

XÂY DỰNG CÔNG CỤ TIN HỌC HỖ TRỢ ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC BẰNG PHƯƠNG PHÁP CHỈ THỊ SINH HỌC

TSKH. Bùi Tá Long, TS. Lê Thị Quỳnh Hà, KS. Cao Duy Trường

Viện Cơ học Ứng dụng - Viện Khoa học Công nghệ Việt Nam

Bài báo này trình bày kết quả bước đầu về sản phẩm phần mềm BIOWASP (Biological data monitoring management and water quality simulation program for Sai Gon - Dong Nai basin) phiên bản 1.0 do chính các tác giả xây dựng. Phần mềm BIOWASP phiên bản 1.0 tích hợp cơ sở dữ liệu quan trắc môi trường nước, hệ thống tin địa lý (GIS) và mô hình toán hỗ trợ cho công tác quan trắc và đánh giá chất lượng nước theo phương pháp chỉ thị sinh học và phương pháp hoá học truyền thống.

1. Mở đầu

Chiến lược "ứng dụng, phát triển công nghệ thông tin tài nguyên, môi trường đến năm 2015 và định hướng đến năm 2020" đã được thông qua mục tiêu cụ thể là tin học hóa hệ thống quản lý hành chính nhà nước về tài nguyên và môi trường phù hợp với tiêu chuẩn Chính phủ điện tử, tạo điều kiện để các tổ chức, người dân tiếp cận thuận lợi các thông tin về tài nguyên và môi trường. Dự kiến, đến năm 2010, sẽ có từ 50% đến 100% thiết bị điều tra, khảo sát, quan trắc, đo đạc được chuyển sang công nghệ số; hoàn thành việc xây dựng, tích hợp cơ sở dữ liệu của từng lĩnh vực thuộc ngành tài nguyên và môi trường với dữ liệu được chuẩn hóa theo chuẩn quốc gia và cập nhật thường xuyên; đến năm 2015, hoàn thiện mạng nội bộ tài nguyên và môi trường quốc gia trên cơ sở kết nối các mạng nội bộ chuyên ngành của từng lĩnh vực. Đây là những văn bản mang tính pháp lý quan trọng mở đường cho những dự án, đề tài ứng dụng công nghệ thông tin trong công tác quản lý môi trường ở nước ta.

Trên thực tế, việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ thông tin vào công tác quản lý môi trường đã được triển khai tại nhiều trung tâm khoa học lớn của đất nước. Các nhóm tác giả trong nước đã bước đầu xây dựng các công cụ tin học hỗ trợ cho công tác quản lý môi trường cấp tỉnh thành, nhiều kết quả nghiên cứu được ứng dụng trong công tác quản lý môi trường [1], [2]. Nghiên cứu này vừa kế thừa các kết quả nghiên cứu trước đây [1], [2] và mở rộng sang lĩnh vực quan trắc chất lượng nước theo phương pháp chỉ thị sinh học. Về mặt lý luận cũng như thực tiễn, nghiên cứu này gắn với hướng "tin học hoá sinh học" (theo thuật ngữ tiếng Anh là Bioinformatics). Thuật ngữ Bioinformatics lần đầu tiên được sử dụng vào năm 1988, người đầu tiên đưa vào là tiến sĩ Hwa Aun Lim, giáo sư người Mỹ gốc Trung Quốc. Định nghĩa nguyên thủy được Hwa Aun Lim đưa ra "Tin học sinh học là thuật ngữ chỉ một tập hợp các quá trình thu thập, tổ chức, phân tích và phổ biến dữ liệu". Tin học sinh học hướng tới sử dụng công nghệ thông tin trợ giúp giải quyết bài toán sinh học bằng các thiết kế và kỹ thuật giải toán mới cùng với các phương pháp phân tích có chiều sâu. Cũng theo GS. Hwa Aun Lim, thuật ngữ Tin học sinh học là thuật ngữ khung cho công nghệ gen, protein, lý thuyết tiến hóa và khoa học máy tính. Một trong những nhiệm vụ của nó là nghiên cứu xây dựng các phần mềm và các cơ sở dữ liệu (CSDL) mới trong công nghệ gen, cho phép truy cập mở các bản ghi. Các phần mềm được xây dựng phải đạt được mục

tiêu cho phép chuyển đổi dễ dàng thông tin thu thập được và truy vấn các CSDL thông qua giao diện tổng quát.

