

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWMM TÍNH TOÁN TIÊU THOÁT NƯỚC LƯU VỰC SÔNG TÔ LỊCH

**Phạm Thị Hương Lan** - Trường Đại học Thủy lợi Hà Nội

**Cần Thu Văn và Nguyễn Văn Nam** - Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh

Các thành phố lớn ở nước ta đang phải đối mặt với nạn ngập úng ngày một nghiêm trọng, đặc biệt tại thủ đô Hà Nội, - trung tâm chính trị, kinh tế, văn hóa của cả nước. Ảnh hưởng của quá trình đô thị hóa diễn ra với tốc độ chóng mặt, ngoài chiều hướng tích cực là làm thay đổi diện mạo của đất nước nhưng kéo theo tác động đến quá trình tiêu thoát nước tại đô thị bị cản trở và kém hiệu quả. Hơn nữa, biến đổi khí hậu cũng trở thành một thách thức lớn đối với công tác quy hoạch đô thị nói chung và xây dựng các hệ thống tiêu thoát nước đáp ứng yêu cầu kỹ thuật thực tế nói riêng. Xuất phát từ những vấn đề trên, bài báo tập trung nghiên cứu ứng dụng mô hình SWMM mô phỏng hệ thống tiêu thoát nước sông Tô Lịch, thành phố Hà Nội.

## 1. Hiện trạng hệ thống tiêu thoát nước Hà Nội và khu vực nghiên cứu

### 1.1. Hiện trạng hệ thống thoát nước Hà Nội

Hệ thống thoát nước chung của Hà Nội được xây dựng từ trước năm 1954. Hệ thống thoát nước bao gồm các tuyến cống, sông mương thoát nước và các hồ ao điều hoà. Theo thiết kế ban đầu, hệ thống này phục vụ cho nội thành cũ với diện tích là 1000 ha. Từ năm 1954 -1984 diện tích tăng lên 5900 ha và tính đến năm 1992 đã phát triển đến 6800 ha. Dòng nước thoát của thành phố được thoát ra 04 con sông theo thứ tự từ tây sang đông là Tô Lịch, Lừ, Sét và Kim Ngưu. Sông Tô Lịch là trục thoát nước chính với cửa xả chảy ra sông Nhuệ qua đập Thanh Liệt. Sông Nhuệ là con sông tiêu nước chính cho Thành phố. Mặt cắt các sông có chiều rộng từ 4 - 30 m và chiều sâu chỉ khoảng 1 - 1,5 m. Do quá trình đô thị hoá và bị lấn chiếm, mặt cắt các sông đang bị thu hẹp dần. Thêm vào đó, do không được nạo vét nên đáy sông hiện đang bị lấp đầy bùn cát, rác rưởi. Mặt sông đang bị chiếm dụng để thả bè và rau muống nên càng hạn chế khả năng tiêu thoát nước trong mùa mưa.

Theo kết quả nghiên cứu của JICA trong Dự án Thoát nước Hà Nội từ năm 1996-2003, khả năng thoát nước hiện tại của sông Tô Lịch chỉ vào khoảng 30 -35 m<sup>3</sup>/s trong khi công suất yêu cầu để thoát cho trận mưa có chu kỳ 10 năm là 170 m<sup>3</sup>/s. Đây có thể nói là một trong những nguyên nhân chính gây

ra tình trạng ngập úng cho thành phố Hà Nội.

Hiện nay, tiêu thoát nước ở các khu vực đồng bằng chủ yếu bằng bơm. Các công trình này có thể bơm trực tiếp ra sông Đáy, sông Hồng,... hoặc vào các trục tiêu nội đồng như sông Nhuệ, sông Tích, sông Mỹ Hà,... Ngoài ra còn có hàng loạt các cống dưới đê sông Đáy, sông Tích,... cũng tiêu thoát ra các sông trực bằng tự chảy khi có điều kiện [1].

