

GIỚI THIỆU VÀ ÁP DỤNG BƯỚC ĐẦU BỘ CHƯƠNG TRÌNH TÍNH SWMM

PTS. Lá Thanh Hà
KS. Đoàn Chí Dũng
Viện Khí tượng Thủy văn

I. TÍNH NĂNG VÀ TÁC DỤNG

Mô hình **SWMM** (*Storm Water Management Model*) là một mô hình toán thủy văn-thủy lực tính toán quá trình hình thành, chuyển động, phân phối chất và lượng dòng chảy trong một hệ thống thoát nước đô thị có mức độ phức tạp và kích cỡ lớn bất kỳ nhằm mục đích :

- * Quy hoạch và thiết kế hệ thống thoát nước đô thị và tìm giải pháp tối ưu cho hệ thống này.
- * Quản lý vận hành tiêu thoát nước đô thị.
- * Kiểm soát chất lượng nước thải, dự báo khả năng ô nhiễm môi trường và đề xuất phương pháp xử lý thích hợp.

SWMM được xây dựng theo đơn đặt hàng của Cơ quan Bảo vệ môi trường Mỹ (*US-Environmental Protection Agency*) tại Trường Đại học tổng hợp Florida từ năm 1971. Sau khi công bố, mô hình này đã được áp dụng cho nhiều khu vực trên thế giới. **SWMM** được cải tiến nhiều lần từ các kinh nghiệm ứng dụng, và các tiến bộ về kỹ thuật tin học, thế hệ mới nhất hiện nay **SWMM** là Version 4.20 (*Beta*) tháng 5 năm 1992. **SWMM** được công nhận trong nhiều hội thảo, hội nghị quốc tế là một trong những công cụ mới, tổng hợp và mেম দেও nhất, được nhiều người biết đến trong các mô hình hiện có mô tả quá trình thoát nước về lượng cũng như về chất.

Bằng cách giải hệ phương trình Saint-Venant dưới dạng đầy đủ và thu gọn (mô tả dòng chảy không ổn định biến đổi chậm) bằng các phương pháp lập ẩn hiện đại, thời gian tính nhanh, **SWMM** tính toán được hệ thống thoát nước phức tạp, hình dạng bất kỳ (cống ngầm, có áp hoặc hở, kênh mương hở) có nước chảy ngược (thủy triều), nước vật, có sự hoạt động của đập tràn, lỗ tháo nước, bơm cưỡng bức, bể chứa, ao hồ tích và điều tiết... **SWMM** có các công cụ thống kê, nội ngoại suy phù hợp, thư viện số liệu thủy lực nên điều kiện biên vào có thể cho dưới dạng bất kỳ. **SWMM** rất phù hợp với điều kiện đô thị nước ta khi hệ thống thoát nước không chuẩn và có độ dốc nhỏ.

Kết quả ra của **SWMM** có thể cho dưới dạng bảng thống kê hoặc đồ thị về lưu lượng tức thời, lưu lượng thoát tối đa của đoạn kênh, vận tốc, chiều cao mực nước, nồng độ chất bẩn... của bất kỳ điểm nào và thời gian nào của hệ

thống. Có thể chỉ định các kết quả trung gian để mô phỏng tiếp tục mà không cần phải chạy lại từ đầu.

SWMM Version 4.20 (*Beta*) được viết bằng ngôn ngữ FORTRAN 77 gồm 121 chương trình con với hơn 30.000 dòng lệnh (ngoài ra còn có 41 file phụ trợ). Độ lớn toàn bộ FORTRAN CODE khoảng 1,5 MB dịch ra chương trình chạy (EXE) có độ lớn 2,5 MB. Tuy nhiên có thể dịch riêng các mô hình bộ phận SWMM và sử dụng độc lập theo từng tính năng, yêu cầu đặt ra của bài toán. Mô hình bộ phận lớn nhất khoảng 400 KB.

SWMM sau khi chuyển giao vào Việt Nam đã được cài đặt lại trên máy tính cá nhân hiện có, có thể dùng với máy 386 DX có bộ xử lý toán học 80387.

II. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ CẤU TRÚC SWMM

Hệ thống cấu trúc của SWMM được mô tả trong hình 1.

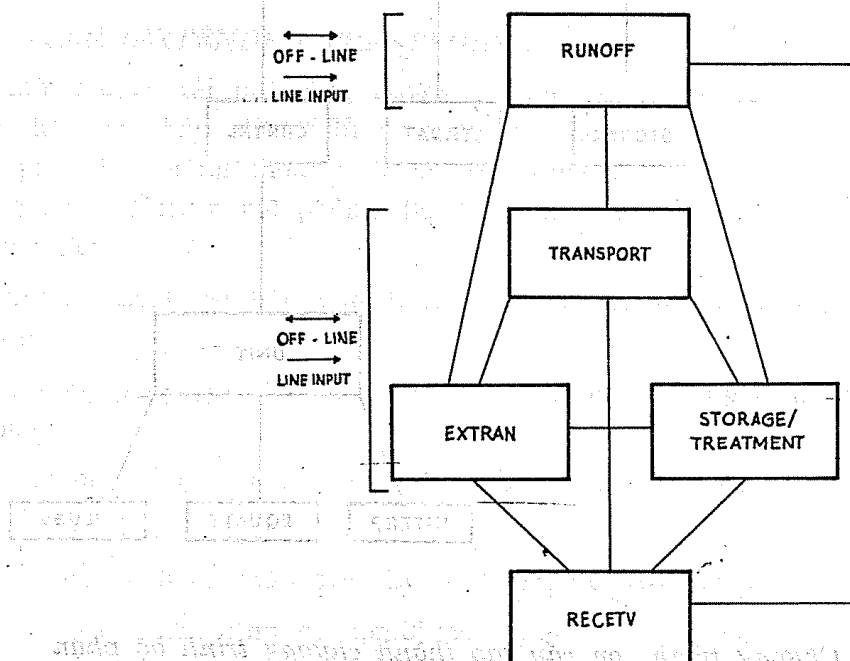
Quan hệ giữa các mô hình bộ phận - Hình 2.

Các chương trình con (*Fortran Subroutine*) cấu tạo thành mô hình bộ phận - Hình 3 (ví dụ cho *Block Storage/Treatment*).

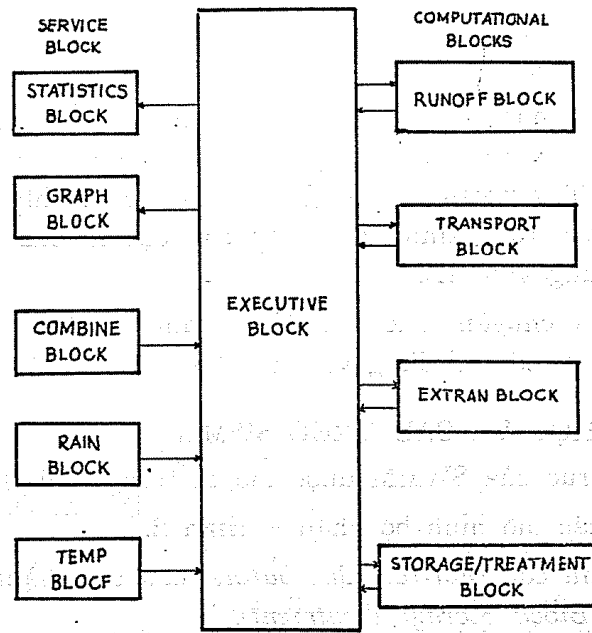
Mô hình SWMM gồm 4 mô hình bộ phận : Runoff, Transport, Extran, Storage/Treatment và 5 chương trình phụ trợ (Service Block) để tính toán tổng hợp quá trình hình thành dòng chảy cả về chất và lượng nước gồm 3 giai đoạn :

- . Giai đoạn hình thành dòng chảy (*Runoff Development*).
- . Giai đoạn tập trung dòng chảy mặt (*Overflow Concentration*).
- . Giai đoạn vận chuyển dòng chảy trong hệ thống (*Transport of Runoff*).