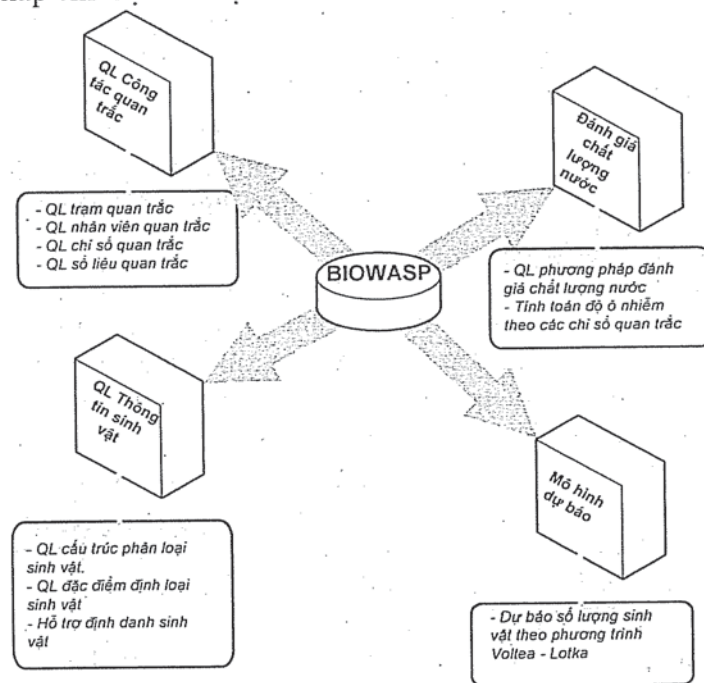
Trong 10 năm qua, nhiều đề tài khoa học theo hướng quan trắc chỉ thị sinh học đã được thực hiện [6], [7], [8], [9]. Các đề tài này đã thu thập được một khối lượng lớn các số liệu về chất lượng nước theo các chỉ tiêu quan trắc sinh học. Các số liệu này rất quý và phục vụ đắc lực cho bài toán qui hoạch cho sự phát triển kinh tế - xã hội. Tuy nhiên, có thể thấy: các số liệu này vẫn chưa được quản lý bằng các phần mềm chuyên nghiệp; các phương pháp quản lý như vậy có nhiều bất cập thể hiện ở những điểm sau đây:

- Việc tìm kiếm số liệu rất khó khăn do chưa được hỗ trợ bởi các phần mềm chuyên nghiệp, đã gây cản trở công tác nghiên cứu cũng như thông qua các quyết định về quản lý môi trường;

- Dữ liệu quan trắc này chưa gắn với GIS, rất khó khăn cho việc xử lý trực quan, bởi vì trên thực tế, các số liệu quan trắc lấy theo các vị trí không gian khác nhau;

- Các số liệu này nằm rải rác ở các đề tài khác nhau, chưa tập hợp được trong một phần mềm thống nhất để quản lý.

Vì vậy, để hạn chế những nhược điểm nêu trên, nhóm tác giả đã tiến hành xây dựng phần mềm BIOWASP phiên bản 1.0 bước đầu đánh giá chất lượng nước theo phương pháp chỉ thị sinh học.



Hình 2.1. Cấu trúc tổng quan của phần mềm BIOWASP 1.0

2. Mô tả các chức năng chính của công cụ tin học BIOWASP

a. Cấu trúc tổng quan của BIOWASP

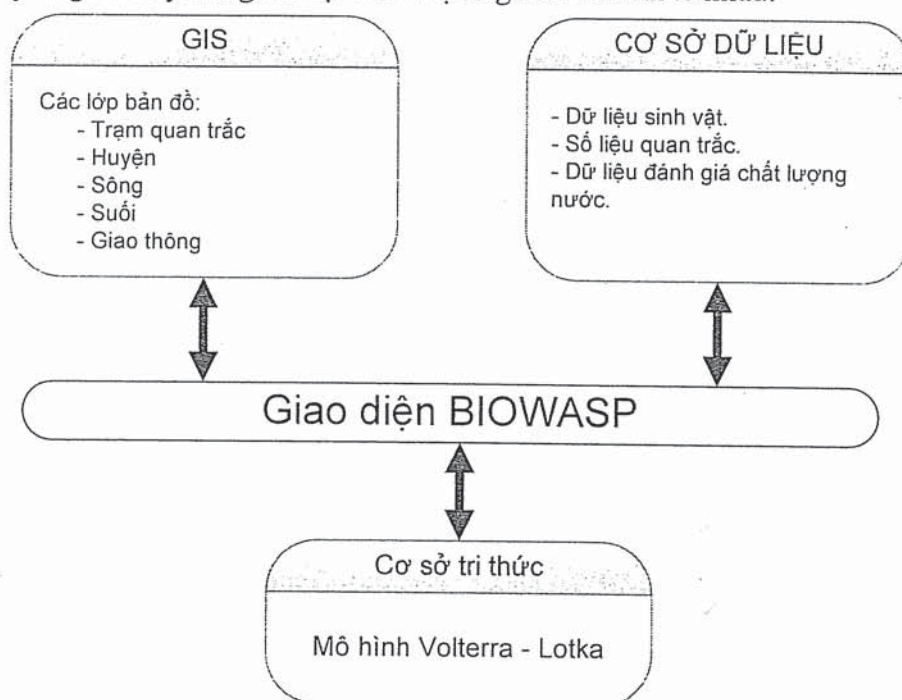
Cấu trúc tổng quan của BIOWASP phiên bản 1.0 cho phép quản lý 2 đối tượng chính gồm: thông tin liên quan tới công tác quan trắc môi trường và thông tin liên quan tới các loài sinh học chỉ thị. Bên cạnh đó BIOWASP 1.0 tích hợp các

