tích là 5553 ha. Địa hình có hướng dốc từ Tây Bắc đến Đông Nam. Cao độ địa hình thay đổi từ +7.2 m đến +3.2 m. Khí hậu của khu vực là nhiệt đới gió mùa. Mùa khô bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 4, mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10, chiếm 80% lượng mưa của cả năm. Nước mưa và nước thải của khu vực được đổ ra sông Cầu Bậy, sau đó đổ vào sông Bắc Hưng Hải tại cống Xuân Thụy (hình 1). Sông Cầu Bậy có chiều dài là 12.7 km, chiều rộng biến đổi từ 10 m đến 32 m. Quá trình đô thị hóa nhanh chóng đã làm gia tăng diện tích không thấm nước trong lưu vực sông Cầu Bậy. Điều này đã giảm thời gian tập trung dòng chảy, tăng lưu lượng dòng chảy đỉnh đổ vào hệ thống thoát nước, gây ra hiện tượng ngập lụt tại nhiều vị trí trong khu vực nghiên cứu.

### 2.2. Mô hình tổng hợp

Trong bài báo này, mô hình thủy văn thủy lực được tích hợp với mô hình tối ưu hóa để lựa chọn và bố trí các công trình LID. Sử dụng mô hình SWMM5.1 để xác định lưu lượng ở điều kiện nền và đánh giá sự thay đổi của chúng khi áp dụng các giải pháp LID trong lưu vực. Mô đun tối ưu hóa sử dụng thuật toán NSGA-II để đánh giá lợi ích (giảm lưu lượng) và chi phí của các phương án lựa chọn và bố trí LID và xác định được phương án tối ưu theo các mục tiêu của người sử dụng đặt ra.

#### 2.2.1 Mô hình SWMM 5.1

Mô hình SWMM 5.1 là mô hình thủy văn thủy lực bán phân bố. Dòng chảy trên các tiểu lưu vực được mô phỏng theo mô hình hồ chứa phi tuyến. Dòng chảy trong hệ thống truyền dẫn được diễn toán theo phương trình Saint – Venant 1 chiều cho dòng chảy không ổn định biến đổi chậm. Việc giải đồng thời các phương trình liên tục và phương trình bảo toàn động lượng cho mỗi đường ống/kênh cùng với phương trình bảo toàn thể tích tại các nút sẽ xác định được sự biến đổi theo thời gian và không gian của mực nước và lưu lượng trên toàn mạng lưới. Phương pháp giải Nút-Đường dẫn được phỏng theo mô hình Sacramento-San Joaquin Delta và mô hình WRE Transport (Lewis A. Rossman 2010).

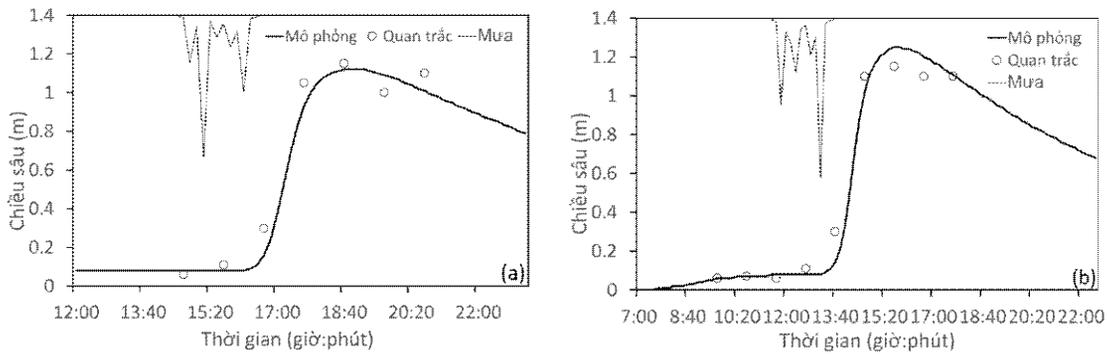
#### 2.2.2 Thiết lập mô hình cho điều kiện nền

Căn cứ vào bản đồ quy hoạch đô thị và bản đồ địa hình, toàn bộ lưu vực sông Cầu Bậy được chia thành 133 tiểu lưu vực. Mực nước nguồn tiếp nhận tại sông Bắc Hưng Hải phụ thuộc vào quy trình vận hành của cống Xuân Quan và lấy là +2.0 m. Điều kiện sử dụng đất của các tiểu lưu vực được lấy theo kế hoạch sử dụng đất của quận Long Biên và Gia Lâm năm 2015.

