

GIS

ỨNG DỤNG CƠ SỞ DỮ LIỆU GIS THOÁT NƯỚC TRONG HỖ TRỢ ĐÁNH GIÁ RỦI RO NGẬP VÀ QUẢN LÝ HẠ TẦNG KỸ THUẬT ĐÔ THỊ MIỀN NÚI THÍCH ỨNG BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU - TRƯỜNG HỢP THÀNH PHỐ CAO BẰNG

APPLICATION OF GIS DATABASES ON DRAINAGE IN SUPPORTING FLOOD RISK ASSESSMENT
AND MANAGEMENT OF URBAN INFRASTRUCTURE IN MOUNTAINOUS AREAS ADAPTING TO
CLIMATE CHANGE - THE CASE OF CAO BANG CITY



TS. Lê Thị Minh Phương¹

Tóm tắt: Các đô thị miền núi phía Bắc Việt Nam đang đối mặt với xu hướng gia tăng mưa cực đoan và nguy cơ ngập úng cục bộ trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Việc xây dựng cơ sở dữ liệu không gian đồng bộ nhằm phục vụ quản lý và dự báo rủi ro ngập lụt là yêu cầu cần thiết trong quản lý đô thị. Bài viết trình bày quy trình xây dựng và tổ chức cơ sở dữ liệu GIS thoát nước đô thị cho thành phố Cao Bằng nhằm phục vụ quản lý hạ tầng kỹ thuật và tạo nền tảng cho các phân tích rủi ro ngập trong các giai đoạn tiếp theo. Nghiên cứu sử dụng cơ sở dữ liệu nền địa lý, và dữ liệu khảo sát thí điểm mạng lưới thoát nước và vị trí hố ga trên một số tuyến đô thị. Các dữ liệu được chuẩn hóa và tích hợp trong môi trường GIS nhằm hình thành cơ sở dữ liệu hạ tầng kỹ thuật đô thị thống nhất. Cơ sở dữ liệu GIS thoát nước cho phép cung cấp các hình ảnh trực quan mạng lưới hạ tầng, hỗ trợ cập nhật và tra cứu thông tin, đồng thời tạo nền tảng dữ liệu phục vụ công tác quy hoạch và quản lý đô thị tại thành phố Cao Bằng.

Từ khóa: GIS, thoát nước đô thị, đô thị miền núi, quản lý hạ tầng, biến đổi khí hậu.

Abstract: Mountainous cities in Northern Vietnam are increasingly facing a growing trend of extreme rainfall and localized

urban flooding in the context of climate change. The development of an integrated spatial database to support flood risk management and assessment has become an essential requirement in urban governance. This article presents the process of developing and organizing a GIS-based urban drainage database for Cao Bang City to support the management of urban technical infrastructure and to provide a data foundation for further flood risk analyses. The study utilizes national geospatial base data and pilot survey data on the drainage network and manhole locations along several urban streets. These datasets were standardized and integrated within a GIS environment to establish a unified urban technical infrastructure database. The GIS-based drainage database provides a visual representation of the infrastructure network, supports data updating and information retrieval, and provides a data platform for urban planning and management in Cao Bang City.

Keywords: GIS, urban drainage, mountainous cities, infrastructure management, climate change.

Nhận bài ngày 20/01/2026, chỉnh sửa ngày 10/02/2026, chấp nhận đăng ngày 31/3/2026.

(¹) Khoa Kỹ thuật Hạ tầng và Môi trường đô thị - Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội

Email: leminhphuong@hau.edu.vn / Tel: 092911368

I. GIỚI THIỆU

Công tác quản lý hệ thống thoát nước tại nhiều đô thị miền núi Việt Nam hiện vẫn chủ yếu dựa trên các hồ sơ kỹ thuật rời rạc, thiếu một cơ sở dữ liệu không gian tích hợp để quản lý và khai thác thông tin hạ tầng. Điều này gây khó khăn trong việc theo dõi hiện trạng hệ thống thoát nước, cập nhật dữ liệu và xác định chính xác vị trí các công trình hạ tầng trong quá trình vận hành và bảo trì. Trong khi đó, đặc điểm địa hình dốc cùng mạng lưới sông suối phân bố dày đặc khiến các đô thị miền núi có mức độ nhạy cảm cao trước các trận mưa lớn cường độ cao. Quá trình phát triển đô thị trong các thung lũng và dọc theo các hành lang sông suối làm gia tăng nguy cơ ngập úng cục bộ, đồng thời tạo áp lực đáng kể đối với hệ thống hạ tầng kỹ thuật đô thị, đặc biệt là hệ thống thoát nước.