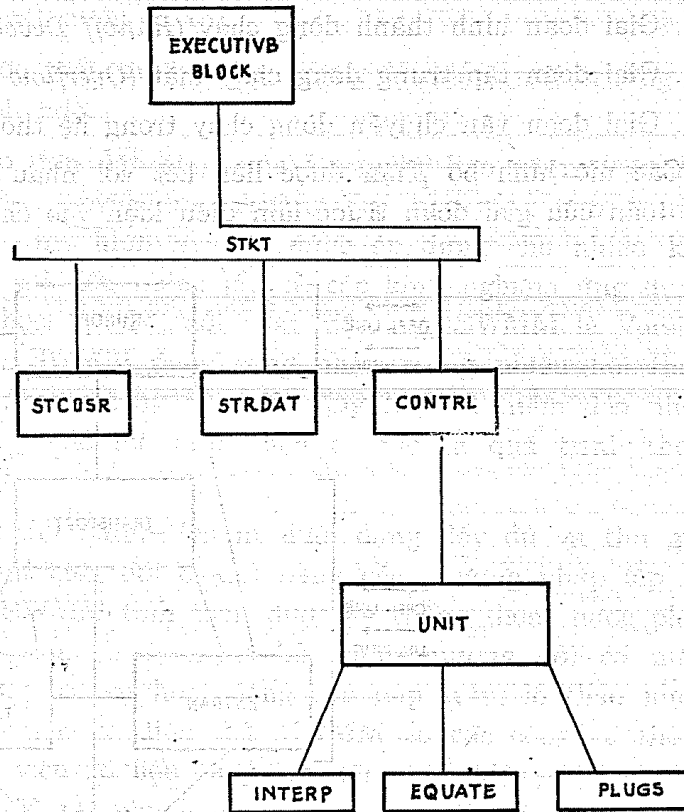
Các mô hình bộ phận được liên kết với nhau theo trật tự lô-gic : kết quả tính toán của giai đoạn trước làm điều kiện vào cho giai đoạn sau.



Hình 1. Hệ thống cấu trúc của SWMM



Hình 2. Quan hệ giữa các mô hình bộ phận



Hình 3. Chương trình con cấu tạo thành chương trình bộ phận
(Ví dụ cho Block Storage / Treatment)

1. RUNOFF

Mô hình này tính toán hai giai đoạn đầu tiên của quá trình dòng chảy bao gồm quá trình hình thành mưa hiệu quả (hình thành dòng chảy) và quá trình chảy tràn trên bề mặt vào các mương, rãnh, ga thu nước.

- **Phương pháp tính mưa hiệu quả** : lượng tổn thất chủ yếu trong trận mưa là lượng thấm vào đất và diễn trưng bề mặt. **Runoff** sử dụng 2 phương pháp tính toán cho giai đoạn này gồm : phương pháp thấm thực nghiệm của Horton và phương pháp thấm vật lý của Grenn-Ampt.

Tùy theo từng lưu vực có các đặc tính bề mặt khác nhau, người sử dụng có thể chọn 1 trong 2 phương pháp này.

-**Phương pháp tính dòng chảy tràn** : Dùng *kỹ thuật sóng động học* tính riêng rẽ cho từng loại mặt tràn với các đặc tính vật lý, đặc thù khác nhau.

Điều kiện biên vào là quá trình mưa, số lượng các lưu vực bộ phận, địa hình, địa chất bề mặt : phần trăm diện tích không thấm, độ nhám thủy lực, độ dốc lưu vực.

2. TRANSPORT

Khối truyền tải Transport thu và tổng hợp dòng chảy từ các ga thu từ các lưu vực bộ phận hoặc từ dòng chảy ngầm chảy vào hai bên cống kênh mương tiêu nước và tính toán dòng chảy qua hệ thống tiêu thoát kể cả về lượng (phương trình Saint-Venant) cũng như về chất (*phương trình khuếch tán*) cho đến cửa vào của các công trình nhận nước. Transport không tính được tác động ảnh hưởng của thủy triều và nước vật.

