

# MÔ HÌNH TOÁN TÍNH LAN TRUYỀN Ô NHIỄM CHO MẠNG KÊNH, SÔNG PHẦN 2: ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO MẠNG SÔNG THỊ VẢI

Nguyễn Thị Bảy<sup>(1)</sup>, Quách Thị Ngọc Thơ<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Trường Đại học Bách Khoa-ĐHQG-HCM, <sup>(2)</sup> Trường Đại học KHTN-ĐHQG-HCM

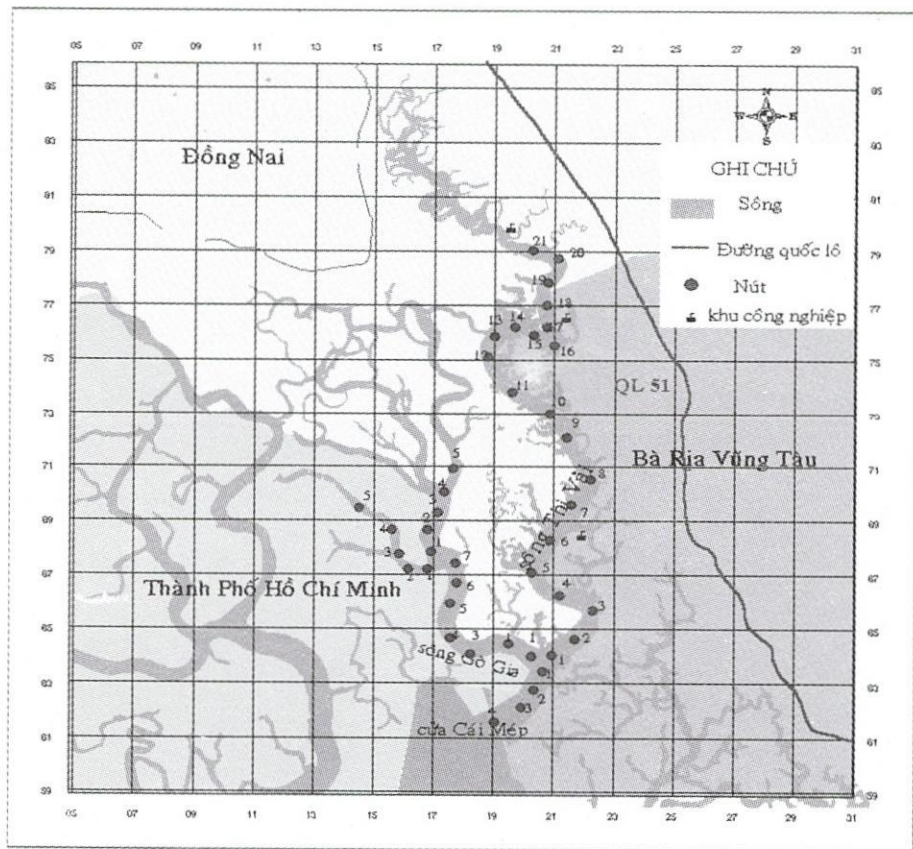
(Bài nhận ngày 30 tháng 12 năm 2004, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 26 tháng 4 năm 2005)

**TÓM TẮT:** Trong phần này, các tác giả trình bày phân tích toán lan truyền ô nhiễm trên mạng sông Thị Vải. Cơ sở tính toán dựa trên lời giải số của hệ phương trình Saint-Venant kết hợp với hệ phương trình lan truyền ô nhiễm như đã trình bày ở phần 1. Các kết quả tính phù hợp với tình hình ô nhiễm thực tế trên mạng sông Thị Vải.

