

VỀ CÁC MÔ HÌNH TOÁN CỦA DÒNG CHẢY

TS Tô Văn Trường

I. KHÁI NIỆM VỀ MÔ HÌNH

1. Các loại mô hình

Ngoài các loại mô hình toán học, trong các sách và tài liệu tham khảo ta còn gặp những từ khác như: mô hình tỷ lệ hay mô hình vật lý, mô hình tương tự, mô hình nhận thức, mô hình tất định, mô hình ngẫu nhiên,...

- i) **Mô hình tỷ lệ (mô hình vật lý):** Thay cho làm thực nghiệm trên mô hình nguyên mẫu ngoài thực địa, người ta tiến hành thí nghiệm trên các mô hình thu nhỏ nhưng giữ nguyên tỷ lệ giữa các chiều (dài, rộng, cao,...). Tất nhiên, phải tuân thủ một số nguyên tắc và tiêu chuẩn. Phương pháp này thường rất đắt, đòi hỏi nhiều thời gian để xây mô hình. Phương pháp này chủ yếu được áp dụng để nghiên cứu chi tiết khi thật cần thiết để thiết kế công trình như cống đập.
- ii) **Mô hình tương tự:** Vì các phương trình mô tả dòng chảy ngầm (thấm) tương tự như phương trình mô tả dòng điện, cho nên thay vì nghiên cứu mạng dòng chảy phức tạp người ta lập một mạng điện và suy các kết quả từ mạng điện sang mạng dòng chảy.
- iii) **Mô hình nhận thức hay khái niệm:** Trước khi nghiên cứu một quá trình người ta phải xem quá trình đó có bao nhiêu thành phần, cách thức liên hệ và ảnh hưởng lẫn nhau của các thành phần đó, sau đó xem xét chi tiết từng thành phần.
- iv) **Mô hình tất định:** Là một phương pháp nghiên cứu khi biết các thành phần tham gia vào quá trình và cách thức ảnh hưởng giữa các thành phần.

2. Mô hình vật lý và mô hình toán học

Môi trường thực rất đa dạng và phức tạp, các mối quan hệ giữa các yếu tố đan xen chằng chịt ảnh hưởng lẫn nhau. Để khảo sát hoặc nghiên cứu các mối quan hệ đó đã từ lâu con người phải sử dụng mô hình hoá như là một công cụ, có nghĩa là phải đơn giản hoá bức tranh thực hoặc môi trường thực. Mô hình không bao giờ chứa được tất cả các đặc điểm của môi trường thực mà chỉ giữ lại các đặc điểm chính các mối quan hệ chính của hệ thống thực mà chúng có thể đặc trưng cho hệ thống đó.

Ví dụ: Khi xem xét chất lượng nước người ta chỉ xem xét một vài chỉ tiêu chủ yếu như độ pH, nhu cầu ô xy sinh hóa BOD, độ cứng, Eli-Coliform. Khi xem xét nước biển và nước sông ta chỉ cần xem xét độ mặn. Tương tự như vậy, khi thiết kế một con tàu người ta thường làm các mô hình vật lý để xem xét các hình dạng nào có sức cản nhỏ nhất chứ chưa cần chú ý tới việc bố trí ca bin, hầm tàu. Như vậy, quá trình mô hình hoá là quá trình xem xét để chỉ cần giữ lại các đặc điểm chính đặc trưng cho môi trường hoặc vật nào đó cần phải nghiên cứu.

Quá trình làm mẫu một con tàu thủy có kích thước theo một tỷ lệ nào đó rồi cho vào thử trong nước với một số điều kiện về sóng gió, được xem là mô hình vật lý. Một

loại mô hình khác thường có tên là mô hình toán sẽ được giải thích kỹ trong các phần dưới, nhưng có thể hiểu nôm na là, các mối quan hệ giữa các hiện tượng, sự vật hay các yếu tố của môi trường bao giờ cũng có thể biểu diễn bằng các quan hệ (hay phương trình) toán học. Bằng cách nghiên cứu hoặc giải các phương trình toán đó người ta có thể phát hiện được các tính chất của các hiện tượng cần quan tâm xem xét.

Mô hình hoá bằng các mô hình toán được phát triển rất nhanh trong các thập niên gần đây, bởi vì:

- Sự phát triển như vũ bão của công nghệ máy tính và công cụ tin học, đồng thời các công cụ mới về toán học cũng phát triển. Hai yếu tố này giúp cho con người có thể giải quyết rất nhanh các bài toán phức tạp về mặt toán học.
- Mặt khác, yêu cầu về phát triển kinh tế, xã hội và dân số dẫn đến việc suy thoái môi trường, đặc biệt việc ô nhiễm môi trường nước dẫn đến đe dọa sự sống trên hành tinh trong tương lai gần. Vì vậy, xuất hiện các bài toán phức tạp về mặt môi trường mà chỉ có công cụ mô hình hoá mới có thể dự báo được biến đổi có thể xảy ra.

3. Mô hình là công cụ quản lý.

Sự đô thị hoá, sự bùng nổ dân số và sự phát triển công nghệ ngày càng gia tăng áp lực và tác động lên môi trường ta đang sống. Các chất ô nhiễm thải vào hệ sinh thái, đặc biệt là hệ sinh thái nước, đang làm gia tăng các chất độc hại cả về hóa, lý, sinh, có thể huỷ diệt các loài sống trong đó hoặc phá vỡ cấu trúc của hệ sinh thái. Hệ sinh thái ngày nay rất phức tạp, nhiệm vụ của chúng ta là dự đoán sự biến đổi của môi trường dưới tác động của các yếu tố khác nhau. Trong bối cảnh đó mô hình hoá sẽ cung cấp một bức tranh với các đáp ứng khác nhau, từ đó có những biện pháp quản lý và thích ứng cũng như lựa chọn các giải pháp công nghệ hay pháp lý thích hợp trong xử lý cũng như quản lý.

4. Mô hình hoá là một công cụ khoa học

Mô hình là loại công cụ được sử dụng rộng rãi trong khoa học. Các nhà khoa học trước đây sử dụng rộng rãi các mô hình vật lý để tiến hành các thí nghiệm ngoài hiện trường cũng như trong phòng thí nghiệm để nghiên cứu các mối quan hệ chính mà người ta quan tâm. Ngày nay, do sự phát triển của công nghệ máy tính và công nghệ thông tin xu thế phổ biến là làm các thí nghiệm trên máy tính trước khi tiến hành bắt buộc một số thí nghiệm vật lý nhằm kiểm định các kết quả từ máy tính, và do đó mô hình toán được sử dụng rất rộng rãi. Định luật Newton mà ta quen thuộc ở một phạm vi nào đó là một mô hình toán học về sự ảnh hưởng của lực trọng trường lên vật thể khi bỏ qua lực ma sát và ảnh hưởng của gió.

Do tính phức tạp của môi trường và hệ sinh thái việc mô hình hoá là bắt buộc để khám phá ra mối liên hệ giữa các yếu tố và tương tác giữa các yếu tố. Chẳng hạn khi xem xét sự ô nhiễm nước sông chịu ảnh hưởng của thủy triều. Khi thải chất bẩn vào dòng chảy, dưới tác động của thủy triều chất bẩn lan toả đi các hướng khác nhau và cũng giảm dần nồng độ bẩn do quá trình tự làm sạch. Để tính toán được phạm vi ảnh

hường của các nguồn ô nhiễm cũng như nồng độ tại từng thời điểm thì chỉ có mô hình hoá mới giải quyết được.

