

# NGHIÊN CỨU TỐI ƯU BÀI TOÁN CHẤT LƯỢNG NGUỒN NƯỚC CỦA MỘT HỆ THỐNG SÔNG

Lê Song Giang<sup>(1)</sup>, Đâu Văn Ngo<sup>(1)</sup>, Nguyễn Cửu Tuệ<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường ĐH Bách Khoa - ĐHQG-HCM, <sup>(2)</sup>Trường ĐH Nông lâm Tp. HCM

(Bài nhận ngày 04 tháng 08 năm 2003)

**TÓM TẮT:** Bài báo trình bày một phương pháp tính toán lượng chất thải tối đa được phép đổ vào lưu vực sông vùng ảnh hưởng thủy triều. Phương pháp này được xây dựng trên cơ sở kết hợp phương pháp quy hoạch toán học và bài toán lan truyền chất. Các tính toán đã được thực hiện cho mạng sông Sài Gòn - Đồng Nai.

## 1. Giới thiệu

Môi trường hiện đang là đề tài được quan tâm nhiều trên thế giới cũng như ở Việt nam. Lâu nay người ta có thói quen thải mọi thứ ra môi trường vì cho rằng môi trường là vô tận, có thể pha loãng tất cả và có thể phục hồi lại sự trong lành bằng khả năng tự làm sạch của mình. Tuy nhiên thiên nhiên không phải là vô tận, nó chỉ chấp nhận được một lượng chất thải phù hợp với khả năng, nếu hơn sẽ làm nó bị ô nhiễm và hơn nữa thì nó có thể bị chết. Vấn đề đặt ra là lượng chất thải phù hợp với khả năng của môi trường đó là bao nhiêu? Việc từ chối tìm câu trả lời sẽ dẫn tới sự lúng túng và hao tốn tiền bạc. Một ví dụ rất gần đó là sự xuất hiện của các "con kênh đen" mới ở ngoại thành TpHCM. Cả lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai cũng không tránh được viễn cảnh trên nếu chúng ta không có những biện pháp bảo vệ từ bây giờ. Việc cấp hạn ngạch xả nước thải không phải là vấn đề mới trên thế giới. Chỉ có điều hạn ngạch đó cần phải được xác định một cách công bằng, có cơ sở khoa học và phù hợp với đặc điểm riêng của từng con sông.

Bài báo này giới thiệu một phương pháp tính toán lượng chất thải tối ưu được phép đổ vào con sông trong vùng ảnh hưởng của thủy triều. Phương pháp này được xây dựng trên cơ sở bài toán mô hình lan truyền chất và bài toán quy hoạch toán học. Phương pháp được áp dụng thử cho hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai. Mặc dù mô hình chỉ đề cập tới BOD, nhưng phương pháp có thể được sử dụng cho nhiều loại chất khác.

## 2. Mô hình tối ưu hoá chất lượng nguồn nước.

### 2.1 Bài toán lan truyền chất ô nhiễm

Xác định sự lan truyền chất thải trong môi trường luôn là yêu cầu đầu tiên trong vấn đề quản lý môi trường. Phương pháp truyền thống thường được sử dụng là khảo sát (đo đạc) hiện trường. Mặc dù có độ tin cậy cao, phương pháp này khá tốn kém và hầu như không có khả năng thay đổi phương án. Phương pháp thích hợp hơn cả là mô hình số. Sau khi được hiệu chỉnh tốt, kết quả tính toán mô hình có thể có độ in cậy khá cao. Theo phương pháp này dòng chảy và sự lan truyền chất trong sông được giải từ hệ phương trình Saint - Venant và phương trình vận tải chất [1]:

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} - \frac{q}{B} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial z}{\partial x} + gA \frac{|Q|Q}{K^2} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ QC - DA \frac{\partial C}{\partial x} \right] = A.S \quad (3)$$

Trong đó: z - mực nước; Q - lưu lượng; q - lưu lượng nhập lưu trên 1 đơn vị chiều dài kênh; A - diện tích mặt cắt ướt; B - bề rộng mặt thoáng; K - module lưu lượng; C - nồng độ chất tải; D - hệ số khuếch tán rối; S - thành phần nguồn.