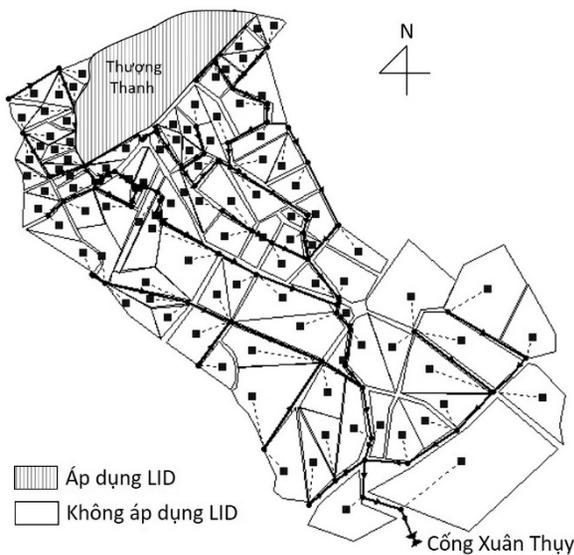
Mô hình được hiệu chỉnh để độ sâu mực nước tại thượng lưu cống Xuân Thụy phù hợp với số liệu độ sâu mực nước thực đo ứng với trận mưa 100.7 mm ngày 23/7/2004. Các thông số của mô hình được hiệu chỉnh gồm: số đường cong (CN), hệ số nhám bề mặt tiểu lưu vực, độ sâu điển trưng trên lưu vực, hệ số nhám trong hệ thống truyền dẫn. Sau đó, bộ thông số của mô hình được kiểm định với trận mưa 112 mm ngày 18/9/2007. Chỉ số NASH (Nash and Sutcliffe 1970) cho trường hợp

hiệu chỉnh (hình 2a) và kiểm định (hình 2b) lần lượt là 0.82 và 0.75, giá trị của chỉ số NASH

trong các trường hợp này nằm trong phạm vi chấp nhận được.



Hình 2. So sánh đường quá trình độ sâu mực nước cống Xuân Thủy cho trường hợp hiệu chỉnh (a) và kiểm định mô hình (b)



Hình 3. Sơ đồ mô phỏng hệ thống thoát nước lưu vực sông Cầu Bấy 2

Mô hình SWMM được thiết lập cho lưu vực sông Cầu Bấy sau khi hiệu chỉnh sẽ được mô phỏng với trận mưa một ngày thiết kế với tần suất 10% (được xác định theo phương pháp năm điển hình từ số liệu mưa của trạm Trâu Quỳ từ năm 1993 đến năm 2017) để sinh ra dòng chảy đỉnh của điều kiện nền. Dòng chảy đỉnh của điều kiện nền sẽ được so sánh với dòng chảy đỉnh của các phương án LID nhằm đánh giá hiệu quả của các phương án LID như công thức (4). Mặc dù mô hình SWMM được thiết lập và kiểm định cho toàn bộ lưu vực sông Cầu Bấy nhưng chỉ phường Thượng Thanh, quận Long Biên được lựa chọn để tìm phương án

tối ưu bố trí các công trình LID (hình 3). Lý do để chọn phường Thượng Thanh bởi vì đây là khu vực đang diễn ra quá trình đô thị hóa mạnh mẽ với nhiều khu đô thị và cơ sở hạ tầng đang được dự kiến xây dựng. Diện tích của khu vực nghiên cứu 490.3 ha bao gồm 21 tiểu lưu vực.