## 1. GIỚI THIỆU MẠNG SÔNG THỊ VẢI

### BẢN ĐỒ VỊ TRÍ VÙNG NGHIÊN CỨU

Tỷ lệ 1:150.000



H.1 Vị trí mạng sông Thị Vải (các nút đen là các mặt cắt tính toán)

Sông Thị Vải bắt nguồn từ huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai ( $10^{\circ} 28'$  Bắc,  $107^{\circ} 14'$  Đông), chảy qua địa phận tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu rồi chảy vào vịnh Gành Rái qua cửa Cái Mép, với chiều dài gần 50km (tính đến cửa Cái Mép), [2]. Cấu tạo lòng sông tương đối rộng (bề rộng bằng 300 – 500m), độ sâu lớn (10 – 30m) và đặc biệt ít bị bồi lắng. Tuy nước sông Thị Vải bị nhiễm mặn, không được sử dụng cho mục đích cấp nước, nhưng sông mang lại những nguồn lợi lớn về thủy sản, với hệ sinh thái

phong phú và nhạy cảm, và được coi là lý tưởng để phát triển các cảng nước sâu (cảng Gò Dầu, cảng Phú Mỹ, ...) và mở rộng các khu công nghiệp bao gồm nhiều ngành, như: công nghiệp năng lượng, hoá chất, luyện kim, vật liệu xây dựng, ....

Đây là sông có nguồn thượng lưu không đáng kể và bị ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều từ Vũng Tàu, sự trao đổi nước giữa khu vực tính toán với bên ngoài chỉ thông qua cửa Cái Mép. Khi triều lên, các chất bẩn bị đẩy ngược dòng và khi triều xuống chất bẩn bị kéo xuôi dòng tạo nên một vùng trên và dưới cửa xả bị nhiễm bẩn, gây khó khăn cho việc tự làm sạch nước trong sông. Trong một ngày đêm BOD dao động rất mạnh theo triều, kéo nước thải ra phía biển khi triều xuống và đẩy ngược về phía thượng nguồn khi triều lên [2].

Như vậy, nếu không có sự quản lý chặt chẽ các nguồn thải, trong tương lai nước sông Thị Vải sẽ không còn khả năng tự làm sạch.

Hình 1 giới thiệu vị trí địa lý sông Thị Vải cùng những mặt cắt tính toán.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CỦA TÍNH TOÁN.

Dòng chảy và lan truyền chất được tính toán dựa vào lời giải số của các phương trình cơ bản như sau:

Phương trình thủy lực:

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

Phương trình động lượng:

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

Phương trình vận tải chất:

Với BOD có nồng độ B:

$$\frac{\partial B}{\partial t} + U \frac{\partial B}{\partial s} = E \frac{\partial^2 B}{\partial s^2} - \frac{q}{A} B - (K_1 + K_3) B + \frac{q}{A} B_q \quad (3.a)$$

Với DO có nồng độ D:

$$\frac{\partial D}{\partial t} + U \frac{\partial D}{\partial s} = E \frac{\partial^2 D}{\partial s^2} - \frac{q}{A} D + K_2 (D_s - D) - K_1 B + \frac{q}{A} D_q + f(A, N_1, N_2) \quad (3.b)$$

Trong đó:

x - tọa độ dọc dòng chảy (m).

t - thời gian (s).

Q - lưu lượng (m<sup>3</sup>/s).

B - bề rộng mặt thoáng kênh (m).

h - độ sâu của kênh (m).

A - diện tích ướt (m<sup>2</sup>).

U - vận tốc dòng chảy (m/s).

z - cao độ mực nước (m).

q - lưu lượng bên nhập vào trên một đơn vị chiều dài kênh (m<sup>2</sup>/s).

u<sub>q</sub> - thành phần vận tốc dọc trục của lưu lượng nhập vào q (m<sup>2</sup>/s).

K - modun lưu lượng,  $K = CA\sqrt{R} = \frac{1}{n} AR^{2/3}$ , [1].

B - nồng độ BOD.

D – nồng độ DO.

$B_q$  - nồng độ BOD trong dòng gia nhập với lưu lượng q.

$D_q$  - nồng độ DO trong dòng gia nhập với lưu lượng q.

$D_s$  - độ bão hoà oxy trong nước.

$K_1$  - hằng số biến đổi BOD.

$K_2$  - hằng số thấm oxy vào nước.

$K_3$  - hằng số biến đổi BOD do lắng đọng.

E – hệ số khuếch tán dọc ( $m^2/s$ ).

$f(A, N_1, N_2)$  – hàm số phụ thuộc nồng độ sinh khối tảo A, nồng độ nitơ amonia  $N_1$  và nitơ nitrit  $N_2$ . Trong khoá luận này, bỏ qua ảnh hưởng của hàm  $f(A, N_1, N_2)$ .