### 1.2. Hiện trạng hệ thống tiêu thoát nước sông Tô Lịch

Sông Tô Lịch ngày nay bắt đầu từ dốc Bưởi và chảy cùng hướng với đường Láng và đường Kim Giang về phía nam tới sông Nhuệ. Sông Tô Lịch là con sông dài nhất trong bốn con sông thoát nước của hệ thống với tổng chiều dài là 13,5 km, rộng trung bình 20-45 m, sâu từ 3-3,5 m. Sông Tô Lịch chịu trách nhiệm tiêu thoát nước cho cả Thành phố khi có mưa lớn, với hai hướng tiêu chính là: (1) Hướng tiêu thoát qua sông Nhuệ: hướng tiêu này chỉ thực hiện khi mà mực nước sông Tô Lịch tại sau đập Thanh Liệt nhỏ hơn 3,5m; (2) Hướng tiêu qua sông Hồng: đây là hướng tiêu cưỡng chế sử dụng hệ thống bơm để bơm nước ra sông Hồng. Tại hướng tiêu này có cụm công trình trạm bơm đầu mối Yên Sở với công suất thiết kế giai đoạn một là 45 m<sup>3</sup>/s, và đã hoàn thành giai đoạn 2 vào ngày 26/09/2010 nâng công suất cho toàn hệ thống bơm lên 90 m<sup>3</sup>/s. Cụm công trình này đang phát huy hiệu quả tốt làm giảm tình hình ngập úng của Thành

phố. Ngoài ra sông Tô Lịch còn nhận một lượng nước thải từ sinh hoạt và công nghiệp rất lớn của Thành phố và toàn bộ lượng nước thải này đều chưa qua xử lý nên sông Tô Lịch giờ đã trở thành một con sông "chết" [2].

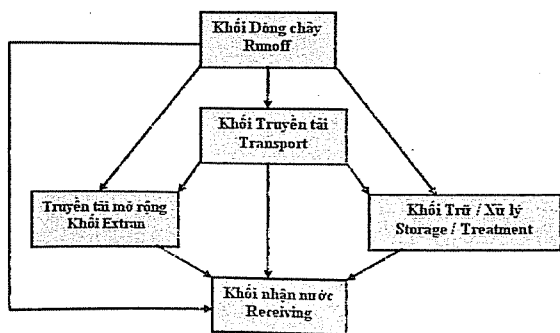
**2. Ứng dụng mô hình SWMM tính toán tiêu thoát nước lưu vực sông Tô Lịch**

**2.1. Giới thiệu mô hình SWMM**

Mô hình SWMM (Storm Water Management Model) do Cơ quan Bảo vệ Môi trường Hoa Kỳ (US EPA) xây dựng. Mô hình đã được áp dụng khá phổ biến trên thế giới để tính toán dòng chảy đô thị cả về chất và lượng. Mô hình này thuộc loại mô hình lưu vực, nghĩa là mô phỏng toàn bộ quá trình mưa – dòng chảy từ khi mưa đến khi kết thúc ở mặt cắt cửa ra của một lưu vực đô thị.

Mô hình SWMM bao gồm nhiều mô hình bộ phận như: Runoff, Extran, Storage, Transport, Receiving. Tuy nhiên để áp dụng tính toán thủy văn, thủy lực trên hệ thống thoát nước sông Tô Lịch phục vụ quản lý điều hành tiêu thoát nước chỉ sử dụng các khối Runoff, Extran, Storage.

Khối "dòng chảy" (Runoff block) bao gồm quá trình mưa hiệu quả, tính toán dòng chảy mặt và ngầm dựa trên biểu đồ quá trình mưa (và/hoặc tuyết tan) hàng năm, điều kiện ban đầu về sử dụng đất và địa hình.



**Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của mô hình SWMM**

Khối "chảy trong hệ thống" (Extran block) diễn toán thủy lực dòng chảy phức tạp trong cống, kênh,...

Khối "Lưu trữ/xử lý" (Storage/Treatment block) biểu thị các công trình tích nước như ao hồ và các công trình xử lý nước thải, đồng thời mô tả ảnh

hưởng của các thiết bị điều khiển dựa trên lưu lượng và chất lượng - các ước toán chi phí cơ bản cũng được thực hiện.

**2.2. Ứng dụng mô hình SWMM tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Tô Lịch**

*a. Tài liệu đầu vào mô hình*

- Tài liệu địa hình và sử dụng đất

Tài liệu được sử dụng để áp dụng thử nghiệm mô hình bao gồm: Bản đồ địa hình khu vực Hà Nội tỷ lệ 1: 5000 (1983) và 1: 2000 (1988) do Cục Đo đạc và Bản đồ Nhà nước lập. Kết quả nghiên cứu khả thi thoát nước thành phố Hà Nội do Công ty Tư vấn đầu tư xây dựng giao thông công chính hoàn thành năm 1995 đã được Chính phủ phê duyệt năm 1996. Tài liệu sử dụng đất được sử dụng từ bản sử dụng đất Hà Nội năm 2005.