### 2.2.3 Mô phỏng LID

Mục tiêu thiết kế của LID gồm tối thiểu hóa diện tích không thấm nối trực tiếp tới cống thoát nước mưa, tăng chiều dài đường dẫn của dòng chảy mặt và tối đa hóa việc trữ tại các tiểu lưu vực. LID được mô phỏng trong SWMM 5.1 dưới dạng ô chứa sinh học (*bioretention cells*), vườn thu nước mưa (*rain gardens*), mái nhà xanh (*green roofs*), hào thấm (*infiltration trenches*), lát vật liệu thấm nước (*permeable pavements*), thùng thu nước mưa (*rain barrels*), xả nước mưa (*rooftop disconnection*) và kênh thực vật (*vegetative swales*).

Trên cơ sở phân tích đặc điểm sử dụng đất, mức độ đô thị hóa, kế hoạch phát triển hạ tầng (giao thông, hệ thống thoát nước) của phường Thượng Thanh, bài báo này lựa chọn 4 loại công trình LID gồm: ô chứa sinh học (*BIOR*), vật liệu phủ thấm nước (*PMPV*), hộp trồng cây (*TRBX*) và ô trồng cây cho dòng chảy qua (*FTPT*). Các thông số cơ bản để mô phỏng các công trình LID được thể hiện ở bảng 1. Để đơn giản hóa cho quá trình tìm kiếm phương án tối ưu, diện tích và thông số thiết kế của mỗi công trình LID được

giữ không thay đổi. Khi đó, biến quyết định ảnh hưởng tới quá trình tìm phương án tối ưu là số

lượng mỗi loại công trình LID được sử dụng ở mỗi tiểu lưu vực.



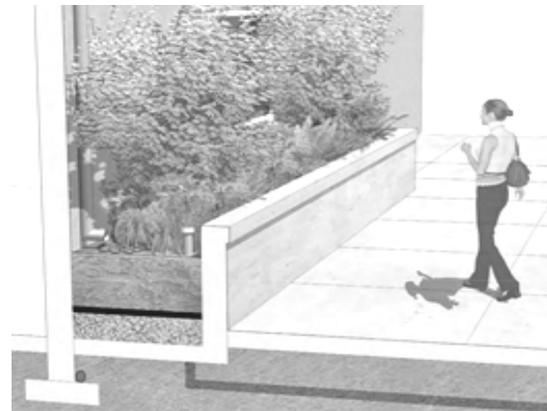
Ô chứa sinh học (BIOR)



Vật liệu phủ thấm nước (PMPV)



Hộp trồng cây (TRBX)



Hộp trồng cây cho dòng chảy qua (FTPT)

Hình 4. Các loại công trình LID

**Bảng 1. Các thông số mô phỏng của các công trình LID**

Lớp	Thông số	BIOR	PMPV	TRBX	FTPT
Lớp mặt	Diện tích (m <sup>2</sup> )	50	500	6	30
Lớp vật liệu rỗng	Chiều sâu (cm)	45.7	N/A	45.7	45.7
	Độ rỗng	0.41		0.41	0.41
	Hệ số thấm (cm/h)	12.7		12.7	12.7
	Cột nước hút (cm)	6.1		6.1	6.1
Lớp thấm	Độ dày (cm)	N/A	10.2	N/A	N/A
	Độ rỗng		0.18		
	Hệ số thấm (cm/h)		12.7		
Lớp trữ	Độ dày (cm)	30.5	30.5	30.5	30.5
	Độ rỗng	0.54	0.67	0.54	0.54
	Hệ số thấm (cm/h)	2.5	2.5	2.5	2.5
Lớp thoát nước	Hệ số thoát nước (cm/h)	1.3	1.3	1.3	1.3
	Số mũ thoát nước	0.5	0.5	0.5	0.5

### 2.2.4 Mô hình tối ưu đa mục tiêu

Mỗi phương án LID là tổ hợp của các công trình BIOR, PMPV, TRBX và FTPT áp dụng vào các tiểu lưu vực của vùng nghiên cứu. Mục tiêu của quá trình tối ưu hóa là tìm các tổ hợp công trình LID có khả năng giảm lưu lượng dòng chảy đỉnh là lớn nhất ở mức chi phí đầu tư thực hiện nhỏ nhất. Các hàm mục tiêu để phân tích lựa chọn phương án lựa chọn và bố trí tối ưu các công trình LID được thể hiện như sau:

Hàm mục tiêu thứ nhất là chi phí thực hiện một phương án LID nhỏ nhất:

$$\text{Min } C_L = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m n_{ij} \cdot F_{ij} \cdot p_{ij} \quad (1)$$

với  $0 \leq n_{ij} \leq n_{ijmax}$

Trong đó:  $C_L$  là chi phí xây dựng và vận hành của một phương án LID thứ  $L$ ;  $F_{ij}$  là diện tích đơn vị của loại công trình LID loại  $j$ ;  $p_{ij}$  là đơn giá xây dựng và vận hành đơn vị của loại công trình LID thứ  $j$  (bảng 2);  $n_{ij}$  là số lượng công trình LID thứ  $j$  trong lưu vực  $i$ , đóng vai trò là biến quyết định;  $k$  là số lượng tiểu lưu vực áp dụng LID,  $k=21$ ;  $m$  là số loại công trình LID,  $m=4$ ;  $n_{ijmax}$  là số lượng lớn nhất của các vị trí có thể áp dụng loại công trình LID thứ  $j$  trên tiểu lưu vực  $i$ , được xác định dựa vào quy hoạch sử dụng đất, điều kiện địa hình của mỗi tiểu lưu vực. Trị số của  $n_{ijmax}$  phụ thuộc vào diện tích lớn nhất có thể để xây dựng mỗi loại công trình LID. Tỷ lệ diện tích dành cho việc xây dựng các công trình BIO, PP, TW và FTP lần lượt là 4%, 40%, 4% và 4%.

**Bảng 2. Đơn giá của các công trình LID**

TT	Loại công trình LID	Đơn vị	Đơn giá	Ghi chú
1	BIO	10 <sup>6</sup> đ/m <sup>2</sup>	3.3	Đơn giá của các công trình được tham chiếu theo Wu (et al. 2018) và suất đầu tư công trình của Việt Nam
2	PP	10 <sup>6</sup> đ/m <sup>2</sup>	1.3	
3	TW	10 <sup>6</sup> đ/m <sup>2</sup>	2.6	
4	FTP	10 <sup>6</sup> đ/m <sup>2</sup>	2.6	

Hàm mục tiêu thứ hai là hiệu quả giảm lưu lượng đỉnh lớn nhất:

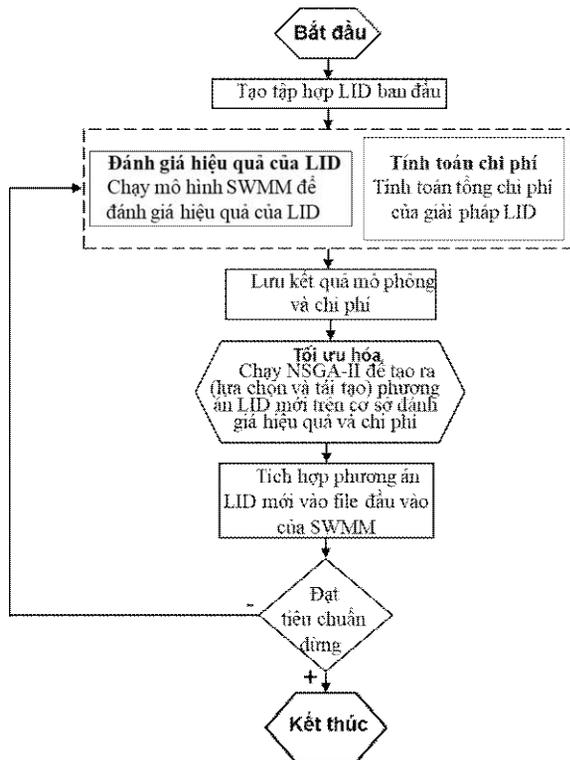
$$\text{Max } E_L = \frac{Q_L - Q_b}{Q_b} \cdot 100 \quad (\%) \quad (2)$$

Trong đó:  $E_L$  là phần trăm giảm lưu lượng đỉnh của dòng chảy tại cống Xuân Thụy của phương án áp dụng LID thứ  $L$ ;  $Q_L$  là lưu lượng đỉnh của phương án áp dụng giải pháp LID thứ  $L$ ;  $Q_b$  là lưu lượng đỉnh của kịch bản nền.