Các phương trình trên được giải bằng phương pháp số, sơ đồ Preissmann (thủy lực) và Crank Nicolson (lan truyền). Về trình tự giải, các sơ đồ sai phân và điều kiện biên được trình bày kỹ trong phần 1 của bài báo. Ở đây xin nói về phần áp dụng tính toán.

### 3. SƠ ĐỒ HOÁ MẠNG SÔNG THỊ VẢI VÀ CÁC SỐ LIỆU BIÊN

#### 3.1 Sơ đồ mạng sông

Mạng sông được chia làm 5 nhánh, với 44 mặt cắt, được mô tả thành các đoạn sông, các ô chứa và sau đó được chia thành các mặt cắt tính, như hình 2.

#### 3.2 Điều kiện ban đầu và điều kiện biên.

Bài toán thủy lực được tính kết hợp với bài toán lan truyền chất trên mạng sông Thị Vải với các điều kiện biên và thông số như sau:

- **Bài toán thủy lực**

Ở thời điểm ban đầu cho mực nước là tĩnh và lưu lượng bằng 0 trên toàn bộ mạng kênh.

Các điều kiện biên về thủy lực,

[1]:

Biên ở nhánh 1, mặt cắt 21 được cho dưới dạng lưu lượng.

Biên ở nhánh 4 và 5, mặt cắt 5 được cho dưới dạng mực nước z

Biên độ dao động mực nước tại cửa Cái Mép được tính tổng hợp từ 4 sóng chính của biển Vũng Tàu.

- **Bài toán lan truyền**

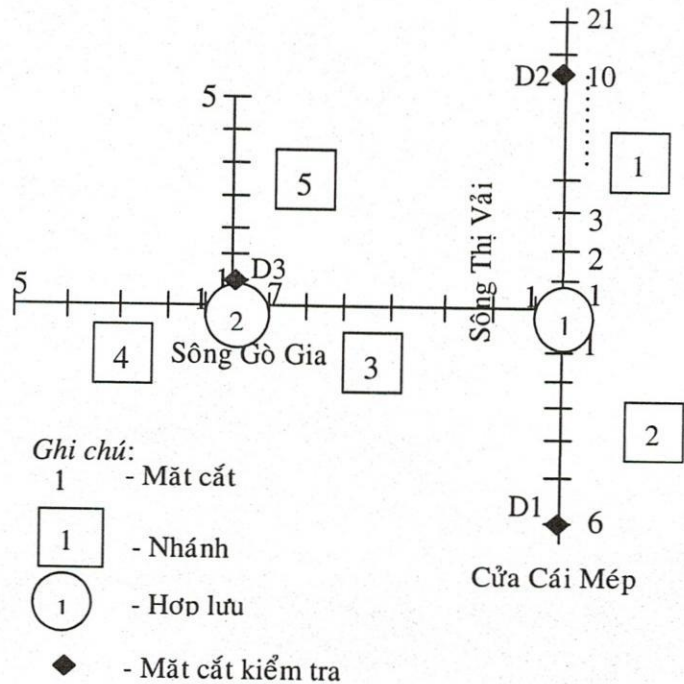
Ở thời điểm ban đầu, nồng độ của các yếu tố tính (BOD, DO) bằng 0, trên toàn mạng sông.

Điều kiện biên của các chất được cho như sau (số liệu được đo ở thời điểm mùa mưa 8/2000),

[3]:

Nhánh 1, mặt cắt 21, nồng độ BOD là 20 mg/lít, nồng độ DO là 1,2 mg/l.

Hình 4 – Sơ đồ hoá mạng sông Thị Vải



Tại cửa sông Cái Mép, nồng độ BOD là 5 mg/lít, nồng độ DO là 8 mg/l.

Nhánh 4 và 5, mặt cắt 5, nồng độ BOD là 8,5 mg/lít, nồng độ DO là 5 mg/l.

Trong cả bài toán thủy lực và lan truyền chất điều kiện ban đầu được chọn là điều kiện trong trạng thái nước tĩnh. Bởi vì ảnh hưởng của điều kiện ban đầu sẽ giảm dần khi thời gian tính tăng lên.