phương pháp đánh giá chất lượng nước theo phương pháp chỉ thị sinh học khác nhau (số lượng không hạn chế tùy thuộc vào chuyên gia ứng dụng BIOWASP). Một trong những mô đun quan trọng của BIOWASP 1.0 là mô đun tích hợp mô hình toán cho phép dự báo mật độ hay số lượng các quần thể trong hệ sinh thái (các mô hình dạng Volterra – Lotka, Ditoro [11]). Cấu trúc tổng quan của BIOWASP được trình bày trên hình 2.1.

Cấu trúc tổng quan của BIOWASP được xây dựng dựa trên cơ sở lý luận và thực tiễn được thực hiện trong nhiều đề tài trước đây [1], [2], [3], [4]. Về cấu trúc BIOWASP 1.0 gồm một số mô đun chính như sau:

- Mô đun quản lý bản đồ số,
- Mô đun quản lý dữ liệu môi trường,
- Mô đun phân tích, truy vấn, làm báo cáo,
- Mô đun quản lý giao diện và giao tiếp với người sử dụng.

Mối liên hệ giữa CSDL sinh học, GIS và mô hình toán trong BIOWASP được thể hiện trên hình 2.2. Việc xây dựng CSDL và mô hình được thực hiện do các chuyên gia chuyên ngành tại các Viện nghiên cứu khác nhau.



Hình 2.2. Mối liên hệ giữa CSDL sinh học, GIS và mô hình toán trong BIOWASP

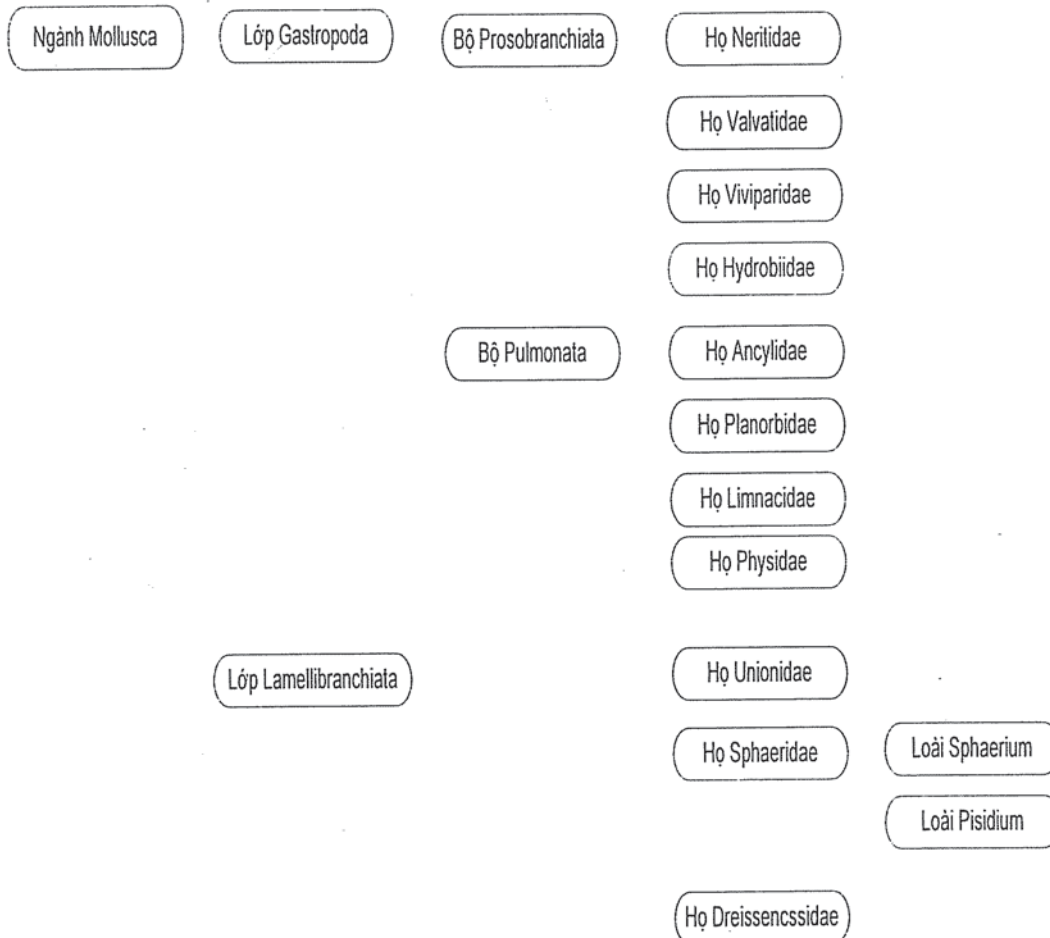
b. BIOWASP - công cụ trợ giúp nhận dạng các loài vi sinh theo mắt xích phụ thuộc của chúng