### 2.2.5 Thuật toán tối ưu NSGA-II

Là một dạng của giải thuật di truyền, NSGA-II là thuật toán được sử dụng rộng rãi và hiệu quả nhất để tìm tập hợp các lời giải cân bằng (*trade-off*) của bài toán tối ưu đa mục tiêu (Deb et al. 2002). Với việc sử dụng giải thuật sắp xếp không vượt trội, NSGA-II có tốc độ tìm lời giải tối ưu nhanh hơn các thuật toán tối ưu khác. 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. Thông số của NSGA-II gồm có kích thước của quần thể ( $P$ ), số lượng các thế hệ ( $n$ ), xác suất lai tạo ( $P_c$ ) và xác suất biến dị ( $P_m$ ). Số lượng quần thể  $P$  là tập hợp các phương án LID. Xác suất lai tạo  $P_c$  là xác suất của quá trình tạo ra cá thể con (phương án LID) từ việc lai ghép một hay nhiều đoạn gen của hai hay nhiều cá thể cha mẹ. Xác suất đột biến  $P_m$  là xác suất của quá trình tạo ra cá thể con mang một số tính trạng không có trong mã di truyền của cá thể cha mẹ. Các thông số này có ảnh hưởng lớn tới kết quả của quá trình tìm kiếm lời giải tối ưu. Một số tổ hợp của kích thước quần thể và số lượng thế hệ được kiểm tra để tìm được giá trị thông số tối ưu. Trong bài báo này,  $P=100$ ,  $n=200$ ,  $P_c=0.9$ ,  $P_m=0.1$ . Giá trị của các thông số trên phù hợp với khuyến cáo của Deb et al. (2002) và Wu et al. (2018). Việc kết nối giải thuật tối ưu NSGA-II với mô hình SWMM 5.1 được thực hiện theo phương pháp của Wu et al. (2018) như trình bày trong hình 5.



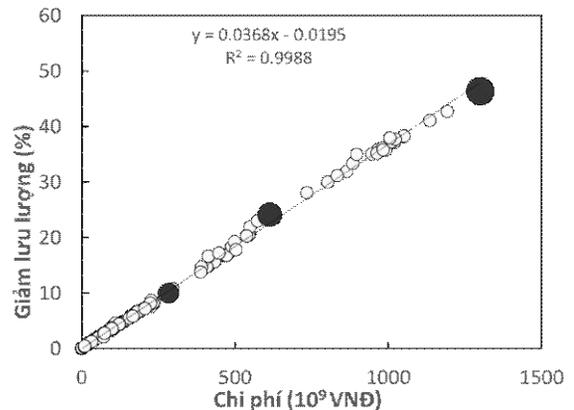
Hình 5. Sơ đồ khối của mô hình tổng hợp

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1 Đường cong hiệu quả - chi phí

