TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định WRI-CosMaDSS phục vụ quản lý tổng hợp vùng bờ: Ứng dụng cho vùng bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long

Dương Hồng Sơn[1], Trần Thùy Nhung[1]*, Trần Anh Phương[1], Nguyễn Anh Đức[1]

[1] Viện khoa học Tài nguyên nước, Bộ Tài nguyên và Môi Trường;
dhson.monre@gmail.com; tranthuynhung1990@gmail.com;
phuongtran.monre@gmail.com; nganhduc@yahoo.com

***Tác giả liên hệ: tranthuynhung1990@gmail.com; Tel.: +84–353320191

Ban Biên tập nhận bài: 25/4/2024; Ngày phản biện xong: 29/5/2024; Ngày đăng bài: 25/11/2024

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) quản lý vùng bờ đã trở **thành** một công cụ hỗ trợ đắc lực các nhà quản lý trong công tác quản lý, bảo vệ và phát triển vùng bờ. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định quản lý vùng bờ WRI-CosMaDSS trên nền tảng GIS được phát triển bởi Viện Khoa học tài nguyên nước sử dụng ngôn ngữ Javascript. Hệ thống được thiết kế với hai nhóm chức năng chính bao gồm nhóm chức năng quản lý và nhóm chức năng hiển thị và phân tích. Chức năng quản lý hỗ trợ người dùng xây dựng cây dữ liệu, quản lý, biên tập, thêm/bớt các dữ liệu. Chức năng hiển thị và phân tích cho phép hiển thị, phân tích, đánh giá, hỗ trợ ra quyết định. Hệ thống cho phép quản lý, tiếp nhận tất cả các loại dữ liệu không gian và phi không gian để phục vụ cho quá trình phân tích dữ liệu, hỗ trợ ra quyết định. So với các hệ thống DSS hiện hành, WRI-CosMaDSS có tính linh hoạt và nhờ vậy người dùng có thể xây dựng hệ thống DSS phù hợp với mục đích yêu cầu của mình. Để minh họa, nghiên cứu đã xây dựng hệ thống DSS cho vùng bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long. Trong hệ thống này, biến động đường bờ và xâm nhập mặn theo kịch bản hiện trạng và tương lai có thể phân tích, đánh giá, giúp nhà quản lý biết được các tác động của thượng nguồn đến vùng bờ biển ĐBSCL để có giải pháp phù hợp.

Từ khoá: Hệ thống hỗ trợ ra quyết định; Đồng bằng sông Cửu Long; Vùng bờ biển; Javascript; WRI-CosMaDSS.

1. Mở đầu

Vùng bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) nằm ở vị trí rất nhạy cảm với các tác động của chế độ sóng và dòng chảy biển Đông và biển Tây cũng như sông Mê Công [1–4]. Trong những năm gần đây, vùng bờ biển ĐBSCL đang phải đối mặt với các thách thức to lớn liên quan đến gia tăng xâm nhập mặn, xói lở, sụt lún đất và nước biển dâng, ảnh hưởng đến cơ sở hạ tầng và sinh kế của người dân trong vùng [5–7]. Trước tình trạng này, việc xác định các giải pháp ứng phó, giảm thiểu phù hợp cho ĐBSCL là rất cần thiết. Một trong những khó khăn nhất trong công các quản lý vùng bờ biển là thiếu một công cụ phân tích, so sánh định lượng, đánh giá nhanh các rủi ro đối với khu vực ven biển do các tác động khách quan và chủ quan, từ đó xác định các giải pháp quản lý phù hợp. Trong thời gian gần đây, nhiều hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) trong lĩnh vực tài nguyên môi trường đã được xây dựng, hỗ trợ đắc lực các nhà quản lý trong công tác quản lý tài nguyên thiên nhiên, phòng, chống thiên tai, bảo vệ môi trường [8–11]. Trong quản lý vùng bờ, hệ DSS cung cấp công cụ dự

báo biến động của vùng bờ do sự thay đổi của các điều kiện khí tượng, thủy văn và hải văn cũng như đánh giá tác động tiềm năng của các giải pháp bảo vệ, phục hồi, và phát triển vùng bờ một cách hiệu quả [10,11]. Với các ưu điểm này, DSS được coi là giải pháp phi công trình hữu ích và hiệu quả nhất hiện nay. Do đó, việc xây dựng một hệ thống DSS để giải quyết các thách thức trong quản lý vùng bờ ĐBSCL là một nhiệm vụ hết sức cấp bách hiện nay.

Việc sử dụng hệ thống DSS dựa trên GIS trong quản lý vùng bờ đã phát triển nhanh chóng trong thập kỷ qua, giúp tích hợp các yếu tố không gian vào quá trình ra quyết định [12–14]. Tại Hà Lan, quốc gia phần lớn nằm dưới mực nước biển, DSS giúp lập kế hoạch và thực hiện các biện pháp bảo vệ đê biển một cách hiệu quả. Hai hệ thống thường được sử dụng ở Hà Lan là hệ thống HydroNET và hệ thống DelftFEWS [11]. HydroNET là một hệ thống hỗ trợ quyết định dự đoán các điều kiện thời tiết cực đoan, cho phép đưa ra các quyết định dựa trên các dữ liệu, báo cáo, tin báo từ hệ thống. Delft-FEWS là khung hệ thống cảnh báo và dự báo sớm lũ lụt, hỗ trợ quy hoạch. Hệ thống cho phép người dùng tích hợp nhiều mô hình khác nhau phục vụ cho công tác đánh giá, hỗ trợ ra quyết định [11]. Tại Hoa Kỳ, hệ thống hỗ trợ quyết định PRISM-2, được phát triển để đánh giá tình trạng xâm nhập mặn do biến đổi khí hậu dọc theo bờ biển Nam Carolina ở phía đông nam Hoa Kỳ. Hệ thống này tích hợp đầu ra của các mô hình hoàn lưu toàn cầu, mô hình lưu vực và mô hình xâm nhập mặn với cơ sở dữ liệu thời gian thực để mô phỏng và hiển thị kết quả trực tuyến [15]. Hệ thống hỗ trợ quyết định không gian nguồn mở được phát triển trong Dự án THESEUS cho phép người dùng thực hiện đánh giá rủi ro ven biển tổng hợp, phân tích tác động của các sự kết hợp khác nhau giữa các phương án giảm thiểu dựa trên kỹ thuật, xã hội, kinh tế và sinh thái, tương ứng các kịch bản ngắn hạn (những năm 2020), trung hạn (những năm 2050) và dài hạn (những năm 2080), có tính đến các tác động tự nhiên và con người chẳng hạn như biến đổi khí hậu, sụt lún, dân số và tăng trưởng kinh tế [16]. Hệ thống hỗ trợ quyết định quản lý tổng hợp đới bờ vùng bờ biển Indonesia bằng cách tích hợp song song mô hình số. Hệ thống cho phép sau khi thực hiện, kết quả mô phỏng của một kịch bản có thể hiển thị trực tiếp trên hệ thống, thể hiện cả tác động tích cực và bất lợi [17]. Tại Việt Nam, hệ thống hỗ trợ ra quyết định trong quản lý đới bờ đang nhận được nhiều quan tâm. Hệ thống như DSS DELTA của CIEM kết hợp các mô phỏng chế độ thủy văn trong tương lai của Lưu vực sông Mê Công cho ĐBSCL được triển khai dưới dạng WebGis. Hệ thống hỗ trợ ra quyết định Sạt lở VNDSS của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn trực tuyến trên WebGis để theo dõi tình trạng xói lở bờ sông, bờ biển ở Việt Nam. Hệ thống DSS CPMD của GIZ cung cấp công cụ hỗ trợ ra quyết định kỹ thuật cho các biện pháp bảo vệ bờ biển đã được triển khai để quản lý và bảo vệ vùng bờ biển [10]. Khung hỗ trợ quyết định của Ủy ban sông Mê Công (*Mekong DSF*) – đã được phát triển trong khuôn khổ Chương trình sử dụng nước của Ủy ban sông Mê Công (MRC) trong giai đoạn 2002 đến 2007. Mục tiêu là để mô tả những thay đổi trong dòng chảy sông và đánh giá các tác động về sinh kế, xã hội và kinh tế có thể xảy ra do phát triển cơ sở hạ tầng - chủ yếu là thủy lợi và thủy điện và các biến đổi khí hậu trong lưu vực. Các hệ thống này đã và đang hỗ trợ rất hiệu quả cho các nhà quản lý trong quá trình điều hành, ra quyết định của mình [18].