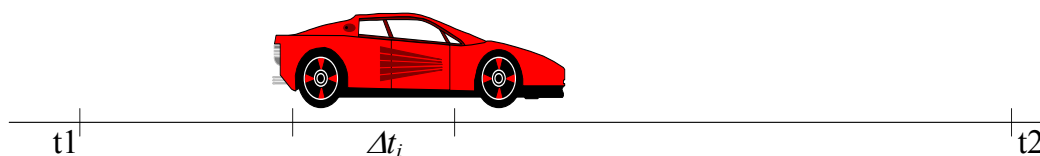
Có thể tóm lược một số ưu điểm của công cụ mô hình hoá như sau:

- Là công cụ hữu ích và không thể thiếu trong khảo sát các hệ sinh thái phức tạp
- Sử dụng mô hình có thể khám phá ra các tính chất của hệ thống.
- Nhờ mô hình có thể hoàn thiện sự hiểu biết về kiến thức môi trường, sinh thái.
- Mô hình là một công cụ để thử nghiệm các giả thuyết về khoa học và so sánh giữa bức tranh thực và bức tranh của môi trường đã được đơn giản hoá.

5. Thế nào là mô hình toán:

Trong nhiều lĩnh vực hoạt động hàng ngày ta phải thực hiện các tính toán từ đơn giản tới phức tạp. Ở trường phổ thông phải thực hiện các phép cộng trừ nhân chia, rồi cao hơn là các phép đạo hàm, vi tích phân. Rồi trong các trường Đại học phải học các phương pháp số như sai phân hữu hạn, phân tử hữu hạn. Nói chung, ta có thể gọi chung là các công cụ toán học và sử dụng chúng để giải quyết các bài toán trong thực tế hàng ngày, từ đơn giản đến phức tạp. Với sự phát triển rất nhanh của công nghệ thông tin, kỹ thuật máy tính và các công cụ toán học hiện đại, mô hình toán học đã được phát triển rất nhanh và đã trở thành công cụ nhanh mạnh, không thể thiếu đối với những người làm công tác qui hoạch và ra quyết định.

Vậy mô hình toán học là gì? Để giải thích ta xét một ví dụ sau đây:



Giả sử ta phải tính khoảng cách S của ô tô chạy trong thời gian T từ thời điểm t_1 tới t_2 với vận tốc tức thời $v(t)$. Cách tính đơn giản sẽ như sau: Ta chia khoảng thời gian T thành n khoảng nhỏ hơn với bước thời gian là Δt_i , có nghĩa là :

$$T = \Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \dots + \Delta t_n = \sum_{i=1}^n \Delta t_i$$

Trong một bước thời gian Δt_i ta xem vận tốc $v(t)$ gần như không đổi với giá trị v_i , và khoảng cách S mà xe chạy trong khoảng thời gian T có thể được tính xấp xỉ như sau:

$$S \approx v_1 \cdot \Delta t_1 + v_2 \cdot \Delta t_2 + \dots + v_n \cdot \Delta t_n = \sum_{i=1}^n v_i \cdot \Delta t_i \quad (2.1)$$

Dùng công thức (2.1) bài toán có thể xem như được giải quyết (một cách gần đúng).

Nếu Δt_i đủ nhỏ thì từ kiến thức học trong Đại học ta có :

$$S = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n v_i \cdot \Delta t_i = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt \quad (2.2)$$

Như vậy với các cán bộ đã tốt nghiệp đại học bài toán tính quãng đường của xe chạy được tính toán theo các bước như sau:

i) Xuất phát từ công thức (2.2) :
$$S = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot dt \quad (2.2)$$

ii) Tiến hành rời rạc hoá (2) theo dạng (1):

$$S \approx v_1 \cdot \Delta t_1 + v_2 \cdot \Delta t_2 + \dots + v_n \cdot \Delta t_n = \sum_{i=1}^n v_i \cdot \Delta t_i \quad (2.1a)$$

Trong đó vận tốc v_i được xem là hằng số trong khoảng Δt_i và bằng giá trị trung bình của vận tốc tức thời v_i trong bước thời gian Δt_i .

iii) Nếu ta gặp khó khăn khi tính bằng tay (chẳng hạn đối với các bài toán lớn phức tạp) ta có thể lập trình trên máy tính để tính toán.

Nếu ta cảm thấy kết quả tính toán nói trên chưa đủ chính xác ta có thể tiếp tục làm tốt hơn theo cách sau:

iv) Làm nhỏ hơn Δt_i (tức là tăng n) và tính lại công thức trên bằng cách dùng cùng một chương trình máy tính đã viết. Quá trình này được lặp lại (tức là tăng dần n) cho đến khi kết quả thu được có thể xem là đạt yêu cầu.

6. Các bước trong xây dựng một mô hình toán:

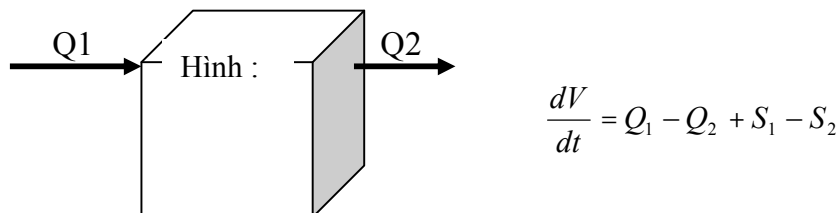
Quá trình tính toán với các bước đơn giản như nêu trong ví dụ chiếc ô tô ở trên được xem như các bước xây dựng một mô hình toán (trường hợp rất đơn giản). Trên thực tế ta gặp rất nhiều bài toán kỹ thuật phức tạp, nhiều khi không thể tính toán bằng tay được, vì thế việc xây dựng một quá trình tính toán (hoặc xây dựng một mô hình toán học) sẽ rất phức tạp, tốn công, nhưng nói chung sẽ gồm các bước sau đây:

i) **Bước 1:** Lựa chọn các phương trình toán học cơ bản mô tả các quá trình vật lý (hoặc bài toán ta phải giải quyết. Nói chung hầu hết các bài toán thực tế đều có thể mô tả bằng các phương trình toán học). Với bài toán tính khoảng cách của ô tô như nêu ở trên thì đó là phương trình (2). Đối với các bài toán kỹ thuật thì các phương trình cơ bản (hoặc hệ phương trình) đều là các phương trình vi phân, tích phân hay đạo hàm riêng mà để giải chúng cần phải có sự giúp đỡ của phương pháp số và máy tính. Thông thường để có được các phương trình cơ bản mô tả một quá trình vật lý nào đó ta thường áp dụng các luật bảo toàn cho các quá trình vật lý đó như bảo toàn khối lượng, bảo toàn mô men động lượng hay bảo toàn năng lượng.

Nguyên lý bảo toàn chung cho một đại lượng bất kỳ (thể tích, nồng độ, khối lượng,...) sẽ như sau:

Sự biến đổi theo thời gian của một đại lượng bất kỳ trong một thể tích V sẽ bằng tổng lượng vào thể tích trừ đi tổng lượng ra khỏi thể tích cộng (hoặc trừ) với lượng phát

sinh (hoặc mất đi) do các nguyên nhân khác nhau trong chính thể tích V đó. Chẳng hạn đối với nước trong thể tích V



Hình 2: Sơ đồ cân bằng nước cho thể tích V

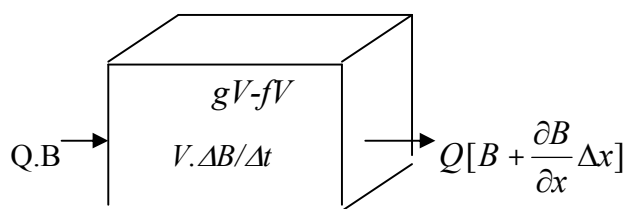
Với Q_1, Q_2 là lưu lượng vào ra tại 2 mặt thể tích; S_1 là nguồn nước bổ xung (xả nước vào) còn S_2 là nguồn nước bị lấy đi. Đây là nguyên lý được sử dụng khi thiết lập phương trình liên tục của phương trình Saint-Venant.

Với BOD nguyên lý cân bằng trên được viết như sau

BOD vào thể tích V + BOD sản sinh trong V - (BOD ra khỏi V + BOD bị chuyển hoá) = sự thay đổi BOD trong thể tích V trong khoảng thời gian Δt .