Nồng độ chất tải C được hiểu là nồng độ của chất hoà tan bất kỳ (như độ mặn, BOD...), nhiệt độ hoặc nồng độ phù sa... Nếu chất tải là BOD, thành phần nguồn, S, sẽ được tính:

$$S = -(k_1 + k_3)C \tag{4}$$

Trong đó  $k_1$  và  $k_3$  là tốc độ phân hủy và lắng cặn BOD. Hệ số khuếch tán rối D được tính theo Brown và Barnwell [2]. Các phương trình (1) - (3) được giải theo phương pháp sai phân và thể tích hữu hạn và được trình bày trong tài liệu [3].

2.2 Thiết lập bài toán tối ưu

Xét một hệ thống sông trên đó có nhiều nguồn thải BOD. Giả sử tại vị trí nào đó chỉ có một nguồn duy nhất (nguồn thứ  $i$ ) thải liên tục vào sông với lưu lượng đơn vị. Lượng BOD này sẽ lan ra vùng nước lân cận và nồng độ của nó tại điểm  $j$  nào đó là  $C_{ij}$ . Nồng độ  $C_{ij}$  này có thể được xác định bằng cách giải phương trình vi phân (3). Do phương trình (3) với thành phần nguồn (4) là có dạng tuyến tính và thuần nhất nên lời giải của nó có tính chồng chất. Nghĩa là nếu lưu lượng nguồn thải là  $X_i$  thì nồng độ BOD tại điểm  $j$  kia sẽ là  $X_i C_{ij}$ . Và khi tất cả các nguồn cùng thải thì nồng độ BOD điểm  $j$  sẽ là:

$$C_j = \sum_i X_i C_{ij} \tag{5}$$

Như vậy bài toán tối ưu sẽ được thiết lập với mục tiêu là tổng lượng thải trên toàn lưu vực đạt tối đa:

$$\sum X_i \rightarrow \text{Max} \tag{6}$$

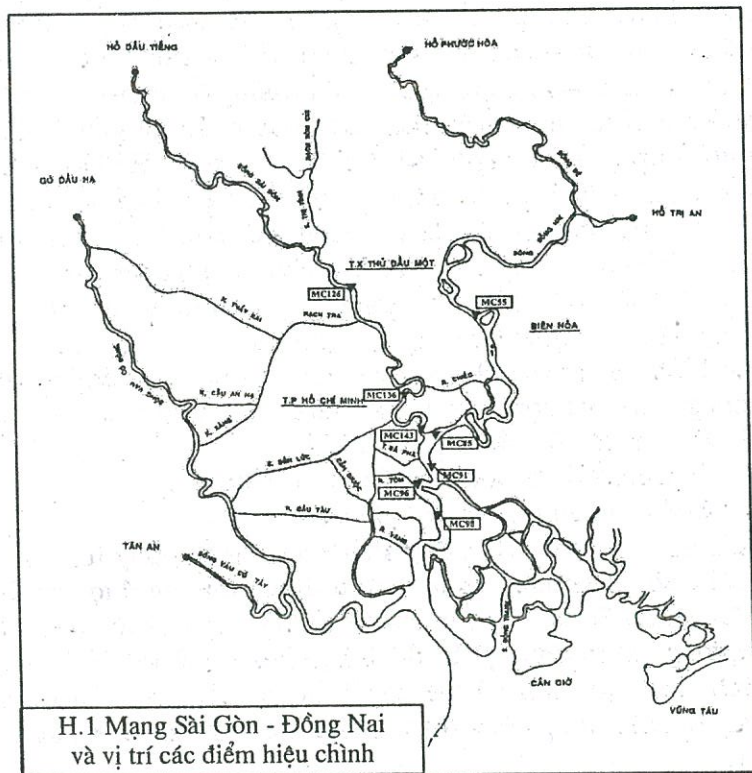
với ràng buộc là chất lượng môi trường:

$$\begin{cases} \sum_i X_i C_{ij} \leq b_j \\ X_i \geq 0 \end{cases} \tag{7}$$

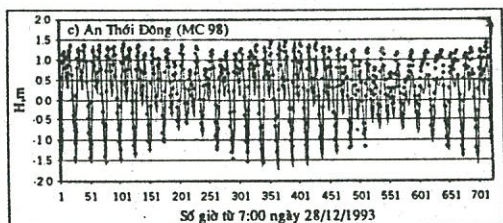
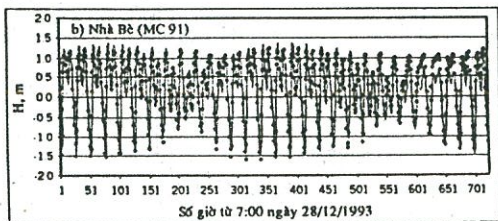
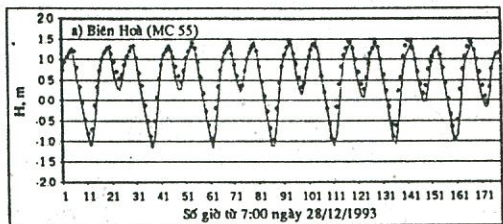
Trong đó  $b_j$  là nồng độ BOD cho phép theo tiêu chuẩn môi trường.  $C_{ij}$  được chúng tôi gọi là hệ số ảnh hưởng;  $i$  là điểm nguồn và  $j$  là điểm kiểm tra. Điểm nguồn ở đây mang ý nghĩa tổng quát. Nó có thể là một điểm tập trung và cũng có thể là nguồn phân bố trên một đoạn sông. Bài toán tối ưu (6) với ràng buộc (7) được giải theo phương pháp SIMPLEX.

Điểm cần lưu tâm tiếp theo trong bài toán này là hệ số ảnh hưởng  $C_{ij}$ . Nếu chế độ thủy lực là ổn định, hệ số  $C_{ij}$  chỉ có 1 giá trị duy nhất và sẽ chẳng có gì phải nói.

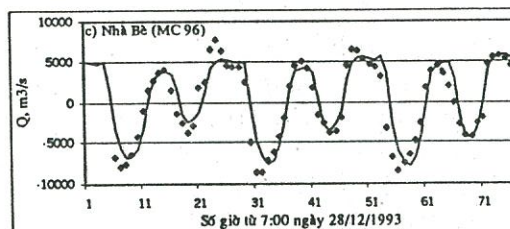
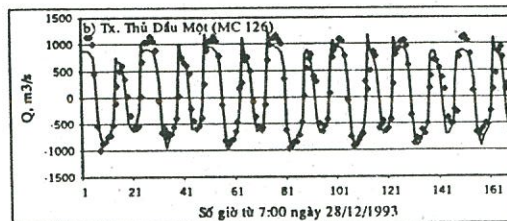
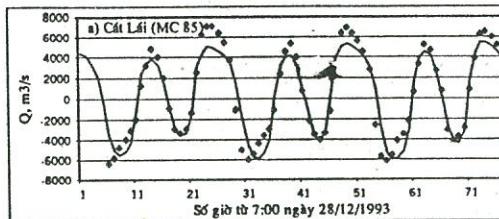
Tuy nhiên đối với sông vùng ảnh hưởng thủy triều, hệ số này thay đổi từng giờ và thay đổi theo mùa. Trong những trường hợp như thế này phương pháp thống kê tỏ ra hữu dụng. Chúng tôi đề nghị xác định  $C_{ij}$  theo tần suất giờ đảm bảo  $p$  [4]. Việc xác định giá trị  $p$  cụ thể (50%, 90% hay một giá trị nào khác) cần phải có một nghiên cứu khác, vượt khỏi khuôn khổ bài báo này và sẽ không được bàn tới nữa.