Trong công trình [8], [9], một trong những trở ngại chính để thực hiện quan trắc theo phương pháp chỉ thị sinh học là chúng rất phức tạp về mặt cấu trúc (do tính đa dạng của sinh vật). Trong thực tế, sinh vật được tổ chức theo dạng cây có cấp độ từ cao xuống thấp như: giới, ngành, ngành phụ, lớp, lớp phụ, bộ, bộ phụ, họ, họ phụ, giống, giống phụ, loài....

Giới	Ngành	Ngành phụ	Lớp	Lớp phụ	Bộ
Loài	Giống phụ	Giống	Họ phụ	Họ	Bộ phụ

Hình 2.3. Sơ đồ phân loại sinh vật

Thí dụ: Ngành Mollusca (phân loại theo Michael Quigley thuộc Nene College Northampton Anh quốc [10]).



Hình 2.4. Cây cấu trúc của ngành Mollusca

Trong cây cấu trúc trên hình 2.4, ta có thể thấy có những trường hợp khuyết những cấp trung gian.

Trong ngành sinh học, để định danh một sinh vật người ta dựa vào phân loại cây: phân loại cây được xây dựng dựa trên cơ sở đặc điểm phân loại của sinh vật. Trên hình 2.5 là ví dụ cây phân loại cho ngành bộ Prosobranchia - ốc mang trước.

Bộ Prosobranchia-ốc mang trước

Vỏ dài, chiều cao lớn hơn hai lần chiều rộng

Vỏ có lỗ rỗng hẹp
(Họ Fairbankiidae)

Vỏ không có lỗ rỗng

Vòng xoắn cuối chiếm hơn nửa chiều cao vỏ. Vỏ mập, ngắn (Họ Pachychilidae)

Vòng xoắn cuối thường ngắn hơn nửa chiều cao vỏ. Vỏ thon dài (Họ Thiariidae)

Vỏ ngắn, chiều cao vỏ gần bằng hay nhỏ hơn hai lần chiều rộng

Chiều cao vỏ gần bằng chiều rộng. Ốc có dạng mập thon.

Ốc lớn, chiều cao vỏ trên 15mm.
(Họ Pilidae)

Ốc nhỏ, chiều cao vỏ dưới 15mm.
(Họ Fluminicolidae)

Chiều cao vỏ lớn hơn chiều rộng.

Ốc cỡ trung bình, chiều cao vỏ trên 15mm
(Họ Viviparidae)

Ốc cỡ nhỏ, chiều cao vỏ dưới 15mm

Chiều cao vỏ trong khoảng 5-15mm

Vỏ mỏng, đỉnh vỏ tù. Thường thấy ở ao ruộng
(Họ Bithyniidae)

Vỏ dày, đỉnh vỏ nhọn. Thường thấy ở vùng ven biển.
(Họ Assimineidae)

Chiều cao vỏ dưới 5mm

Các vòng xoắn phồng. Vỏ hình trứng
(Họ Stenothyridae)

Các vòng xoắn dẹp. Vỏ hình côn
(Họ Litoridinidae)

Hình 2.5. Cây phân loại ngành bộ Prosobranchia-ốc mang trước

Những khó khăn trên đã được các tác giả của bài báo này lưu ý và phần mềm BIOWASP 1.0 hỗ trợ cho người sử dụng một số chức năng sau đây [12]:

- Xây dựng phân loại cây cho một sinh vật tùy theo nhu cầu xây dựng CSDL của đề tài hay yêu cầu thực tế nào đó.
- Tạo mới, xóa một sinh vật, cũng như chỉnh sửa các thông tin về sinh vật.
- Xem các thông tin về sinh vật (đã được nhập vào CSDL của BIOWASP).