Với B là nồng độ BOD, Q là lưu lượng tại mặt cắt, g là tốc độ sản sinh, f là tốc độ mất đi, đoạn phát biểu trên được toán học hóa bằng biểu thức sau:

$$Q.B + gV - \left[Q \left(B + \frac{\partial B}{\partial x} \Delta x \right) + fV \right] = \frac{V \cdot \Delta B}{\Delta t}$$



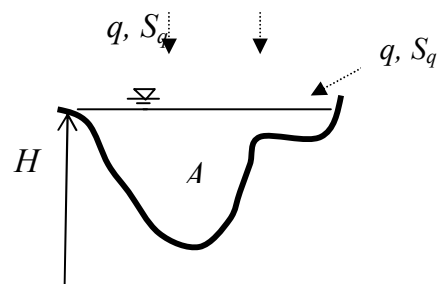
Hình 3: Sơ đồ cân bằng nồng độ BOD trong thể tích V

Chẳng hạn để mô tả chuyển động của nước và độ mặn trên kênh sông người ta thường dùng hệ phương trình Saint-Venant một chiều cho dòng chảy và phương trình tải khuếch tán cho độ mặn như dưới đây:

Phương trình liên tục cho nước (bảo toàn thể tích nước):

$$B \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \quad (2.3)$$

Phương trình động lượng (bảo toàn mô men động lượng) :



$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{gQ|Q|}{AC^2R} = 0 \quad (2.4)$$

Hình 4: Mặt cắt ngang sông

Phương trình liên tục cho độ mặn (bảo toàn khối lượng):

$$\frac{\partial AS}{\partial t} + \frac{\partial(QAS)}{\partial x} = EA \frac{\partial^2 S}{\partial x^2} - q_o S + q_i S_q \quad (2.5)$$

Trong đó :

H = Mực nước so với cao độ chuẩn (m);

Q = lưu lượng (m³/s);

B = độ rộng mặt nước tại một mặt cắt ngang sông bao gồm cả phần trữ (m);

A = diện tích mặt cắt ngang (m²)

C = Hệ số cản Chezy ;

g = gia tốc trọng trường (m/s²);

R = bán kính thủy lực (m);

$q = q_i - q_o$: dòng gia nhập dọc dòng chảy (q_i) hoặc mất đi (q_o) trên một đơn vị độ dài của dòng chảy (m²/s)

t = thời gian (s)

x = khoảng cách dọc dòng chảy (m)

$S(x,t)$: Độ mặn (hay nồng độ chất) trung bình trên mặt cắt ngang (g/L)

E : Hệ số phân tán dọc (dispersion)

S_q : Độ mặn (hay nồng độ chất) trong dòng gia nhập

ii) **Bước 2:** Đối với các bài toán phức tạp mô tả bởi các phương trình đạo hàm riêng thì để giải được cần phải cho điều kiện biên, điều kiện đầu, các tham số và các hệ số.

iii) **Bước 3:** Nói chung các phương trình mô tả các quá trình vật lý hầu như không có nghiệm giải tích hoặc nghiệm chính xác (theo nghĩa toán học) vì thế phải dùng các phương pháp số để giải gần đúng. Điều đó có nghĩa rằng bài toán chỉ được giải gần đúng và kết quả thu được cũng là kết quả gần đúng chứ không phải kết quả chính xác. Sự khác nhau giữa kết quả chính xác và kết quả gần đúng phụ thuộc vào phương pháp số được sử dụng. Có rất nhiều phương pháp số, việc lựa chọn phương pháp nào phụ thuộc vào trình độ và kiến thức của người lập mô hình. Ví dụ, ở trên là một thuật toán số rất đơn giản để tính quãng đường chạy của ô tô. Để tăng độ chính xác giá trị vận tốc trung bình v_i có thể lấy theo các cách khác nhau, chẳng hạn lấy giá trị trung bình đầu đoạn và cuối đoạn, hoặc lấy giá trị giữa đoạn.

iv) **Bước 4:** Với sự phát triển rất nhanh của kỹ thuật máy tính hầu hết các phương pháp số đều có thể thực hiện trên máy tính với điều kiện thuật toán số tương ứng đã được lập trình và chạy thông được trên máy tính. Đây là bước không thể thiếu được khi xây dựng một mô hình toán học..

v) **Bước 5:** Thử tính đúng đắn của kết quả qua một số bài toán mẫu để bảo đảm rằng kết quả phản ánh tương đối chính xác các qui luật vật lí (vì ta chỉ tính gần đúng) của quá trình được mô phỏng. Chẳng hạn tính bảo toàn khối lượng, như cân bằng nước, hoặc độ mặn không thể âm. Nếu độ mặn tính ra bị âm thì có điều gì đó sai trong thuật toán được sử dụng. Một ví dụ khác trong thử nghiệm là tính đối xứng. Nếu tất cả các điều kiện của bài toán (miền, biên, điều kiện đầu,...) là đối xứng thì nghiệm số của nó cũng đối xứng. Nếu thấy kết quả tính ra có sai sót thì lại phải xem xét từ bước 1.

Với 5 bước chính như đã nêu ở trên ta có một mô hình toán học. Độ chính xác của kết quả tính toán phụ thuộc vào chính mô hình và chất lượng của số liệu đầu vào. Vì vậy khi sử dụng bất cứ một mô hình nào (phần mềm máy tính) để giải quyết một bài toán thực tiễn hai bước nêu dưới đây cần phải được thực hiện:

- Hiệu chỉnh mô hình: Khi một mô hình đã được xây dựng nó có thể sử dụng cho bất kì một bài toán kỹ thuật nào nhưng chất lượng của kết quả phụ thuộc vào chất lượng số liệu đầu vào và giá trị của các tham số của mô hình. Dựa trên một số số liệu đầu vào được đo đạc xác định và hiệu chỉnh các tham số (chẳng hạn hệ số nhám trong mô hình thủy lực) để có được lời giải tốt nhất. Quá trình này gọi là hiệu chỉnh mô hình.
- Kiểm định mô hình: Một khi mô hình đã được hiệu chỉnh tốt cần phải thử với một tập số liệu khác để kiểm tra xem với các tham số mô hình đã được xác định liệu có đúng với trường hợp khác không, nếu kết quả tính không sai nhiều với kết quả thực đo thì mô hình có thể coi là được kiểm định và dùng để tính toán các kịch bản khác nhau..

II. MÔ HÌNH TOÁN CHO DÒNG CHẢY VÀ CHẤT LƯỢNG NƯỚC TRÊN HỆ THỐNG KÊNH SÔNG – MÔ HÌNH DELTA (VRSAP-SAL)

2.1 Mở đầu

Hiện tại, để tính dòng chảy lũ kiệt, xâm nhập mặn, trạng thái ô nhiễm hữu cơ, trên các hệ thống kênh sông của Việt nam, chủ yếu là Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), hệ thống sông Sài gòn-Đồng Nai-Thị vải, Đồng bằng sông Hồng, sông Hương... các kỹ sư và cán bộ kỹ thuật thường dùng một số phần mềm máy tính của nước ngoài và trong nước.

Về mặt học thuật các mô hình tính dòng chảy và chất lượng nước trong sông đều xuất phát từ hệ phương trình Saint-Venant 1 chiều (ở các dạng khác nhau) và phương trình lan truyền chất một chiều. Tuy nhiên, sơ đồ và thuật toán giải các hệ phương trình này lại khác nhau tùy thuộc tác giả của từng mô hình, từ đó độ chính xác của kết quả cũng như thời gian tính trên máy có khác nhau.

2.2 Các Mô hình từ nước ngoài được du nhập vào Việt nam theo con đường các dự án (trong đó các phần mềm kèm theo được tính vào tiền dự án, tức là phải mua phần mềm) hoặc bằng con đường của du học sinh hoặc hợp tác song phương.

2.2.1 Nhóm mô hình thương mại: Đây là nhóm mô hình mua trực tiếp hoặc tính thành tiền thông qua các dự án song phương hoặc đa phương:

A. Những mô hình dòng chảy và chất lượng nước có tính thương mại trên thế giới phải kể đến họ mô hình MIKE, trong đó MIKE11 (với môđun thủy lực HD, môđun tính mặn, chất lượng nước AD, ECOLAB,...) Đây là bộ phần mềm của Viện DHI Đan Mạch, được ứng dụng, nghiên cứu cho dự án quy hoạch và quản lý tài nguyên nước và phòng chống thiên tai tại nhiều nước trên thế giới như Nhật Bản, Thái Lan, Bangdales... Trong khuôn khổ của Dự án tăng cường năng lực các Viện Ngành nước ở Việt Nam, DHI đã đào tạo và chuyển giao bản quyền cho một số cơ quan ngành nước thuộc Bộ NN&PTNT.