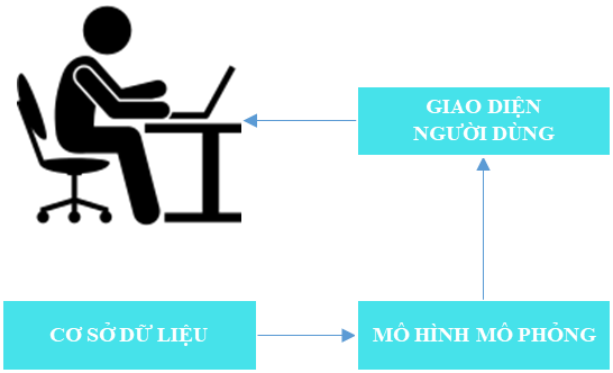
Các hệ thống hỗ trợ ra quyết định được xây dựng và phát triển cho vùng bờ biển ĐBSCL trong thời gian vừa qua đã cung cấp nhiều thông tin hữu ích về hiện trạng sạt lở bờ biển vùng ĐBSCL cũng như giới thiệu các giải pháp bảo vệ đường bờ hữu ích. Tuy nhiên, đối tượng chính của các hệ thống này chủ yếu là các điểm sạt lở. Các hệ thống này chủ yếu vẫn làm nhiệm vụ của một hệ thống quản lý và hiển thị dữ liệu trực tuyến hơn là một hệ thống DSS. Khả năng tương tác giữa người dùng với hệ thống còn tương đối hạn chế. Người dùng cũng không thể tự mình đánh giá, so sánh, xem xét các tác động của các giải pháp khác nhau lên vùng bờ trên hệ thống này. Bài báo này giới thiệu hệ thống hỗ trợ ra quyết định WRI-CosMaDSS được phát triển bởi Viện Khoa học tài nguyên nước trên nền tảng WebGIS. Hệ thống cho phép người dùng quản lý và hiển thị tất các loại dữ liệu có nguồn gốc khác nhau phục vụ cho công tác quản lý cơ sở dữ liệu (CSDL). Đồng thời, trên nền tảng hệ thống này,

các nhà quản lý, nhà nghiên cứu có thể tự xây dựng một hệ thống DSS theo phiên bản phù hợp với đối tượng và mục đích quan tâm của riêng mình và so sánh, đánh giá các kịch bản. Hệ thống được kỳ vọng sẽ trở thành công cụ đắc lực phục vụ công tác quản lý vùng bờ ĐBSCL trong quá trình ra quyết định bảo vệ, phát triển và phục hồi vùng bờ hiệu quả, giảm thiểu các tác động tiêu cực và tối ưu hóa việc sử dụng nguồn lực.

2. Phương pháp nghiên cứu và cấu trúc - chức năng hệ thống WRI-CosMaDSS

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Việc xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định (DSS) trong quản lý vùng bờ biển là một quy trình phức tạp đòi hỏi sự kết hợp giữa cơ sở dữ liệu, mô hình toán và phát triển hệ thống [19]. Một hệ thống hỗ trợ ra quyết định vùng bờ biển thường nhằm mục đích việc giải quyết các vấn đề như bảo vệ môi trường, phòng chống thiên tai, và quản lý nguồn tài nguyên [19,20].



Hình 1. Sơ đồ xây dựng hệ thống hỗ trợ ra quyết định.

Bước 1: Thu thập và phân tích dữ liệu địa lý, khí tượng, thủy văn, và kinh tế - xã hội.

Bước 2: Mô phỏng và dự báo các yếu tố môi trường, kinh tế - xã hội vùng biển theo các kịch bản khác nhau.

Bước 3: Xây dựng hệ thống DSS. Hệ thống có giao diện trực quan, tích hợp công cụ GIS và các công cụ phân tích để hỗ trợ người dùng trong việc ra quyết định.

2.2. Cấu trúc của hệ thống

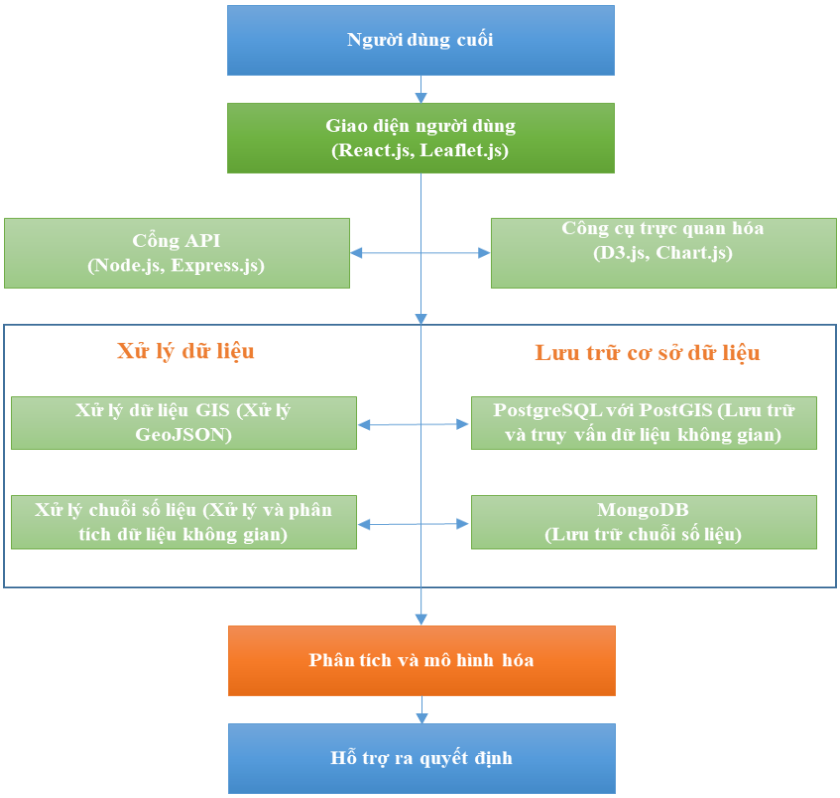
Hệ thống hỗ trợ ra quyết định quản lý vùng bờ của Viện Khoa học tài nguyên nước có tên WRI-CosMaDSS. Hệ thống DSS được xây dựng bằng ngôn ngữ JavaScript có cấu trúc như Hình 2. Hệ thống bao gồm các thành phần: Giao diện người dùng, xử lý dữ liệu, phân tích và mô hình hóa, hỗ trợ ra quyết định. Chi tiết các thành phần này như sau:

- Giao diện người dùng: Người dùng cuối (*End User*) tương tác với hệ thống thông qua giao diện người dùng. Giao diện người dùng (*UI Layer*) được xây dựng sử dụng thư viện React.js. Để thể hiện bản đồ trên nền GIS, thư viện Leaflet.js được sử dụng. API Gateway sử dụng thư viện Node.js và Express.js để xử lý các yêu cầu từ frontend và chuyển tiếp dữ liệu giữa frontend và backend. Công cụ trực quan hóa dữ liệu (*Visualization Tools*) được xây dựng với sự hỗ trợ của thư viện D3.js.