- Tài liệu các đặc trưng về hệ thống thoát nước

Các số liệu về hệ thống thoát nước khu vực dự án bao gồm: lưu vực bộ phận, hệ thống cống ngầm, kênh mương nổi, hồ điều hòa, cống lấy nước, đập, trạm bơm, mặt cắt ngang, dọc thuộc hệ thống sông từ năm 2003-2010 đã được cập nhật theo tài liệu khảo sát thực tế và các tài liệu quản lý hệ thống tiêu thoát nước do Công ty TNHH một thành viên thoát nước Hà Nội cung cấp. Ngoài ra dữ liệu mạng lưới hệ thống thoát nước được kế thừa từ đề tài [2].

- Tài liệu mưa và vết lú

Dữ liệu mưa dùng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, theo đó trận mưa ngày 24 và ngày 25/5/2003 dùng để hiệu chỉnh và trận mưa ngày 30/10/2008 đến 2/11/2008 dùng để kiểm định. Số liệu các trận mưa trên được thu thập từ băng đo mưa tự ghi tại trạm Láng, khai toán theo lượng mưa giờ.

Tài liệu điều tra vết lú năm 2008 tương ứng so sánh kết quả thực đo và tính toán thu thập từ Công ty TNHH một thành viên thoát nước Hà Nội cung cấp có 20 điểm điều tra trên 10 tuyến thoát nước.

Toàn bộ cơ sở dữ liệu đều được thu thập từ các đơn vị có chức năng quản lý và thu thập, đảm bảo dữ liệu đủ tin cậy. Ngoài ra, dữ liệu còn được kế thừa từ đề tài [ 2].

**b. Thiết lập sơ đồ hệ thống thoát nước sông Tô Lịch bằng mô hình SWMM**

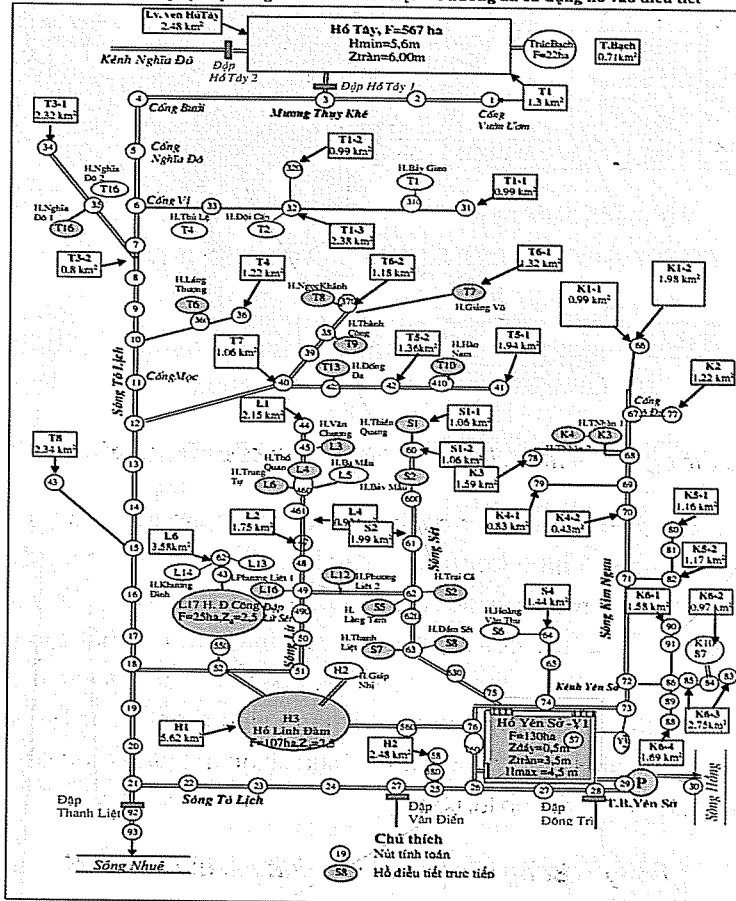
Dựa trên sơ đồ thủy lực hệ thống thoát nước Hà Nội và bản đồ hệ thống đường giao thông, các sông, hồ, kênh và hệ thống đường cống thoát nước trên địa bàn thành phố Hà Nội thuộc lưu vực sông Tô Lịch tác giả xây dựng sơ đồ hệ thống thoát nước Hà Nội cụ thể như sau:

+ Các lưu vực bộ phận: Căn cứ vào cấu tạo địa hình và sự phân nhánh của hệ thống sông, kênh, mương trong lưu vực, lưu vực sông Tô Lịch được

chia làm 171 lưu vực con của 4 lưu vực sông chính và 2 lưu vực Hoàng Liệt và Yên Sở; trong đó sông Tô Lịch có 61 lưu vực con, sông Lừ có 21 lưu vực con, sông Sét có 13 lưu vực con, sông Kim Ngưu có 27 lưu vực con, Hoàng Liệt có 17 lưu vực con và Yên Sở có 10 lưu vực con; ngoài ra còn có 16 lưu vực con của Hồ Tây và 6 lưu vực con của hồ Trúc Bạch.

Hệ thống sông, kênh, mương: được phân thành các đoạn phân định với các mặt cắt (nút) tùy theo đặc tính từng đoạn.

**Hình 3.5. Sơ đồ thủy lực hệ thống thoát nước Hà Nội – Phương án sử dụng hồ vào điều tiết**



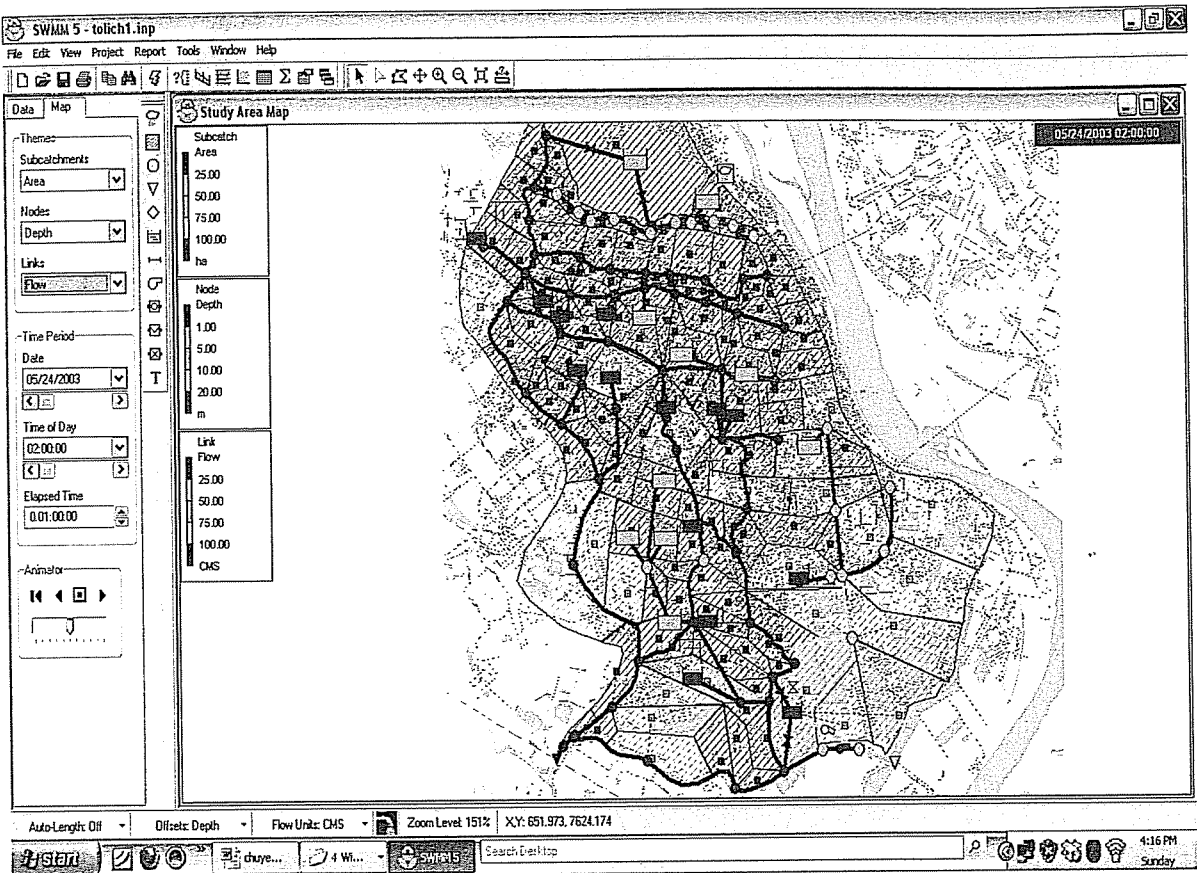
**Hình 2. Sơ đồ thủy lực thoát nước Hà Nội – phương án có sử dụng hồ điều tiết**