Một số phần mềm họ MIKE khác như MIKEBASIN (dùng cho tính cân bằng nước), MIKE FLOOD dùng cho mô phỏng lũ, MIKE21 dùng cho bài toán nổi 1 chiều và 2 chiều trong một vùng nhỏ,..

Về bộ **MIKE 11**: MIKE 11 là phần mềm thuộc họ MIKE với modun tính dòng chảy HD và modun AD dùng cho tính lan truyền chất (mặn,...), để tính lan truyền chất ô nhiễm phải dùng ECOLAB với các yếu tố lan truyền chất từ thấp tới cao.

Để tính dòng chảy trong sông kênh MIKE 11 cũng sử dụng hệ phương trình Saint-Venant một chiều và sử dụng sơ đồ sai phân 6 điểm xen kẽ Q, H của Abbott và Ionescu; tài liệu địa hình được cho tại các mặt cắt tính H; vận tốc u được tính tại điểm Q; Hệ phương trình sai phân được giải trực tiếp và bằng phương pháp lặp, vì vận tốc độ tính chậm và cần có kinh nghiệm xử lý khi tạo điều kiện ban đầu (hotstart file). Trong MIKE 11 đã xét các công trình cống đập phổ biến, tuy nhiên đôi khi khi gặp trường hợp không ổn định khi phải vận hành công trình. Trong modun AD đã sử dụng phương pháp sai phân hữu hạn cho phương trình lan truyền chất một chiều vì thế thường gặp hiện tượng khuếch tán số ảnh hưởng đến độ chính xác của kết quả như nồng độ có khi bị âm, hoặc khi không có nguồn sinh vật chất trong miền mà nồng độ trong miền cao hơn giá trị ở biên,...

Để sử dụng công cụ GIS, trong MIKE 11 đã dùng kết hợp với bộ ArcView/Arcview GIS để tổ chức cơ sở dữ liệu và biểu diễn kết quả (thông qua các script bằng ngôn ngữ Avenue).

Nhìn chung những ưu nhược điểm của bộ MIKE 11 (được sử dụng nhiều ở Việt nam chủ yếu qua dự án tăng cường năng lực cho các Viện ngành nước) như sau:

+ Ưu điểm:

- Là phần mềm thương mại nên phần giao diện rất mạnh, hữu hiệu.
- Phần nối kết với công cụ GIS rất mạnh kể cả tạo Database (Mặc dù phải cần thêm các phần mềm GIS như ArcView hay ArcGIS,..)
- Các tiện ích đầy đủ, dễ cho người sử dụng.
- Thuận tiện cho việc giải quyết các bài toán vừa và nhỏ.

+ Nhược điểm:

- Không biết được phần lỗi (phần thuật toán, tổ chức chương trình,..) nên người sử dụng không thể cải biên, cập nhật mà phải qua nơi bán, khi đó phải trả thêm tiền và mất thời gian chờ đợi,..)
- Khi phải tính cho bài toán lớn như ĐBSCL trong một thời gian dài (mô phỏng cả một năm cho lũ và cạn) MIKE 11 đòi hỏi nhiều thời gian tính trên máy không

thuận tiện cho giai đoạn chạy hiệu chỉnh vì phải chạy rất nhiều lần mới hiệu chỉnh được một tham số nên tốn thời gian chạy trên máy. Hơn nữa, để tạo điều kiện ban đầu (hotstart file) đòi hỏi nhiều kinh nghiệm và thường phải xuất phát từ bước thời gian nhỏ..

- Độ chính xác của kết quả tính, đặc biệt cho các bài toán lan truyền chất (mặn, BOD, DO,..) nhiều khi không đảm bảo do bản chất thuật toán được sử dụng (khuếch tán số dẫn đến nồng độ âm hoặc nồng độ sát biên lớn hơn biên khi không có nguồn trong miền)

- Vì là phần mềm thương mại nên giá thành rất đắt (MIKE11+ECOLAB giá 18000EU, cỡ 400 triệu đồng Việt nam cho một license) mỗi license, dạng khoá cứng, chỉ dùng được cho một máy tính, hoặc cũng có phiên bản chạy nối kết máy tính trên mạng nhưng giá thành cao hơn nhiều.

- Nhiều nghiên cứu trong nước đã sử dụng mô hình MIKE11 để làm công cụ tính toán thủy lực và chất lượng nước. Nhưng sau khi hoàn thành dự án không chuyển giao công nghệ được vì các cơ quan hưởng lợi từ dự án không có bản quyền sử dụng MIKE11 và dự án cũng thường không có đủ kinh phí để mua phần mềm chuyển giao.

B. ISIS: Bộ phần mềm này của Công ty Halcrow và trường Wallingford phối hợp xây dựng, được sử dụng trong chương trình sử dụng nước (WUP) của Ủy Hội sông Mê Công. Mỗi một nước thành viên có được 2-3 license. Tuy phần mềm này, đối với Việt Nam, chưa thương mại hoá như MIKE, nhưng du nhập vào Việt nam thông qua các dự án có thể chuyển giao công nghệ như Chương trình WUP nói trên đây.

Giống như bộ MIKE11, phần mềm ISIS cũng sử dụng hệ phương trình Saint-Venant một chiều cho dòng chảy và phương trình lan truyền chất một chiều cho mặn. Khác với MIKE 11, trong ISIS sử dụng sơ đồ sai phân Preissmann cho dòng chảy và lan truyền mặn. Cũng như MIKE 11 phần mềm ISIS chưa có khả năng tính mặn trong dòng. Vì là phần mềm thương mại, ISIS cũng có phần giao diện khá đẹp và tiện dụng, tuy nhiên cũng bộc lộ một số yếu điểm và khó khăn khi giải quyết bài toán trên phạm vi rộng, nhiều liên kết như ĐBSCL. Đặc biệt các lỗi về độ chính xác của kết quả tính, đặc biệt về mặn. Trong khuôn khổ của chương trình WUP, phần mềm ISIS đã được sử dụng cho ĐBSCL ở dạng mạng kênh sông được đơn giản hoá rất nhiều (bỏ mạng kênh cấp 2, chủ yếu giữ lại dòng chính), nhưng chưa cho kết quả có thể sử dụng được, đặc biệt là phần tính mặn. Mô đun chất lượng nước vẫn chưa được thử nghiệm nên chưa có kết quả đánh giá cụ thể. Tốc độ tính toán của ISIS cũng rất chậm và cũng kết hợp với ArcView để nối kết với GIS và Database. Như vậy khi mua MIKE 11 hoặc ISIS phải trả cả tiền bản quyền của ArcView.

2.2.2. Nhóm mô hình phi thương mại (theo nghĩa Việt nam chưa phải mua mà có được qua các con đường khác nhau như dự án hỗ trợ song phương hoặc đào tạo)

Các bộ phần mềm khác như **Duflow, Sobek/Wendy, Telemax, Qual2-E, Wasp6** vv...được du nhập qua các con đường của du học sinh hoặc các dự án nhỏ song phương. Đối với các dự án quốc tế thì đây cũng là các bộ phần mềm thương mại, phải mua bản quyền nên khi sử dụng thường được cơ quan cấp phần mềm khuyến cáo rằng

có thể chấp nhận một số rủi ro gây thiệt hại do không được đào tạo, tập huấn và không hiểu biết những hạn chế của mô hình nên khi áp dụng gây lỗi. Vì không có mã nguồn nên không hiểu được hết phân lõi bên trong xử lý ra sao (như thuật toán, các xử lý đặc biệt,..) và chưa được áp dụng cho các bài toán lớn và phức tạp như ĐBSCL. Các phần mềm này có nguồn gốc từ châu Âu (hoặc Mỹ) với điều kiện sông ngòi khác hẳn điều kiện Việt nam (chẳng hạn ở Việt nam mạng kênh sông có dạng mạch vòng phức tạp, chịu ảnh hưởng của thủy triều,..) cho nên không phải khi nào cũng sử dụng được các phần mềm nêu trên. Có thể xét qua phần mềm Sobek, Duflow và Qual2-E:

SOBEK: Phần mềm này do Delft, Hà lan, phát triển, gồm phân dòng chảy và tính toán ô nhiễm 1,2 chiều, đã nối kết với công cụ GIS. Đã sử dụng hệ phương trình Saint-Venant 1 chiều cho dòng chảy trong kênh sông (trong phương trình có kể số hạng gió và ảnh hưởng của góc nhập lưu). SOBEK cũng sử dụng lược đồ sai phân xen kẽ giống như MIKE11, có điểm H và điểm Q; địa hình được cho tại các điểm tính H.