- Tìm kiếm các sinh vật theo từ khóa như: tìm kiếm theo tên, theo khóa phân loại, theo mô tả chung

Tìm kiếm sinh vật theo đặc điểm phân loại.

c. Cấu trúc tổng quan của BIOWASP - hỗ trợ quản lý số liệu quan trắc chất lượng nước theo các phương pháp chỉ thị sinh học

Chương trình cấu trúc tổng quan của BIOWASP có những giao diện riêng hỗ trợ nhập số liệu quan trắc chất lượng nước theo phương pháp chỉ thị sinh học.

STT	Tên	Số Lượng
1	Các loài Vết không xương sống	20
2	Loài Chironomidae	10
3	Loài Trichoptera	20
4	Các loài Diptera	10
5	Các loài Coleoptera	10
6	Các loài Crustacea	10
7	Các loài Mollusca	10
8	Các loài Annelida	10
9	Các loài Nematoda	10
10	Các loài Platyhelminthes	10
11	Các loài Cnidaria	10
12	Các loài Echinodermata	10
13	Các loài Cephalopoda	10
14	Các loài Mollusca	10

Hình 2.6. Số liệu lấy mẫu sinh học được lưu vào CSDL

Ví dụ: trên hình 2.6, người sử dụng chỉ cần nhấn chuột vào nút qui định sẽ cho hiện ra bảng nhập liệu. Người dùng chỉ cần nhập số lượng của sinh vật có trong mẫu vào cột số lượng. Các chức năng hỗ trợ của BIOWASP là thêm sinh vật vào kết quả lấy mẫu (trên hình 2.6, các sinh vật có màu tối trên cây sinh vật là chưa có trong kết quả lấy mẫu, bạn có thể thêm các sinh vật này vào kết quả lấy mẫu bằng cách kích Click phải chuột vào sinh vật và chọn mục thêm để thêm sinh vật, chọn thêm tất cả con để thêm sinh vật và tất cả con của nó).

d. Cấu trúc tổng quan của BIOWASP - hỗ trợ đánh giá mẫu nước theo các phương pháp nghiên cứu khác nhau

Các phương pháp đánh giá chất lượng mẫu nước theo phương pháp chỉ thị sinh học được tích hợp trong BIOWASP bằng một giao diện người - máy riêng. Sau đó người sử dụng có thể nhận được đánh giá cho mẫu nước mà mình quan tâm thông qua một cửa sổ giao diện như được chỉ ra trên hình 2.7. Từ thực đơn (menu) chính, người sử dụng cần chọn mục chất lượng nước/cho điểm sinh vật.

Các bước tiếp theo được thực hiện như sau:

- Chọn phương pháp và chỉ số trong các ô phương pháp và chỉ số và nhấn OK.
- Có thể thay đổi phương pháp và chỉ số bằng cách nhấn đổi.
- Việc thực hiện nhập điểm cho từng sinh vật tương tự như nhập số liệu sinh học.

BIOWASP Cho Điểm Sinh Vật

Cho Điểm Sinh Vật Theo Phương Pháp và Chỉ Số

Phương Pháp: AUC ☐ An Lược: ☐ Chọn

Chỉ Số: BIOWASP ☐ Chọn

Tên: Xem Trước:

STT	Tên Sinh Vật	Điểm Sinh
1	Các loài cá nước ngọt	0
2	Các loài cá nước mặn	0
3	Các loài cá nước lợ	0
4	Các loài cá nước ngọt	0
5	Các loài cá nước mặn	0
6	Các loài cá nước lợ	0
7	Các loài cá nước ngọt	0
8	Các loài cá nước mặn	0
9	Các loài cá nước lợ	0
10	Các loài cá nước ngọt	0
11	Các loài cá nước mặn	0
12	Các loài cá nước lợ	0
13	Các loài cá nước ngọt	0
14	Các loài cá nước mặn	0
15	Các loài cá nước lợ	0
16	Các loài cá nước ngọt	0
17	Các loài cá nước mặn	0
18	Các loài cá nước lợ	0
19	Các loài cá nước ngọt	0
20	Các loài cá nước mặn	0
21	Các loài cá nước lợ	0