Mô hình này áp dụng tốt đối với các lưu vực miền núi, cấu trúc bề mặt và hệ thống thoát nước không quá phức tạp. Do vậy, Transport không nên áp dụng cho các đô thị lớn, khu vực đồng bằng ở nước ta.

3. EXTRAN (*EXTENDED TRANSPORT*)

Khối truyền tải mở rộng Extran là một mô hình toán thủy văn - thủy lực hoàn hảo và hay được dùng nhất để khắc phục những nhược điểm của Transport. Hệ thống thoát nước có thể thiết kế phức tạp, có nước chảy ngược, có nước vật. Extran mô phỏng đập tràn, lỗ tháo nước, bơm, bể chứa, ao hồ tích và điều tiết.

Phương trình cơ bản của Extran là hệ phương trình Saint-Venant ở dạng đầy đủ.

Phương pháp giải là sai phân hữu hạn hệ phương trình này với các sơ đồ sai phân :

- . Sai phân hiện với kỹ thuật giải Eule (tính cho nửa bước thời gian Δt)
- . Sơ đồ nửa ẩn hiện
- . Sơ đồ ẩn hoàn toàn theo kỹ thuật lặp Newton-Raphson

Bước thời gian tính do người sử dụng tự chọn. Chương trình dùng các *kỹ thuật tương đương* để tự động điều chỉnh các đặc trưng tính toán (ví dụ, chọn độ dài đoạn cống kênh, mương) để không phá vỡ điều kiện hội tụ và ổn định của

mô hình. Đây là một tiến bộ mới trong kỹ thuật xây dựng các mô hình toán thủy văn - thủy lực.

Extran mô tả quá trình chảy có áp trong các cống ngầm do các ga thu, điểm nhận nước bị ngập (*surcharged*) hoặc chảy tràn từ ga thu lên đường phố (*flooding*) qua giải đồng thời với hệ phương trình điểm nút (được thiết lập riêng cho 2 trường hợp trên). Do vậy, Extran là công cụ hữu hiệu để giải thích cơ cấu ngập úng tại bất kỳ điểm nào trong hệ thống thoát nước.

Người điều khiển chương trình dễ dàng nhận biết quá trình làm việc của hệ thống theo từng chu kỳ tính toán (ví dụ : thời điểm bắt đầu ngập hoặc tràn tại ga thu, đoạn cống ngầm... nào đó trong hệ thống thoát nước) và từ đó *có thể điều khiển được hệ thống này* (khi không chế được điều kiện vào như quá trình mưa, nước thải, sự thay đổi hệ thống thoát nước...).