Các yếu tố ô nhiễm được mô phỏng bằng phương trình lan truyền chất 1 chiều có kể tới quá trình biến đổi sinh hóa của các chất ô nhiễm. Phương trình lan truyền chất một chiều được giải bằng phương pháp sai phân, mặc dù có các lựa chọn các sơ đồ, nhưng do bản chất của lược đồ sai phân, kết quả tính vẫn bị ảnh hưởng bởi hiện tượng khuếch tán số.

Qual2-E: Phần mềm này do cơ quan bảo vệ môi trường của Mỹ (EPA) phát triển và đã được sử dụng rộng rãi ở Mỹ và một số nước châu Âu. Qual2-E đã được du nhập vào Việt Nam qua một số dự án. Qual2-E cũng sử dụng hệ phương trình Saint-Venant và lan truyền chất một chiều và giải bằng phương pháp sai phân và có thể sử dụng cho nhiều yếu tố ô nhiễm (BOD, DO, Tảo, Nitơ, Phốt pho,..). Nhược điểm của Qual2-E là chỉ áp dụng cho mạng sông đơn giản có dạng hình cây (không áp dụng cho mạng sông dạng mạch vòng); thiết diện kênh sông phải đều dạng hình thang, hay hình chữ nhật và không chịu ảnh hưởng của thủy triều

Duflow: Đây là phần mềm được phát triển bởi Viện thủy lực (IHE) của Hà lan, Đại học công nghệ Delft, STOWA và trường Đại học nông nghiệp Wageningen. Duflow được thiết kế để sử dụng cho nhiều mục tiêu (tính triều, lũ, sử dụng nước,..). Duflow cũng giải quyết các bài toán lan truyền chất trong kênh sông có các công trình. Sơ đồ sai phân 4 điểm của Preissmann đã được sử dụng cho bài toán thủy lực. Duflow có giao diện đồ họa tiện dụng. Vì đây là phần mềm thiết kế chủ yếu cho giảng dạy và đào tạo, cho nên khi sử dụng cho các bài toán lớn cần có cải biên.

2.3 Mô hình trong nước:

Do các yêu cầu của thực tiễn quy hoạch và sử dụng tài nguyên nước, nhiều chuyên gia trong nước phải tự xây dựng các bộ phần mềm, để khi cần thiết, có thể tự sửa đổi và cập nhật thuật toán, mã nguồn (code) để có thể đáp ứng được các yêu cầu tính toán cụ thể. Các bộ phần mềm do các cán bộ trong nước được nhắc tên và áp dụng nhiều cho các dự án trên 2 Đồng bằng gồm:

VRSAP, đây là bộ phần mềm được xem là đầu tiên cho tính toán thủy lực mạng kênh sông, do cô PGS Nguyễn như Khuê phát triển sau đợt thực tập tại Hà Lan vào năm 1978. VRSAP đã được Phân viện Khảo sát Quy hoạch Thủy lợi Nam bộ (Nay là Viện

Quy hoạch Thủy lợi miền Nam) sử dụng cho nhiều dự án quy hoạch cả dự án trong nước và quốc tế. VRSAP được nhóm mô hình của Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam hoàn thiện dần trong quá trình áp dụng. Do PGS Khuê đã mất, phân nâng cấp và hoàn thiện trong nối kết với GIS được giao cho PGS Nguyễn Tất Đắc đảm nhiệm và đã có báo cáo qua một đề tài NCKH cấp Bộ năm 2005, đã được nghiệm thu 2007.

Một số ưu nhược điểm của VRSAP (khi chưa nâng cấp):

- Đáp ứng được các yêu cầu tính toán cho các bài toán lớn của ĐBSCL mặc dù phải tính riêng lũ kiệt.
- Có chương trình nguồn, có thể hiểu thuật toán và có thể chủ động sửa chữa, thay đổi, mặc dù để hiểu được source codes không phải dễ dàng.
- Giao diện còn đơn giản và chưa đẹp
- Tốc độ tính còn chậm do phải tính lặp
- Khả năng nối kết với công cụ GIS và Database chưa mạnh
- Cách tổ chức số liệu cần được nâng cấp
- Phần tính chất lượng nước (chủ yếu là mặn) còn gặp khó khăn như đánh giá của NEDECO (Xem tài liệu So sánh SAL và VRSAP, NEDECO 1991).

Phần cải tiến VRSAP để thành VRSAP-SAL sẽ được trình bày trong phần dưới.

KOD1 của GS-TSKH Nguyễn Ân Niên. Đây là phần mềm dựa trên sơ đồ sai phân hiện. Phần giao diện, nối kết GIS và Database đang trong giai đoạn nâng cấp và hoàn thiện. Mặc dù thời gian tính nhanh nhưng nhiều khi gặp vấn đề cân bằng toàn cục ảnh hưởng tới độ chính xác của kết quả. Trước đây khi tốc độ xử lý của máy tính còn chậm thì thuật toán hiện còn hữu ích. KOD1 chủ yếu được một số cán bộ của Viện Khoa học thủy lợi sử dụng.

HydroGIS của TS Nguyễn Hữu Nhân: Đây là phần mềm mới được xây dựng trong một số năm gần đây, phần nối công cụ GIS, demo kết quả và giao diện khá tốt. Tuy nhiên, do tác giả ít công bố về thuật toán nên khó đánh giá. HydroGis cũng giải hệ phương trình Saint-Venant một chiều bằng sơ đồ sai phân Preissmann, nhưng giải trực tiếp hệ sai phân bằng phương pháp lặp nên tốc độ tính toán chưa nhanh. Để kết hợp với phần vẽ tác giả đã thêm một số điểm tính trung gian. Phần tính mặn cũng dùng phương pháp phân rã nhưng chi tiết của thuật toán, cả dòng chảy và lan truyền chất chưa thấy tác giả công bố chi tiết. Gần đây, TS Nhân có thêm phần tính dòng chảy xiết bằng phương pháp sóng động học, tuy nhiên trên vùng núi có những đoạn vừa chảy xiết, vừa chảy êm thì phương pháp sóng động học không áp dụng được.

MK4 của PGS-TS Lê Song Giang, Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh. Đây là phần mềm mang tính học thuật nhiều hơn và chủ yếu dùng trong giảng dạy, việc áp dụng cho các bài toán thực tế lớn còn hạn chế. Phần giao diện của MK4 khá tốt, và đang trong giai đoạn phát triển.