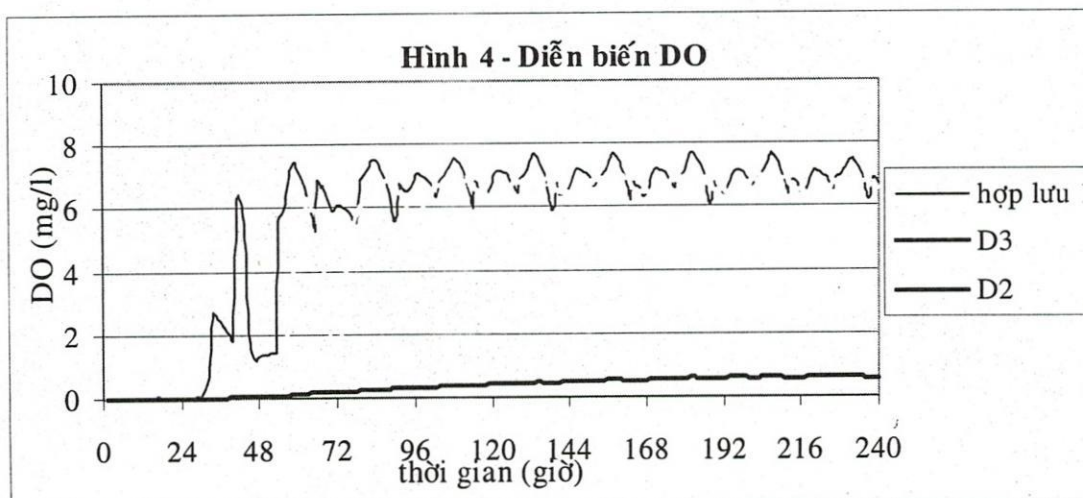
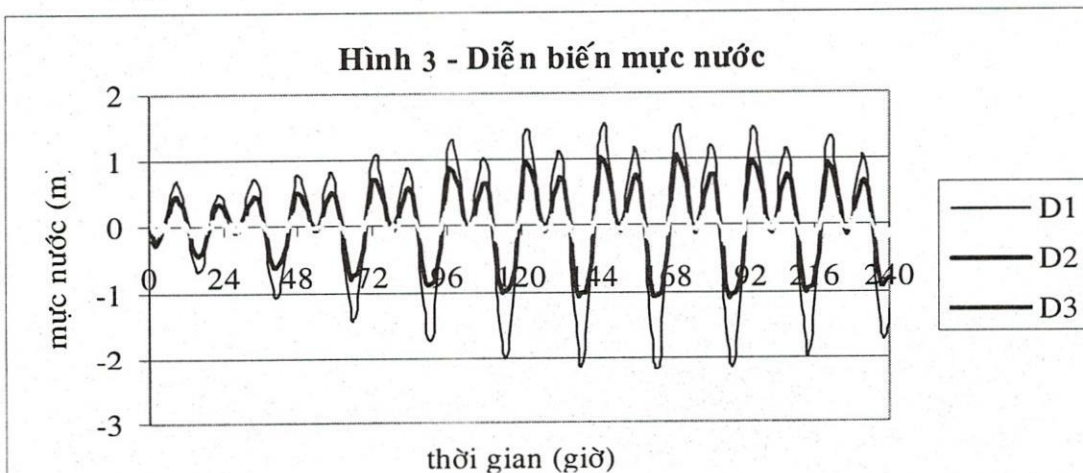
### 3.3 Các thông số tính toán khác