- Xử lý dữ liệu: Hệ thống được phát triển có thể lưu trữ, biên tập và cập nhật hầu như tất cả các loại dữ liệu bao gồm cả dữ liệu không gian (điểm, đường, vùng, ô lưới) và phi không gian (dữ liệu dạng số, văn bản, tài liệu, hình ảnh). Quá trình xử lý dữ liệu (*Data Processing*) bao gồm xử lý dữ liệu GIS với các tệp đầu vào dạng GeoJSON và TIFF. Các dữ liệu không gian này được lưu trữ và truy vấn thông qua PostgreSQL với PostGIS. Các dữ liệu phi không gian được xử lý và phân tích bằng MongoDB giúp lưu trữ, truy xuất, cập nhật, biên tập dữ liệu với cấu trúc dữ liệu linh hoạt.

- Phân tích và mô hình hóa *(Data Analysis & Modeling)*: Hệ thống cho phép kết nối với các mô hình, các kịch bản và tiến hành phân tích dữ liệu được tạo ra các kịch bản để hỗ trợ ra quyết định.

- Hỗ trợ ra quyết định: Dựa trên các phân tích, so sánh các kịch bản, hệ thống sẽ cung cấp các khuyến nghị và công cụ hỗ trợ ra quyết định cho người sử dụng.



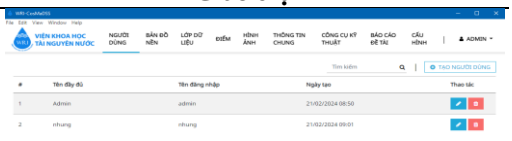
Hình 2. Sơ đồ xây dựng hệ thống DSS.

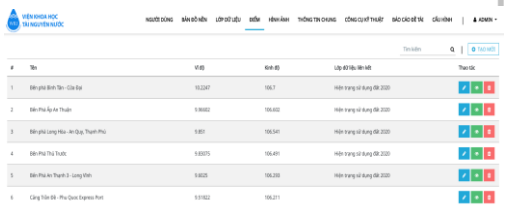
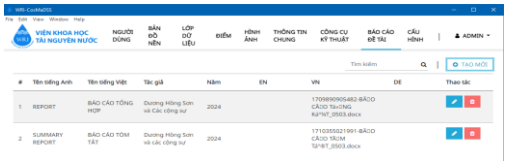
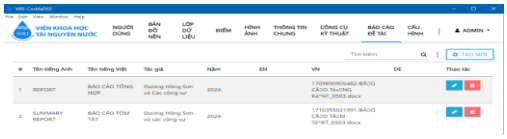
2.3. Các chức năng của hệ thống

Hệ thống WRI-CosMaDSS bao gồm 2 chức năng chính là: (1) Chức năng quản lý và (2) chức năng hiển thị và phân tích. Các chức năng này được mô tả dưới đây.

- Chức năng quản lý: Hệ thống WRI-CosMaDSS được thiết kế với các chức năng quản lý giúp quản lý các lớp dữ liệu, báo cáo, hiển thị, cập nhập số liệu và các tài liệu liên quan đến chương trình. Các chức năng quản lý chính bao gồm: đăng nhập, cập nhật thông tin cá nhân và quản lý thông tin cá nhân, quản lý người dùng, quản lý bản đồ nền, quản lý lớp dữ liệu, quản lý điểm, quản lý ảnh, quản lý báo cáo, quản lý công cụ, quản lý cấu hình. Mô tả các chức năng và giao diện tương ứng của từng chức năng được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Các chức năng quản lý của hệ thống WRI-CosMaDSS

Chức năng	Mô tả	Giao diện
NGƯỜI DÙNG	Chức năng này quản lý người dùng giúp phân quyên và quản lý người dùng khi sử dụng hệ thống. Chức năng người dùng cho phép thực hiện thao tác: tạo người dùng, chỉnh sửa thông tin người dùng, xoá người dùng.	
BẢN ĐỒ NỀN	Chức năng quản lý bản đồ nền thực hiện việc xây dựng và quản lý dữ liệu các lớp bản đồ nền. Chức năng quản lý bản đồ nền cho phép thực hiện các thao tác: thêm bản đồ nền; chỉnh sửa bản đồ nền; tải lên dữ liệu cho bản đồ nền; xoá bản đồ nền.	

Chức năng	Mô tả	Giao diện
LỚP DỮ LIỆU	Chức năng Quản lý lớp dữ liệu thực hiện việc xây dựng và quản lý dữ liệu các lớp bản đồ. Chức năng này cho phép: thêm lớp dữ liệu; chỉnh sửa lớp dữ liệu; tải lên dữ liệu cho lớp dữ liệu; xoá lớp dữ liệu.	
ĐIỂM	Quản lý điểm giúp gắn các dữ liệu điểm vào hệ thống không gian. Từ đó có thể truy xuất, so sánh giá trị tại các điểm. Các chức năng quản lý điểm bao gồm: tạo điểm; chỉnh sửa điểm; quản lý dữ liệu của điểm.	
HÌNH ẢNH	Quản lý hình ảnh giúp gắn ảnh vào dữ liệu không gian. Truy cập vào phần quản lý, sau đó chọn Hình ảnh Các chức năng trong quản lý hình ảnh bao gồm: tạo hình ảnh; thêm ảnh; chỉnh sửa hình ảnh, xóa ảnh.	
THÔNG TIN CHUNG	Chức năng Quản lý thông tin chung cho phép truy cập xem các thông tin của Hệ thống. Quản lý thông tin chung có các chức năng để tạo thông tin, chỉnh sửa và xóa giúp người dùng có thể tùy chỉnh thông tin theo ý muốn.	
CÔNG CỤ KỸ THUẬT	Các chức năng quản lý công cụ kỹ thuật bao gồm: Tạo công cụ kỹ thuật mới; chỉnh sửa công cụ kỹ thuật; xoá công cụ kỹ thuật.	
BÁO CÁO ĐỀ TÀI	Các chức năng để quản lý Báo cáo Đề tài gồm: lưu trữ, truy cập, tải về các tài liệu và Báo cáo của Đề tài.	
CẤU HÌNH	Chức năng quản lý cấu hình thực hiện việc sao lưu hoặc phục hồi giao diện sử dụng kèm bộ dữ liệu được thiết lập.	