SAL (hay SALBOD) của GS-TS Nguyễn Tất Đắc. SAL được xây dựng từ những năm 80 của thế kỷ 20 (với các phiên bản khác nhau qua quá trình hoàn thiện) và đã được áp dụng cho nhiều dự án lớn trên ĐBSCL, hệ thống sông Sài Gòn-Đồng Nai-Thị Vải, kể cả sử dụng cho các dự án quốc tế (thủy lực, mặn, ô nhiễm, chua phèn). SAL cũng giải hệ phương trình Saint-Venant một chiều bằng sơ đồ sai phân Preissmann. Tuy

nhiên trong SAL đã dùng phương pháp tuyến tính hóa nên không cần giải lập. Mặt khác trong SAL, trước tiên dùng các công thức truy đuổi để đưa về giải hệ phương trình có ẩn số chỉ là mực nước tại nút hợp lưu và sử dụng thuật toán giải ma trận thưa nên tốc độ tính toán nhanh. Phần lan truyền chất trong SAL sử dụng phương pháp phân rã và giải phương trình tải thuần túy bằng phương pháp đặc trưng kết hợp với nội suy spline nên bảo đảm không bị nồng độ âm, mặn lan truyền tới đâu tính tới đó nên tiết kiệm thời gian tính. Phần tính mặn (và chất lượng nước) của SAL cho kết quả hợp lý, ổn định và đã được chuyên gia nước ngoài thẩm định trong dự án Quy hoạch tổng thể ĐBSCL (Xem so sánh SAL và VRSAP, NEDECO 1991). Dùng SAL có thể tính được các yếu tố dòng chảy (mực nước, lưu lượng, vận tốc,...) tính được độ mặn và một số yếu tố của chất lượng nước (ô nhiễm hữu cơ, nước làm mát, phen,...) Nhược điểm của SAL là phần giao diện, kết nối GIS và Database. Phần này đang trong quá trình xây dựng và hoàn thiện. Phần học thuật của SAL là cơ sở chính trong cải tiến VRSAP cho nên có tên VRSAP-SAL.

Ngoài ra còn có một số phần mềm khác do một số tác giả trong nước phát triển trong khuôn khổ các luận án hoặc các nghiên cứu riêng lẻ và còn ít được áp dụng cho các bài toán thực tế, hoặc áp dụng theo nghĩa thử nghiệm.

2.3 Mô hình VRSAP và những yêu cầu nâng cấp, cải tiến

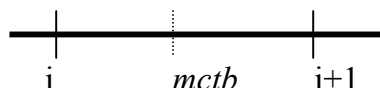
Chương trình máy tính mang tên VRSAP của cố PGS Nguyễn như Khuê, khởi đầu từ 1978, dùng cho tính toán thủy lực mạng kênh sông. Từ khi ra đời chương trình này đã được các kỹ sư trong nước sử dụng rộng rãi và thành công cho nhiều dự án qui hoạch tài nguyên nước trên đồng bằng sông Hồng và đồng bằng sông Cửu long bao gồm cả các dự án do nước ngoài tài trợ, như dự án qui hoạch tổng thể Đồng bằng sông Cửu Long do NEDECO (Hà Lan) thực hiện, dự án qui hoạch và kiểm soát lũ châu thổ sông Mê Công do công ty KOICA của Hàn Quốc thực hiện,... Trong quá trình áp dụng, chương trình VRSAP đã được hoàn thiện dần từ chạy trên môi trường DOS chuyển sang môi trường WINDOWS, nối kết với công cụ thông tin địa lý (GIS). Về cơ bản chương trình VRSAP đã đáp ứng được các yêu cầu tính toán, tuy nhiên do nhu cầu phát triển, kích cỡ của các bài toán qui hoạch cũng tăng dần, không chỉ ở mức độ Đồng bằng của Việt nam mà ở mức độ châu thổ (chẳng hạn cả Việt Nam và Căm pu chia) và phải mô tả với thời gian dài và với các kịch bản phức tạp về vận hành các hệ thống cống đập.

Các chương trình tính trong nước cũng có những ưu nhược điểm riêng. Chương trình máy tính mang tên SAL (hay SALBOD) của GSTS Nguyễn Tất Đắc ra đời vào những năm 80, qua quá trình áp dụng cũng đã được hoàn thiện dần kể cả thuật toán và chương trình. Trong thời gian tôi làm quản lý Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam (10/1996 đến 1/2009) đã nhiều lần hỗ trợ, tạo điều kiện để GSTS Nguyễn Tất Đắc là một trong các chuyên gia hàng đầu của nước ta về thủy lực cùng nhóm chuyên gia mô hình của Viện đi sâu tìm hiểu đánh giá, ưu khuyết 2 mô hình VRSAP và SAL để nâng cấp lên tầm cao mới, đồng thời cố gắng vận dụng các thành tựu tin học và học cách giao diện của các phần mềm nước ngoài. Chương trình cải tiến, nâng cấp mang tên VRSAP-SAL là mong muốn sự kế thừa và phát triển.

2.3.1 Các điểm cần cải tiến, nâng cấp trong VRSAP:

- *Cấu trúc số liệu:*

Số liệu địa hình trong VRSAP được nhập vào theo từng đoạn. Một đoạn sông trong thực tế được giới hạn bởi 2 mặt cắt ngang sông, nhưng trong VRSAP, khi nhập vào tính toán chỉ dùng một mặt cắt trung bình (*mctb* như hình 5) dựa trên mặt cắt đo đạc thực tế i và $i+1$ tại 2 đầu đoạn $[i, i+1]$.



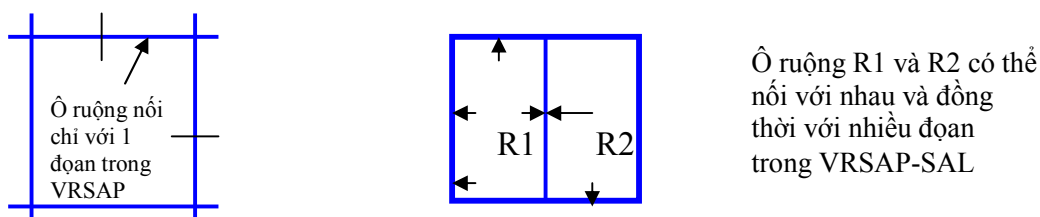
Hình 5: Mặt cắt trung bình trong VRSAP

Quá trình xử lý và lấy mặt cắt trung bình này phụ thuộc vào chủ quan người xử lý số liệu, không theo một quy luật chặt chẽ nhất định, vì vậy sau khi hiệu chỉnh mô hình, trong nhiều trường hợp, khó hình dung được mặt cắt thực tế của đoạn ra sao nếu không phải người xử lý ban đầu hoặc người hiệu chỉnh mô hình. Mặt khác khi tính toán chất lượng nước cần có trường vận tốc tại i và $i+1$ trong VRSAP sẽ chỉ tính được vận tốc trung bình đoạn mà không có giá trị vận tốc tại mặt cắt. Dùng mặt cắt trung bình đoạn sẽ khó cho tổ chức liên kết và truy cập với cơ sở dữ liệu (CSDL) địa hình các mặt cắt. Với hầu hết các sơ đồ khác, các số liệu đo đạc gốc được sử dụng, còn cách xử lý để tính toán phụ thuộc vào từng thuật toán mà không thay đổi số liệu gốc, để trong trường hợp cần thiết có thể đối chiếu trở lại.

Trong VRSAP cố định 13 cấp địa hình, mỗi cấp thường cách nhau 0,5m, để cho số liệu địa hình mặt cắt sông, nghĩa là biên độ dao động mực nước chỉ cỡ 6m, nếu ngoài giới hạn này trong VRSAP phải thực hiện ngoại suy theo chủ quan của người lập thuật toán, nhiều khi sai thực tế, chẳng hạn nhánh sông KongPong Cham đến Kratie, mực nước biến đổi cỡ 20m (từ mùa khô sang mùa lũ), như vậy cần dùng tới 41 cấp mực nước (mỗi cấp cách nhau 0,5m). Điểm này sẽ được cải tiến. Với ô ruộng kín trong VRSAP cũng có khó khăn này nhưng được khắc phục bằng cách xếp chồng các ô ruộng. Để phủ đủ sự biến đổi của mực nước trong VRSAP-SAL có thể cho đủ số cấp nước cho cả sông và ruộng phụ thuộc vào khả năng số liệu

- *Tốc độ tính toán:* Trong VRSAP dùng phương pháp lập và giải trực tiếp hệ phương trình đại số có ẩn số là mực nước tại tất cả các mặt cắt trên hệ thống nên bậc phương trình lớn, từ đó tăng thời gian tính toán. Để tính bài toán lũ ĐBSCL (tùy thuộc loại máy) cũng có khi mất một vài giờ máy tính.
- *Hệ phương trình xuất phát:* Các phần mềm tính toán thủy lực đều sử dụng hệ phương trình Saint-Venant một chiều dưới các dạng khác nhau. Trong VRSAP sử dụng một dạng phương trình có chứa nhiều hệ số mà về mặt thực hành sẽ tăng độ phức tạp và thêm nhiều phép tính, và với các bài toán lớn làm tăng thời gian tính toán trên máy, tuy ngày nay sự phát triển của máy tính đã đáp ứng khá tốt tốc độ tính toán.