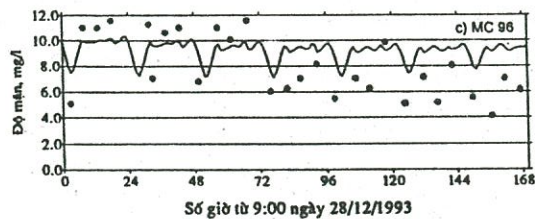
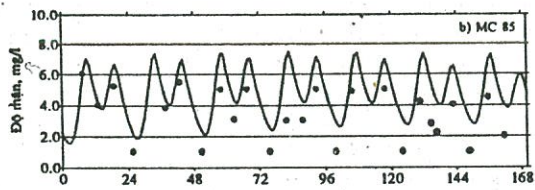
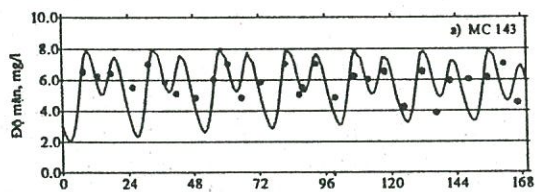
H.1 Mạng Sài Gòn - Đồng Nai và vị trí các điểm hiệu chỉnh



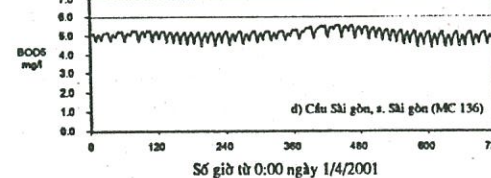
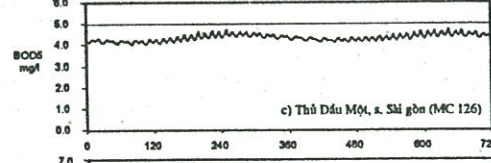
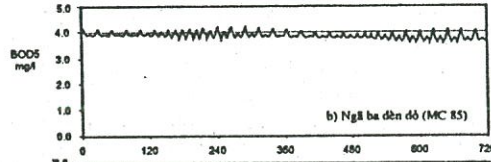
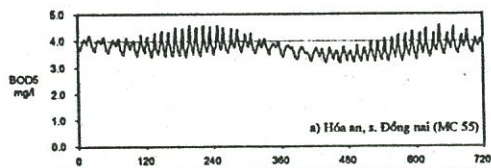
H.2 Mực nước tại một số vị trí (m)  
(Đường liền: tính toán; symbol: thực đo [5])



H.3 Lưu lượng tại một số vị trí (m<sup>3</sup>/s)  
(Đường liền: tính toán; symbol: thực đo [5])



H.4 Độ mặn tại một số vị trí (‰)  
(Đường liền: tính toán; symbol: thực đo [5])