- Chức năng hiển thị và phân tích

Thanh công cụ của hệ thống bao gồm các menu: Trang chủ, thông tin chung, công cụ kỹ thuật và báo cáo đề tài. Chức năng của các thanh công cụ này và giao diện tương ứng được trình bày ở Bảng 2. Hình 4 thể hiện giao diện chức năng của hệ thống WRI-CosMaDSS là phần chính của hệ thống. Phần hiển thị dữ liệu được chia thành 2 cửa sổ: Phía bên trái là cây dữ liệu, phía bên phải trình bày dữ liệu bản đồ. Đặc điểm nổi bật của hệ thống này là cây dữ liệu bản đồ bên trái có thể thay đổi tùy theo dữ liệu người dùng tải lên mà không cố định như các hệ thống khác. Người dùng có thể đặt tên cho các nhánh dữ liệu, thêm/bớt các nhánh hoặc xác định nhánh dữ liệu "cha/con". Điều này giúp hệ thống DSS này như một khung hỗ trợ ra quyết định có thể sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Phần hiển thị bản đồ bao gồm bản đồ nền của hệ thống (có thể lựa chọn từ các bản đồ nền của Google Map, Bing Map hoặc Viet Map) và các bản đồ chuyên đề. Khi người dùng lựa chọn xem bản đồ chuyên đề nào thì phần cửa sổ bên phải sẽ thể hiện bản đồ đó. Các dữ liệu bản đồ có thể liên kết với các

dữ liệu phi không gian. Chẳng hạn, bản đồ vị trí các trạm khí tượng thủy văn (KTTV) có thể được liên kết với số liệu đo đạc của từng trạm. Dữ liệu tính toán mực nước, lưu lượng, hàm lượng bùn cát có thể được liên kết với các điểm mặt cắt ngang. Dữ liệu vị trí các điểm sạt lở có thể liên kết với dữ liệu hình ảnh và dữ liệu mô tả về điểm sạt lở đó. Khi người dùng nhấn chuột vào một trạm trên bản đồ thì số liệu này sẽ được hiển thị.

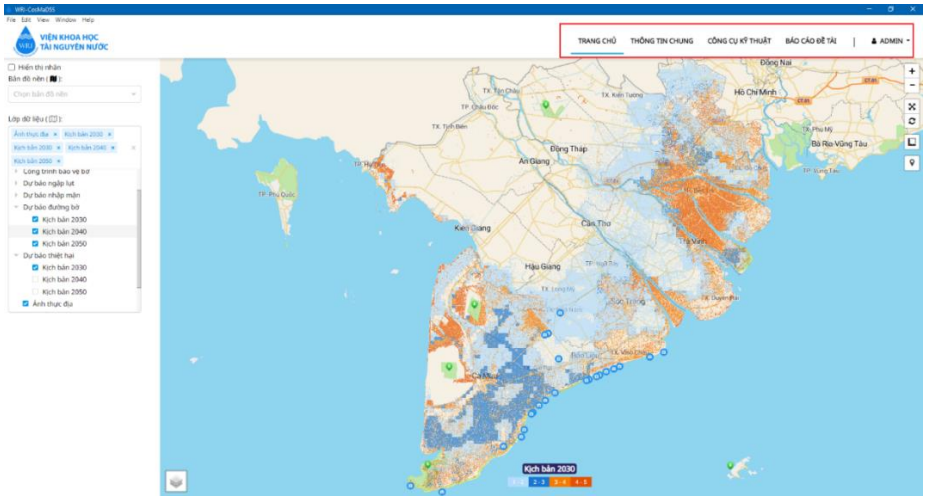
Bên cạnh chức năng hiển thị là chức năng phân tích giúp người dùng có thể tải lên các thông tin, kịch bản khác nhau để tiến hành so sánh, phân tích. Với các dữ liệu time-series, người dùng có thể chọn phân tích, so sánh dữ liệu theo tuần, tháng, ngày hoặc chọn trong một khoảng thời gian cụ thể. Với dữ liệu bản đồ, người dùng có thể so sánh các bản đồ tính toán, dự báo từ các kịch bản khác nhau để tiến hành phân tích, đánh giá các kịch bản.

2.4. Hệ thống cơ sở dữ liệu

Hệ thống cho phép quản lý, lưu trữ, biên tập hầu hết các loại dữ liệu và được nhóm thành 2 nhóm dữ liệu không gian và dữ liệu phi không gian như sau:

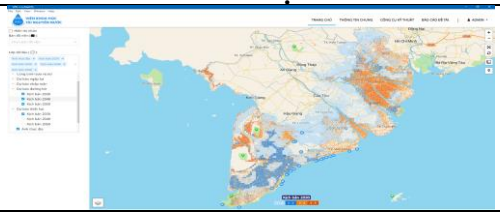
- Dữ liệu phi không gian: Cơ sở dữ liệu phi không gian thể hiện các đặc điểm, còn được gọi là dữ liệu thuộc tính hoặc thông tin mô tả của cơ sở dữ liệu không gian. Nó mô tả các khu vực và xác định các đặc điểm của các đặc trưng không gian trong các khu vực địa lý. Dữ liệu phi không gian thường là dạng chữ và số và cung cấp thông tin như màu sắc, kết cấu, số lượng, chất lượng và giá trị của các đặc điểm. Ngoài dữ liệu dạng số dữ liệu phi không gian còn bao gồm các dữ liệu file, hình ảnh do người dùng tải lên. Các dữ liệu này đều có thể liên kết với dữ liệu không gian hoặc không tùy theo nhu cầu người dùng.

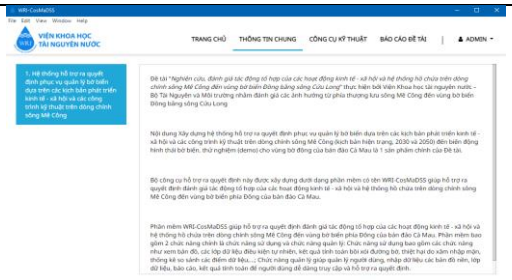
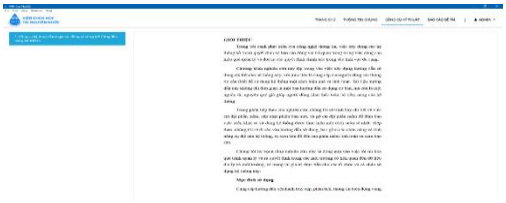
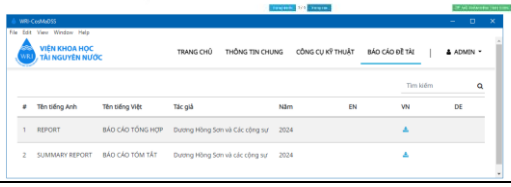
- Dữ liệu không gian: Việc quản lý dữ liệu điều kiện tự nhiên, kinh tế - xã hội và kết quả tính toán không gian trở nên cần thiết. Các dữ liệu này giúp dự đoán và giải quyết các vấn đề biến động vùng bờ biển, mà còn đóng góp vào quá trình ra quyết định của các nhà lãnh đạo và quản lý, giúp họ có cái nhìn tổng quan và đưa ra các giải pháp hợp lý. Cơ sở dữ liệu không gian được bao gồm các dữ liệu dạng vector (dữ liệu điểm, đường, vùng) và dữ liệu dạng raster (ô lưới).



Hình 4. Trang chủ hệ thống WRI-CosMasDSS.