- *Cách mô phỏng và ghép nối các ô ruộng:* Trong VRSAP mỗi ô ruộng hở hoặc kín (biểu thị bằng 6 cấp diện tích) được nối với một nút hoặc một đoạn sông. Trên thực tế bao quanh mỗi ô ruộng có rất nhiều đoạn và nút sông, khi lũ tràn các ô ruộng lại có thể nối với nhau chứ không chỉ nối với sông (để giải quyết khó khăn này trong VRSAP tạo các kênh giả, nhưng vào mùa khô các kênh giả thường bị cạn đáy). Khi lấy nước tưới (trong mùa cạn) cũng được gắn với nút sông. Những hạn chế này ảnh hưởng đến kết quả tính toán.



Hình 6: Cách liên kết ô ruộng với đoạn sông, ô ruộng với ô ruộng

Trong VRSAP-SAL thực hiện thay đổi thuật toán để có thể cho một ô ruộng nối với nhiều đoạn, các ô ruộng có thể nối với nhau, tăng thêm số cấp nước mô tả địa hình ô ruộng (chứ không phải 6 cấp như trong VRSAP). Tất nhiên, khi mực nước dưới các ngưỡng tràn thì nước không chảy, và như vậy một sơ đồ có thể tính đồng thời cạn và lũ.

- *Sơ đồ số:* Trong VRSAP sử dụng sơ đồ sai phân ẩn của Dronker, với sơ đồ này cùng một số hạng, chẳng hạn đạo hàm theo thời gian, trong phương trình liên tục được lấy giống sơ đồ Preissmann còn trong phương trình chuyển động lại lấy ẩn hoàn toàn mà không thống nhất như sơ đồ Preissmann.
- *Hiện tượng mất ổn định số* trong tính toán và vận hành công trình: Đây là điểm thường gặp trong các phần mềm. Phần này cũng được tập trung cải tiến.
- *Tính thủy lực cho các sông vùng núi* (chế độ chảy xiết). Do ở Việt nam hầu hết là các sông đồng bằng (sông Hồng, hay Đồng bằng sông Cửu Long) nên các phần mềm chỉ quan tâm tới chế độ chảy êm. Yêu cầu tính toán với các sông vùng núi bắt đầu gia tăng, vì thế cần phải xem xét bổ xung thêm chế độ chảy xiết trong quá trình tính toán.
- *Tính toán lan truyền chất:* Trong VRSAP đã có phân tính mặn (và bắt đầu thử nghiệm với bài toán chất lượng nước) bằng sơ đồ sai phân trung tâm. Các sơ đồ sai phân dùng để giải phương trình lan truyền chất một chiều đều gặp hiện tượng khuếch tán số, hiện tượng này đôi khi làm mất ý nghĩa vật lý của kết quả tính toán, như nồng độ âm hoặc cao hơn giá trị biên khi không có các nguồn bên trong miền. Không bảo đảm sự phù hợp pha lan truyền. Các phần mềm lớn như MIKE 11 hay ISIS cũng bị nhược điểm này. Do đó cần thực hiện cải biên để bảo đảm tính bảo toàn của chất lan truyền. Trong VRSAP-SAL khắc phục nhược điểm này bằng cách sử dụng phương pháp phân rã với phương pháp đặc trưng để giải phương trình tải.

▪ *Một số điểm khác:* Trong VRSAP còn có một sai sót về việc dùng nội suy tuyến tính cho diện tích theo cấp nước (thực tế là nội suy cấp 2). Vì thế diện tích nội suy thường lớn hơn diện tích thực tế, dẫn đến mực nước thường thấp hơn mực nước thực và trong hiệu chỉnh cần làm các thủ thuật khác nhau tùy thuộc người sử dụng để được kết quả mong muốn. Dưới đây là tóm tắt cơ sở lý luận về sai số giữa nội suy tuyến tính và nội suy đúng (bậc 2) trong khi tính diện tích.

Khi mực nước thấp hơn Z_{min} thì coi phần mặt cắt ngang dưới Z_{min} như một tam giác để nội suy:

$$\text{Tính chiều rộng } b: \frac{b}{B} = \frac{h}{H} = \alpha \Rightarrow b = \alpha \cdot B \quad (\alpha = FA)$$

Trong đó $FA (= \alpha)$ là tỷ lệ chiều cao 2 tam giác như cách quy ước trong code chương trình VRSAP

$$\begin{aligned} \text{Diện tích: } \frac{a}{A} &= \frac{b \cdot h}{B \cdot H} = \alpha \cdot \alpha \quad (=FA \cdot FA) \\ \Rightarrow a &= A \cdot \alpha \cdot \alpha \end{aligned}$$

Nhận xét: Rõ ràng diện tích phải nội suy bậc 2. Thường thì ít khi mực nước xuống dưới Z_{min} cho nên sai số tính toán của PGS Khuê có thể chấp nhận được trong trường hợp mực nước dưới Z_{min} . Tuy nhiên, khi $Z > Z_{min}$, để tính diện tích, PGS. Khuê đã dùng tỷ lệ tuyến tính nên dẫn tới làm tăng diện tích như giải thích dưới đây

$$\frac{b^*}{B^*} = \frac{h}{H} = \alpha \Rightarrow b^* = \alpha \cdot B^* \quad (\alpha = FA)$$

$$\text{hay } b^* = \alpha \frac{B_{i+1} - B_i}{2}$$

$$\text{Từ đó } b = (B_{i+1} - B_i) + 2b^* = B_i + \alpha(B_{i+1} - B_i)$$

Đây là công thức nội suy tuyến tính cho chiều rộng. Tuy nhiên công thức nội suy diện tích phải như sau:

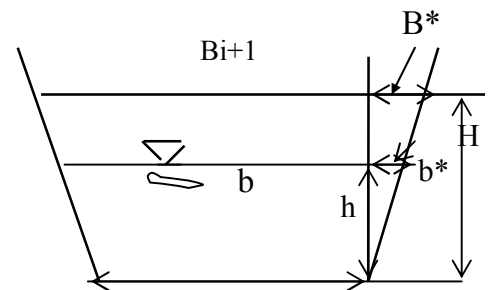
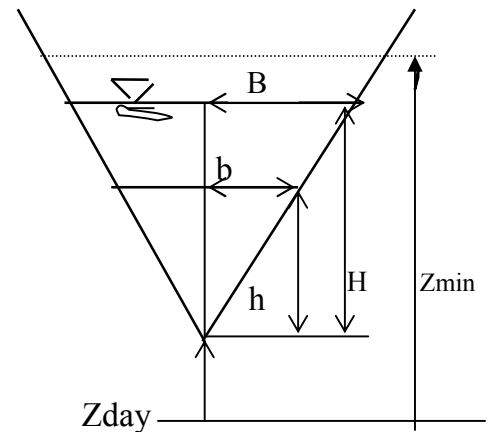
$$\begin{aligned} a &= \frac{h(b + B_i)}{2}; A = \frac{H(B_i + B_{i+1})}{2}; \Rightarrow \frac{a}{A} = \alpha \frac{b + B_i}{B_{i+1} + B_i} = \alpha \frac{2B_i + \alpha(B_{i+1} - B_i)}{B_{i+1} + B_i} \\ &= \alpha \left[\frac{2 + \alpha(T - 1)}{T + 1} \right]; T = \frac{B_{i+1}}{B_i}; \Rightarrow a = \alpha \left[\frac{2 + \alpha(T - 1)}{T + 1} \right] A = \alpha \beta A \end{aligned}$$

$$\text{Hay } a = \alpha \beta A$$

$$\text{Với ký hiệu } \beta = \frac{2 + \alpha(T - 1)}{T + 1} = \alpha + \frac{2(1 - \alpha)}{T + 1}; \beta \leq 1.$$

Như vậy khi $\alpha = 1$ thì $\beta = 1$

Trong công thức trên nếu $T = 1$ (hình chữ nhật) thì $a = \alpha A$



Trong tính toán, PGS. Khuê lấy: $a = \alpha A$. Như vậy công thức của PGS Khuê chỉ đúng với hình chữ nhật còn với trường hợp bất kỳ diện tích đã được tăng lên $1/\beta$ lần.

