BỘ GIÁO DỤC
VÀ ĐÀO TẠO

VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM

HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ

NGHIÊN CỨU TÍCH HỢP HỆ CẢM BIẾN VÀ HỆ THỐNG THÔNG TIN ĐỊA LÝ PHỤC VỤ QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ
ĐỊA LÝ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

Mã số: 9 44 02 20

HÀ NỘI – 2023

Công trình được hoàn thành tại: Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Người hướng dẫn khoa học:

1. Người hướng dẫn: PGS.TS Lê Trung Thành
2. Người hướng dẫn: TS. Nguyễn Thanh Hoàn

Phản biện 1:.....

Phản biện 2:.....

Phản biện 3:.....

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án tiến sĩ cấp Học viện họp tại Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam vào hồi ……. giờ ……, ngày …….. tháng …….. năm ……..

Có thể tìm hiểu luận án tại:
1. Thư viện Học viện Khoa học và Công nghệ
2. Thư viện Quốc gia Việt Nam

Mở đầu

1. Tính cấp thiết của đề tài

Ở Việt Nam cũng như trên thế giới vấn đề quản lý tài nguyên và môi trường luôn là chủ đề được các nhà quản lý, các cơ sở đào tạo, viện nghiên cứu quan tâm. Trong đó các nghiên cứu ứng dụng công nghệ cao trong lĩnh vực quản lý và bảo vệ tài nguyên môi trường, xây dựng các hệ thống giám sát tự động từ xa để phát hiện các hiện tượng tai biến thiên nhiên, theo dõi các hiện tượng thời tiết cực đoan ảnh hưởng tới môi trường, đặc biệt trên các lưu vực sông còn thiếu và chưa được đầu tư nghiên cứu. Luận án này thực hiện nghiên cứu xây dựng một hệ thống tích hợp dữ liệu không gian, thời gian và dữ liệu thuộc tính đáp ứng được các yếu tố từ thu thập tự động dữ liệu đầu vào thông qua hệ cảm biến đến quá trình ứng dụng công nghệ GIS và mô hình hóa để thực hiện các mô phỏng và hiển thị kết quả theo thời gian thực.

Do lĩnh vực quản lý tài nguyên và môi trường là lĩnh vực nghiên cứu rộng, vì vậy luận án này giới hạn phạm vi nghiên cứu giải pháp tích hợp mạng cảm biến không dây và hệ thống thông tin địa lý (GIS) để quản lý, giám sát tài nguyên nước và môi trường trên lưu vực sông. Cụ thể là giám sát và quan trắc yếu tố lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy và nghiên cứu thiết kế cấu trúc cảm biến quang đo độ mặn của nước có khả năng tích hợp vào mạng cảm biến không dây.

2. Mục tiêu nghiên cứu

2.1. Mục tiêu chung

Đề xuất xây dựng một giải pháp công nghệ giám sát và quản lý tài nguyên nước tự động theo thời gian thực tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy sử dụng công nghệ WEBGIS trên cơ sở tích hợp dữ liệu nền địa lý, mô hình thủy văn và hệ cảm biến không dây.

2.2. Mục tiêu cụ thể

+ Đánh giá được tình hình tài nguyên nước trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy dựa trên kết quả mô phỏng từ mô hình thủy văn;
+ Làm rõ được khả năng kết nối dữ liệu khí tượng vào mô hình theo thời gian thực để tiến hành mô phỏng tài nguyên nước trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy;
+ Thiết kế được hệ cảm biến quan trắc khí tượng và môi trường nước có khả năng tích hợp lên mạng cảm biến không dây;
+ Thiết kế, xây dựng được hệ thống thông tin WebGIS tích hợp tự động dữ liệu từ mạng cảm biến không dây vào mô hình để tiến hành mô phỏng tài nguyên nước trên lưu vực sông theo thời gian thực.

3. Nội dung nghiên cứu

- Tổng quan tình hình nghiên cứu ứng dụng mạng cảm biến không dây kết hợp với mô hình hóa và dữ liệu nền địa lý GIS trong quản lý tài nguyên nước ở Việt Nam và trên thế giới.
- Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình thủy văn mô phỏng các yếu tố về dòng chảy phục vụ quản lý tài nguyên nước trong lưu vực sông
- Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ cảm biến tích hợp thu thập một số thông số khí tượng, thủy văn làm đầu vào cho mô hình.

- Nghiên cứu, thiết kế cấu trúc cảm biến quang đo độ mặn của nước phục vụ giám sát khả năng xâm thực mặn vùng cửa biển trên lưu vực sông theo thời gian thực.
- Nghiên cứu xây dựng hệ thống thông tin WEBGIS tích hợp tự động dữ liệu từ cảm biến vào mô hình để thực hiện mô phỏng dòng chảy và trực quan hóa dữ liệu tài nguyên nước và môi trường trên lưu vực sông theo thời gian thực hỗ trợ ra quyết định.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: Luận án nghiên cứu các vấn đề liên quan tới khả năng tích hợp hệ cảm biến và hệ thống thông tin địa lý (GIS) kết hợp với mô hình thủy văn để quản lý, giám sát tài nguyên nước và một số thông số môi trường trên lưu vực sông, bao gồm:
- Vấn đề mô phỏng lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông sử dụng hệ thống thông tin địa lý và mô hình thủy văn;
- Vấn đề quan trắc tự động một số thông số khí tượng, thủy văn sử dụng mạng cảm biến không dây;
- Cấu trúc cảm biến quang đo độ mặn của nước;
- Vấn đề tích hợp dữ liệu quan trắc lên hệ thống WebGIS làm đầu vào cho mô hình để mô phỏng yếu tố lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông;

Phạm vi lãnh thổ: Lưu vực sông Nhuệ - Đáy thuộc không gian địa giới của 05 tỉnh, thành phố Hòa Bình, Hà Nội, Hà Nam, Nam Định, Ninh Bình.

Phạm vi khoa học: Luận án tập trung nghiên cứu về mạng cảm biến không dây, nguyên lý thiết kế cảm biến quang và giải pháp xây dựng hệ thống WEBGIS tích hợp mô hình, dữ liệu theo không gian và thời gian phục vụ quản lý tài nguyên nước và môi trường trên các lưu vực sông.

5. Điểm mới của luận án

- Xây dựng được một hệ thống WEBGIS tích hợp dữ liệu cảm biến không dây và dữ liệu nền địa lý vào mô hình thủy văn phục vụ quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông theo thời gian thực;
- Nghiên cứu, thiết kế được một hệ cảm biến có thể tích hợp các loại cảm biến không dây khác nhau phục vụ theo dõi, giám sát các thông số khí tượng, thủy văn và môi trường;
- Nghiên cứu, thiết kế được một cấu trúc cảm biến quang đo độ mặn của nước có khả năng tích hợp lên mạng cảm biến không dây.

6. Các luận điểm bảo vệ

- Luận điểm 1: Hệ thống thông tin tích hợp đầy đủ các dữ liệu về không gian, thời gian và thuộc tính hình thái của một lưu vực sông là giải pháp khoa học công nghệ có khả năng hỗ trợ hiệu quả cho công tác quản lý tài nguyên nước và môi trường ở các lưu vực sông.
- Luận điểm 2: Giải pháp thiết kế cấu trúc cảm biến quang đo độ mặn của nước và hệ thống tích hợp các cảm biến không dây có khả năng quan trắc dữ liệu khí tượng, thủy văn và môi trường theo thời gian thực đóng góp hiệu quả, thiết thực cho công tác theo dõi, giám sát và quản lý tài nguyên và môi trường.

7. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

Ý nghĩa khoa học:

Luận án đóng góp cơ sở khoa học và phương pháp nghiên cứu trong việc ứng dụng hệ cảm biến không dây kết hợp với mô hình thủy văn và hệ thống thông tin địa lý phục vụ quản lý tổng hợp tài nguyên nước trên lưu vực sông.

Ý nghĩa thực tiễn:

Kết quả nghiên cứu của luận án là cơ sở khoa học và phương tiện hữu ích giúp cho các nhà quản lý, hoạch định chính sách tham khảo để phát triển các ứng dụng trong thực tiễn nhằm quản lý hiệu quả tài nguyên và môi trường nước tại các lưu vực sông ở Việt Nam.

8. Cấu trúc của luận án

Cấu trúc của luận án gồm các phần Mở đầu, Kết luận và 4 chương:

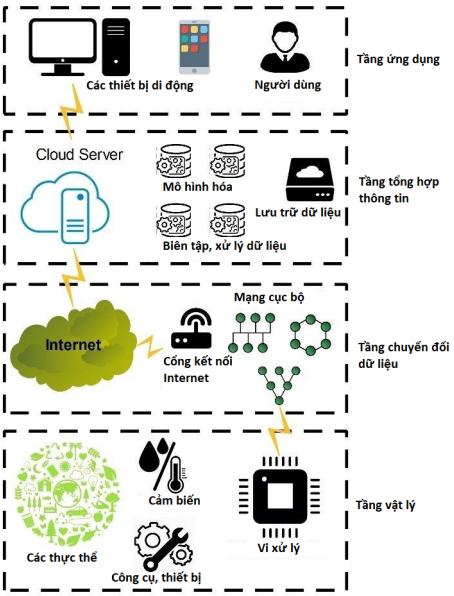
- Chương 1. Cơ sở khoa học và phương pháp nghiên cứu.