Trong điều kiện thiếu cơ sở dữ liệu GIS, việc phân tích mối quan hệ không gian giữa địa hình, thủy hệ và mạng lưới thoát nước còn nhiều hạn chế, gây khó khăn cho công tác đánh giá nguy cơ ngập và hỗ trợ ra quyết định trong quy hoạch và quản lý đô thị[1].

Đô thị Cao Bằng là đô thị miền núi điển hình với địa hình thung lũng được bao quanh bởi các dãy núi và hệ thống sông suối dày đặc, trong đó sông Bằng Giang đóng vai trò trục thủy hệ chính của khu vực đô thị. Đặc điểm địa hình này khiến nhiều khu vực xây dựng tập trung dọc theo các hành lang sông, làm gia tăng nguy cơ ngập úng cục bộ khi xảy ra các trận mưa lớn hoặc khi mực nước sông dâng cao.

Trong những năm gần đây, một số đợt mưa lớn đã gây ra hiện tượng ngập cục bộ tại các khu vực thấp ven sông và các thung lũng đô thị. Hình 1 minh họa các khu vực có nguy cơ ngập và các vùng trũng dọc theo sông Bằng Giang được xác định thông qua phân tích dữ liệu không gian và theo dõi ảnh vệ tinh năm 2025. Các vùng màu sáng thể hiện các khu vực thấp và vùng có khả năng tích tụ nước trong điều kiện mưa lớn hoặc khi khả năng tiêu thoát nước bị hạn chế.



Hình 1. Hiện trạng các khu vực ngập lụt tại thành phố Cao Bằng trong đợt mưa lớn năm 2025

Do đó, việc xây dựng và tổ chức cơ sở dữ liệu GIS cho hệ thống thoát nước đô thị được xem là một hướng tiếp cận quan trọng nhằm tích hợp và quản lý thông tin hạ tầng trong một môi trường dữ liệu thống nhất, đồng thời tạo nền tảng cho các phân tích không gian phục vụ quản lý và quy hoạch đô thị [2]. Việc ứng dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS) cho phép tích hợp và quản lý các dữ liệu không gian liên quan đến hạ tầng kỹ thuật trong cùng một môi trường dữ liệu, từ đó hỗ trợ cập nhật, khai thác và tổ chức thông tin phục vụ quản lý hệ thống thoát nước đô thị[3].

II. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU

2.1. Dữ liệu sử dụng

Các nguồn dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm cơ sở dữ liệu nền địa lý của thành phố Cao Bằng, bao gồm các lớp thông tin về ranh giới hành chính, hệ thống giao thông và địa hình; dữ liệu mô hình số độ cao (DEM); dữ liệu thủy hệ; dữ liệu khảo sát thí điểm mạng lưới thoát nước và vị trí các hố ga trên một số tuyến đô thị; cùng với các hồ sơ kỹ thuật và bản vẽ liên quan đến hệ thống thoát nước.

Các dữ liệu được thu thập, chuẩn hóa và chuyển đổi về cùng hệ tọa độ VN2000 trước khi tích hợp trong môi trường hệ thống thông tin địa lý. Trên cơ sở các nguồn dữ liệu này, cơ sở dữ liệu GIS thoát nước được xây dựng bằng cách tổ chức các đối tượng hạ tầng thoát nước dưới dạng dữ liệu không gian và liên kết với bảng thuộc tính chứa thông tin kỹ thuật của từng đối tượng. Việc tích hợp dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính cho phép hình thành cơ sở dữ liệu GIS phục vụ quản lý và cập nhật thông tin hạ tầng kỹ thuật đô thị.