+ Hệ thống đập tràn và đập kiểm soát lũ: Có 6 đập tràn kiểm soát lũ từ hồ ra sông kênh. Các đập này được mô tả là một công trình đặc biệt tùy theo nhiệm vụ đã thiết kế.

+ Hệ thống hồ điều hòa: Tất cả các hồ trong lưu vực đều tham gia quá trình tính toán. Các hồ có

nhiệm vụ điều hòa dòng chảy, bao gồm có 24 hồ như: hồ Tây, hồ Trúc Bạch, hồ Ngọc Khánh.

Dựa trên những nguyên tắc phân chia lưu vực, đoạn, nút, chúng tôi tiến hành phân chia lưu vực bộ phận và sơ đồ hóa hệ thống thoát nước Hà Nội.



**Hình 3. Sơ đồ hệ thống thoát nước khu vực nội thành của thành phố Hà Nội trong SWMM**

Sau khi thiết lập được sơ đồ hệ thống, tiến hành thiết lập các thông số trong mô hình bao gồm: thông số hệ thống; thông số đo mưa; các nút thu nước; tuyến thoát nước; hồ điều hòa; cửa xả; đặc tính máy bơm; đập tràn.

*c. Hiệu chỉnh xác định bộ thông số của mô hình*

Dữ liệu vết lũ do Công ty TNHH một thành viên thoát nước Hà Nội cung cấp là giá trị đỉnh lũ, không

có dạng đường quá trình nên phương pháp hiệu chỉnh được tiến hành theo diện (tại các vị trí có vết lũ điều tra, tiến hành hiệu chỉnh để đạt được mực nước tính toán lớn nhất bằng giá trị vết lũ). So sánh kết quả tính toán với vết lũ do Công ty TNHH một thành viên thoát nước Hà Nội cung cấp, kết quả hiệu chỉnh mô hình trình bày trong bảng 1.

**Bảng 1. Bảng kết quả hiệu chỉnh mô hình SWMM**

TT	Điểm ứng ngập	Quận	$H_{td}$	$H_{tt}$	$\Delta H$
1	Minh Khai	Hai Bà Trưng	0,2	0,33	0,13
2	Nguyễn Khuyến	Đống Đa	0,3	0,32	0,02
3	Phạm Ngọc Thạch	Đống Đa	0,4	0,35	0,05
4	Trường Chinh (số 510- Ngã Tư Sở)	Đống Đa	0,5	0,6	0,1
5	Đội Cấn(ĐC 281- 285 Đội Cấn)	Ba Đình	0,5	0,58	0,08
6	Thanh Nhân	Hai Bà Trưng	0,4	0,41	0,01

So sánh giá trị mực nước tính toán và mực nước thực đo trên 6 vị trí chính (có mức ngập tương đối sâu nằm rải rác tại nhiều vị trí trong vùng nghiên

cứu). Kết quả thấy sai số mực nước tính toán và thực đo nằm trong khoảng  $0,01m \div 0,13m$ . Có thể nhận thấy kết quả tính toán tương đối phù hợp với kết

quả thực đo. Sau khi hiệu chỉnh tìm được bộ thông số của mô hình, tiến hành kiểm định bộ thông số vừa tìm được.

d. Kiểm định mô hình

Sử dụng bộ thông số đã tìm được từ quá trình

hiệu chỉnh, tiến hành kiểm định với trận mưa ngày từ 30/10 đến 2/11/2008, so sánh kết quả tính toán với vết lũ do Công ty TNHH một thành viên thoát nước Hà Nội cung cấp. Kết quả kiểm định được trình bày trong bảng 2.