- Chương 2. Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý và mô hình hóa mô phỏng chế độ dòng chảy tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy.
- Chương 3. Nghiên cứu thiết kế hệ thống tích hợp mạng cảm biến không dây và mô hình hóa trên nền tảng WebGIS phục vụ quản lý tài nguyên và môi trường
- Chương 4. Kết quả và thử nghiệm

Chương 1

Cơ sở khoa học và phương pháp nghiên cứu

Chương 1 luận án tổng hợp các tài liệu trình bày tổng quan các khái niệm về tài nguyên nước và lưu vực, hệ thống thông tin địa lý, mô hình hóa, mạng cảm biến không dây, kết quả một số kết quả nghiên cứu điển hình ở Việt Nam, trên thế giới và tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy để làm căn cứ, cơ sở khoa học đưa ra quy trình nghiên cứu để xây dựng một hệ thống hoàn chỉnh như sơ đồ tại Hình 1.1 và 06 phương pháp để tiến hành triển khai nghiên cứu.



Hình 1.1: Các tầng dữ liệu trong hệ thống tích hợp thông tin liên ngành

Tổng quan một số khái niệm

.1 Tài nguyên nước và lưu vực sông

Theo luật Tài nguyên nước năm 2012, tài nguyên nước bao gồm nước mặt, nước dưới đất, nước mưa và nước biển nằm trong lãnh thổ Việt Nam, lưu vực sông là vùng đất mà trong phạm vi đó nước mặt, nước dưới đất chảy tự nhiên vào sông và thoát ra một cửa chung hoặc thoát ra biển. Lưu vực sông liên tỉnh là lưu vực sông nằm trên địa bàn từ hai tỉnh, thành phố trực thuộc trung ương trở lên.

.2 Hệ thống thông tin địa lý

Hệ thống thông tin địa lý (GIS), theo FAO, lịch sử của GIS bắt đầu từ những năm 1960 cùng với sự phát phát triển của hệ thống thông tin địa lý Canada. Ứng dụng GIS đầu tiên này được thiết kế để phục vụ cho công tác quản lý nguồn tài nguyên thiên nhiên đang nằm rải rác ở một vùng không gian rộng lớn. Đây là công cụ nền tảng để thực hiện các nghiên cứu trong lĩnh vực quản lý tài nguyên và môi trường, công cụ có khả năng trực quan hóa dữ liệu không gian, tích hợp với các mô hình thủy văn để thực hiện mô phỏng tài nguyên nước tại các lưu vực.

.3 Mô hình hóa

Theo tác giả Nirmala Khandan của cuốn sách ”Các công cụ mô hình dành cho kỹ sư và nhà khoa học trong lĩnh vực môi trường (Modeling Tools for Environmental Engineers and Scientists)”: mô hình hóa là các quá trình vận dụng những hiểu biết cơ bản và kinh nghiệm để tiến hành mô phỏng hay mô tả một quá trình diễn ra trong hệ thống tự nhiên theo một mục tiêu nào đó. Mô hình khi đó sẽ có thể trở thành một công cụ rất mạnh và hiệu quả khi có khả năng giúp con người hiểu được một hệ thống tự nhiên, thường là rất phức tạp. Ngày nay, các nhà khoa học thường sử dụng các mô hình trong hoạt động chuyên môn phục vụ việc phân tích và sử dụng số liệu thực địa, mô phỏng các hiện tượng xảy ra trong tự nhiên để có thể hiểu được bản chất và đánh giá các tác động của các quá trình tự nhiên.

.4 Mạng cảm biến không dây

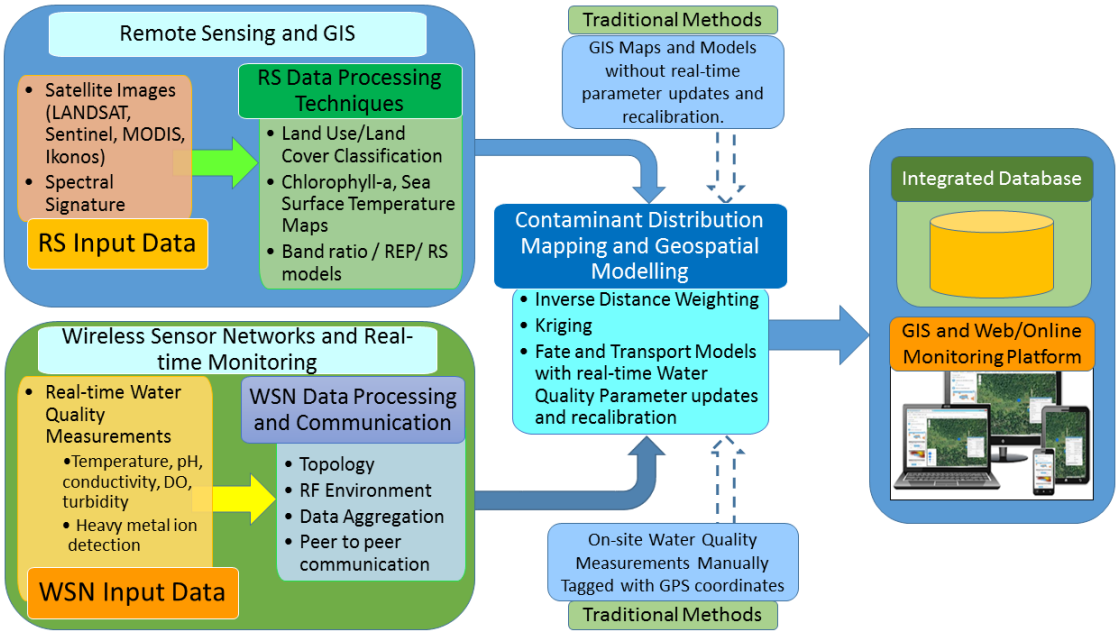
Hầu hết các cảm biến ngày nay đều được nhúng vào các thiết bị sử dụng hàng ngày và thường xảy ra trường hợp mọi người không nhận thức về sự tồn tại của chúng, cũng như cách thức chúng được sử dụng ngày càng phát triển. Trong khi trước đây là trường hợp các cảm biến được sử dụng làm giao diện trực tiếp giữa thế giới vật chất và nhận thức của con người, ngày nay dữ liệu cảm biến được kết hợp và xử lý thường xuyên hơn, mạng cảm biến không dây được các nhà khoa học, các nhà quản lý ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, như giám sát các thông số môi trường tại các nguồn thải, chất lượng nước trên các lưu vực sông,..v.v.

Tổng quan các công trình nghiên cứu tích hợp hệ cảm biến và hệ thống thông tin địa lý phục vụ quản lý tài nguyên và môi trường nước trên lưu vực sông

Các nhà khoa học trên thế giới đã tiến hành nhiều nghiên cứu liên quan tới vấn đề quản lý tài nguyên nước, các phương pháp, công cụ quản lý lưu vực sông, như ứng dụng các công nghệ GIS, mô hình hóa, mạng cảm biến không dây hay tích hợp giữa GIS và hệ thống IoT. Các nghiên cứu đều chỉ ra quản lý lưu vực sông được cho là rất quan trọng trong việc phát triển bền vững tài nguyên nước. Thông thường quy mô về diện tích của một lưu vực sông là rất lớn, việc ứng dụng các phương pháp, công cụ cần đảm bảo yêu cầu về khả năng tính toán, mô phỏng, dự báo các diễn biến tự nhiên xảy ra trong lưu vực.

Năm 2018 Michelle và cộng sự [55] đã công bố một nghiên cứu tổng quan đề xuất giải pháp điển hình ứng dụng các công nghệ mới trong việc giám sát chất lượng nước mặt tại các khu vực thuộc Philippines (Hình 1.2). Nghiên cứu đề cập tới các công nghệ GIS, RS, WSN và hệ thống trực tuyến WEBGIS.

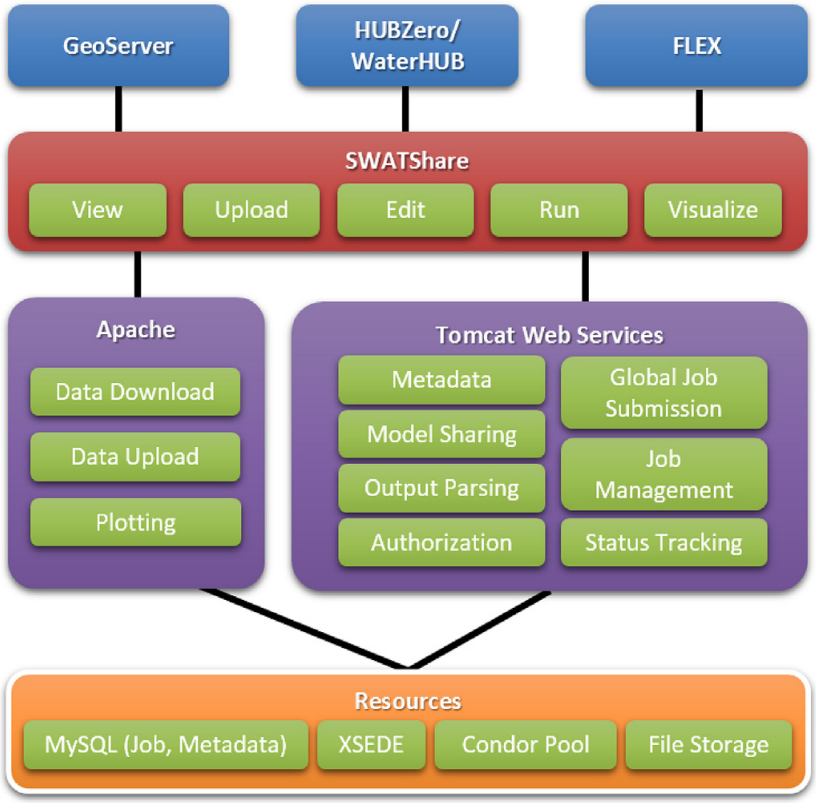
Năm 2016 Mohammad Adnan Rajib và cộng sự đã phát triển một ứng dụng có tên là SWATShare bao gồm hạ tầng mạng, kiến trúc và môi trường để giúp các nhà khoa học có thể thực thi lại các mô



Hình 1.2: Khung hệ thống tích hợp phục vụ giám sát môi trường sử dụng các công nghệ RS, GIS, WSN và RE

hình SWAT đã được thiết lập trước đó để sử dụng được trên môi trường Internet. Tuy nhiên, các dữ liệu trực quan hóa được mô phỏng từ mô hình đều là dữ liệu quá khứ, được sử dụng để mô phỏng, đánh giá tài nguyên trên các lưu vực sông. Hình 1.3 là kiến trúc tổng thể của hệ thống SWATShare.