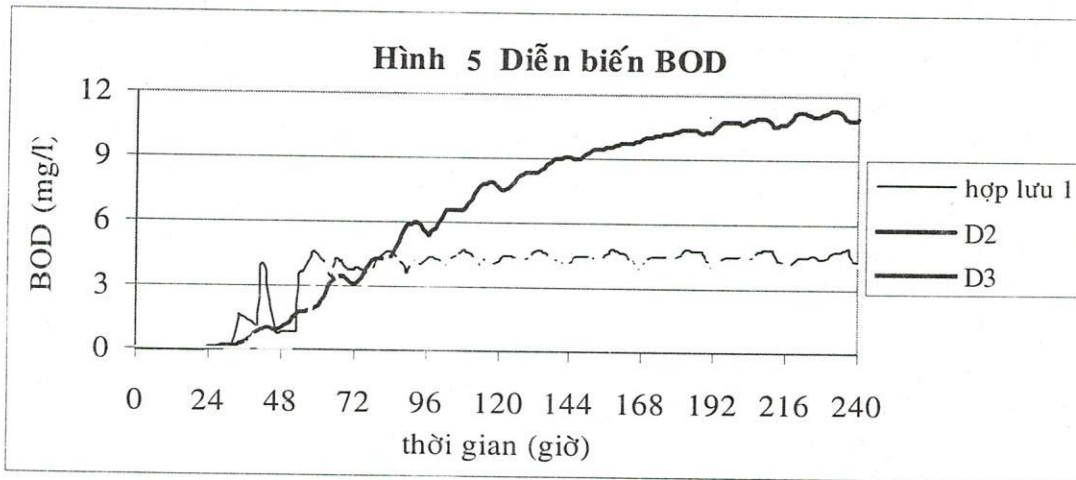
- Đối với bài toán thủy lực:  
Trọng số không gian  $\theta=0,667$ .  
Không có dòng nhập lưu.
- Đối với bài toán lan truyền, [4]:  
Hệ số khuếch tán :  $E=40m^2/s$ , (đối với kênh, sông:  $E= 10 - 100 m^2/s$ )  
Hằng số biến đổi oxy:  $K_1=1$  (1/ngày).  
Hằng số thấm oxy:  $K_2=1$  (1/ngày).  
Hằng số biến đổi BOD do lắng đọng:  $K_3=0.01$  (1/ngày).  
 $f(A,N_1,N_2)=0$
- Thời gian tính cho cả bài toán là 10 ngày, với  $\Delta t=10s$

*Mô hình tính cho kết quả là các yếu tố thủy lực và lan truyền tại từng mặt cắt trên toàn mạng sông, được trình bày dưới dạng biểu đồ.*

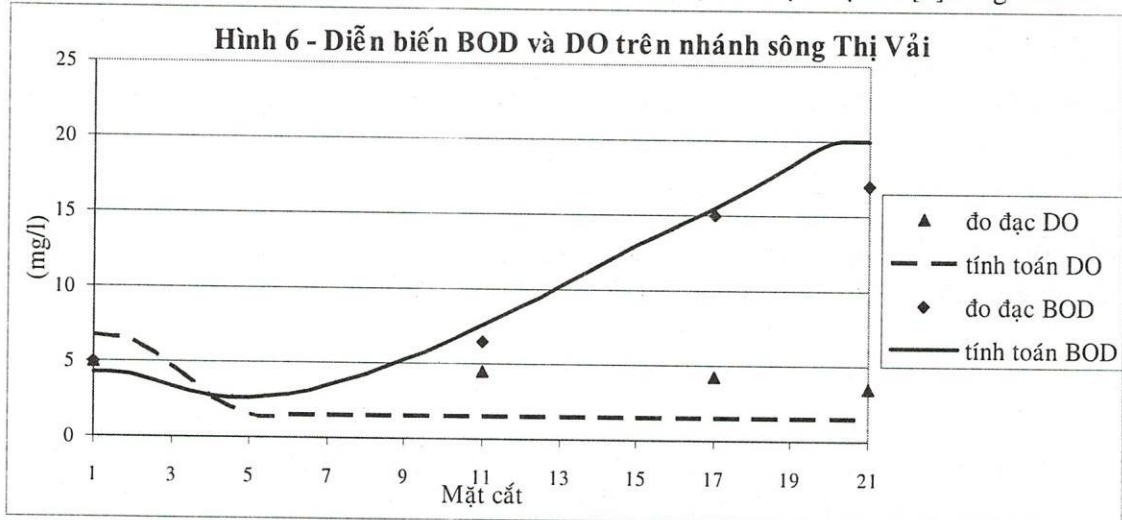
## 4. KẾT QUẢ TÍNH

Trên hình 3, 4 và 5 là diễn biến mực nước, DO và BOD tại các vị trí D1, D2, D3 như đã ghi chú trên sơ đồ mạng (hình 1).





Các kết quả tính toán từ mô hình được so sánh với số liệu đo đạc thực tế [3] trong hình 6.