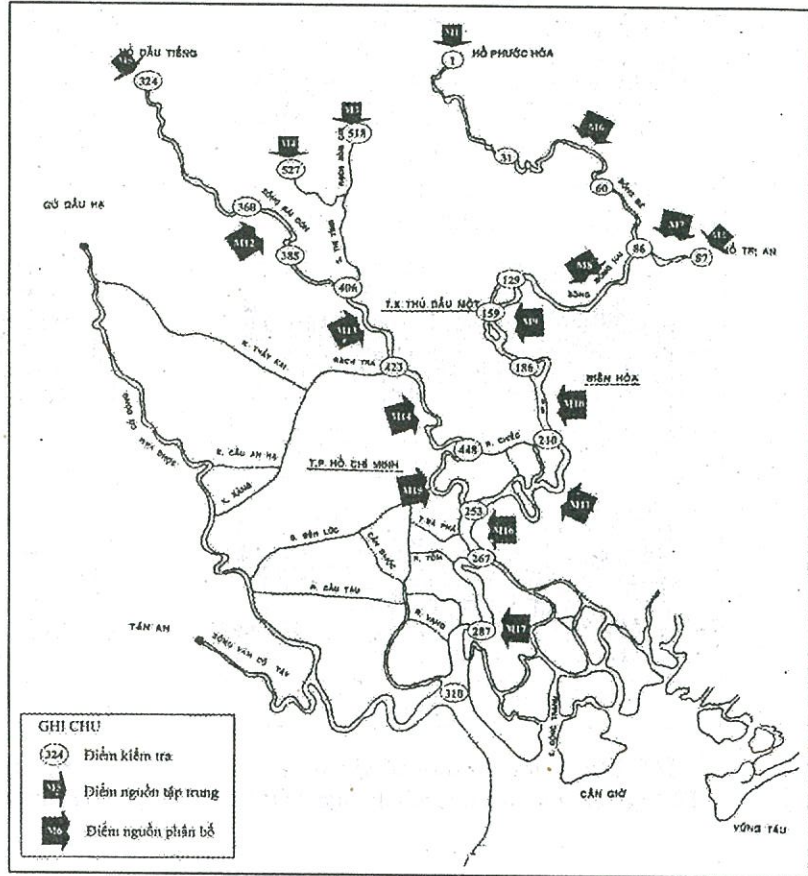


H.5 Nồng độ tại một số vị trí (‰)  
(Đường liền: tính toán; vạch ngang: thực đo [6])

3. Kết quả tính và bàn luận

3.1 Hiệu chỉnh mô hình

Hệ số ảnh hưởng  $C_{ij}$  được tính từ mô hình nên độ chính xác của nó phụ thuộc rất lớn vào việc hiệu chỉnh mô hình. Có 3 thông số mô hình cần hiệu chỉnh, đó là module lưu lượng K, hệ số khuếch tán rối D và tổng các hệ số tốc độ phân hủy và lắng cặn BOD  $k_1, k_3$ . Các thông số này được hiệu chỉnh theo số liệu đo của Viện KHTLNB [5] và của Lê Minh Chánh [6]. Hình 1 là sơ đồ mạng sông Sài Gòn - Đồng Nai cùng vị trí các điểm hiệu chỉnh mô hình tiêu biểu. Hình H.2 và H.3 là mực nước và lưu lượng tại một số vị trí trên sông. Hình H.4 là quá trình độ mặn còn H.5 là quá trình nồng độ BOD. Do BOD chỉ được đo 1 lần trong tháng nên trên hình H.5 giá trị đo được biểu diễn bằng một đường nằm ngang. Ta có thể thấy mô hình đã được hiệu chỉnh khá tốt.