Năm 2019 nhóm nghiên cứu của McDonald cùng với Srinivasan [52], một trong những người phát triển phần mềm mã nguồn mở SWAT đã công bố một giải pháp cho phép tích hợp dữ liệu thời tiết vào mô hình SWAT trên nền tảng Web từ dữ liệu của NASA (https://earthdata.nasa.gov/). Đây là một giải pháp khoa học có khả năng ứng dụng trên quy mô toàn cầu, sau khi mô hình SWAT mô phỏng tại các lưu vực cụ thể được thiết lập có thể tích hợp lên hệ thống Web để cập nhật dữ liệu thời tiết để tiếp tục quá trình mô phỏng. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa đề cập đến vấn đề giải quyết bài toán đáp ứng được yêu cầu mô phỏng theo thời gian thực.
Năm 2017 nhóm nghiên cứu do PGS.TS. Lê Trung Thành làm trưởng nhóm đã thực hiện nghiên cứu mạng cảm biến không dây, cảm biến quang tích hợp ứng dụng trong quan trắc môi trường đã bước đầu chế tạo mạch cảm biến tích hợp, triển khai thử nghiệm một số hệ thống giám sát đa chặng từ xa, cho kết quả rất khả quan.
Tại lưu vực sông Nhuệ – sông Đáy là một trong những khu vực đông dân cư nhất Việt Nam. Khoảng hơn mười triệu người hiện đang sống trong khu vực này chỉ được thoát nước một phần. Nhiều nghiên cứu ứng dụng các mô hình chất lượng nước đã được nghiên cứu, áp dụng trên lưu vực sông Nhuệ – sông Đáy từ những năm 1990.
Qua tổng quan các nghiên cứu trên thế giới, ở Việt Nam và tại khu vực nghiên cứu về lĩnh vực quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông có thể thấy các hướng nghiên cứu chủ yếu sử dụng các dữ liệu không gian, thời gian trong quá khứ để phân tích, đánh giá, hỗ trợ ra quyết định. Hầu hết các nghiên cứu đó chưa đề xuất một giải pháp tổng thể kết hợp thế mạnh của các công nghệ cảm biến không dây, WebGIS và mô hình hóa để giải quyết các bài toán thực tiễn theo thời gian thực trên quy mô toàn lưu vực. Do vậy rất cần thực hiện nhiều nghiên cứu liên ngành đặc biệt đối với các nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới có khả năng tích hợp cao.



Hình 1.3: Kiến trúc của hệ thống SWATShare [58]

Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng một số phương pháp chính như sau:
- Phương pháp khảo sát thực địa;
- Các phương pháp ứng dụng công nghệ GIS xử lý dữ liệu không gian, dữ liệu thuộc tính hỗ trợ quản lý tài nguyên và môi trường;
- Ứng dụng mô hình SWAT mô phỏng yếu tố dòng chảy và tài nguyên nước tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy.
- Phương pháp thiết kế hệ cảm biến không dây (cảm biến điện và cảm biến quang) hỗ trợ quan trắc từ xa, tự động các yếu tố khí tượng, thủy văn và môi trường;
- Phương pháp xây dựng hệ thống thông tin tích hợp kết quả thu thập từ cảm biến làm dữ liệu đầu vào cho mô hình;
- Phương pháp trực quan hóa dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính trên hệ thống thông tin tích hợp phục vụ công tác theo dõi, giám sát và hỗ trợ ra quyết định.

Chương 2

Ứng dụng hệ thống thông tin địa lý và mô hình hóa mô phỏng chế độ dòng chảy tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy

Đặc điểm của lưu vực sông Nhuệ - Đáy

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy, nằm trên địa bàn thành phố Hà Nội và các tỉnh Hòa Bình, Hà Nam, Nam Định và Ninh Bình. Lưu vực này được chia thành các tiểu lưu vực trên cơ sở bản đồ DEM và mạng lưới sông chính và sông nhánh. Lưu vực sông Nhuệ Đáy có khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm - nóng với mùa đông khô lạnh và mùa hè mưa nóng. Nhiệt độ trung bình hàng năm từ 24-27^{0}C. Lượng mưa trung bình hàng năm từ 1500-2200 mm, với lượng mưa đỉnh điểm xảy ra ở núi Ba Vì ở thượng lưu sông Tích.
Mạng lưới sông suối: Các sông chính trong lưu vực: Nhuệ, Thanh Hà, Tích, Hoàng Long, Châu Giang, Đào, Ninh Cơ. Sông Tô Lịch là nhánh chính Của Sông Nhuệ nhận nước từ sông Lừ, Kim Ngưu, Sét. Mật độ lưới sông: biến đổi từ 0,7-1,2km/km2. - Toàn bộ lưu vực sông Nhuệ- Đáy có diện tích tự nhiên 7665 km, chiếm khoảng 2% diện tích cả nước

Phân loại mô hình hóa

Phần lớn các nghiên cứu mô hình hóa trong môi trường có thể sắp xếp vào một trong ba loại cơ bản: mô hình vật lý thực nghiệm, mô hình ước lượng và mô hình toán học (physical modeling, empirical modeling, and mathematical modeling). Trong khi ba mô hình trên có đặc tính hoàn toàn khác nhau nhưng chúng bổ sung lẫn nhau và đều có vai trò quan trọng, cả mô hình vật lý thực nghiệm và mô hình ước lượng cung cấp những thông tin vô cùng quan trọng cho quá trình mô hình hóa bằng phương pháp toán học.Trong đó có thể kể đến các mô hình như mô hình MIKE-NAM, MIKE-SHE, HEC- HMS, WEAP, SWAT.

Lựa chọn và thiết lập mô hình SWAT

Chương này tác giả của luận án sẽ tập trung phân tích các ứng dụng của công nghệ GIS và mô hình hóa trong việc mô phỏng yếu tố dòng chảy và tài nguyên nước tại lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Căn cứ vào các phân tích ở Chương 1 về tiêu chuẩn lựa chọn mô hình và dựa vào đặc điểm của lưu vực sông Nhuệ - Đáy là một lưu vực có diện tích trung bình, lưu vực có địa hình không hoàn toàn là

đồng bằng, cũng không phải là miền núi dốc và căn cứ vào khả năng của các mô hình nghiên cứu sinh lựa chọn mô hình SWAT, là một mô hình bán phân bố.
Dữ liệu đầu vào của mô hình SWAT gồm có dữ liệu thuộc tính và dữ liệu không gian được biên tập và xử lý thông qua phần mềm ArcGIS và một số công cụ lập trình khác. Mô hình SWAT tiến hành mô phỏng lưu vực sông Nhuệ - Đáy gồm quá trình phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực dựa trên dữ liệu DEM, chồng ghép các dữ liệu địa hình, dữ liệu về sử dụng đất, dữ liệu thổ nhưỡng và các dữ liệu không gian cũng như thuộc tính của trạm quan trắc để hình thành các đơn vị thủy văn.

.1 Dữ liệu địa hình (mô hình số độ cao, DEM)

Bản đồ số độ cao với độ phân giải 30m x 30m trên pixel đã được sử dụng để xây dựng mô hình cho khu vực nghiên cứu, bản đồ DEM được tích hợp trong bản đồ Hành chính lưu vực sông Nhuệ - Đáy.

.2 Dữ liệu thổ nhưỡng

Dữ liệu thổ nhưỡng đất thu thập theo từng mẫu phẫu diện, tại Trung tâm Đánh giá đất, Tổng cục đất đai, Bộ TN&MT bao gồm các dữ liệu về: độ dày tầng đất, pHKCl,OM, lân tổng số, Catrion trao đổi, thành phần cơ giới.

.3 Dữ liệu sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất được biên tập sang định dạng raster theo yêu cầu của mô hình SWAT bao gồm các loại hình sử dụng đất, trong đó ký hiệu các loại hình sử dụng đất được chuyển về mã định dạng của mô hình SWAT.

.4 Dữ liệu khí tượng thủy văn

Dữ liệu khí tượng, thủy văn gồm dữ liệu lượng mưa từ năm 2011 đến năm 2020 được thu thập tại các trạm Hà Đông, Ba Thá, Phủ lý và Như Tân; dữ liệu nhiệt độ từ năm 2011 đến năm 2020 thu thập tại trạm Hà Đông; dữ liệu về lưu lượng dòng chảy thu thập tại trạm Ba Thá từ năm 1978 đến năm 1980, hiện nay các trạm thủy văn trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy đã ngừng quan trắc yếu tố lưu lượng dòng chảy. Dữ liệu mưa và lưu lượng dòng chảy tại trạm Ba Thá từ năm 1978 đến năm 1980 sẽ được dùng để hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình.

