

HYDROINFORMATICS VÀ MỘT SỐ ỨNG DỤNG TẠI VIỆT NAM

M. B. ABBOTT, TRƯƠNG TÙNG, VŨ HỒNG CHÂU

Abstract. A short description of the new discipline Hydroinformatics is given, together with applications of Hydroinformatics to the fields of Vietnam:

- Surface water modelling.
- Salinity intrusion modelling.
- Water quality modelling.
- Ground water modelling.

Remarks on several interesting features of computations are also included.

Tóm tắt. Sơ đồ về ngành Hydroinformatics được giới thiệu cùng với các ứng dụng đã có tại Việt Nam trong lĩnh vực mô hình hóa các tính toán dòng chảy mặt, xâm nhập mặn, chất lượng nước và nước ngầm. Những đặc trưng đáng lưu ý trong các tính toán cũng được đề cập cho từng mô hình.

1. KHÁI QUÁT VỀ HYDROINFORMATICS

Như tên gọi của nó, Hydroinformatics (xem [1]) có thể hiểu là khoa học về các phương pháp ứng dụng kỹ thuật tin học (informatics) và truyền thông (communication) vào các bài toán liên quan đến môi trường nước. Tuy mới chính thức ra đời với tên gọi trên vào đầu thập kỷ 90, nhưng tiền thân của Hydroinformatics đã có từ khoảng 30 năm trước đó, chủ yếu bao gồm:

- Thủy lực tính toán (computational hydraulics).
- Động lực học chất lỏng (fluid dynamics).
- Các phương pháp số (numerical methods).
- Mô hình toán (numerical modelling).

Những nét chính trong sự phát triển của phương hướng này đã được trình bày trong [1].

2. ỨNG DỤNG CỦA HYDROINFORMATICS VÀO MỘT SỐ BÀI TOÁN MÔ HÌNH HÓA DÒNG CHẢY TẠI VIỆT NAM

Trong các nội dung của Hydroinformatics, mô hình toán về dòng chảy là một khâu không thể thiếu trong các dây chuyền tính toán qui hoạch trong phân tích thiết kế các công trình thủy lợi, thủy điện, giao thông... của Việt Nam.

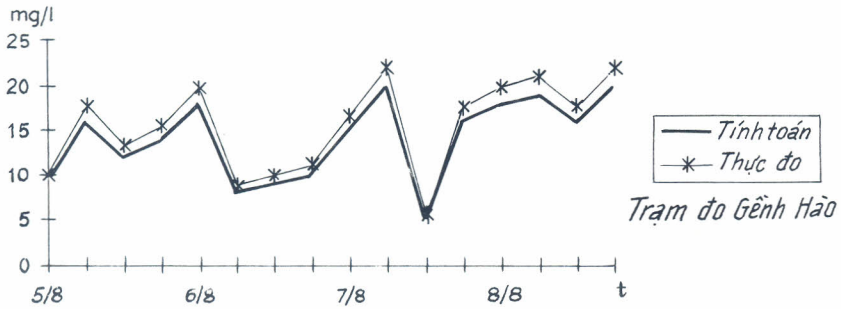
Chẳng hạn, trong việc đánh giá khối lượng nước và các nguồn tài nguyên nước ở các dải ven biển, việc xác định phân bố của tổng lượng nước quá cảnh từ thượng nguồn đưa về cùng với tổng lượng nước mưa tại chỗ sinh ra đòi hỏi sự phân tích chi tiết về các dòng chảy khác nhau như dòng chảy mặt, dòng chảy ngầm và sự nhiễm mặn của các sông trong mùa kiệt, khi mà chế độ thủy văn chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của thủy triều.

Việc xây dựng và sử dụng các mô hình này là sự kết hợp công sức của nhiều nhà toán học và công nghệ Việt Nam trong tất cả 4 lĩnh vực tiền thân của Hydroinformatics, trong đó có sự đóng góp từ những ngày đầu của hai tác giả sau của bài báo này. (Xem kết quả tính toán và quan trắc trong hình 1).

2.1. Các mô hình toán chủ yếu đã được áp dụng

2.1.1. Tính toán dòng chảy (mặt)

Đây là mô hình được ứng dụng nhiều nhất và thành công nhất.



Hình 1. Tính toán xâm nhập mặn Dự án Quản Lộ Phụng Hiệp (Số liệu năm 1983. Người tính: Trương Tùng, Lê Thụ Viễn)

a. Chiều

Trên thế giới mô hình 3 chiều đã được áp dụng rộng rãi (Châu Âu và Mỹ). Trong khu vực (Đông Nam Á), mô hình 2 chiều không hoàn chỉnh (pseudo-2D) được áp dụng để tính lũ sông Mê Kông (mô hình SOGREAH). Mô hình 2 chiều đầy đủ chỉ dừng ở mức tính vài bài toán đơn giản.