**Bảng 2. Bảng kết quả kiểm định mô hình SWMM**

TT	Số hiệu vết lũ	Địa điểm điều tra	Quận	Nút	H <sub>tt</sub>	H <sub>td</sub>	Δ <sub>tt-td</sub> (m)	% Sai lệch
1	HN08_01	Số 741, đường Giải Phóng	Hoàng Mai	143	5,774	5,722	0,052	0,90
2	HN08_02	Số 825, đường Giải Phóng	Hoàng Mai	143	5,762	5,712	0,050	0,87
3	HN08_03	Số 326, Lê Trọng Tấn	Thanh Xuân	135	5,819	5,764	0,055	0,96
4	HN08_04	Số 32D1B, ngõ 231, Tân Mai	Hoàng Mai	278	5,643	5,582	0,061	1,09
5	HN08_05	Số 534, ngõ 231, Tân Mai	Hoàng Mai	278	5,684	5,621	0,063	1,11
6	HN08_06	Cv Thống Nhất, đường Giải Phóng	Hai Bà Trưng	130	6,059	6,007	0,052	0,87
7	HN08_07	Số 106A1, Phạm Ngọc Thạch	Đống Đa	152	5,630	5,618	0,013	0,23
8	HN08_08	Ngõ K14, tập thể Nam Đồng	Đống Đa	Hồ Xã Đàn	5,509	5,485	0,024	0,44
9	HN08_09	Số 198, Hồ Đắc Di	Đống Đa		5,581	5,563	0,018	0,33
10	HN08_10	Số 119, Hồ Đắc Di	Đống Đa		5,581	5,565	0,017	0,30
11	HN08_11	Số 8, Định Công	Hoàng Mai	Hồ Định Công	5,907	5,85	0,057	0,96

Kiểm định tại 11 vị trí trên địa bàn Hà Nội. So sánh kết quả hiệu chỉnh và kiểm định tại một số vị trí có vết lũ điều tra năm 2003 và 2008 trùng nhau. So sánh mực nước thực đo và mực nước tính toán, độ chênh lệch mực nước ΔH nằm trong khoảng 0,01 m ÷ 0,253 m.

Việc kiểm định mô hình dựa trên các vết lũ đo đạc được Công ty Thoát nước thành phố Hà Nội cung cấp ta thấy trận mưa giờ từ ngày 24-25/5/2003 được dùng để hiệu chỉnh, trận mưa giờ từ ngày 31/10-2/11/2008 dùng để kiểm định lại. Mặc dù kết quả kiểm định tại một số vị trí đối với lũ 2008 chưa sát với tài liệu đo, nhưng lũ năm 2008 là lũ lịch sử, thành phố Hà Nội ngập nặng trên diện rộng, nước lũ có thể tràn qua các ô tiêu khác, vết lũ điều tra tại mỗi vị trí có thể là kết quả tác động từ

hiều vị trí khác nhau. Vì vậy, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy bộ thông số của mô hình là tương đối phù hợp, có thể sử dụng để mô phỏng lũ thiết kế cũng như thiết lập các bản đồ ngập lụt theo nhiều kịch bản khác nhau.

**3. Kết luận**

Với kết quả hiệu chỉnh và kiểm định bộ thông số của mô hình SWMM đối với hai trận lũ từ ngày 24-25/5/2003 và từ ngày 31/10-2/11/2008, trong đó trận lũ năm 2008 là lũ lịch sử đã cho thấy mức độ tin cậy của bộ thông số và cách triển khai mô hình.

Để có những quy hoạch, phản ứng nhanh với lũ lụt và quản lý đô thị thì việc áp dụng mô hình SWMM cũng là một cách tốt để tham khảo nhằm hỗ trợ ra quyết định.

**Tài liệu tham khảo**

1. Nguyễn Mai Đăng (2013), Dự án: "Xây dựng bản đồ nguy cơ ngập lụt Hà Nội có xét đến tác động của biến đổi khí hậu".
2. Phạm Thị Hương Lan và nnk (2013), "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp đánh giá nhanh thủy văn (RHA) có sự tham gia của cộng đồng nhằm nâng cao hiệu quả điều hòa thoát nước và đề xuất giải pháp quản lý, bảo vệ môi trường". Đề tài nghiên cứu khoa học cấp thành phố Hà Nội.
3. Cơ quan hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA), UBND TP Hà Nội (1994), Quy hoạch tổng thể thoát nước Hà Nội.