.5 Các yêu cầu về chuẩn hóa dữ liệu

- Dữ liệu DEM, thổ nhưỡng, và sử dụng đất được chuẩn hóa về định dạng Raster (grid) với hệ tọa độ WGS 1984, phép chiếu UTM, vùng 48N.
- Dữ liệu thổ nhưỡng, và sử dụng đất diễn tả giá trị các pixel ứng với loại đất và loại sử dụng đất từ thông tin của bản đồ gốc. Những tập tin này (look-up table) ở định dạng ASCII hay DB IV.
- Chuỗi dữ liệu mưa ngày được thu thập theo hai giai đoạn từ năm 1978 đến năm 1980 tại trạm Ba Thá, giai đoạn 2011-2020 thu thập tại các trạm Hà Đông, Ba Thá, Như Tân, dữ liệu được tổ chức theo định dạng excel thành các tập tin dạng text và được chuẩn hóa theo định dạng của mô hình SWAT.
- Chuỗi dữ liệu về lưu lượng dòng chảy theo ngày được tổng hợp trong giai đoạn từ năm 1978 - 1980 cho việc hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình, dữ liệu thu thập tại trạm Ba Thá. Lý do sử dụng chuỗi dữ liệu ở giai đoạn này là do các trạm khí tượng, thủy văn trong lưu vực đã dừng quan trắc yếu tố lưu lượng và chỉ có dữ liệu trong 3 năm từ năm 1978 đến năm 1980.

Thiết lập và hiệu chỉnh mô hình

.1 Quá trình thành lập mô hình

Bước đầu tiên mô hình sử dụng dữ liệu DEM để tiến hành phân chia lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Lưu vực được mô phỏng căn cứ vào điểm thượng lưu và hạ lưu của con sông. Trong nghiên cứu của luận án này lưu vực sông Nhuệ - Đáy được chia thành 23 tiểu lưu vực (subbasin) dựa vào vùng tiếp nhận nước của các nhánh sông chính trên lưu vực. Quá trình này được thực hiện bởi chức năng "Watershed delineator" của phần mềm ArcSWAT, mô hình tự động tính toán độ cao dựa trên độ cao địa hình của bản đồ DEM để hình thành dòng chảy và phân chia thành các tiểu lưu vực như Hình

Bước tiếp theo xây dựng bản đồ HRU (đơn vị đồng nhất về thủy văn), với phần cập nhập dữ liệu về thổ nhưỡng, sử dụng đất, phân loại độ dốc (5 lớp theo quy ước của Bộ Nông nghiệp & Phát triển Nông thôn, MARD). Sau khi phân loại lại loại sử dụng đất và loại thổ nhưỡng và độ dốc, giao diện ArcSWAT cho phép tiến hành chồng ghép (Overlay) 3 lớp bản đồ này lại với nhau để xây dựng lớp bản đồ HRU (đơn vị đồng nhất thủy văn).

Trong luận án này tác giả thiết lập mô hình sử dụng dữ liệu đầu vào là dữ liệu lượng mưa tại Trạm khí tượng Hà Đông, Ba Thá, Như Tân.

.2 Hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm chứng thường bao gồm các bước sau:

- Xác định khoảng dữ liệu quan trắc đã thu thập được;
- Chạy mô hình với các giá trị khác nhau đối với những thông số không xác định, cho đến khi kết quả mô hình phù hợp với thực tế;
- Áp dụng mô hình đã hiệu chỉnh cho chuỗi dữ liệu quan trắc còn lại để thấy được khả năng của mô hình chính xác đến mức độ nào, quá trình này được gọi là quá trình kiểm chứng mô hình.

Lưu vực sông Nhuệ - Đáy chỉ có ba năm từ 1978 đến năm 1980. Do vậy luận án sẽ tiến hành hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình với chuỗi dữ liệu này, nếu dữ liệu về lưu lượng dòng chảy được quan trắc tại một trạm thượng lưu và một trạm phần hạ lưu thì quá trình hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình sẽ tốt hơn.

Quá trình phân tích độ nhạy trong mô hình (sensitivity analysis) là quá trình khảo sát tác động của giá trị các thông số nhằm biết được những thông số nào có tác động lớn hay nhỏ tới kết quả của mô hình.

a) Các hệ số đánh giá trong quá trình hiệu chỉnh mô hình

Các hệ số Nash - Sutcliffe (NSE), hệ số xác định R^2 và độ lệch phần trăm (PBIAS) đã được sử dụng để đánh giá kết quả tính toán của mô hình.

Kết quả của quá trình hiệu chỉnh mô hình đạt các giá trị $NSE \geqslant 0.5$, $R^2 \geqslant 0.6$, $PBIAS \pm 15\%$ đối với lưu lượng dòng chảy được xem là hiệu chỉnh thành công.

b) Kết quả hiệu chỉnh các thông số mô hình

Quá trình hiệu chỉnh mô hình được tiến hành tại trạm thủy văn Ba Thá trong hai năm 1978 và 1979. Trên cơ sở giá trị các chỉ số đánh giá R2, NSE, PBIAS lần lượt là 0.53, 0.61, 6.89%, có thể kết luận tổ hợp các giá trị hiệu chỉnh như Bảng dưới đây đạt yêu cầu.

c) Kết quả kiểm chứng mô hình

Quá trình kiểm chứng mô hình là quá trình sử dụng kết quả của quá trình hiệu chỉnh mô hình, dữ liệu lưu lượng dòng chảy quan trắc trong năm 1980 tại trạm Ba Thá sẽ được sử dụng trong quá trình kiểm chứng mô hình. Kết quả mô phỏng được so sánh với dữ liệu quan trắc như. Giá trị các chỉ số đánh giá R^2, NSE, $PBIAS$ lần lượt bằng 0.91, 0.9, 6%.

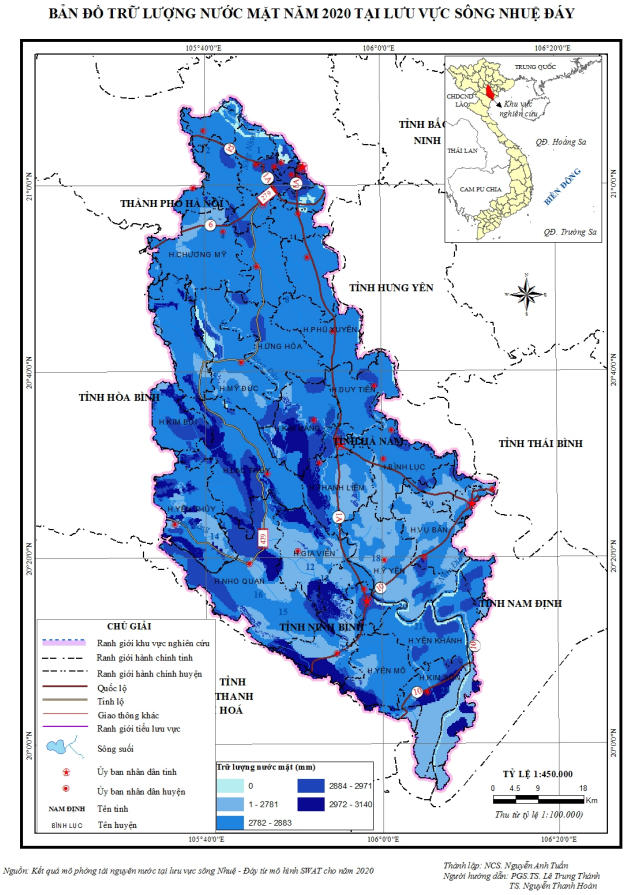
.3 Tính toán lưu lượng dòng chảy và thành lập bản đồ tài nguyên nước cho lưu vực sông Nhuệ-Đáy

Tính lượng tài nguyên nước trong lưu vực

Tài nguyên nước trong lưu vực được mô hình SWAT mô phỏng và tính toán theo phương trình .3:

$$WYLD = Q_{surf} + Q_{LAT} + Q_{gw} - Q_{TLOSS} - W_{pond}$$

Quá trình thành lập mô hình SWAT cho lưu vực sông Nhuệ-Đáy đã được thực hiện, kết quả của mô hình bao gồm các kết quả về mặt không gian và thuộc tính. Kết quả thuộc tính thu được trong tập tin output.hru. Kết quả tổng lượng nước rời khỏi HRU để hình thành dòng chảy trên sông sẽ được tính toán theo từng đơn vị HRU và tổng hợp tại trường dữ liệu WYLD trong tập tin "output.hru". Bước tiếp theo tác giả sử dụng các công cụ lập trình FORTRAN và GIS để thành lập bản đồ tài nguyên nước như Hình 2.1.



Hình 2.1: Bản đồ trữ lượng nước mặt của lưu vực sông Nhuệ-Đáy năm 2020

Tiểu kết chương 2

- Chương này luận án đã thiết lập thành công mô hình SWAT cho lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Quá trình hiệu chỉnh được thực hiện trong 2 năm 1978 - 1979, giai đoạn kiểm chứng mô hình thực hiện năm 1980.
- Kết quả mô phỏng giúp cho việc phân vùng lưu vực thành các tiểu lưu vực để dễ dàng tính toán và đánh giá lưu lượng dòng chảy tại mỗi tiểu lưu vực, bản đồ tài nguyên nước mặt được thành lập dựa trên kết quả mô phỏng. Các kết quả từ nghiên cứu này đã chứng minh khả năng ứng dụng hiệu

quả công nghệ GIS và mô hình hóa trong đánh giá tài nguyên nước tại lưu vực.
- Dựa trên kết quả thiết lập thành công mô hình, hướng nghiên cứu tiếp theo về giải pháp giám sát lưu lượng dòng chảy tại các điểm bất kỳ trên lưu vực sông ứng dụng công nghệ mô hình hóa và mạng cảm biến không dây sẽ được thực hiện ở chương tiếp theo.