Ở Việt Nam, mô hình 1D được cải tiến để có thể tính lũ tràn vào các khu chứa và ruộng. Đây có thể coi là loại 1.5D. Mô hình 2 chiều đã được nghiên cứu bởi nhiều nhà khoa học, chẳng hạn, Nguyễn Ân Niên và các cộng sự..., nhưng chưa được triển khai áp dụng vào các bài toán có ý nghĩa quan trọng.

b. Phương trình

Hệ phương trình của bài toán này được biết đến với tên Saint Venant gồm 2 phương trình liên tục và động lượng. Dạng cơ bản của hệ phương trình Saint-Venant trong áp dụng ở đây được cho như sau

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial z}{\partial t} = 0,$$

$$\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\alpha B + \beta B_s}{B} \frac{Q}{gA^2} + \frac{\beta}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{Q|Q|}{c^2 A^2 R} = 0,$$

trong đó: B là độ rộng mặt nước của mặt cắt ngang, B_s là bề rộng mặt nước của tiết diện dòng chảy, t : thời gian, Q : lưu lượng, z : mực nước, x : chiều dài, α, β : hệ số điều chỉnh động năng và động lượng, g : gia tốc trọng trường, A : diện tích mặt cắt ngang, c : hệ số Chezi, R : bán kính thủy lực.

c. Phương pháp số

Trong các phương pháp số, thực tế chỉ dùng phương pháp sai phân, còn các phương pháp số khác tỏ ra ít phù hợp.

d. Sơ đồ tính toán

Sơ đồ ẩn 4 điểm của Pressmann tỏ ra ưu việt hơn hẳn các sơ đồ khác nên đã dành được địa vị độc tôn trong bài toán này.

e. Thuật toán

Double sweep method với nhiều biến thể khác nhau được sử dụng.

2.1.2. Tính toán xâm nhập mặn

Đây là bài toán được áp dụng thành công chỉ sau bài toán dòng chảy mặt.

a. Phương trình

Hệ gồm 3 phương trình: 2 phương trình đầu như bài toán dòng chảy, thêm một phương trình bảo toàn lượng mặn:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{Q}{A} \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} \left(AD \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{qS}{A},$$

trong đó, ngoài các kí hiệu đã đưa ở phần trước, các kí hiệu được đưa thêm vào bao gồm: S chỉ hàm lượng muối, Q : lưu lượng dòng chảy, D : hệ số khuếch tán dọc.

b. Các phần khác: giống như bài toán trên.

c. Đặc điểm riêng

Do có thêm phương trình tải, bài toán có một số đặc điểm riêng:

- Ảnh hưởng của điều kiện ban đầu: trong khi đối với bài toán dòng chảy điều kiện ban đầu sẽ không có tác động sau khoảng 12-24 giờ tính toán, thì với bài toán xâm nhập mặn, ảnh hưởng của điều kiện đầu không hề mất đi trong suốt quá trình tính toán.

- Trong khi độ chính xác của bài toán dòng chảy có thể rất cao (vài cm) thì độ chính xác của tính toán xâm nhập mặn kém hơn do tác dụng của khuếch tán số. Một số tác giả nước ngoài công bố các phương pháp khắc phục hiện tượng này để nâng cao độ chính xác. Tuy nhiên chưa thấy có tác giả nào ở nước ta áp dụng các phương pháp khắc phục này.

2.1.3. Tính toán chất lượng nước

Tại Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, việc tính toán chất lượng nước dựa trên mô hình The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2UNCAS của Hoa Kỳ (United States Environmental Agency) với các đặc điểm chính như sau:

a. Phương trình

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\partial(A_x D_L \frac{\partial C}{\partial x})}{\partial x} - \frac{\partial(A_x \bar{u} C)}{\partial x} + A_x \frac{\partial C}{\partial t} + s,$$

trong đó: M là khối lượng (mass: M), x : khoảng cách (distance: L), t : thời gian (time: T), C : độ đặc (concentration: ML^{-3}), A_x : diện tích mặt cắt (cross-sectional area: L^2), D_L : hệ số phân tán (dispersion coefficient: L^2T^{-1}), \bar{u} : tốc độ trung bình (mean velocity: LT^{-1}), s : sự tiêu tán (external source or sinks: MT^{-1}).

b. Các phần khác giống như bài toán dòng chảy mặt và xâm nhập mặn.

2.1.4. Tính toán nước ngầm

Về mặt mô hình, bài toán nước ngầm có khác biệt cơ bản so với bài toán nước mặt: trong khi bài toán nước mặt dùng các phương trình thủy lực thì bài toán nước ngầm dùng các phương trình thủy văn là chủ yếu.

Đặc điểm trên đã làm cho các mô hình 2D, 3D được sử dụng rộng rãi đối với bài toán nước ngầm giống như mô hình 1D cho bài toán nước mặt.