Bảng 2. Các chức năng hiển thị và phân tích

Chức năng	Mô tả	Minh họa
TRANG CHỦ	Hiển thị các lớp dữ theo lựa các lớp dữ liệu được lựa chọn trực quan trên nền bản đồ. Đây chính là giao diện chính.	

THÔNG TIN CHUNG	Thông tin chung là thông tin giới thiệu về Bộ công cụ.	
CÔNG CỤ KỸ THUẬT	Với mục đích cụ thể, công cụ kỹ thuật sẽ chứa những nội dung liên quan đến các thành phần và nội dung kỹ thuật trong Bộ công cụ.	
BÁO CÁO ĐỀ TÀI	Chức năng xem Báo cáo Đề tài bao cho phép xem các báo cáo đã được đưa lên dưới dạng dữ liệu word hoặc pdf.	

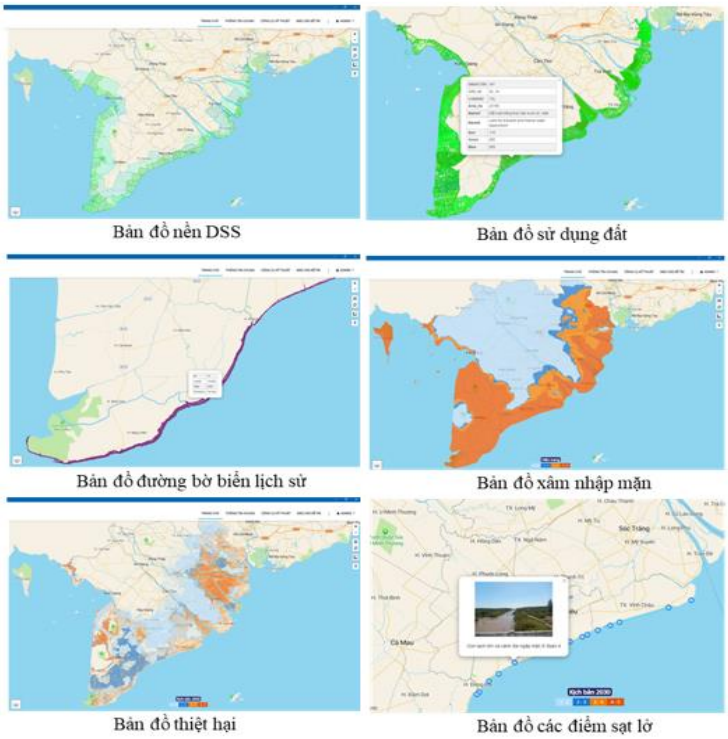
3. Ứng dụng Hệ thống hỗ trợ ra quyết định quản lý vùng bờ biển ĐBSCL

Hệ thống WRI-CosMaDSS được xây dựng để đảm bảo nó có thể được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau của nhà quản lý. Để minh họa, ứng dụng hệ thống phục vụ hỗ trợ ra quyết định quản lý vùng bờ ĐBSCL được trình bày dưới đây.

3.1. Hiển thị dữ liệu

Để phục vụ xây dựng CSDL cho hệ thống quản lý vùng bờ ĐBSCL, các loại dữ liệu sau đã được thêm vào hệ thống WRI-CosMaDSS sử dụng các chức năng quản lý của hệ thống.

- Dữ liệu bản đồ nền: Các lớp dữ liệu được hiển thị cho đối tượng hành chính tỉnh, huyện, xã vùng ven biển ĐBSCL.
- Dữ liệu quan trắc: Các lớp được hiển thị bao gồm: sử dụng đất, lịch sử đường bờ, xâm nhập mặn, thiệt hại về kinh tế do xâm nhập mặn (năm 2020), vị trí các điểm sạt lở. Các dữ liệu nền và dữ liệu quan trắc lịch sử được trình bày ở Hình 4.



Hình 4. Các loại dữ liệu nền và lịch sử được thêm vào hệ thống WRI-CosMaDSS.

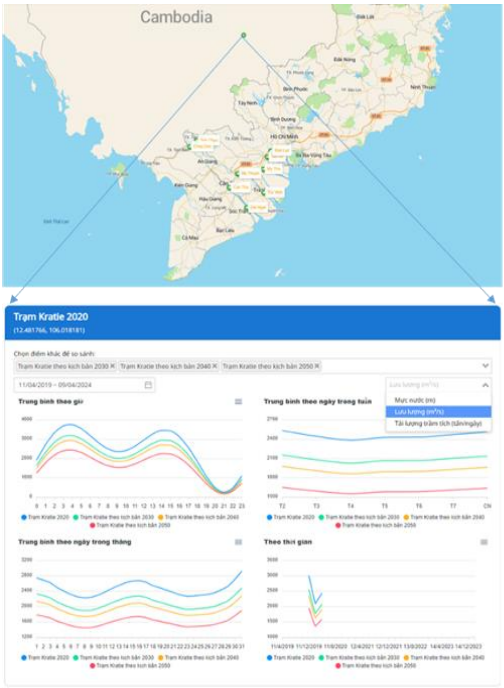
3.2. Phân tích, so sánh kịch bản

Để phục vụ đánh giá tác động của các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội và các hồ chứa thượng nguồn trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng, đề tài đã đưa các lớp dữ liệu và tổ chức các lớp dữ liệu này thành cây dữ liệu trên hệ thống WRI-CosMaDSS như trình bày ở Bảng 3. Các dữ liệu được chia thành các nhóm Hiện

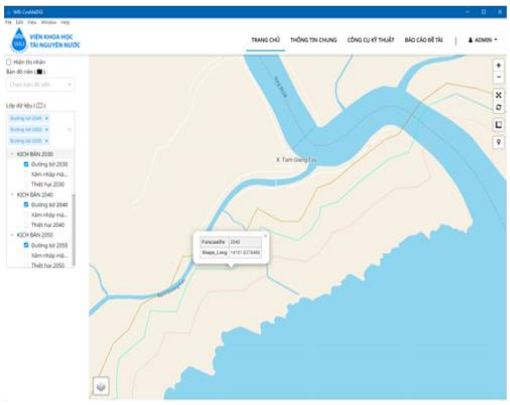
trạng, 2030, 2040 và 2050 [21]. Trong mỗi nhóm 3 loại dữ liệu được trình bày bao gồm: Bản đồ xâm nhập mặn, đường bờ và thiệt hại. Khi người dùng chọn thanh công cụ "Công cụ kỹ thuật", các mô tả kịch bản hiện trạng (2020) và tương lai (2030, 2040, 2050) về các phát triển KT-XH, thủy điện và biến đổi khí hậu, nước biển dâng sẽ được mô tả. Đồng thời, tại các trạm thủy văn, các dữ liệu về lưu lượng, mực nước và hàm lượng bùn cát tương ứng với các kịch bản cũng được trình bày. Hình 5a trình bày ví dụ so sánh diễn biến mực nước tại trạm Kratie theo các kịch bản khác. Bằng cách tổ chức dữ liệu như vậy, các kịch bản hiện trạng và tương lai sẽ được so sánh đối chiếu bằng cách so sánh các đồ thị (Hình 5a) và các bản đồ (Hình 5b và các Hình từ 6 đến 8). Từ đó các tác động của các kịch bản phát triển thượng nguồn sẽ được đánh giá.