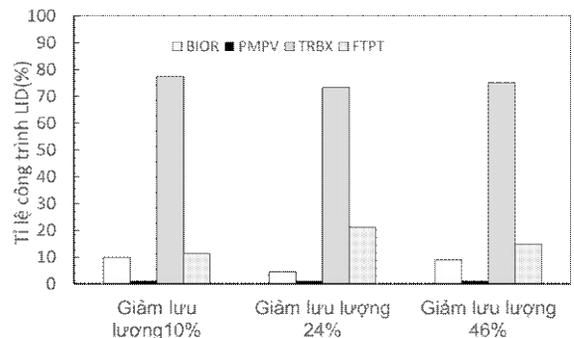
Quá trình tối ưu hóa sinh ra tập hợp các phương án tối ưu và hình thành nên đường cong hiệu quả - chi phí. Hình 6 minh họa đường cong hiệu quả - chi phí (đường cong Pareto) thể hiện mối liên hệ giữa hiệu quả giảm lưu lượng đỉnh và chi phí đầu tư. Mỗi điểm trên đường cong thể hiện một tổ hợp duy nhất số lượng các công trình BIOR, PMPV, TRBX và FTPT được bố trí trong khu vực của phường Thượng Thanh. Nhận thấy, chi phí đầu tư tỉ lệ tuyến tính với hiệu quả giảm lưu lượng. Cụ thể là khi chi phí đầu tư giải pháp LID tăng thêm  $100 \times 10^9$  VNĐ thì lưu lượng sẽ giảm thêm 3.68%. Quan hệ tuyến tính này có thể do các tiểu lưu vực trong khu vực phường Thượng Thanh có tính đồng nhất cao về sử dụng đất, thảm phủ và thổ nhưỡng. Điều đó cũng cho thấy rằng các tiểu lưu vực có mức độ ưu tiên như nhau trong việc tìm giải pháp chống ngập lụt do ảnh hưởng bởi quá trình đô thị hóa. Hiệu suất giảm lưu lượng biến đổi từ 0.26% đến 46.4% tương ứng với biên độ biến đổi của chi phí đầu tư từ  $6.6 \times 10^9$  VNĐ đến  $1300 \times 10^9$  VNĐ. Phạm vi thay đổi về hiệu suất giảm lưu lượng và chi phí đầu tư của các lời giải

tối ưu tương đối rộng. Các nhà quản lý sẽ căn cứ vào tốc độ đô thị hóa (tốc độ tăng diện tích không thấm) để lựa chọn phương án LID phù hợp với khả năng đầu tư.



Hình 6. Đường cong hiệu quả - chi phí

#### 3.2 Mức độ sử dụng và phân bố theo không gian các công trình LID

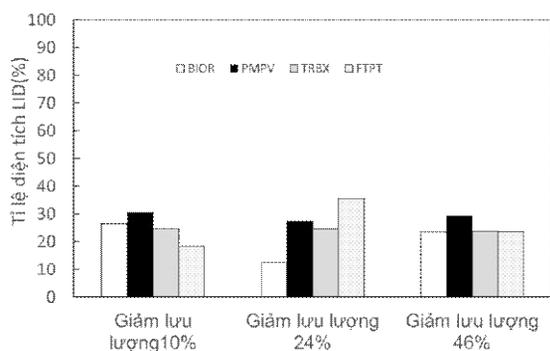


Hình 7. Tỉ lệ số lượng của mỗi loại công trình LID được lựa chọn cho 3 phương án giảm lưu lượng

Để so sánh tính hữu dụng của các loại công trình LID trong việc giảm lưu lượng, 3 phương án LID tương ứng với hiệu suất giảm lưu lượng 10% (giảm ít), 24% (giảm trung bình) và 46% (giảm nhiều) được phân tích so sánh. Hình 7 mô tả số lượng của mỗi loại công trình BIOR, PMPV, TRBX và FTPT của 3 phương án giảm lưu lượng. Do chiếm diện tích mặt bằng không lớn nên công trình loại TRBX có số lượng nhiều nhất trong cả 3 phương án với tỉ lệ từ 73.3% đến 77.4%. Tiếp đến là công trình loại FTPT với tỉ lệ sử dụng cho các phương án giảm 10%, 24% và 46% lần lượt là 11.5%, 21.2% và 14.9%. Loại công trình được sử dụng với tỉ lệ đứng thứ 3 là BIOR. Do diện tích

mặt bằng lớn nên PMPV có số lượng chiếm tỉ lệ chỉ 1% trong cả 3 phương án.