Chương 3

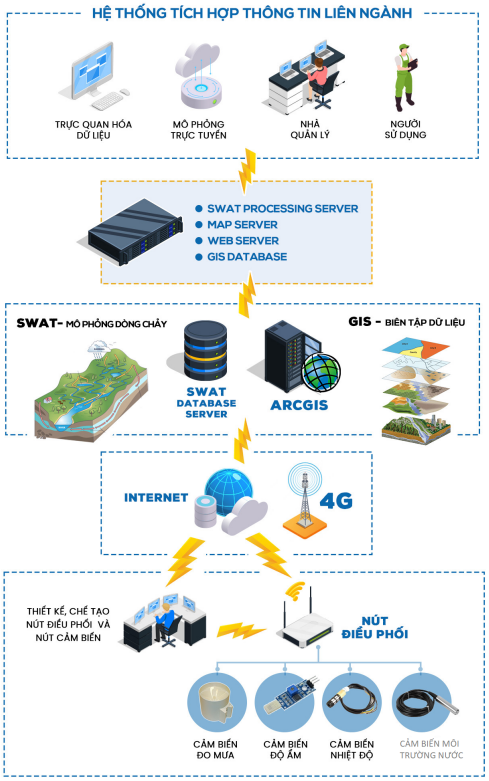
Nghiên cứu thiết kế hệ thống tích hợp mạng cảm biến không dây và mô hình hóa trên nền tảng WebGIS phục vụ quản lý tài nguyên và môi trường

Chương này luận án đề xuất một kiến trúc hệ thống WebGIS tích hợp dữ liệu từ mạng cảm biến không dây làm đầu vào cho mô hình. Cụ thể, dữ liệu mưa, nhiệt độ, độ ẩm được quan trắc, thu thập từ hệ cảm biến không dây và được truyền về trung tâm qua các thiết bị đầu cuối. Hệ thống máy chủ trung tâm được thiết lập trên "đám mây" mạng Internet, dữ liệu từ các cảm biến được truyền về hệ thống máy chủ thông qua nút điều phối (Gateway) và được xử lý theo định dạng dữ liệu đầu vào của mô hình SWAT để tiến hành mô phỏng theo thời gian thực.

Thiết kế kiến trúc hệ thống WebGIS tích hợp dữ liệu từ mạng cảm biến không dây và mô hình hóa

.1 Thiết kế kiến trúc vật lý của hệ thống

Kiến trúc hệ thống thông tin liên ngành trên cơ sở tích hợp hệ cảm biến, mô hình thủy văn và dữ liệu nền địa lý (GIS) gồm các thành phần như Hình 3.1.
Đây là kiến trúc vật lý của một hệ thống tổng thể tích hợp thông tin liên ngành trên cơ sở kết hợp dữ liệu quan trắc từ hệ cảm biến, mô hình hóa và dữ liệu nền địa lý GIS. Các bước chính được tiến hành để thiết lập hệ thống bao gồm:
- Thu thập, xử lý dữ liệu khí tượng, thủy văn tại các trạm khí tượng Hà Đông, trạm thủy văn Như Tân thông qua mạng cảm biến không dây gồm dữ liệu nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa;
- Tích hợp dữ liệu thu được từ hệ cảm biến làm đầu vào cho mô hình SWAT, tiến hành xử lý mô phỏng;
- Thiết kế hệ thống WebGIS kết nối dữ tới máy chủ lưu mô hình (SWAT) qua các hàm API tiến hành mô phỏng yếu tố dòng chảy theo thời gian thực;
- Biên tập, thành lập bản đồ tài nguyên nước, trực quan hóa dữ liệu lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Nhuệ Đáy.



Hình 3.1: Kiến trúc hệ thống thông tin tích hợp liên ngành

.2 Thiết kế kiến trúc logic của hệ thống

Trong luận án này, với giả thiết dữ liệu cảm biến được thu thập liên tục với tần suất 1 giờ/1 lần và được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu IoT. Các dữ liệu không gian về phân bố của lưu vực, ranh giới khu vực nghiên cứu, hiện trạng sử dụng đất, dữ liệu các loại đất v.v sẽ được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu GIS. Ngoài ra, hệ thống còn phân bố một CSDL kết quả để lưu trữ thông tin sau khi mô hình được thực thi, kết quả này sẽ được tích hợp trực tiếp vào CSDL GIS để gắn kèm với các thông tin không gian nhằm cung cấp cái nhìn trực quan hơn cho người dùng. Từ đó, khi người dùng truy cập vào hệ thống và có nhu cầu thực thi mô hình trực tuyến, hệ thống sẽ tiếp nhận yêu cầu của người dùng thông qua giao diện đồ hoạ, sau đó gửi yêu cầu đến máy chủ mô hình thông qua các API được cài đặt trên máy chủ Web.

.3 Thiết kế cơ sở dữ liệu của hệ thống

Kiến trúc cơ sở dữ liệu của hệ thống tích hợp WebGIS bao gồm tập hợp các bảng dữ liệu không gian và phi không gian. Trong đó:
- Bảng dữ liệu không gian bao gồm: lyr_station, lyr_basin, lyr_watershed, lyr_hru, lyr_outlet, lyr_reach, lyr_landuse.
- Bảng dữ liệu phi không gian bao gồm: rainfall_hourly, rainfall_daily, swat_automation-logs.

.4 Chuẩn hóa cơ sở dữ liệu

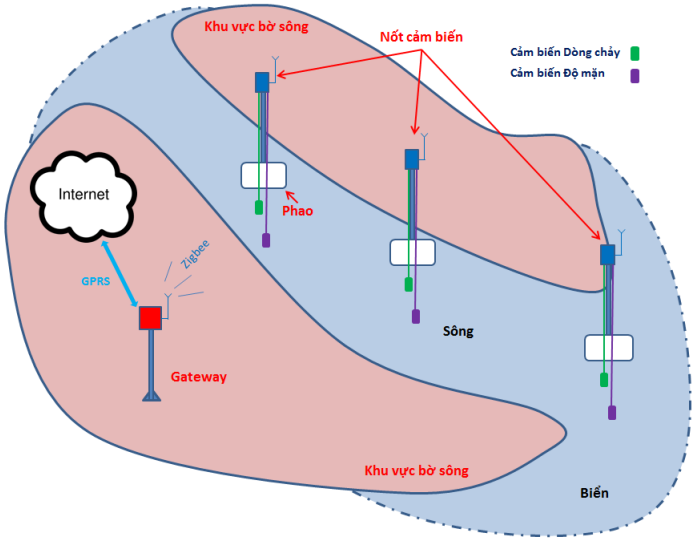
Các thực thể không gian đại diện cho các đặc trưng hình học thường được kết nối với các bộ mô tả liên quan của chúng trong dữ liệu thuộc tính bằng cách sử dụng một quy ước không gian. Trong mô hình dữ liệu địa không gian, các bảng thuộc tính khác nhau lưu trữ các bộ thông tin khác nhau.

Các thông tin liên quan cho một mục đích cụ thể có thể được thu thập từ nhiều bảng bằng cách liên kết hoặc kết nối các bảng lại với nhau để có được thông tin cụ thể về một tập hợp các tính năng không gian.

Thiết kế hệ cảm biến quan trắc một số thông số khí tượng, thủy văn tích hợp vào cho mô hình

.1 Thiết kế hệ cảm biến tích hợp sử dụng công nghệ Zigbee và bo mạch Arduino

Thiết kế hệ cảm biến tích hợp sử dụng công nghệ Zigbee và bo mạch Arduino bao gồm phát triển phần mềm, phần cứng để thành một hệ thống hoàn chỉnh. Hình 3.2 mô tả một kiến trúc của hệ thống giám sát một số thông số khí tượng thủy văn và môi trường.

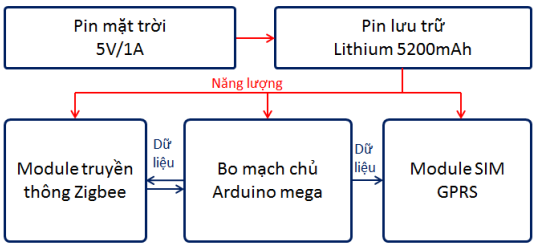


Hình 3.2: Cấu trúc của một mô hình hệ thống giám sát

Hệ thống giám sát được thiết kế dựa vào công nghệ Zigbee, đây là một tiêu chuẩn mạng lưới không dây có chi phí vận hành thấp, tiêu tốn ít năng lượng, hệ thống thường được lựa chọn để thiết kế, chế tạo các thiết bị chạy bằng pin, ưu điểm của công nghệ Zigbee là cung cấp thông tin liên lạc có độ trễ thấp thường được tích hợp với radio và vi điều khiển.

.2 Thiết kế nút điều phối

Cấu trúc của một nút điều phối bao gồm các thành phần: Bo mạch chủ Arduino Mega, Module truyền thông Zigbee, Module SIM – GPRS, và một bộ cung cấp năng lượng gồm pin lưu trữ và pin mặt trời. Sơ đồ thiết kế của một nút gateway được mô tả như Hình 3.3. Phương pháp giao tiếp giữa nút cảm biến và nút điều phối sử dụng giao thức truyền 802.15.4 (hoặc Zigbee), dữ liệu thu thập được từ nút cảm biến sẽ truyền về nút điều phối và qua giao thức truyền thông sử dụng mô đun GPRS, 3G, 4G để truyền về máy chủ trung tâm (Cloud Server). Dữ liệu lưu trữ tại máy chủ trung tâm có thể được hiển thị và trực quan hóa thông qua Web Server và các hàm API để hiển thị trên nền tảng di động.