Hình 2.7. Cho điểm theo phương pháp chỉ thị sinh vật

Để thực hiện công việc đánh giá chất lượng nước tại các trạm đo (các vị trí cố định hay vị trí di động), cần thiết thực hiện các bước sau đây:

BIOWASP Báo Cáo Thống Kê

STT	Tên Sinh Vật	Điểm Sinh
1	Các loài cá nước ngọt	0
2	Các loài cá nước mặn	0
3	Các loài cá nước lợ	0
4	Các loài cá nước ngọt	0
5	Các loài cá nước mặn	0
6	Các loài cá nước lợ	0
7	Các loài cá nước ngọt	0
8	Các loài cá nước mặn	0
9	Các loài cá nước lợ	0
10	Các loài cá nước ngọt	0
11	Các loài cá nước mặn	0
12	Các loài cá nước lợ	0
13	Các loài cá nước ngọt	0
14	Các loài cá nước mặn	0
15	Các loài cá nước lợ	0
16	Các loài cá nước ngọt	0
17	Các loài cá nước mặn	0
18	Các loài cá nước lợ	0
19	Các loài cá nước ngọt	0
20	Các loài cá nước mặn	0
21	Các loài cá nước lợ	0

Chọn Chỉ Số Sinh Học:

Chọn Chỉ Số Hóa Lý:

Chọn PP Đánh Giá:

Chọn Chỉ Số Sinh Học:

Chọn Chỉ Số Hóa Lý:

Chọn PP Đánh Giá:

Hình 2.8. Đánh giá chất lượng nước.

- Chọn các chỉ thị sinh học để đánh giá: **Chọn Chỉ Số Sinh Học**
- Chọn chỉ số hóa lý: **Chọn Chỉ Số Hóa Lý**
- Chọn phương pháp đánh giá chất lượng nước: **Chọn PP Đánh Giá**
- Nút **<<--->>** cho phép bạn chuyển đổi giữa form thống kê và form đánh giá chất lượng nước.

3. Một số ứng dụng cho bài toán quan trắc chất lượng nước sông Đồng Nai

Lưu vực sông Đồng Nai là một trong những lưu vực sông lớn ở Việt Nam và là lưu vực sông nội địa lớn nhất Việt Nam. Sông Đồng Nai chảy qua 9 tỉnh miền Đông Nam Bộ: Lâm Đồng, Bình Phước, Bình Dương, Tây Ninh, Đồng Nai, Tp. Hồ Chí Minh, Bà Rịa – Vũng Tàu, Ninh Thuận, Bình Thuận và một phần của phía nam tỉnh Đắk Lắk và Long An. Hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai có vai trò

đặc biệt quan trọng đối với hầu hết các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội trên lưu vực: cấp nước cho sinh hoạt, công nghiệp và dịch vụ, thủy điện - thủy lợi, nuôi trồng thủy sản, giao thông vận tải..., với dân số hiện nay trên 13 triệu người và đóng góp 34,7% tổng GDP cả nước.

Mặc dầu có sự nỗ lực rất lớn của các cấp chính quyền, cũng như khả năng tự điều tiết của tự nhiên, nhưng các tác động ngày càng gia tăng do hoạt động kinh tế của con người đang dẫn tới những thay đổi tiêu cực cho sông Đồng Nai. Số liệu quan trắc những năm gần đây [6] cho thấy: chất lượng nước đang tiếp tục bị suy giảm. Đây thực sự là thách thức cho sự phát triển bền vững của khu vực kinh tế trọng điểm phía nam nói chung và Tp. Hồ Chí Minh nói riêng.

Trong hoàn cảnh như vậy, vấn đề quan trọng hàng đầu hiện nay là tổ chức giám sát tình trạng sông Đồng Nai, tiến hành quan trắc liên tục để xác định sự thay đổi của nó trong tương lai. Việc nghiên cứu và giám sát môi trường sông Đồng Nai hiện nay là một bài toán cấp thiết của các nhà khoa học trong nước, đặc biệt là ở các tỉnh phía nam. Trong thời gian qua sông Đồng Nai là đối tượng nghiên cứu của rất nhiều đề tài khoa học các cấp khác nhau [6]. Các nghiên cứu trên đã cho thấy rằng: bài toán đánh giá tổng hợp chất lượng nước sông Đồng Nai là một bài toán phức tạp do sự có mặt của rất nhiều các yếu tố bên ngoài thay đổi thường xuyên tác động lên môi trường nước sông. Để xác định chất lượng nước lưu vực sông này cần phải lưu ý sự tác động tương hỗ của một khối lượng rất lớn các dữ liệu liên quan tới các quá trình vật lý, hoá học và sinh học.