H.6 Vị trí các điểm nguồn và điểm kiểm tra

Bảng B.1 Hệ số ảnh hưởng  $C_{ij}$

Cij	Nguồn																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	6.4E-02	1.2E-25	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.8E-04	1.2E-25	4.6E-27	1.4E-36	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
31	6.1E-02	4.6E-19	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	2.3E-02	4.6E-19	1.8E-20	5.3E-30	2.9E-41	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
60	5.8E-02	2.4E-11	1.8E-42	1.9E-42	1.1E-42	4.3E-02	2.4E-11	9.4E-13	2.8E-22	1.8E-33	2.1E-38	1.2E-42	1.2E-42	1.3E-42	1.2E-42	3.2E-43	7.0E-45
86	4.1E-03	4.8E-03	8.9E-23	9.1E-23	6.1E-23	4.4E-03	4.9E-03	1.3E-04	8.8E-15	3.0E-20	1.2E-21	7.5E-23	1.0E-22	1.3E-22	1.7E-22	9.4E-23	7.9E-24
87	5.0E-07	4.5E-03	1.8E-28	1.8E-28	1.2E-28	5.1E-07	4.1E-04	2.0E-08	7.0E-18	6.4E-26	2.5E-27	1.5E-28	2.0E-28	2.5E-28	3.4E-28	1.8E-28	1.6E-29
129	3.4E-03	4.1E-03	4.7E-11	4.7E-11	3.1E-11	3.7E-03	4.1E-03	3.9E-03	3.4E-04	1.5E-08	5.9E-10	3.8E-11	5.3E-11	6.5E-11	8.9E-11	4.8E-11	4.7E-12
159	3.3E-03	4.0E-03	1.5E-08	1.5E-08	9.3E-09	3.5E-03	4.0E-03	3.8E-03	2.3E-03	4.8E-06	1.7E-07	1.1E-08	1.6E-08	1.9E-08	2.5E-08	1.3E-08	1.3E-09
186	3.1E-03	3.7E-03	1.1E-05	1.1E-05	6.6E-06	3.3E-03	3.7E-03	3.5E-03	3.8E-03	2.2E-03	1.1E-04	8.1E-06	1.1E-05	1.3E-05	1.7E-05	9.4E-06	9.6E-07
210	2.7E-03	3.3E-03	1.2E-04	1.2E-04	7.2E-05	2.9E-03	3.3E-03	3.1E-03	3.3E-03	3.7E-03	9.8E-04	8.7E-05	1.2E-04	1.4E-04	1.8E-04	9.8E-05	1.2E-05
253	1.4E-03	1.5E-03	1.6E-03	1.6E-03	8.0E-04	1.4E-03	1.5E-03	1.5E-03	1.6E-03	1.8E-03	1.8E-03	9.2E-04	1.1E-03	1.3E-03	1.7E-03	1.2E-03	2.2E-04
267	1.0E-03	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	6.1E-04	1.0E-03	1.1E-03	1.1E-03	1.1E-03	1.2E-03	1.2E-03	6.7E-04	8.0E-04	9.0E-04	1.1E-03	1.3E-03	4.6E-04
287	6.7E-04	7.2E-04	9.5E-04	1.0E-03	5.0E-04	6.9E-04	7.3E-04	7.2E-04	7.5E-04	8.2E-04	8.2E-04	5.4E-04	6.2E-04	6.7E-04	7.8E-04	9.1E-04	1.1E-03
310	3.1E-04	3.4E-04	4.1E-04	4.2E-04	2.4E-04	3.2E-04	3.4E-04	3.3E-04	3.5E-04	3.9E-04	3.9E-04	2.6E-04	3.0E-04	3.2E-04	3.8E-04	4.3E-04	6.3E-04
518	1.3E-20	1.4E-20	2.6E-01	4.3E-13	1.0E-18	1.3E-20	1.4E-20	1.4E-20	1.4E-20	1.6E-20	1.4E-20	1.3E-18	8.7E-19	3.0E-19	6.4E-20	6.5E-21	6.6E-22
527	5.3E-22	6.2E-22	4.9E-15	2.0E-01	4.5E-20	5.6E-22	6.2E-22	6.0E-22	6.4E-22	7.1E-22	6.0E-22	5.2E-20	3.7E-20	1.3E-20	2.8E-21	2.9E-22	2.9E-23
324	1.0E-20	1.2E-20	1.2E-18	1.2E-18	4.8E-02	1.1E-20	1.2E-20	1.2E-20	1.3E-20	1.4E-20	1.2E-20	4.7E-04	7.1E-19	2.5E-19	5.7E-20	5.8E-21	4.8E-22
360	2.8E-07	3.5E-07	3.4E-05	3.4E-05	3.9E-02	3.2E-07	3.5E-07	3.4E-07	3.6E-07	4.0E-07	3.4E-07	2.0E-02	2.0E-05	6.9E-06	1.6E-06	1.7E-07	1.6E-08
385	5.0E-05	6.3E-05	5.7E-03	5.7E-03	2.4E-02	5.6E-05	6.3E-05	6.1E-05	6.5E-05	7.3E-05	6.3E-05	2.4E-02	3.4E-03	1.2E-03	2.8E-04	3.1E-05	3.5E-06
406	1.8E-04	2.3E-04	1.8E-02	1.8E-02	1.1E-02	2.0E-04	2.3E-04	2.2E-04	2.4E-04	2.7E-04	2.3E-04	1.4E-02	1.2E-02	4.3E-03	1.0E-03	1.2E-04	1.5E-05
423	3.5E-04	4.3E-04	1.3E-02	1.4E-02	7.8E-03	3.8E-04	4.3E-04	4.2E-04	4.5E-04	5.0E-04	4.4E-04	9.4E-03	1.3E-02	7.8E-03	1.9E-03	2.3E-04	3.2E-05
448	7.5E-04	9.1E-04	7.8E-03	8.0E-03	4.3E-03	8.1E-04	9.1E-04	8.8E-04	9.4E-04	1.0E-03	9.2E-04	5.0E-03	6.4E-03	7.5E-03	3.8E-03	4.8E-04	7.9E-05