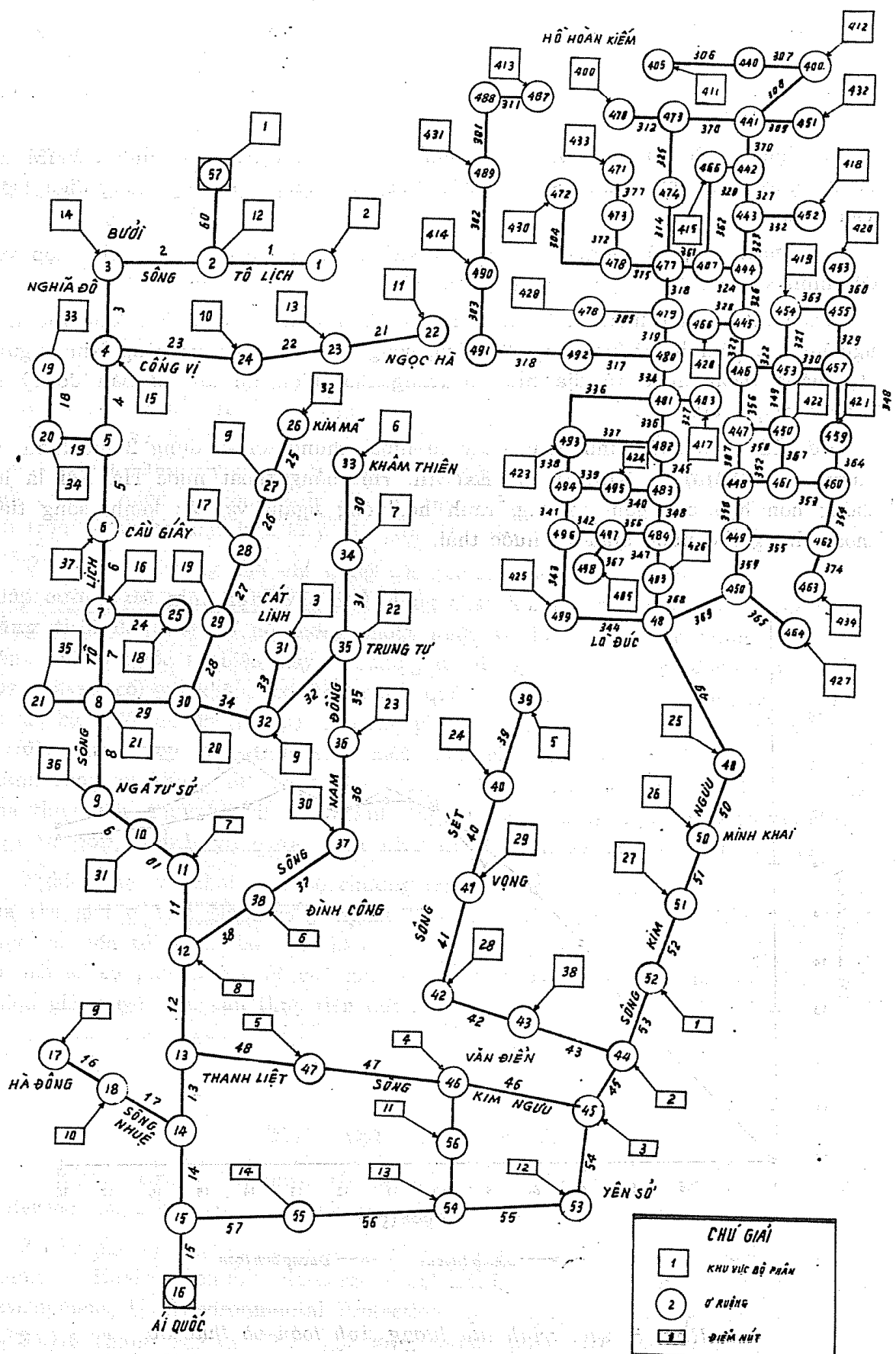
Sau đây tóm tắt khả năng mô phỏng của Extran trong bảng 1.

Bảng 1. Khả năng mô phỏng của Extran

Loại, yếu tố	Dạng, kiểu
Ống dẫn (<i>Conduit</i>)	Cống ngầm có áp hoặc hở Kênh mương hở Hình chữ nhật Hình tròn Hình móng ngựa Hình quả trứng Hình cán giò Hình thang Mặt cắt có dạng hình học quen thuộc Sông thiên nhiên (mặt cắt bất quy tắc)
Nút (<i>Junction</i>)	Giao nhau tại các kênh mương, cống Ga thu Nơi thay đổi mặt cắt, độ dốc... Trạm bơm, lỗ tháo Bất kỳ dạng nào
Công trình dẫn nước	Miệng cống Cống có nắp, gán van một chiều Đập ngang Đập dòng chảy bên
Trạm bơm	Trực tiếp hoặc gián tiếp
Hồ chứa	Hồ điều tiết : - Dạng hồ có đập tràn - Dạng hồ có lỗ tháo bên - Dạng kín (chỉ có tác dụng tích nước)
Cửa thoát nước	- Cửa ra tự do (không chịu tác động bên ngoài) - Cửa ra có mực nước cố định - Thủy triều với chu kỳ, biên độ bất kỳ.

4. Storage/treatment

Tính toán quá trình trao đổi chất và lượng tại các công trình tích như ao hồ, các công trình xử lý nước thải.