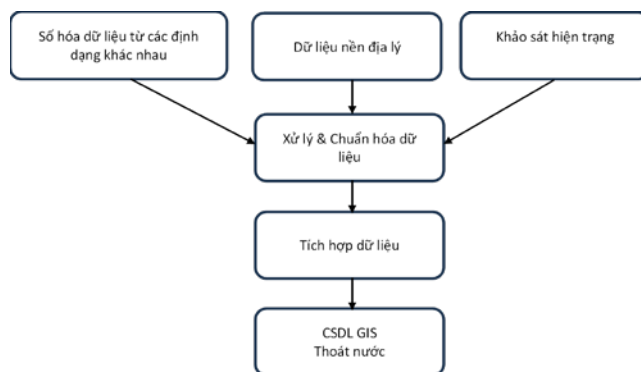
2.2. Phương pháp nghiên cứu

Khảo sát thực địa được thực hiện trên một số tuyến đô thị nhằm định vị vị trí các hố ga và hố thu nước, làm cơ sở xây dựng lớp dữ liệu không gian của mạng lưới thoát nước. Trên cơ sở các dữ liệu thu thập được, cơ sở dữ liệu GIS thoát nước được xây dựng theo khung cấu trúc dữ liệu quy định tại Thông tư số 16/2025/TT-BXD ngày 30/6/2025 của Bộ Xây dựng Quy định chi tiết một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn. Các đối tượng hạ tầng thoát nước được tổ chức dưới dạng lớp dữ liệu không gian và liên kết với bảng thuộc tính chứa các thông tin kỹ thuật của từng đối tượng.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu GIS thoát nước

Kết quả nghiên cứu đã xây dựng quy trình thu thập, chuẩn hóa và tích hợp dữ liệu nhằm hình thành cơ sở dữ liệu GIS cho hệ thống thoát nước đô thị Cao Bằng theo khung cấu trúc dữ liệu quy định (hình 2). Quy trình bao gồm các bước chính: Thu thập dữ liệu nền địa lý và hồ sơ kỹ thuật của hệ thống thoát nước; khảo sát thực địa và định vị vị trí các hố ga, hố thu nước trên một số tuyến đô thị; số hóa mạng lưới thoát nước và xây dựng các lớp dữ liệu không gian; tích hợp dữ liệu không gian và dữ liệu thuộc tính trong môi trường GIS. Quy trình này cho phép chuẩn hóa và tổ chức dữ liệu hạ tầng thoát nước theo cấu trúc thống nhất phục vụ quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị.



Hình 2. Quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu GIS thoát nước đô thị TP. Cao Bằng

3.2. Xây dựng cơ sở dữ liệu GIS thoát nước đô thị

Từ các nguồn dữ liệu thu thập được, cơ sở dữ liệu GIS thoát nước được xây dựng và tổ chức trong môi trường hệ thống thông tin địa lý. Các đối tượng hạ tầng thoát nước được biểu diễn dưới dạng dữ liệu không gian, trong đó mạng lưới cống được thể hiện dưới dạng lớp tuyến (polyline) và các hố ga, hố thu nước được thể hiện dưới dạng lớp điểm (point). Mỗi đối tượng không gian được liên kết với bảng thuộc tính chứa các thông tin kỹ thuật như loại công trình, kích thước, vật liệu, cao độ, tình trạng vận hành và các thông tin liên quan đến quản lý hệ thống.

Cơ sở dữ liệu GIS thoát nước được xây dựng thí điểm trên một số tuyến đô thị thông qua khảo sát thực địa và thu thập dữ liệu kỹ thuật. Các tuyến cống và vị trí hố ga được định vị, số hóa và quản lý trong môi trường GIS nhằm hình thành hệ thống dữ liệu không gian phục vụ quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị. Dữ liệu được tổ chức theo mô hình vector với cấu trúc phân lớp, trong đó lớp tuyến đại diện cho mạng lưới cống và lớp điểm đại diện cho các hố ga, hố thu nước (hình 3).