Bảng 3. Các lớp dữ liệu theo từng kịch bản cho vùng bờ ĐBSCL.

TT	Tên lớp dữ liệu	Loại dữ liệu	Định dạng dữ liệu
		Hiện trạng	
1	Xâm nhập mặn	Raster	Đổ màu (shape file)
2	Đường bờ	Vector (Polygon)	Đổ màu (Tiff file)
3	Thiệt hại	Raster	
		2030	
4	Xâm nhập mặn	Raster	Đổ màu (shape file)
5	Đường bờ	Vector (Polygon)	Đổ màu (Tiff file)
6	Thiệt hại	Raster	
		2040	
7	Xâm nhập mặn	Raster	Đổ màu (shape file)
8	Đường bờ	Vector (Polygon)	Đổ màu (Tiff file)
9	Thiệt hại	Raster	
		2050	
10	Xâm nhập mặn	Raster	Đổ màu (shape file)
11	Đường bờ	Vector (Polygon)	Đổ màu (Tiff file)
12	Thiệt hại	Raster	Đổ màu (Tiff file)

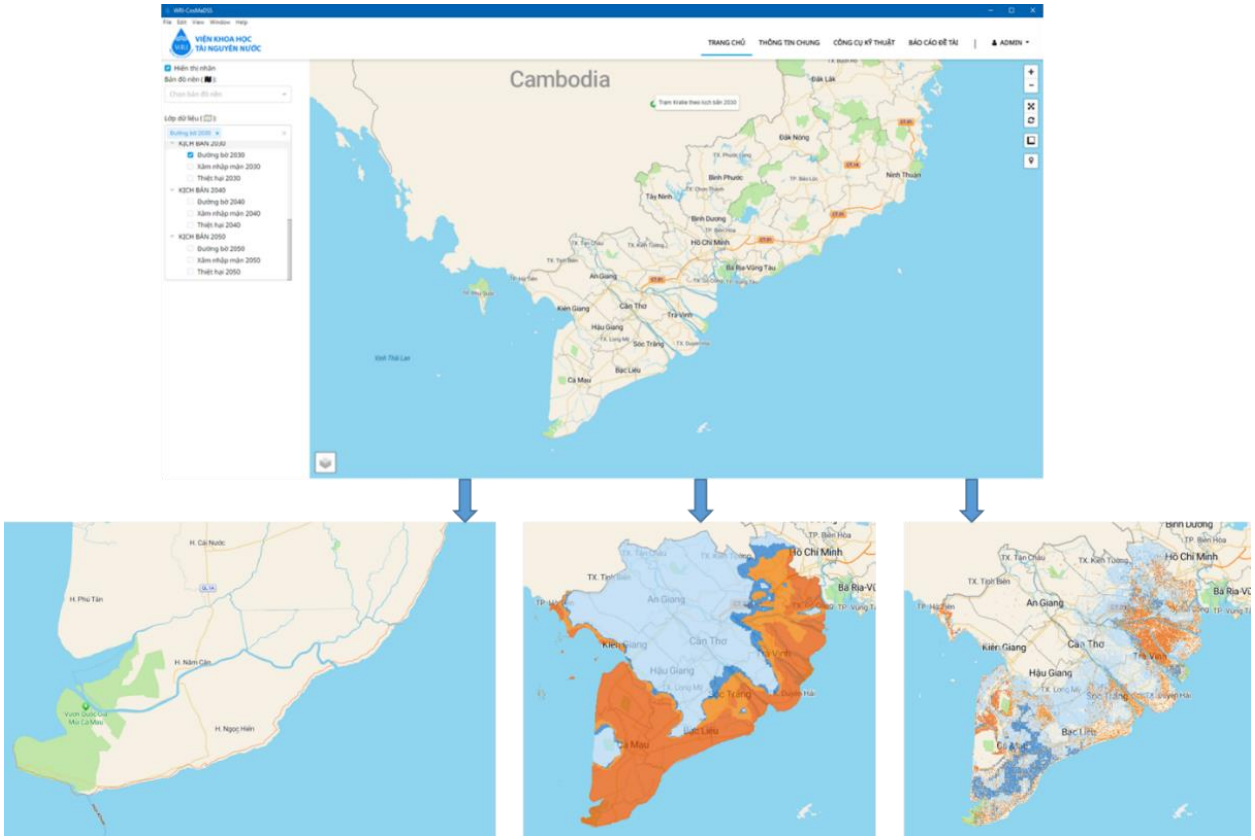


a) Diễn biến mực nước tại Kratie theo các kịch bản

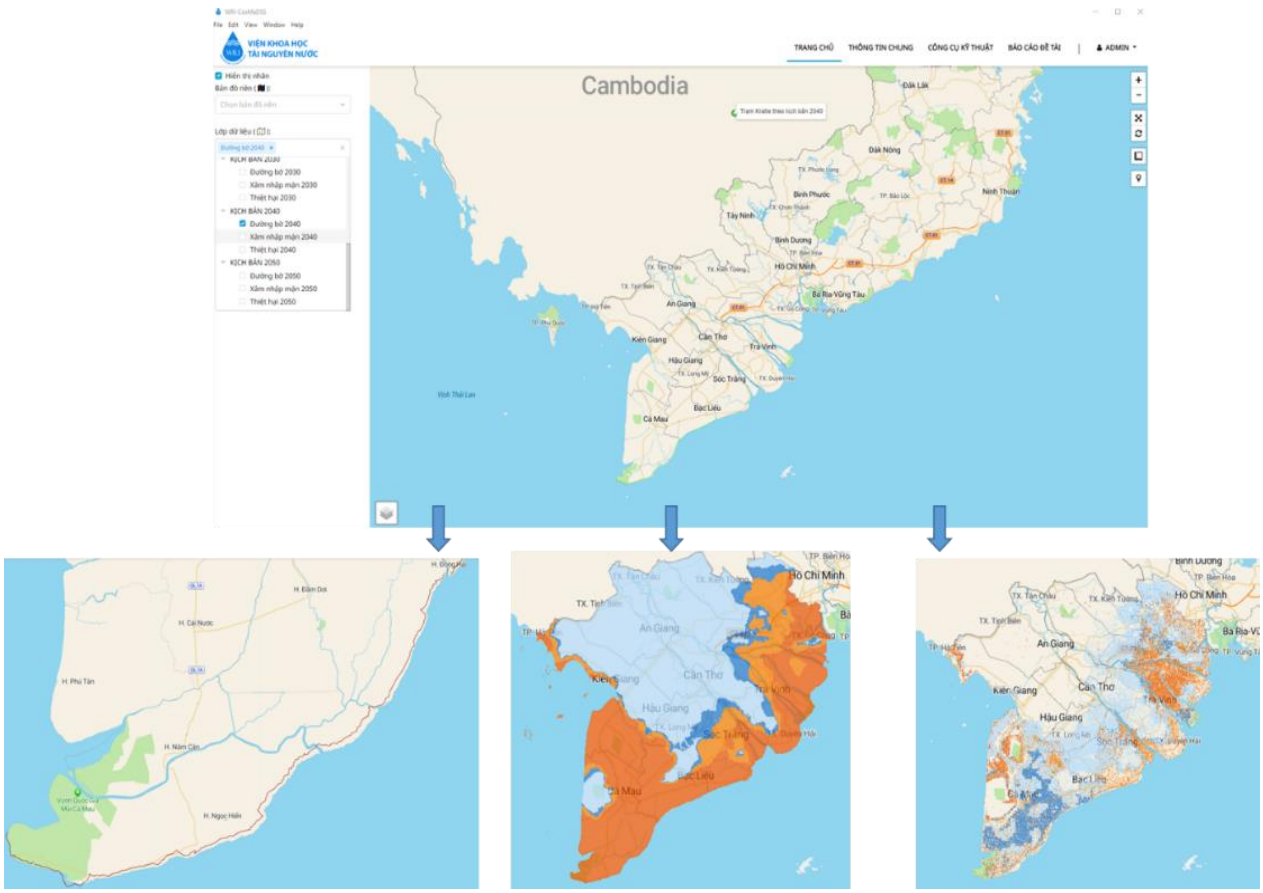


b) Diễn biến đường bờ theo các kịch bản

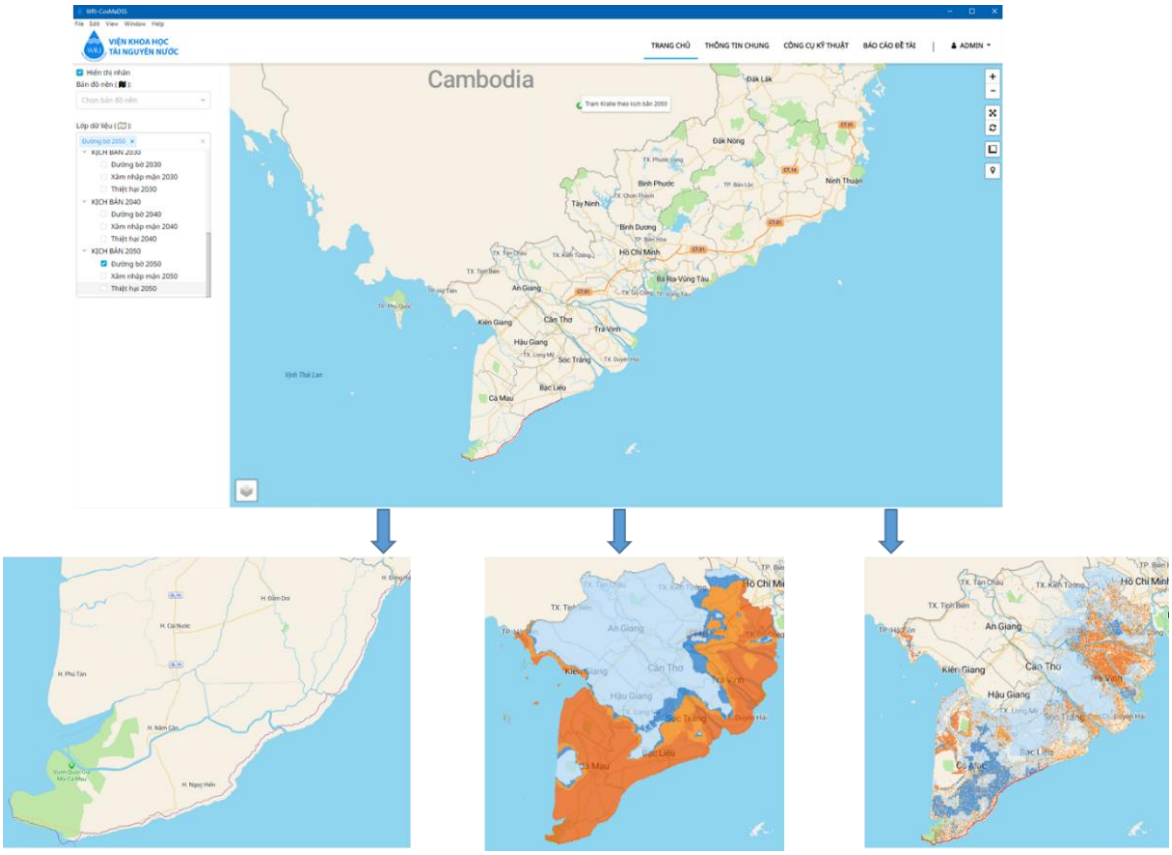
Hình 5. Diễn biến mực nước tại Kratie và đường bờ biển theo các kịch bản hiện trạng, kịch bản 2030, 2040, 2050.