2.2. Các phương pháp số

Có thể sử dụng một trong các phương pháp sau:

- 1) Sai phân hữu hạn (finite difference method FDM).
- 2) Phần tử hữu hạn (finite element method FEM).
- 3) Phổ (spectral method SM).
- 4) Sơ đồ lọc (filter scheme method FSM).
- 5) Phần tử biên (boundary intergral equation method BIEM).

Gần đây, tốc độ tính toán có khuynh hướng được cải thiện nhờ việc áp dụng các phương pháp tính toán song song trên các hệ thống phân tán. Đặc biệt, việc giải xấp xỉ hệ phương trình Saint Venant trên máy tính song song ảo PVM (Parallel virtual Machine: [5]) đã có những thử nghiệm bước đầu.

Nhận xét:

Phương pháp 1 (FDM) được dùng rộng rãi và phổ biến, kể cả trong tính toán song song.

Phương pháp 2 (FEM) sau nhiều thử nghiệm, các tác giả đều có chung nhận định FEM thích hợp cho các bài toán kết cấu xây dựng hơn là tính toán nước.

Các phương pháp khác chủ yếu mang ý nghĩa lý thuyết, học thuật, ít có ý nghĩa thực tiễn.

2.3. Ứng dụng

2.3.1. Bài toán dòng chảy (mặt)

Đây là bài toán được nghiên cứu và đưa vào tính qui hoạch thủy lợi từ năm 1969 trên máy Minsk22. Trường Đại học Thủy lợi và Viện Qui hoạch thủy lợi là các cơ quan đi đầu trong lĩnh vực này với nhiều đóng góp trong những bước đi đầu tiên của các cán bộ khoa học như: Nguyễn Như Khuê, Nguyễn Ân Niên, Trần Đức Khâm, Nguyễn Văn Sáng, Lê Xuân Quảng, Trương Tùng, Lê Thụ Viễn... Kết quả là từ khoảng 1972 cho đến nay không có một công trình thủy lợi nào được xây dựng mà không có sự tham góp của mô hình này, chẳng hạn:

- Thủy điện Hòa Bình.
- Các công trình thủy lợi Bắc Trung Nam.
- Tính lũ (đặc biệt cho Đồng bằng Cửu Long theo chỉ thị 99 TTg “sống chung với lũ”).
- Các bài toán mùa cạn.

2.3.2. Bài toán xâm nhập mặn

Được khởi đầu bởi Ban thư ký Mê Kông (Bangkok), với sự đóng góp của Viện Qui hoạch thủy lợi (Trương Tùng, Lê Thụ Viễn) và Viện Cơ (Nguyễn Tất Đắc). Chương trình này đã được tính toán để phục vụ lập qui hoạch tổng thể (Master plan) của Đồng bằng Mê Kông.

2.3.3. Bài toán chất lượng nước

Với sự trợ giúp của Chính phủ Thụy Điển (SIDA) bài toán đã được lập và đưa vào tính toán chua phèn tại đồng bằng Mê Kông (Lê Xuân Quảng, Chu Thái Hoàn) và ô nhiễm tại một số sông Bắc và Trung Bộ (Nguyễn Thái Lai, Vũ Hồng Châu, Nguyễn Thị Tâm).

Chất tính toán ô nhiễm là BOD, COD, NO₂, NO₃,...

Nơi tính: sông Nhuệ và một số sông khác.

2.3.4. Tính toán nước ngầm

Bài toán này đã được Trường Đại học Thủy lợi, Viện Qui hoạch thủy lợi, Công ty Tư vấn Xây dựng thủy lợi ứng dụng từ vài năm nay.

Trên đây mới chỉ nói đến một số ứng dụng tại Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Tại các bộ, ngành khác như: Giao thông, Xây dựng, Khí tượng Thủy văn, Điện... các bài toán trên cũng được sử dụng nhiều và thực sự là những đóng góp hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. B. Abbott, *Introducing Hydroinformatics*, *Journal of Hydroinformatics* **1** (1) (1999).
- [2] Trương Tùng và Phạm Trần Nhu, *Mô hình hóa và phần mềm trong khoa học môi trường*, *Tuyển tập Hội nghị Môi trường toàn quốc lần thứ nhất*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1999, 974-978.
- [3] M. B. Abbott, *Computational Hydraulics*, Pitman, London, 1999.
- [4] Các báo cáo khoa học nội bộ của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.
- [5] Lê Quân và Phạm Trần Nhu, *Tính toán sông song: thuật toán số và máy tính*, *Hội thảo Phát triển công cụ tin học trong giảng dạy, nghiên cứu và ứng dụng toán*, Hà Nội, 1999, 290-307.

Nhận bài ngày 12-7-2000

Nhận lại sau khi sửa ngày 12-12-2000

*M. B. Abbott - Học viện Quốc tế về cơ sở hạ tầng
Thủy lợi và Môi trường, Hà Lan (IHE).*

*Trương Tùng, Vũ Hồng Châu - Bộ Nông nghiệp
và Phát triển nông thôn.*