Hình 4. Sơ đồ tiêu thoát nước TP. Hà Nội

III. ÁP DỤNG THỬ NGHIỆM

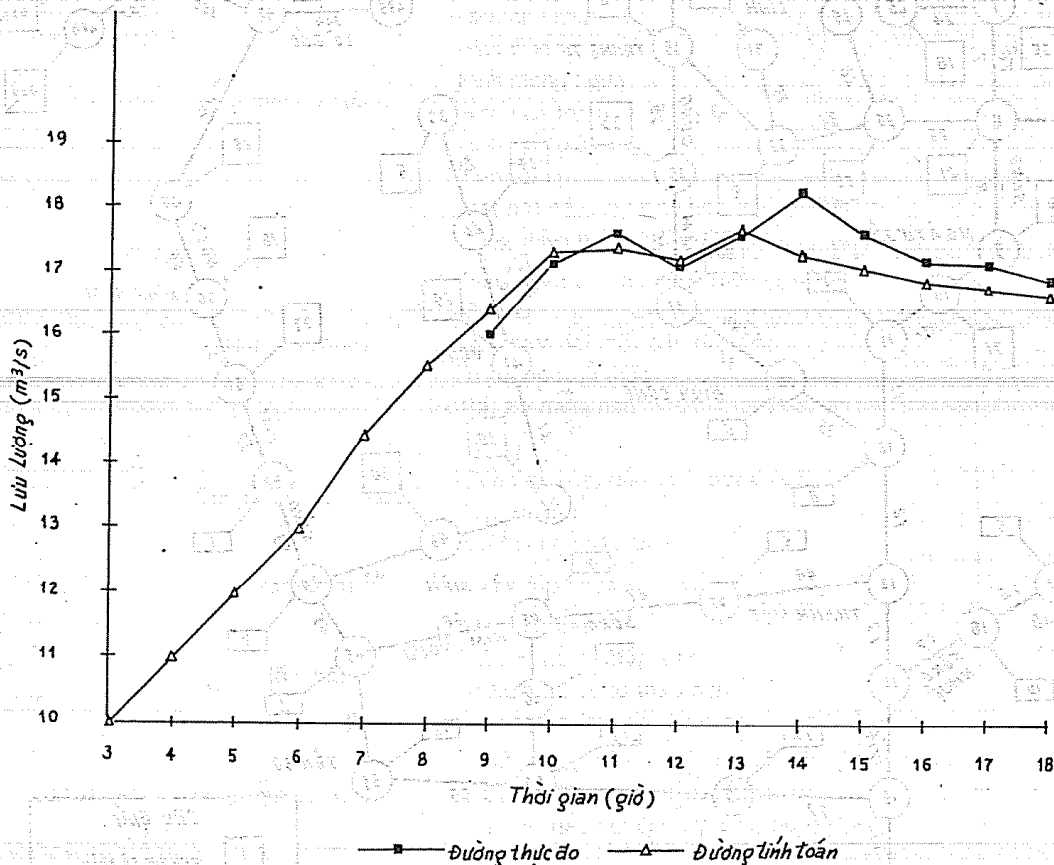
Sau khi chuyển giao vào nước ta **SWMM** đã được nghiên cứu khai thác và đã có một vài thử nghiệm bước đầu cho một số thành phố lớn nước ta. Bắt đầu từ tháng I - 1995, nhóm nghiên cứu thủy văn đô thị thuộc Viện Khí tượng Thủy văn đã tập trung khai thác mô hình này theo hai hướng :

- Nghiên cứu cơ sở khoa học, thuật toán và cấu trúc mô hình **SWMM** áp dụng nguyên bản mô hình này để phân tích khả năng áp dụng trong điều kiện Việt Nam.

- Nghiên cứu cải tiến để nâng cao khả năng mô phỏng, tính phù hợp với độ chính xác cao hơn trong các kiểu đô thị ở nước ta.

Theo hướng thứ nhất, TP Hà Nội (nội thành) được chọn làm khu vực thử nghiệm bao gồm hệ thống sông Tô Lịch, sông Lừ, sông Sét và sông Kim Ngưu. Hệ thống thoát nước và địa hình ở trạng thái hiện tại lấy từ bản đồ tỷ lệ 1/2000 và 1/5000.