Hình 3.3: Cấu trúc nút điều phối

.3 Thiết kế nút cảm biến

Thiết kế nút cảm biến đo nhiệt độ, độ ẩm

Nút cảm biến được thiết kế sử dụng bo mạch chủ Ardunio tương tự như cấu trúc của nút điều phối. Cấu tạo của nút cảm biến bao gồm: Bo mạch chủ Arduino Mega, Module truyền thông Zigbee được cấu hình với vai trò là Router, cảm biến nhiệt độ và độ ẩm DHT11, nguồn cấp gồm Pin lưu trữ và Pin năng lượng mặt trời. Bo mạch chủ Arduino Mega sẽ đọc tín hiệu số trả về tương ứng với giá trị nhiệt độ và độ ẩm từ cảm biến; và tính toán, chuyển đổi giá trị số về giá trị nhiệt độ và độ ẩm tương ứng, sau đó truyền về nút điều phối thông qua mạng Zigbee.

Thiết kế nút cảm biến đo mưa

Cấu tạo của nút cảm biến mưa gồm: Bo mạch chủ Arduino Mega, Module truyền thông Zigbee được cấu hình với vai trò là Router, cảm biến lưu lượng mưa, nguồn cấp gồm Pin lưu trữ và Pin năng lượng mặt trời.
Bo mạch chủ Arduino Mega sẽ đọc giá trị xung điện tương ứng với lượng nước mưa khi tràn gầu chứa tại địa điểm đo và tính toán, chuyển đổi giá trí điện áp về giá trị lưu lượng mưa theo thời gian tương ứng, sau đó truyền về nút điều phối thông qua mạng Zigbee.

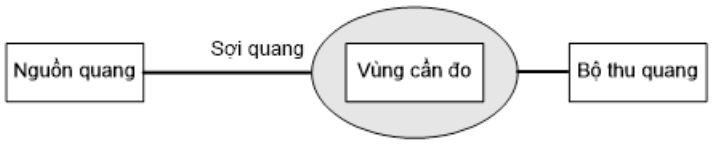
.4 Nguyên lý xử lý dữ liệu của hệ cảm biến

Kết nối giữa các nút cảm biến với nút điều phối là kết nối không dây Zigbee, cho phép các nút mạng tiết kiệm được năng lượng nhưng vẫn đảm bảo được cự ly kết nối xa hơn so với các chuẩn kết nối không dây thông thường như Bluetooth, Lora, hay Wifi. Tuy nhiên để kết nối được các nút mạng phải hoạt động trên cùng một dải tần số và với các tham số truyền như nhau. Như vậy một nút mạng có thể truyền dữ liệu ở bất cứ thời điểm nào khi có nhu cầu. Điều này sẽ dẫn đến một vấn đề mà các hệ thống mạng cảm biến không dây thường hay gặp phải là xung đột tín hiệu. Trong một khoảng thời gian, nếu có nhiều hơn 2 nút mạng cùng phát dữ liệu đi, tín hiệu từ các nút mạng này sẽ "xung đột" với nhau tại phía thu, là thiết bị nút điều phối. Xung đột tín hiệu sẽ làm cho dữ liệu thu nhận bị lỗi, dẫn đến nút mạng phải truyền lại. Với một mạng cảm biến không dây thông thường, việc truyền phát dữ liệu tại các nút mạng được thực hiện theo định thời. Như vậy với các nút mạng cảm biến có vai trò như nhau, thì việc phát lại dữ liệu theo định thời vẫn dẫn đến "xung đột" dữ liệu trong những lần truyền. Để giải quyết vấn đề này, một số chuẩn kết nối cho mạng cảm biến không dây đã tích hợp những cơ chế điều khiển truy nhập, để hạn chế xung đột và xử lý khi xung đột xảy ra, ví dụ như ở chuẩn kết nối Wifi áp dụng cơ chế đa truy nhập tránh xung đột ở tầng vật lý (CSMA/CA).

Thiết kế cảm biến quang đo độ mặn của nước biển dựa trên cơ chế cộng hưởng từ

.1 Giới thiệu về cảm biến quang

Trước tiên để có cái nhìn khái quát về công nghệ cảm biến quang, trong Hình 3.4 chỉ ra sơ đồ tổng quát của một hệ thống cảm biến quang. Nguồn phát tín hiệu quang được đưa vào bộ cảm biến qua sợi quang đầu vào. Đầu ra của bộ cảm biến được nối với một bộ thu quang. Cường độ, bước sóng, pha hay độ phân cực của tín hiệu ra sẽ thay đổi phụ thuộc vào môi trường cần đo. Bằng cách đo sự thay đổi của các tham số đó, tham số môi trường cần đo có thể được xác định.



Hình 3.4: Cấu trúc chung của hệ thống cảm biến quang

Cảm biến quang (optical sensor) có rất nhiều ưu điểm so với các cảm biến khác như tránh được nhiễu điện từ, có độ nhạy cao, tương thích với hệ thống thông tin quang, phản ứng nhanh và băng thông cực lớn.

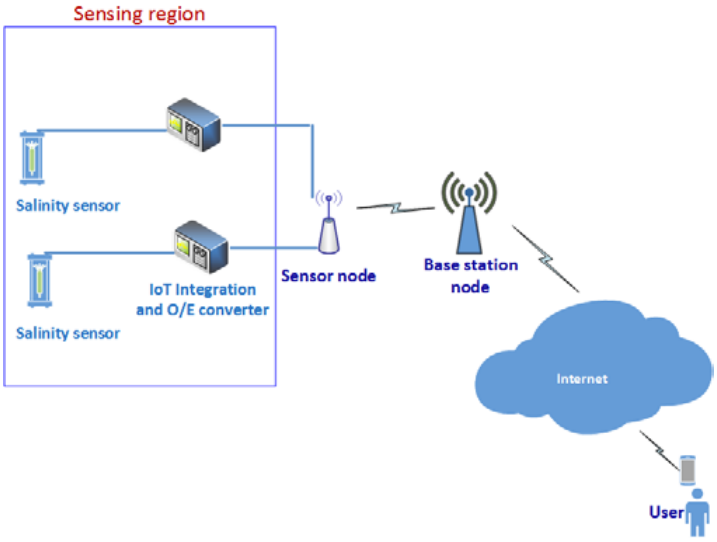
.2 Ứng dụng công nghệ cảm biến quang thiết kế cảm biến đo độ mặn có độ nhạy cao

Phương pháp thiết kế một cấu trúc mới của cảm biến đo độ mặn của nước với độ nhạy cao dựa trên bộ cộng hưởng vi vòng quang được nhúng trong cấu trúc giao thoa đa mode. Giải pháp thiết kế này cũng đề xuất một cách tiếp cận cho các cảm biến quang được tích hợp với mạng cảm biến không dây cho các ứng dụng trực tuyến và theo thời gian thực. Cấu trúc cảm biến có thể cung cấp độ nhạy 581nm/RIU dựa trên cơ chế cường độ quang học. Phương pháp thiết kế này có thể sử dụng ống dẫn sóng silicon cho toàn bộ thiết kế cảm biến, cấu trúc cảm biến này có thể hoạt động ở bước sóng hoạt động 1550nm, phù hợp với truyền thông sợi quang.

Thiết kế cấu trúc cảm biến quang mới

Cấu trúc được đề xuất chứa một bộ ghép 2x4 MMI. Tại một cổng đầu ra, một vi bộ cộng hưởng duy nhất đang tạo ra một pha đặc biệt. Trong thiết kế này, ống dẫn sóng silicon có chiều cao 220nm, chiều rộng 500nm được sử dụng cho hoạt động ở chế độ đơn. Bước sóng là 1550nm. Silica được sử dụng để phủ lớp vỏ tại bộ cộng hưởng tham chiếu, nước muối được sử dụng làm lớp phủ tại vùng tiếp xúc của cảm biến.

Cảm biến quang đo độ mặn nước biển thiết kế ở phần này có thể sử dụng mạng cảm biến không dây Zigbee IEEE 802.15.4 (tần số 2.4GHz, tốc độ dữ liệu 256kbps) như để cập ở mục 3.2.1 để tích hợp vào hệ thống quan trắc phục vụ việc giám sát mức độ xâm thực mặn vùng cửa biển trên lưu vực sông. Cấu hình mạng Zigbee bao gồm ba thành phần như trong Hình 3.5.