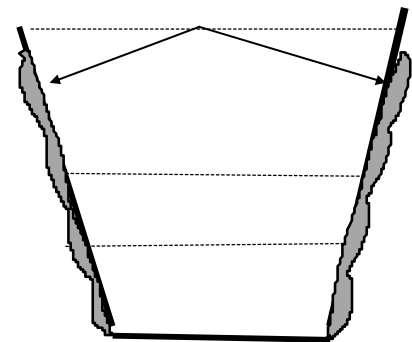
Bảng bên là giá trị tăng diện tích do nội suy bằng tuyến tính

α	0.2				
T	2	5	10		
$1/\beta$	1.36	2.14	2.63		
α	0.5				
T	1.2	2	3	5	10
$1/\beta$	1.07	1.02	1.33	1.5	1.69
α	0.8				
T	1.5	2	3	5	10
$1/\beta$	1.04	1.07	1.11	1.15	1.2

Như vậy, phép nội suy trên làm tăng diện tích, đặc biệt khi có bãi (tức T lớn).

Trong hình bên phần diện tích gia tăng được tô đậm.

Việc gia tăng này chỉ có ảnh hưởng khi có biến đổi lớn về chiều rộng, chẳng hạn từ lòng kênh lên bãi trong bài toán lũ. Tuy nhiên, vấn đề này đã được khắc phục sửa lại cách nội suy diện tích bằng cách tính diện tích như 1 hình thang.

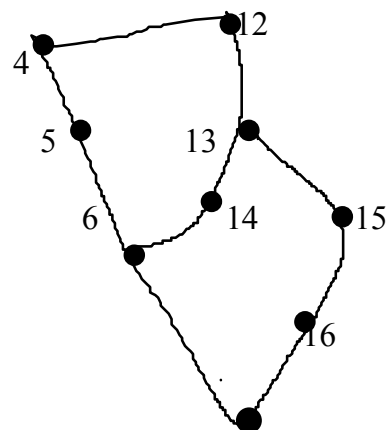


Vấn đề giải phương trình đại số để tính mực nước tại các nút

Kết quả giải trong VRSAP phụ thuộc vào trình tự khử; khử từ đơn giản đến phức tạp. Chẳng hạn một lưới sông sau khi khử loại 2 sẽ còn lại như hình vẽ và có 2 cách khử loại 3 như sau:

i) Cách 1:

Nút khử i	Nút hiệu chỉnh j k	
4	12	5
12	13	5
5	13	6
7	6	16
16	6	15
14	6	13
13	6	15



ii) Cách 2:

Nút khứ i	Nút hiệu chỉnh j k	
4	12	5
16	15	7
7	6	15
15	13	6
14	13	6
12	13	5
5	13	6

Với 2 cách khử này có thể cho kết quả không giống nhau do sai số làm tròn trong máy tính

Cải tiến cách tính mặng (và lan truyền chất):

Phương trình tải khuếch tán một chiều là cơ sở để tính mặng và một số yếu tố của chất lượng nước trên mạng kênh sông. Trong vùng ảnh hưởng triều, quá trình lan truyền (mặng hoặc ô nhiễm) quyết định chủ yếu bởi dòng chảy, quá trình dispersion (phân tán do sự phân bố không đều trên mặt cắt ngang) chỉ đóng vai trò thứ yếu hay vai trò hiệu chỉnh. Khi giải số phương trình tải thuần túy bằng các phương pháp sai phân đều gặp vấn đề khuếch tán số đôi khi sinh ra nồng độ âm, không bảo toàn khối lượng hoặc các giá trị nồng độ sát biên lớn hơn giá trị biên, hoặc không bảo toàn pha lan truyền. Phương pháp đường đặc trưng áp dụng cho phương trình tải thuần túy cho phép bảo toàn chất lan truyền với điều kiện xác định chính xác chân đường đặc trưng và nội suy các giá trị chân đường đặc trưng qua các giá trị đã biết tại các điểm lưới. Với thuật toán đặc trưng trong VRSAP-SAL không bao giờ bị độ mặng âm hoặc lớn hơn giá trị biên, mặt khác cũng do phương pháp đặc trưng, mặng lan truyền đến đâu mới phải tính đến đó, cho nên giảm đáng kể thời gian tính toán. Xem phần so sánh các phương pháp số áp dụng cho bài toán chất lượng nước trong phần C. Có thể thấy phép sai phân trung tâm cho kết quả sai cả về pha lẫn biên độ, phép sai phân theo hướng giữ được pha nhưng sai biên độ, phương pháp đặc trưng với nội suy spline bậc 3 cho kết quả khá tốt.

Tính dòng chảy xiết:

Trong thực tế tính toán, đặc biệt đối với các sông suối miền núi, ta gặp các trường hợp dòng chảy hỗn hợp, có nghĩa là lúc dòng chảy êm, lúc dòng chảy xiết và có lúc dòng chảy chuyển tiếp giữa êm và xiết. Khi khảo sát số điều kiện biên của phương trình Saint-Venant một chiều bằng phương pháp đường đặc trưng đã đi đến kết luận rằng, với một nhánh sông đơn, khi dòng chảy êm thì cần cho tại mỗi đầu biên một điều kiện biên (một đầu cho H, một đầu cho Q, hoặc cho H cả 2 đầu), khi dòng chảy xiết thì phải cho 2 điều kiện biên tại biên có đường đặc trưng đi vào trong miền. Tuy nhiên, khi

dòng chảy chuyển tiếp từ chảy êm sang chảy xiết thì sơ đồ 4 điểm không thể áp dụng được với hệ Saint-Venant.

Khi tính toán dòng chảy không dừng, người ta thấy rằng sơ đồ khuếch tán (bỏ đi số hạng quán tính trong phương trình chuyển động của hệ phương trình Saint-Venant) ổn định số tốt hơn sơ đồ 4 điểm, đặc biệt với dòng chuyển tiếp từ êm sang xiết (số Frut = 1). Với ưu điểm này ta thay đổi phương trình chuyển động của phương trình Saint-Venant bằng cách thêm vào một nhân tử σ và tùy thuộc số Frut mà ta cho nhân tử này các giá trị như sau:

$$\sigma \left[\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) \right] + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{gAQ|Q|}{K^2} = 0 \quad ; \quad \sigma = \begin{cases} 1 - F_r^m & \text{khi } F_r \leq 1, m \geq 1 \\ 0 & \text{khi } F_r > 1; \quad 3 \leq m \leq 5 \end{cases}$$

trong đó số Frút $F_r = \frac{B}{gA^3} Q^2$, với B là chiều rộng và A là diện tích chảy;

Với cách thay đổi này sơ đồ và thuật toán vẫn được giữ nguyên, tuy nhiên tùy thuộc số Frut mà có thể tính số hạng quán tính hay bỏ số hạng này, và thuật toán trở nên mềm dẻo.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các phần nhận xét, đánh giá ở trên qua tham khảo các nguồn tư liệu ở trong và ngoài nước và nhận thức riêng của người viết bài này nên không thể tránh khỏi những sai sót, mong người đọc lượng thứ. Cá nhân tôi nhận thấy có 3 mô hình thủy lực trong nước rất đáng quan tâm xem xét, sử dụng như VRSAP của PGS.TS Nguyễn Như Khuê, SAL của GSTS Nguyễn Tất Đắc và mô hình KOD của GSTSKH, Anh hùng lao động Nguyễn Ân Niên.