Trong giai đoạn 2000 - 2002, nhiều đề tài khoa học theo hướng quan trắc chỉ thị sinh học đã được thực hiện cho sông Sài Gòn - Đồng Nai [6], [7], [8], [9]. Các đề tài này đã thu được một khối lượng lớn các số liệu chất lượng nước theo phương pháp chỉ thị sinh học.

Với mục tiêu thử nghiệm, các tác giả của bài báo này đã nhập một số dữ liệu quan trắc vào BIOWASP. Giao diện của BIOWASP với phần dữ liệu bản đồ số của đoạn sông được lựa chọn được thể hiện trên hình 3.1.

Các nhóm chức năng chính của BIOWASP ứng dụng cho sông Đồng Nai:

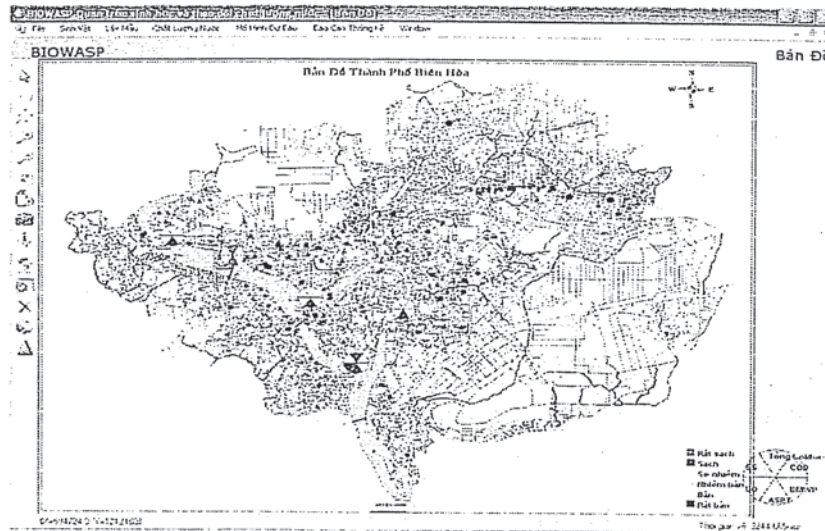
- Thao tác với hệ thống thông tin sinh vật,
- Thao tác với bản đồ số, quản lý số liệu quan trắc,
- Tích hợp các phương pháp đánh giá,
- Thực hiện các báo cáo thống kê tại các trạm quan trắc.

Mô hình mô tả sự thay đổi các loài theo thời gian (như được thể hiện trên hình 3.2).

4. Một số đề xuất và kết luận

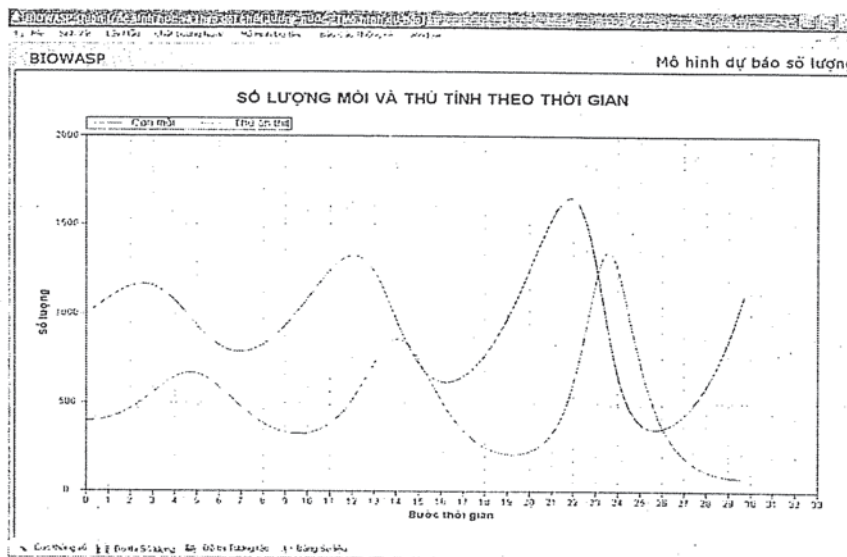
Để quản lý có hiệu quả môi trường hiện nay, cần thiết phải xây dựng các công cụ hỗ trợ cho công tác này. Trong bối cảnh như vậy, ứng dụng công nghệ thông tin quản lý môi trường hiện nay là yêu cầu cấp bách của thực tiễn. Bài báo này trình bày một số kết quả bước đầu theo hướng xây dựng công cụ trợ giúp quản lý số liệu quan trắc cũng như tự động hóa đánh giá chất lượng nước theo các phương pháp khác nhau. Kết quả chính của việc xây dựng công cụ tin học hỗ trợ đánh giá chất lượng nước bằng phương pháp chỉ thị sinh học:

- Đưa ra một mô hình xây dựng công cụ quản lý CSDL quan trắc môi trường theo các phương pháp chỉ thị sinh học khác nhau.