Hình 3.5: Cấu trúc tích hợp với hệ thống IoT

Tiểu kết chương 3

Chương 3 của luận án đã giải quyết được ba vấn đề sau:
- Thiết kế và chế tạo hệ cảm biến quan trắc các yếu tố khí tượng thủy văn từ xa, theo thời gian thực bao gồm các yếu tố như nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa. Kết quả này được công bố với công trình số 1: ***"Nghiên cứu giải pháp giám sát (xâm thực măn vùng ven biển) môi trường thông qua mạng cảm biến không dây sử dụng bo mạch Arduino"*** trên Tạp chí Khí tượng thủy văn số tháng 11 năm 2019;

- Thiết kế thành công một cấu trúc cảm biến quang mới dựa trên một bộ ghép MMI 2x4 được tích hợp với một bộ vi cộng hưởng (MRR) để đo độ mặn của nước (nồng độ NaCl) làm tiền đề để chế tạo cảm biến quang có khả năng giám sát mức độ xâm thực mặn ở vùng của biển. Cấu trúc cảm biến này có độ nhạy cao, và có khả năng tích hợp với mạng cảm biến không dây cho các ứng dụng giám sát trực tuyến, từ xa theo thời gian thực. Một số công trình công bố liên quan tới kết quả được công bố tại Hội nghị ICSSE 2021 được lựa chọn vào cơ sở dữ liệu IEEE Xplore: ***"High Sensitity Optical Sensor Based on Resonance Wavelength Shift for Seawater Salinity Integarted with Wireless Sensor Networks"***; trên tạp chí International Academy of Microwave and Optical Technology trong danh mục Scopus: ***Ultra-Low Power PAM-4 Generation Based on a Cascaded 2x2 MMI Coupler for Optical Interconnect and Computing Systems***; trên tạp chí "Semiconductor Optoelectronics"trong danh mục Scopus: ***A silicon-on-insulator ring resonator assisted Mach Zehnder interferometer structure for highly sensitive hydrogen intensity detection***; trên chương sách Communications, Signal Processing, and Systems của nhà xuất bản Springer: ***All-Optical XNOR and XOR Logic Gates Based on Ultra-Compact Multimode Interference Couplers Using Silicon Hybrid Plasmonic Waveguides***; trên tạp chí Semiconductor Optoelectronics trong danh mục Scopus: ***A silicon-on-insulator ring resonator assisted Mach Zehnder interferometer structure for highly sensitive hydrogen intensity detection.***

Chương 4

Kết quả và thử nghiệm

Kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy và thành lập bản đồ tài nguyên nước đã được thực hiện ở chương 2 của luận án. Chương 3 tác giả luận án đã thiết kế kiến trúc hệ thống tích hợp WebGIS gồm hệ cảm biến không dây quan trắc các yếu khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm) tích hợp vào mô hình SWAT phục vụ việc mô phỏng lưu lượng dòng chảy trên sông theo thời gian thực. Đây là kết quả quan trọng, giải quyết bài toán thực tiễn trong việc quản lý tài nguyên nước và hoạt động giám sát, cảnh báo thiên tai trên các lưu vực sông.
Trong chương này luận án trình bày kết quả xây dựng hệ thống thông tin WEBGIS có khả năng tích hợp dữ liệu từ hệ cảm biến vào mô hình phục vụ quản lý tài nguyên nước và môi trường trên lưu vực sông.

Dữ liệu sử dụng trong luận án

.1 Dữ liệu không gian

- DEM: 30x30 (m) được thu thập tại Cổng thông tin điện tử của Nasa.
- Dữ liệu đất (thổ nhưỡng) và Dữ liệu hiện trạng sử dụng đất năm 2010 được thu thập tại Sở Tài nguyên và Môi trường các tỉnh, thành phố có địa giới hành chính năm trong lưu vực

.2 Dữ liệu theo thời gian

- Lượng mưa ngày tại các trạm Hà Đông, Ba Thá, Như Tân được thu thập từ năm 2011 đến năm 2020. Riêng trạm Ba Thá thu thập thêm từ năm 1978 đến năm 1980 để phục vụ hiệu chỉnh và kiểm chứng mô hình.
- Dữ liệu nhiệt độ trung bình ngày tại tại các trạm Hà Đông, Ba Thá, Như Tân được thu thập từ năm 2011 đến năm 2020.
- Dữ liệu độ ẩm theo ngày tại tại các trạm Hà Đông, Ba Thá, Như Tân được thu thập từ năm 2011 đến năm 2020.
- Nguồn dữ liệu: Trung tâm khí tượng thủy văn quốc gia và từ cảm biến

Tiến hành thử nghiệm tại khu vực nghiên cứu

.1 Mô tả địa bản thử nghiệm

Hệ cảm biến sau khi thiết kế, chế tạo đã được tiến hành kiểm định một số chỉ tiêu như nhiệt độ, độ ẩm tại Trung tâm quan trắc khí tượng thủy văn thuộc Tổng cục khí tượng thủy văn quốc gia, kết quả kiểm định đạt theo tiêu chuẩn của ngành. Hệ cảm biến gồm cảm biến lượng mưa, nhiệt độ,

Hình 4.1: Lắp đặt thử nghiệm hệ cảm biến tại trạm khí tượng Hà Đông và trạm thủy văn Như Tân

và độ ẩm được tiến hành lắp đặt thử nghiệm ở hai trạm gồm Trạm khí tượng Hà Đông (Hà Nội) ở thượng nguồn và Trạm thủy văn Như Tân (Ninh Bình) ở hạ nguồn lưu vực sông Nhuệ - Đáy.

.2 Kịch bản thử nghiệm

- Lựa chọn vị trí lắp đặt bộ cảm biến tại hai trạm Hà Đông và Như Tân. Mỗi bộ cảm biến bao gồm nút điều phối và các nút cảm biến đo lượng mưa, nhiệt độ, và độ ẩm.
- Nạp mã lập trình nhúng thiết lập hệ thống để thu thập dữ liệu đo từ cảm biến với tần suất đo 15 phút/lần . Dữ liệu đo sẽ được truyền trực tiếp vào cơ sở dữ liệu IoT trực tuyến được lưu trên máy chủ đám mây. Đồng thời sau mỗi lần đo, dữ liệu trung bình ngày cũng được tính toán lại và lưu trữ trong cơ sở dữ liệu trên.
- Cấu hình các thông số đầu vào cho mô hình SWAT. Lập trình API cho phép thực thi mô hình SWAT trên máy chủ đám mây. Trong đó, các dữ liệu được thu thập từ các bộ cảm biến phục vụ cho hoạt động của mô hình SWAT sẽ được truy xuất từ cơ sở dữ liệu IoT và sau đó được tự động định dạng lại để phù hợp với quy chuẩn thông số đầu vào của mô hình.
- Thiết lập cơ chế CronJob cho phép thực thi mô hình SWAT thông qua API đã được lập trình với tần suất 4h/lần mỗi ngày . Kết quả đầu ra của mô hình SWAT sẽ được cập nhật liên tục sau mỗi lần thực thi, được trích xuất và lưu trữ trực tiếp vào cơ sở dữ liệu SWAT trên máy chủ đám mây.
- Hệ thống WebGIS cho phép trực quan hóa dữ liệu không gian về vị trí lắp đặt bộ cảm biến trong lưu vực, ranh giới khu vực nghiên cứu, hiện trạng sử dụng đất, dữ liệu các loại đất v.v. Đồng thời, phát triển các công cụ cho phép truy xuất dữ liệu được thu thập từ các bộ cảm biến bao gồm dữ liệu về lượng mưa, nhiệt độ, độ ẩm thể hiện dưới dạng biểu đồ theo thời gian gần thực. Kết quả mô phỏng của mô hình SWAT cũng sẽ được trực quan hóa bởi công cụ riêng để hiển thị các thông số về lưu lượng dòng chảy trên lưu vực, v.v. Dữ liệu này sau đó được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu không gian PostgreSQ/PostGIS được cài đặt trên máy chủ đám mây.

Kết quả tích hợp trên hệ thống WebGIS

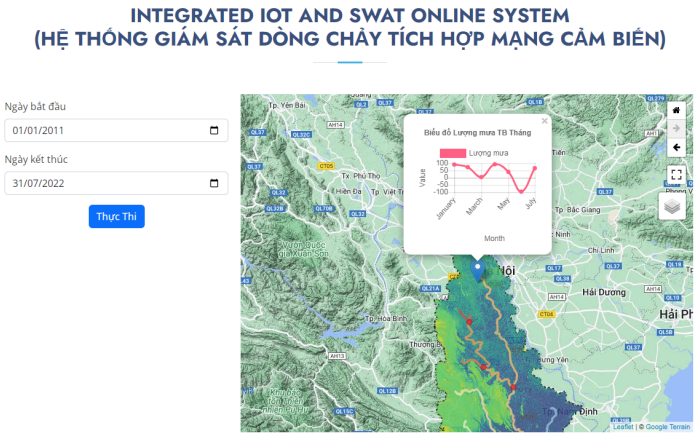
.1 Tích hợp dữ liệu cảm biến

Hệ thống thông tin WebGIS tích hợp dữ liệu cảm biến không dây và dữ liệu nền địa lý vào mô hình thủy văn phục vụ quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông theo thời gian thực gồm ba phân hệ

như sau:

- Phân hệ thu thập dữ liệu trực tuyến ứng dụng mạng cảm biến không dây làm đầu vào cho mô hình gồm dữ liệu mưa, dữ liệu nhiệt độ không khí. Nút cảm biến sau khi thu thập được dữ liệu tại hiện trường sẽ được đóng gói gửi về nút điều phối (nút gateway) và truyền về máy chủ trung tâm qua mạng 4G để lưu trữ và xử lý theo chu kỳ 1 giờ/lần. Giải pháp này giúp cho việc tiết kiệm năng lượng và kéo dài thời gian hoạt động của thiết bị.
- Phân hệ xử lý dữ liệu làm đầu vào cho mô hình: Dữ liệu thu thập được từ cảm biến sẽ được tính toán thành dữ liệu trung bình ngày có định dạng theo yêu cầu của mô hình SWAT.
- Phân hệ hiển thị dữ liệu: Dữ liệu dòng chảy và dữ liệu không gian sau khi được mô phỏng bởi mô hình sẽ được tính toán, thu thập và hiển thị lên môi trường trực tuyến, dữ liệu gồm dữ liệu thuộc tính và dữ liệu không gian (GIS).