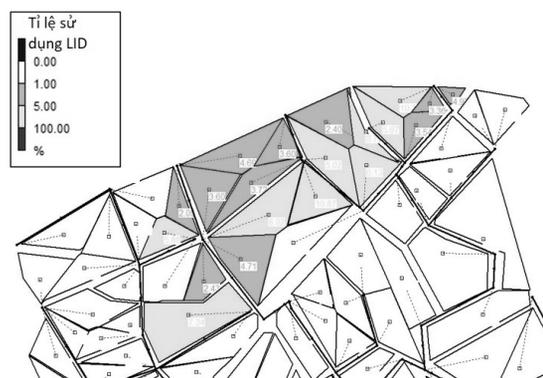
Trái ngược với sự khác biệt lớn về số lượng của mỗi loại công trình trong 3 phương án, tỉ lệ về diện tích của mỗi loại công trình LID không có sự khác biệt lớn (hình 8). Đối với phương án giảm 10%, diện tích PMPV được sử dụng nhiều nhất với 30.5%, tiếp đến là diện tích của BIOR và TRBX với tỉ lệ lần lượt là 26.5% và 24.7%. Diện tích FTPT được sử dụng ít nhất với 18.3%. Ngược lại, FTPT có tỉ lệ diện tích được sử dụng lớn nhất với 35.5% trong phương án giảm 24%. Trong phương án này, BIOR là công trình có diện tích được sử dụng nhỏ nhất với 12.6%; đứng vị trí giữa là diện tích của PMPV và TRBX với tỉ lệ lần lượt là 27.3% và 24.6%. Đáng chú ý ở phương án giảm lưu lượng 46% là tỉ lệ diện tích của BIOR, TRBX, FTPT gần bằng nhau với tỉ lệ 23.8% trong khi tỉ lệ diện tích của PMPV cao nhất với 29.2%.



Hình 8. Tỉ lệ diện tích mỗi loại công trình LID được lựa chọn cho 3 phương án giảm lưu lượng

Các kết quả về tỉ lệ số lượng và diện tích của 4 loại công trình trong cả 3 phương án phù hợp với đặc điểm về điều kiện sử dụng đất của phường Thượng Thanh và là cơ sở khoa học quan trọng cho các nhà quản lý. Tuy nhiên, kết quả này chỉ hợp lý với kết cấu cụ thể của các công trình như đã trình bày trong bảng 1. Khi thay đổi thiết kế của các công trình thì kết quả sẽ thay đổi đáng kể. Do vậy, để lựa chọn được phương án LID tối ưu thì cần phải trao đổi với cơ quan quản lý, người dân được hưởng lợi để lựa chọn các thiết kế cụ thể cho mỗi loại công trình. Từ đó, sẽ có cơ sở để có phương án LID tối ưu phù hợp với điều kiện thực tế.

Hình 9 cho thấy sự phân bố theo không gian của các công trình LID dưới dạng tỉ lệ diện tích của các công trình LID so với diện tích tiểu lưu vực tương ứng với mức giảm lưu lượng 24%. Nhận thấy, tỉ lệ diện tích của LID có tương quan chặt chẽ với tỉ lệ diện tích không thấm trong các tiểu lưu vực. Các tiểu lưu vực có tỉ lệ không thấm cao sẽ có tỉ lệ diện tích công trình LID cao (tiểu lưu vực có màu xanh nước biển) và trong các tiểu lưu vực đó, các công trình LID sẽ có hiệu quả hơn trong việc giảm lưu lượng dòng chảy. Tỉ lệ diện tích các công trình LID trên các tiểu lưu vực tỉ lệ thuận với số lượng các công trình LID trên các tiểu lưu vực đó. Số lượng các và loại các công trình LID của các phương án tối ưu sẽ thay đổi khi có sự thay đổi thiết kế các công trình LID đơn vị.



Hình 9. Phân bố các công trình LID trên các tiểu lưu vực ứng với phương án giảm lưu lượng 24%

Các phương án LID tối ưu tìm được phụ thuộc vào hàm mục tiêu, ràng buộc, các giả thiết của bài toán. Khi một trong số các yếu tố trên thay đổi thì các phương án tối ưu về chi phí, hiệu quả giảm lưu lượng, sơ lượng của mỗi loại công trình LID sẽ thay đổi. Do đơn giá của các công trình LID sử dụng trong nghiên cứu có sự biến động theo nguồn tham chiếu và còn chứa đựng độ bất định cao nên chi phí thực tế của các phương án LID sẽ khác với chi phí ước tính trong mô phỏng. Các chi phí ước tính của các phương án tối ưu.