Hình 3.1. Giao diện BIOWASP với phần ứng dụng dữ liệu bản đồ số của sông Đồng Nai (đoạn sông chảy qua Biên Hòa)

- Xây dựng được công cụ BIOWASP cho phép người dùng có thể xây dựng cây cấu trúc sinh vật cũng như tìm kiếm định danh sinh vật theo từ khóa và theo khóa phân loại,
- Xây dựng được công cụ tích hợp GIS, cho phép người sử dụng quản lý các trạm lấy mẫu, thực hiện việc lấy mẫu, thống kê các số liệu đã lấy mẫu và thực hiện đánh giá hiện trạng ô nhiễm nước theo nhiều chỉ số hóa lý và sinh học khác nhau,
- Tích hợp mô hình dự báo sự thay đổi số lượng sinh vật trong quan hệ môi và thú ăn thịt theo mô hình Volterra – Lotka.



Hình 3.2. Kết quả tính toán theo mô hình Volterra – Lotka

Tài liệu tham khảo

1. Bùi Tá Long và ctv. *ENVIM, phần mềm hỗ trợ quản lý môi trường tổng hợp và thống nhất*. Sản phẩm đề tài Nghiên cứu Khoa học Công nghệ tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu, 4/2002.
2. Bùi Tá Long và ctv. *INSEMAG, phần mềm hỗ trợ quản lý môi trường nước và không khí cho tỉnh An Giang*. Sản phẩm đề tài Nghiên cứu Khoa học Công nghệ tỉnh An Giang, 9/2003.
3. Bùi Tá Long, Lê Thị Quỳnh Hà, Lưu Minh Tùng. Xây dựng phần mềm hỗ trợ công tác giám sát chất lượng môi trường cho các tỉnh thành Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, N 1 (517), 2004, trang 10 – 19.
4. Bùi Tá Long, Lê Thị Quỳnh Hà, Trịnh Thị Thanh Duyên. Ứng dụng tin học môi trường phân tích ô nhiễm môi trường khu công nghiệp Hòa Khánh, Tp. Đà Nẵng, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, N 11 (527), 2004, trang 12 – 24.
5. Bùi Tá Long, Lê Thị Quỳnh Hà, Nguyễn Văn Bình. *Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán sinh thái áp dụng cho bài toán đánh giá chất lượng nước*. Báo cáo kết quả đề tài cấp cơ sở năm 2003, Viện Cơ học Ứng dụng, trang 20.
6. Lâm Minh Triết. *Nghiên cứu xây dựng cơ sở khoa học phục vụ quản lý thống nhất và tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Đồng Nai*, 2000. Báo cáo kết quả tổng hợp đề tài cấp Nhà nước – mã số KHCN.07.17.
7. Lê Trình. *Quan trắc và kiểm soát ô nhiễm môi trường nước*. NXB - KHKT, năm 1997, trang 23.
8. Nguyễn Xuân Quỳnh, Mai Đình Yên, Clive Pinder, Steven Tilling. *Giám sát sinh học môi trường nước ngọt bằng động vật không xương sống cỡ lớn*. NXB - ĐHQG Hà Nội, 2000, trang 52.
9. Phạm Văn Miên và ccs. *Khu hệ thủy sinh vật hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai*, năm 2000. Báo cáo khoa học đề tài nhánh đề tài cấp Nhà nước mã số KHCN 07.17, trang 94.
10. Đặng Ngọc Thanh. *Định loại động vật không xương sống nước ngọt Bắc Việt Nam*. NXB -KHKT, năm 1980).
11. Chu Đức. *Mô hình hóa hệ sinh thái*. ĐHQG Hà Nội, 2001, trang 204.
12. Bùi Tá Long và ccs. *Xây dựng công cụ tin học hỗ trợ quan trắc nước bằng phương pháp sinh học*. Báo cáo tổng hợp kết quả nghiên cứu đề tài cấp cơ sở năm 2004, Viện Cơ học Ứng dụng, trang 30.