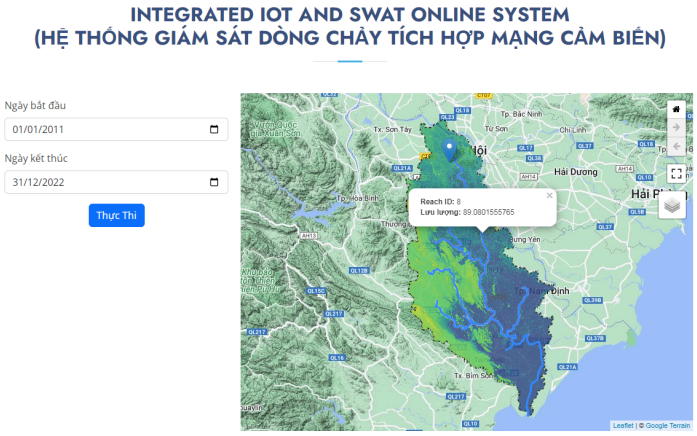
.2 Tích hợp kết quả mô phỏng của mô hình



Hình 4.2: Chức năng theo dõi lượng mưa trung bình theo tháng

Sau khi dữ liệu mưa được thu thập làm đầu vào cho mô hình SWAT hệ thống sẽ xử lý dữ liệu thu thập được và tiến hành mô phỏng theo thời gian thực hoặc gần thực để tính toán lưu lượng dòng chảy và xây dựng bản đồ phân bổ tài nguyên nước. Tiếp theo hệ thống sẽ trực quan hóa dữ liệu dòng chảy từ kết quả tính toán của mô hình, yếu tố lưu lượng dòng chảy được cập nhật hằng ngày hoặc trung bình theo tháng như Hình 4.2.

Hệ thống còn có thể truy xuất trực tiếp dữ liệu lưu lượng dòng chảy theo ngày tại các khúc sông đã được phân vùng tại 23 tiểu lưu vực như Hình 4.3 và thành lập bản đồ tài nguyên nước dựa trên các kết quả tính toán của mô hình.



Hình 4.3: Tính toán, mô phỏng yếu tố dòng chảy trên lưu vực sông Nhuệ-Đáy

.3 Đánh giá kết quả thử nghiệm

Giải pháp giám sát tài nguyên nước và môi trường trên lưu vực sông đã được thiết kế hoàn chỉnh thành phần bao gồm các thiết bị phần cứng, các công nghệ truyền dẫn không dây, công nghệ lưu trữ và xử lý dữ liệu không gian và thời gian trên môi trường Internet. Hệ thống có khả năng mô phỏng và giám sát dữ liệu theo thời gian thực, đáp ứng được các yêu cầu trong thực tiễn phục vụ công tác phòng, chống thiên tai, lũ lụt, hỗ trợ ra quyết định trong vấn đề quản lý và sử dụng hợp lý nguồn tài nguyên nước trên lưu vực sông.

Đánh giá chung có thể thấy hệ thống có một số ưu điểm ở khả năng mô phỏng, trích xuất dữ liệu theo thời gian thực trong các khoảng thời gian nhất định. Tuy nhiên, hệ cảm biến quan trắc các yếu tố khí tượng, thủy văn mới là các thiết bị thử nghiệm. Để hệ thống có thể vận hành ổn định, lâu dài và có khả năng hoạt động trong điều kiện thời tiết, khí hậu ngoài trời cần tính đến việc thiết kế, chế tạo theo chuẩn công nghiệp.

Tiểu kết chương 4

Chương 4 đã trình bày kết quả tích hợp kết quả quan trắc của hệ cảm biến không dây và mô hình SWAT vào hệ thống WebGIS hỗ trợ theo dõi, giám sát tài nguyên nước trên lưu vực sông Nhuệ - Đáy. Một phần kết quả này được công bố trên tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, tập 71, số 06, tháng 8 năm 2020: ***"Thiết kế hệ thống IoTs dựa trên mạng cảm biến không dây Zigbee phục vụ quan trắc khí tượng thủy văn và môi trường"***.

Kết luận và kiến nghị

1. Đóng góp của luận án

Luận án đã đề xuất và giải quyết được 3 bài toán, là điểm mới đóng góp vào các hướng nghiên cứu trong lĩnh vực quản lý tài nguyên và môi trường, đặc biệt là quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông:
- *Thứ nhất,* xây dựng được một hệ thống WEBGIS tích hợp dữ liệu cảm biến không dây và dữ liệu nền địa lý vào mô hình thủy văn phục vụ quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông theo thời gian thực;
- *Thứ hai,* nghiên cứu, thiết kế được một hệ cảm biến có thể tích hợp các loại cảm biến không dây khác nhau phục vụ theo dõi, giám sát các thông số khí tượng, thủy văn và môi trường;
- *Thứ ba,* nghiên cứu, thiết kế được một cấu trúc cảm biến quang đo độ mặn của nước có khả năng tích hợp lên mạng cảm biến không dây.

2. Đề xuất ứng dụng giải pháp trong thực tiễn

Kết quả của luận án đã đề xuất được giải pháp tổng thể từ quan trắc dữ liệu tại các điểm quan trắc trên lưu vực, đến xử lý dữ liệu từ mạng cảm biến không dây làm đầu vào cho mô hình để thực hiện mô phỏng, tính toán lưu lượng dòng chảy tại các khúc sông thuộc các tiểu lưu vực và trên toàn lưu vực, trực quan hóa kết quả mô phỏng, theo dõi dữ liệu về tài nguyên nước từ xa, theo thời gian thực. Trước mắt, nếu hệ thống được ứng dụng có thể giúp cho việc giảm nguồn lực về con người, cũng như vật chất để thực hiện công tác quan trắc các yếu tố khí tượng, thủy văn, và môi trường trong lưu vực. Kết quả mô phỏng được báo về các thiết bị di động của nhà quản lý để nắm bắt tình hình và hỗ trợ ra quyết định.

3. Kiến nghị

- Lưu vực sông Nhuệ - Đáy là một lưu vực có diện tích lớn, do vậy để đảm bảo dữ liệu đầu vào là dữ liệu mưa, nhiệt độ, độ ẩm phân bố đều trên toàn lưu vực, thể hiện được đặc trưng của khí hậu từ vùng thượng lưu và vùng hạ lưu thì cần bổ sung một số trạm quan trắc yếu tố mưa.
- Các thiết bị chế tạo của hệ cảm biến cần được thiết kế theo các tiêu chuẩn công nghiệp để có khả năng sử dụng trong các điều kiện, môi trường khác nhau, đảm bảo tính liên tục của dữ liệu.

Danh mục công trình công bố

1. Trung Thanh Le, Duy Tien Le, The Duong Do, Thi Hong Loan Nguyen and **Anh Tuan Nguyen**, *A silicon-on-insulator ring resonator assisted Mach Zehnder interferometer structure for highly sensitive hydrogen intensity detection*, Semiconductor Optoelectronics, 2023.

2. Nguyen Thi Hong Loan, Le Duy Tien, **Nguyen Anh Tuan**, Le Minh Duong, and Le Trung Thanh, *"All-Optical XNOR and XOR Logic Gates Based on Ultra-Compact Multimode Interference Couplers Using Silicon Hybrid Plasmonic Waveguides"*, in Communications, Signal Processing, and Systems, Singapore, Q. Liang, W. Wang, X. Liu, Z. Na, and B. Zhang, Eds., 2022: Springer Singapore, pp. 1072-1079.

3. Nguyen Thi Hong Loan, Le Duy Tien, **Nguyen Anh Tuan**, and Le Trung Thanh, *"UltraCompact All-Optical NAND Logic Gates Based on 4 × 4 MMI Coupler Using Silicon Hybrid Plasmonic Waveguides"*, in Recent Advances in Electrical and Electronic Engineering and Computer Science, Singapore, Z. Zakaria and S. S. Emamian, Eds., 2022// 2022: Springer Singapore, pp. 69-75

4. Le Duy Tien, **Nguyen Anh Tuan** Le Trung Thanh, *"Ultra-Low Power PAM-4 Generation Based on a Cascaded 2x2 MMI Coupler for Optical Interconnect and Computing Systems"*, International Journal of Microwave & Optical Technology, 2022 (Scopus)

5. **Nguyen Anh Tuan**, Le Duy Tien, Le Trung Thanh, *Highly Sensitive Optical Sensor Based on Resonance Shift Mechanism for Seawater Salinity Sensing integrated with Wireless Sensor Networks*, (2021 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE)), 2021 (IEEE).

6. **Nguyen Anh Tuan**, Le Duy Tien, Le Trung Thanh, Nguyen Van Hach, *Optical Integrated Sensor Based on 2x4 Multimode Interference Coupler and Intensity Mechanism with a High Sensitivity*, (19th International Conference on Optical Communications and Networks), 2021, (IEEE).

7. **Nguyễn Anh Tuấn**, Lê Trung Thành, Nguyễn Đình Chinh, Nguyễn Thanh Hoàn, Nguyễn Thanh Trương, *Thiết kế hệ thống IoTs dựa trên mạng cảm biến không dây Zigbee phục vụ quan trắc khí tượng thủy văn và môi trường*, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, 2020.

8. **Nguyễn Anh Tuấn**, Lê Trung Thành, Nguyễn Đình Chinh, *Nghiên cứu giải pháp giám sát (xâm thực mặn ven biển) môi trường thông qua mạng cảm biến không dây sử dụng bo mạch Arduino*, Tạp chí Khí tượng thủy văn, 2019.