Từ hình 6, ta thấy diễn tiến tỉ lệ nghịch giữa BOD và DO trong dòng chảy. Tại thượng lưu sông Thị Vải (mặt cắt 21) nước sông bị ô nhiễm nặng, biểu hiện là BOD cao và DO thấp, và trong vùng 5km tình trạng chất lượng nước cũng tương tự. Tạo ra vùng nước bị ô nhiễm nặng, ít bị ảnh hưởng của thủy triều. Nhưng khi đi dần về hạ lưu, tại hợp lưu sông Thị Vải và Gò Gia (mặt cắt 1) BOD giảm còn 4mg/l và DO tăng lên khoảng 6.7mg/l.

Hình vẽ cũng cho thấy kết quả tính BOD mô phỏng tốt diễn biến của BOD dọc theo sông Thị Vải từ hợp lưu (giữa sông Gò Gia và Thị Vải) lên nguồn. Các kết quả tính về mô phỏng DO dọc theo sông so với thực nghiệm có sai lệch nhiều hơn, nhưng cũng giảm dần từ hợp lưu lên thượng nguồn của sông như số liệu đo đạc.

## 5. KẾT LUẬN

Nồng độ chất tại các điểm khảo sát trên mạng sông tính được dao động quanh số liệu đo đạc. Các kết quả tính toán BOD, DO mô phỏng được chất lượng nước trên mạng sông. Mặc dù sông Thị Vải chưa có dấu hiệu ô nhiễm trầm trọng (trừ một số điểm ở thượng lưu sông), nhưng nếu nồng độ chất ô nhiễm từ thượng lưu (hoặc từ dòng gia nhập) tăng lên, môi trường nước sông Thị Vải sẽ không đảm bảo chức năng sinh thái. Kết quả của nghiên cứu này nhằm tạo thêm cơ sở góp phần quản lý môi trường sinh thái nói chung, và trong các quy hoạch công nghiệp, đô thị hoá trong khu vực sông Thị Vải.

Tính toán trên là bước đầu kiểm nghiệm mô hình với nguồn đo đạc thực tế đã sưu tầm được [3], các tác giả sẽ tiếp tục kiểm nghiệm mô hình bằng những số liệu thực tế của vùng khác đầy đủ hơn, với tính toán đầy đủ các thành phần các chất ô nhiễm (COD, BOD<sub>5</sub>, NH<sub>3</sub>..) hầu hiệu chỉnh mô hình tốt hơn. Các kết quả sẽ xin được đăng trong bài báo tiếp.

*Lời Cám ơn:* Các tác giả xin chân thành cảm ơn Phòng Kỹ thuật và Phân tích Môi trường, sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Đồng Nai đã giúp đỡ trong phần số liệu.

## MATHEMATICAL MODEL OF SPREADING POLLUTANTS IN RIVER NETWORK.

### PART 2: APPLICATION FOR SIMULATION OF DISPERSION IN THI VAI RIVER NETWORK

Nguyen Thi Bay, Quach Thi Ngọc Tho

<sup>(1)</sup> University of Technology – ĐHQG-HCM, <sup>(2)</sup> University of Natural Sciences – VNU-HCM

**ABSTRACT:** *In this part, the authors present some computed results of hydraulic characteristics and spreading pollutants in Thi Vai river network. The method of study is to use the solution of Saint-Venant and dispersion equations (the theoretical basic is presented in part 1). The results of computations are compared with the measured data. The results show that there is a suitability to the recent pollution of river system Thi Vai.*

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Phan văn Hoạch, Nguyễn Hữu Nhân, *Nghiên cứu xâm nhập mặn trên sông Đồng Nai phục vụ nhà máy nước 100.000 m<sup>3</sup>/ngày*. Tổng cục KTTV, 1993.
- [2]. Chế Thúy Nga, *Nghiên cứu sự tác động của các nguồn nước thải công nghiệp chính đến môi trường nước sông Thị Vải – đề xuất các biện pháp khắc phục*. Luận văn cao học, 1998.
- [3]. Sở Tài nguyên MT tỉnh Đồng Nai, Phòng KT và PT MT, *Kết quả phân tích mẫu nước sông Thị Vải mùa khô năm 2003*.
- [4]. Steven C. Chapra, *Surface water – quality modeling*, McGraw – Hill International Editions, 1986.