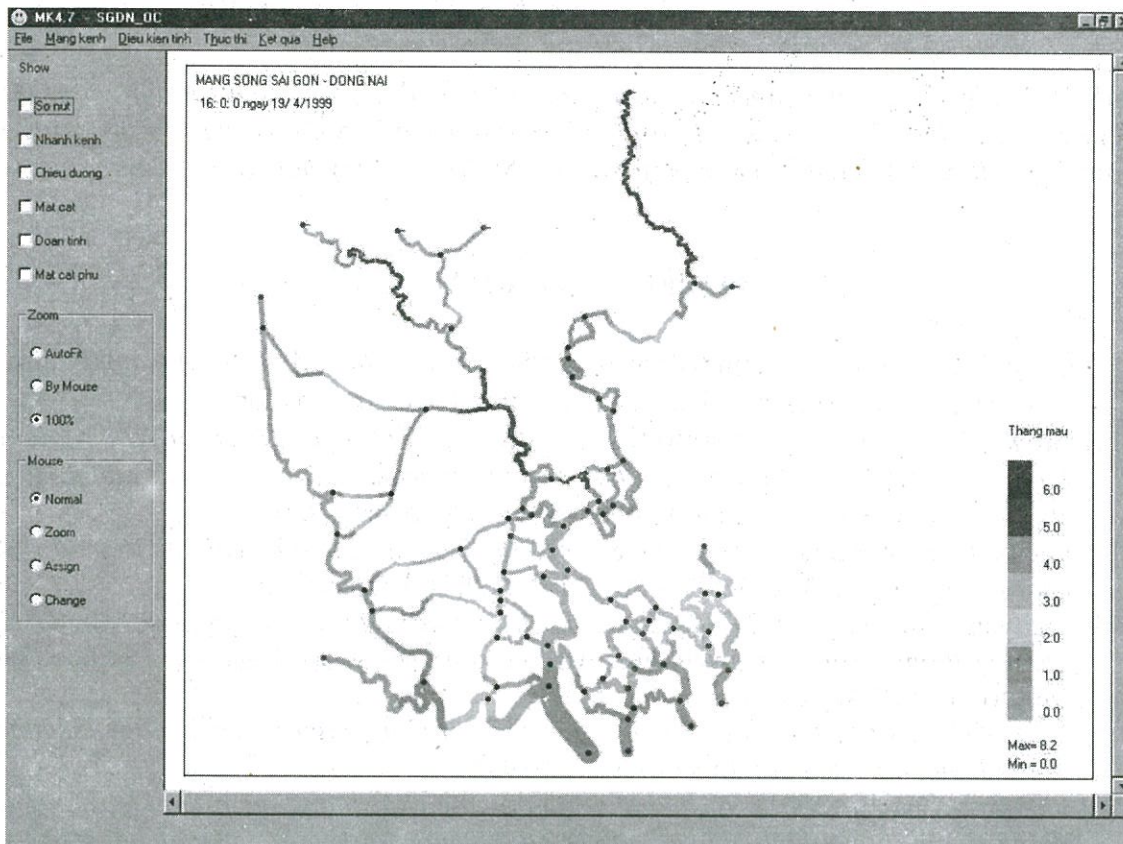
### 3.2 Tính toán lượng thải cho phép tối ưu

Nguồn thải BOD trên sông Sài Gòn - Đồng Nai được chia ra thành 15 điểm nguồn. Có 18 điểm kiểm tra được xác định. Vị trí các điểm nguồn và điểm kiểm tra được trình bày trên sơ đồ sông (H.6). Nồng độ BOD tại cửa biển được ấn định 4,5mg/l tương ứng với khảo sát của nhiều tác giả. Các tính toán được thực hiện với lưu lượng năm trung bình ở thượng nguồn và thủy triều năm 1999 ở cửa biển. Tần suất giờ trong năm của hệ số ảnh hưởng  $C_{ij}$  được lấy bằng 90% và giá trị tính toán được của  $C_{ij}$  ứng với tần suất này được cho trong bảng B.1

Nếu chọn nồng độ BOD cho phép 5mg/l như nhau cho mọi điểm kiểm tra, lời giải bài toán quy hoạch cho tổng lượng thải tối ưu vào toàn bộ hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai là 227.822kg/nd, chia cho các nguồn thải theo bảng B.2.