Là chi phí tham chiếu để đánh giá các phương án khác nhau. Chi phí thực tế của các phương án LID sẽ thấp hơn rất nhiều so với chi phí ước tính bởi các công trình LID là đa mục tiêu như thoát nước, giao thông, cảnh quan.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo này ứng dụng mô hình tổng hợp thủy văn-thủy lực-tối ưu hóa (SWMM 5.1-NSGAII) để tìm phương án lựa chọn và bố trí tối ưu các công trình LID trên lưu vực nhằm giảm thiểu tác động do quá trình đô thị hóa đến hệ thống thoát nước lưu vực sông Cầu Bậy, Hà Nội. Kết quả của quá trình tối ưu hóa đã tạo ra một tập hợp các phương án tối ưu nằm trên đường cong hiệu quả- chi phí

giữa hiệu quả giảm lưu lượng và chi phí đầu tư tương ứng. Mỗi điểm trên đường cong hiệu quả - chi phí tương ứng với một tổ hợp công trình LID gồm BIOR, PMPV, TRBX, FTPT cho mỗi tiểu lưu vực thỏa mãn hiệu quả giảm lưu lượng cao nhất ở một chi phí đầu tư xác định. TRBX có số lượng nhiều nhất với tỉ lệ từ 73.3% đến 77.4%. Số lượng PMPV chỉ chiếm tỉ lệ chỉ 1%. Tỉ lệ về diện tích của mỗi loại công trình không có sự khác biệt lớn.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đông, L. P., and Hải, D. T. (2012). “*Ảnh hưởng của quá trình đô thị hóa đến hệ số tiêu vùng Đồng Bằng Bắc Bộ.*” Tạp chí KHKT Thủy lợi và Môi trường, 9, 9–13.
- Hai, D. M., and Hien, N. T. (2015). “*Effect of Urbanization and Climate Change on the Drainage System in the Cau Bay River Basin, Viet Nam.*” The proceedings of KSCE Conference 2015.
- Lewis A. Rossman. (2010). “*Storm Water Management Model User’s Manual, Version 5.0.*” United States Environment Protection Agency, EPA/600/R-(July), 285.
- Nash, J. E., and Sutcliffe, J. V. (1970). “*River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles.*” J. Hydrol., 3(10), 282–290.
- Wu, J., Kauhanen, P. G., Hunt, J. A., Senn, D. B., Hale, T., and McKee, L. J. (2018). “*Optimal Selection and Placement of Green Infrastructure in Urban Watersheds for PCB Control.*” Journal of Sustainable Water in the Built Environment, 5(2), 04018019.
- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. (2002). “*A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II.*” IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(2), 182–197.

#### Astract:

#### OPTIMAL SELECTION AND PLACEMENT OF SUSTAINABLE DRAINAGE SOLUTIONS IN CAU BAY RIVER BASIN

*Recently, increased impervious areas due to urbanization have induced increased surface runoffs entering into the drainage system in Cau Bay river basin. Sustainable drainage solutions - LID (Low Impact Development) on subcatchments have high efficiency on both reducing flow peak and lengthening concentration time. This paper aims to couple non sorted genertic algorithm (NSGAII) with Storm Water Management Model (SWMM) to find optimal LID selection and placement in Cau Bay river basin. The optimal LID soultions ensuring both maximum peak flow reduction and minimum implementation cost were plotted together as a benefit – cost curve. An optimal LID solution combined the number of bioretentions, permeable pavement, tree well and flow through plant tree planters. Three optimal solutions with peak flow reduction of 10%, 24% and 46% indicated that there was significant variation in the number of each LID type: namely, percentage of tree well was in the range from 73.3% to 77.4% while permeable pavement contributed only 1%. In constrast, there was small difference among area percentages of each LID type.*

**Keywords:** SWMM 5.1, LID, NSGA-II, Cau Ba river basin

---

Ngày nhận bài: 19/6/2019

Ngày chấp nhận đăng: 07/8/2019