Để tính toán quá trình dòng chảy từ mưa, chúng tôi sử dụng 2 mô hình bộ phận của **SWMM** là **Runoff** và **Extran**. Hệ thống thoát nước Hà Nội là hệ thống hỗn hợp bao gồm mương, rãnh hở, cống ngầm và các kênh, sông tiêu thoát chung cho nước mưa và nước thải.



Hình 5. Quá trình lưu lượng tính toán và thực đo tại đập Thanh Liệt (Hà Nội), trận mưa ngày 18-VII-1995

Toàn bộ hệ thống được phân thành :

63 lưu vực bộ phận với tổng diện tích là 5510 ha

133 đoạn cống, kênh, mương

177 điểm nút

Hai hồ tích là Hồ Tây và Hồ Hoàn Kiếm

Hệ thống này được sơ đồ hoá trên hình 4 và được tính toán cho trận mưa ngày 18-VII-1995 tại trạm Láng Hà Nội. Nhóm cộng tác viên đồng thời cũng tiến hành đo lưu lượng, mực nước tại đập Thanh Liệt - là mặt cắt khống chế toàn bộ nước mưa và nước thải của Hà Nội. Kết quả tính toán có sự phù hợp tốt với thực đo (hình 5).

IV. KẾT LUẬN

Đô thị hoá là một quy luật khách quan trong quá trình phát triển kinh tế-xã hội và đang diễn ra ở nước ta với tốc độ khá nhanh. Ngoài mặt tích cực, đô thị hoá còn để lại những hậu quả nhiều mặt về môi trường. Do không kiểm soát và điều khiển được quá trình đô thị hoá nên tình trạng ngập úng, ô nhiễm môi trường nước và không khí đã trở thành hiện tượng phổ biến ở các đô thị lớn trong nước ta, đặc biệt là ở Hà Nội, Hải Phòng và TP Hồ Chí Minh.

Rõ ràng là không thể chỉ dùng các phương pháp truyền thống như phương pháp **cường độ giới hạn** (xác định dòng chảy lớn nhất từ mưa), **phương pháp đẳng thời** để thiết kế hệ thống thoát nước và kiểm tra hiện trạng như đang tiến hành ở nước ta hiện nay vì không đủ để lý giải sự hoạt động (tình trạng quá tải, sự cố) và không có khả năng quản lý vận hành hệ thống khi bề mặt đô thị biến đổi do đô thị hoá. Phương pháp mô hình số do mô tả quá trình vật lý (địa chất, thủy văn, thủy lực) một cách chi tiết của hệ thống nên đã trở thành công cụ không thể thiếu được trong thoát nước đô thị trên thế giới. Các nhà thủy văn, thủy lực đã trở thành "người bạn hàng ngang bằng với chủ đầu tư công trình và được xem như là chìa khoá của mọi dự án".[1]

Nghiên cứu và khai thác bộ chương trình SWMM - một công nghệ tiên tiến của thế giới ở Việt Nam có ý nghĩa khoa học và thực tế lớn trong việc khắc phục và tiến tới giảm bớt các hậu quả nhiều mặt do đô thị hoá. Vấn đề trên đòi hỏi có sự phối hợp chặt chẽ giữa các nhà khoa học và các ngành hữu quan nhằm giải quyết yêu cầu thực tiễn đặt ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. B.Yen. Urban Drainage Hydraulics and Hydrology. Proceedings of IVint. conference on urban storm drainage. Lausanne 31.VIII - 4.IX.1987.
2. W.C.Huber and R.E.Dickinson. Storm Water Management Model 4. User's Manual. Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S.Environmental Protection Agency. Athens, Georgia 30613.
3. Lã Thanh Hà và CTV. Xác định lượng nước cần tiêu thoát do mưa cho khu vực cục bộ ở TP Hà Nội. Đề tài NCKH, Tổng cục KTTV, 1993-1995.