Bảng B.2 Lượng thải BOD<sub>5</sub> tối ưu sông Sài Gòn - Đồng Nai

Điểm nguồn	Lưu lượng BOD <sub>5</sub> (Kg/nd)
M1	6.732
M5	5.953
M6	970
M8	97.001
M9	16.146
M11	26.743
M12	9.884
M13	4.248
M14	19.458
M17	40.688
Tổng	227.822



H.7 Phân bố BOD<sub>5</sub> lúc 16 giờ ngày 19/4/1999

Tính toán mô phỏng phân bố BOD trên sông theo lượng thải tối ưu cũng đã được thực hiện. Hình H.7 là phân bố BOD<sub>5</sub> lúc 16 giờ ngày 19/4/1999 (lưu lượng năm trung bình). Đây là thời điểm mùa khô và nồng độ BOD ở mức cao. Hình vẽ cho thấy nồng độ BOD phân bố khá đều trên sông và nằm sát ngưỡng cho phép. Chỉ có vài khu vực nhỏ có nồng độ BOD<sub>5</sub> vượt ngưỡng nhưng nó chỉ xảy ra trong 10% số giờ của năm. Điều này cho thấy khả năng tiếp nhận BOD của sông đã được tận dụng tối đa.

#### 4. Kết luận

Bài báo đã trình bày một phương pháp xác định lượng chất thải tối đa có thể đổ vào một con sông vùng ảnh hưởng của thủy triều. Phương pháp đã được áp dụng để tính toán lượng BOD cho phép đổ vào sông Sài Gòn - Đồng Nai. Kết quả trên mới chỉ là những nghiên cứu bước đầu. Kết quả sẽ chính xác hơn nữa nếu ta chia các điểm nguồn chi tiết hơn và lấy nhiều điểm kiểm tra hơn. Ngoài ra để phương pháp đạt độ tin cậy cao, bước hiệu chỉnh mô hình cần phải được thực hiện kỹ hơn nữa, đặc biệt là hiệu chỉnh các hệ số tốc độ phân hủy và lắng cặn BOD.

## AN OPTIMIZATION PROBLEM FOR RIVER WATER QUALITY CONTROL

Le Song Giang<sup>(1)</sup>, Dau Van Ngo<sup>(1)</sup>, Nguyen Cuu Tue<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>University of Technology - VNU-HCM, <sup>(2)</sup>University of Agriculture & Forestry HCMC

**ABSTRACT:** *The paper presented a method for calcul of maximum rate of waste that can be inject into a river. This method is based on the mathematic programing and the solution of transport equation. A calculation was performed for Sai gon - Dong nai river system.*

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Cung, J. A., Holly F. M. and Verwey, (1980). *A. Practical Aspects of Computational River Hydraulics*, Pitman Advanced Publishing Program, London.
- [2] Brown, L. C., and T. O. Barnwell, Jr., (1987). *The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and User Manual*, EPA-600/3-87, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, GA.
- [3] Lê Song Giang, *Báo cáo đề tài NCKH cấp bộ "Xây dựng phần mềm tính toán lũ và tải chất trong sông"*, mã số B2000 - 20 - 71, ĐH Bách khoa, 4/2002.
- [4] Nguyễn Cửu Tuệ, (2002). *Xây dựng mô hình tính toán thích hợp phục vụ cho việc quản lý thống nhất tài nguyên nước lưu vực sông Đồng nai*, Luận văn cao học, Viện Môi trường và Tài nguyên
- [5] Viện KHTLNB (1994). *Results of Measurement Campaign on Hydrology, Sediment in the Dong nai - Sai gon River System*. 3/1994
- [6] Lê Minh Chánh, (2001). *Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước theo hệ thống các thông số chỉ thị và đánh giá khả năng sử dụng nước lưu vực sông Đồng nai*, Luận văn cao học, Viện Môi trường và Tài nguyên