Hình 6. Biến động vùng ĐBSCL (đường bờ, xâm nhập mặn, thiệt hại) ứng với kịch bản 2030.



Hình 7. Biến động vùng ĐBSCL (đường bờ, xâm nhập mặn, thiệt hại) ứng với kịch bản 2040.



Hình 8. Biến động vùng bờ biển ĐBSCL (đường bờ, xâm nhập mặn, thiệt hại) ứng với kịch bản 2050.

4. Kết luận

Bài báo này giới thiệu hệ thống hỗ trợ ra quyết định quản lý vùng bờ WRI-CosMaDSS được phát triển bởi Viện Khoa học tài nguyên nước. Giao diện được thiết kế thân thiện với người dùng sử dụng ngôn ngữ lập trình Javascript và các thư viện GIS và quản lý CSDL liên quan. Hệ thống bao gồm 2 chức năng chính là chức năng hiển thị và phân tích và chức năng quản lý. Các chức năng hiển thị và phân tích cho phép hiển thị, so sánh, lọc các dữ liệu và tài liệu liên quan, giúp người dùng phân tích, đánh giá các phương án từ đó lựa chọn phương án phù hợp với mục tiêu quản lý. Các chức năng quản lý giúp quản các lớp dữ liệu, báo cáo, hiển thị, cập nhập số liệu và các tài liệu liên quan đến chương trình.

Để minh họa, nghiên cứu đã thiết lập hệ thống hỗ trợ ra quyết định cho vùng bờ biển ĐBSCL dựa trên các kịch bản tác động của các phát triển kinh tế - xã hội thượng nguồn và phát triển thủy điện trên dòng chính sông Mê Công đến năm 2050. Các dữ liệu được đưa vào hệ thống bao gồm hành chính, sử dụng đất đất, điều kiện khí tượng - thủy văn, nguy cơ ngập lụt, xâm nhập mặn, đường bờ lịch sử, biến động đường bờ, thiệt hại kinh tế. Sử dụng các công cụ này, người dùng có thể so sánh, đánh giá tác động của các hoạt động phát triển KT-XH và phát triển hồ chứa thượng nguồn đến diễn biến xói lở/bồi tụ đường bờ biển vùng ĐBSCL, xâm nhập mặn và thiệt hại về kinh tế. Tuy nhiên, do thiếu các kịch bản tác động bảo vệ đường bờ, các kịch bản hiện tại mới dừng lại ở việc phân tích các tác động tương lai mà chưa đánh giá, phân tích tác động của các giải pháp thích ứng, giảm thiểu và bảo vệ đường bờ. Trong thời gian tới khi các kịch bản giảm thiểu này được xây dựng và tính toán, chúng có thể được đưa vào hệ thống DSS để phân tích, đánh giá tác động và đề xuất giải pháp phù hợp.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: D.H.S., T.T.N, T.A.P.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: D.H.S., T.T.N., T.A.P.; Xử lý số liệu: T.T.N.; Viết bản thảo bài báo: T.T.N.; Chỉnh sửa bài báo: T.T.N., T.A.P.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự hỗ trợ của đề tài "Nghiên cứu, đánh giá tác động tổ hợp của các hoạt động kinh tế - xã hội và hệ thống hồ chứa trên dòng chính sông Mê Công đến vùng bờ biển đồng bằng sông Cửu Long" mã số: ĐTĐL.CN–56/21.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Phạm, T.O. Thích ứng với nước biển dâng: góc nhìn từ phân tích chi phí–nghiên cứu tại khu vực Đồng Bằng Sông Cửu Long. *Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Phát triển* **2022**, *1*, 45–53.
2. Tran, T.V.; Tran, D.X.; Myint, S.W.; Huang, C.Y.; Pham, H.V.; Luu, T.H.; Vo, T.M. Examining spatiotemporal salinity dynamics in the Mekong River Delta using Landsat time series imagery and a spatial regression approach. *Sci. Total Environ*. **2019**, *687*, 1087–1097.
3. Hoài, H.C.; Bảy, N.T.; Khôi, Đ.N.; Nga, T.N.Q. Phân tích nguyên nhân gây gia tăng xói lở bờ sông ở đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2019**, *703*, 42–50.
4. Thành, N.T.; Phách, P.V.; Anh, L.N.; Minh, N.T.; Dũng, B.V.; Long, N.Q. Một số kết quả nghiên cứu về tốc độ tích tụ trầm tích phần chân châu thổ Mê Công va thềm kế cận. *Tạp chí các khoa học về trái đất* **2013**, *35(1)*, 10–18.
5. Khong, T.D.; Young, M.D.; Loch, A.; Thennakoon, J. Mekong River Delta farm-household willingness to pay for salinity intrusion risk reduction. *Agric. Water Manage.* **2018**, *200*, 80–89.
6. Wassmann, R.; Phong, N.D.; Tho, T.Q.; Hoanh, C.T.; Khoi, N.H.; Hien, N.X.; Tuong, T.P. High-resolution mapping of flood and salinity risks for rice production in the Vietnamese Mekong Delta. *Field Crops Res*. **2019**, *236*, 111–120.
7. Thuy, N.N.; Anh, H.H. Vulnerability of rice production in Mekong River Delta under impacts from floods, salinity and climate change. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*. **2015**, *5(4)*, 272–279.
8. Lam, N.T. Real-time prediction of salinity in the Mekong River Delta. In APAC 2019: Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts 2019, Hanoi, Vietnam **2020**, pp. 1461–1468.
9. Phương, T.A.; Trà, T.V.; Đức, N.A.; Sơn, D.H.; Cường, T.M.; Anh, P.N.; Linh, B.H.; Nhung, T.T. Nghiên cứu thử nghiệm xây dựng hệ thống giám sát và cảnh báo lũ, lụt và hạn hán tích hợp theo thời gian thực trên nền tảng WebGIS. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, *EME4*, 314–324.
10. Nam, N.V.B.; Ngoc, V.T.; Hung, N.N.; Quan, L.; Nguyen, L.D.; Binh, T.T.; James, G. Digital technologies for coastal resilience in the Mekong Delta: A review of the current digital technology landscape and forward visions for a resilient coast. Mekong Delta Climate Resilience Programme (MCRP, 2019-2025), 2023, pp. 105.
11. Loos, S.; Knippers, T.S.; Lobbrecht, A.H.; Velickov, S. Innovative decision support systems for water management: examples from the Netherlands. Netherland National Hydrology Conference, 2011.
12. Do, M.P. Application of GIS to evaluate saltwater intrusion on agricultural production in the Mekong Delta. Bachelor's thesis of Environmental Engineering 2021, pp. 59.
13. Wright, D.J.; Dwyer, E.; Cummins, V. (Eds.). Coastal Informatics: Web Atlas Design and Implementation, Hershey, PA: IGI-Global. 2011, pp. 350. Doi: 10.4018/978-1-61520-815-9, ISBN:13-9781615208159.
14. Sheppard, S.R.J. Visualizing climate change: A guide to visual communication of climate change and developing local solutions, Routledge, London, 2012, pp. 514.

15. Conrads, P.A.; Roehl Jr, E.A. The use of data-mining techniques for developing effective decision support systems: a case study of simulating the effects of climate change on coastal salinity intrusion. *Geol. Soc. London Spec. Publ.* **2017**, *408(1)*, 221–234.
16. Zanuttigh, B.; Simcic, D.; Bagli, S.; Bozzeda, F.; Pietrantoni, L.; Zagonari, F.; Nicholls, R.J. THESEUS decision support system for coastal risk management. *Coastal Eng*. **2014**, *87*, 218–239.
17. Gumbira, G.; Harsanto, B. Decision support system for an eco-friendly integrated coastal zone management (ICZM) in Indonesia. *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol*. **2019**, *9(4)*, 1177–1182.
18. Kummu, M.; Koponen, J.; Sarkkula, J. Assessing impacts of the Mekong development in the Tonle Sap Lake. Proceedings of the International Symposium on role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management 2005, pp. 10–12.
19. Xie, J.; Liang, S.; Sun, Z.; Chang, J.; Sun, J. Design and implementation of a robust decision support system for marine space resource utilization. *ISPRS Int. J. Geo-Inf*. **2016**, *5(8)*, pp. 140.
20. Palinkas, C.M.; Orton, P.; Hummel, M.A.; Nardin, W.; Sutton-Grier, A.E.; Harris, L.; Williams, T. Innovations in coastline management with natural and nature-based features (NNBF): Lessons learned from three case studies. *Front. Built Environ*. **2022**, *8*, 814–180.
21. Sơn, D.H.; Linh, B.H.; Đức, N.A.; Phương, T.A. Nghiên cứu đánh giá tác động kép của biến đổi khí hậu và các phát triển thượng nguồn đến xâm nhập mặn vùng Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khí tượng Thuỷ văn* **2024**, *763*, 13–23.

Introducing the WRI-CosMaDSS integrated coastal zone management decision support system: Case study for the Mekong Delta region

Duong Hong Son[1], Tran Thuy Nhung[1]*, Tran Anh Phuong[1], Nguyen Anh Duc[1]

[1] Water Resources Institute, Ministry of Natural Resources and Environment; dhson.monre@gmail.com; tranthuynhung1990@gmail.com; phuongtran.monre@gmail.com; nganhduc@yahoo.com

Abstract: In recent years, the decision support system (DSS) for coastal zone management has become an effective tool to support policy makers in selecting measures for coastal management and protection. This paper presents the GIS-based WRI-CosMaDSS developed by the Water Resources Institute using Javascript. The system is designed with two main function groups including management functions and display and analysis functions. The management functions support users in building tree databases, managing, editing, adding/deleting data that are analyzed, evaluated, and supported by the display and analysis functions. The system allows all types of spatial and non-spatial data to serve the data analysis and decision support process. WRI-CosMaDSS is very flexible, and therefore enables users to build a DSS system suitable to their requirements. To illustrate, the study built a DSS system for the Mekong Delta coastal zone. In this system, the coastline and salinity intrusion status can be analyzed and evaluated in the future, supporting decision makers understand the impacts of upstream socio-economical developments and hydropower dams on the Mekong Delta coastal region which is crucial to develop appropriate adaptaion solutions.

Keywords: DSS; Mekong River; Coastal region; Javascript; WRI-CosMaDSS.