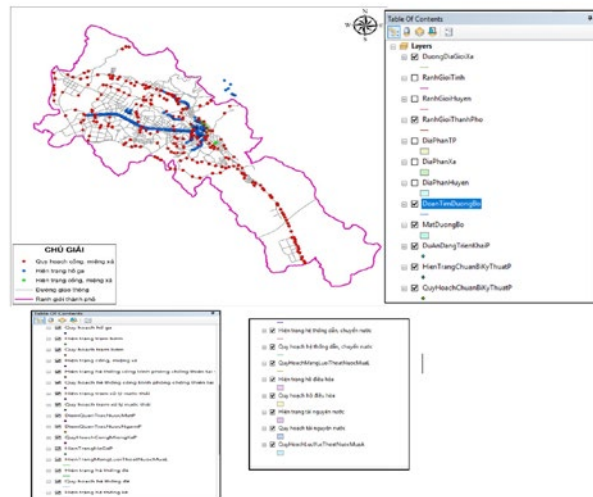
Mỗi đối tượng không gian được liên kết với bảng thuộc tính kỹ thuật thông qua khóa định danh (ID), cho phép truy xuất đồng bộ giữa dữ liệu không gian và dữ liệu kỹ thuật. Cấu trúc dữ liệu này tạo điều kiện thuận lợi cho việc quản lý, cập nhật và theo dõi thông tin hạ tầng theo thời gian.

Trên cơ sở cấu trúc đã thiết lập, cơ sở dữ liệu GIS thoát nước được thiết kế theo hướng mở, cho phép tích hợp với các lớp dữ liệu khác như quy hoạch đô thị, giao thông, thủy hệ và dữ liệu viễn thám trong các giai đoạn tiếp theo (hình 3). Cách tiếp cận này tạo điều kiện cho việc phát triển các phân tích không gian nâng cao như đánh giá tải trọng hệ thống, mô phỏng dòng chảy bề mặt hoặc tích hợp trong các nền tảng quản lý đô thị thông minh.

Kết quả thí điểm cho thấy việc tích hợp dữ liệu tuyến cống và điểm hố ga trong cùng một hệ thống cho phép quản lý trực quan mạng lưới thoát nước theo không gian tuyến. Dữ liệu có thể được tra cứu, cập nhật và khai thác phục vụ công tác vận hành, bảo trì và quản lý hạ tầng kỹ thuật đô thị. Mặc dù phạm vi triển khai mới thực hiện trên một số tuyến điển hình, quy trình xây dựng và tổ chức dữ liệu đã cho thấy tính khả thi trong điều kiện đô thị miền núi, nơi dữ liệu hạ tầng còn phân tán và chưa được chuẩn hóa.

Bên cạnh đó, cơ sở dữ liệu GIS được xây dựng trên nền tảng tích hợp nhiều lớp thông tin không gian liên quan đến hạ tầng kỹ thuật và điều kiện tự nhiên của đô thị. Các lớp dữ liệu như ranh giới hành chính, mạng lưới giao thông, hệ thống sông suối, mạng lưới thoát nước, vị trí hồ ga và các công trình hạ tầng liên quan đến thoát nước và phòng chống thiên tai được tổ chức trong cùng một hệ thống dữ liệu. Việc tổ chức dữ liệu theo cấu trúc lớp cho phép chồng xếp và phân tích đồng thời nhiều lớp thông tin khác nhau[4].

Khả năng chống xếp dữ liệu trong môi trường GIS cho phép xem xét mối quan hệ giữa địa hình (DEM), hệ thống thủy hệ, mạng lưới thoát nước và phân bố không gian đô thị. Cơ sở dữ liệu này không chỉ phục vụ quản lý và cập nhật thông tin hạ tầng kỹ thuật mà còn tạo nền tảng dữ liệu cho các phân tích không gian liên quan đến đánh giá nguy cơ ngập và rủi ro đô thị trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

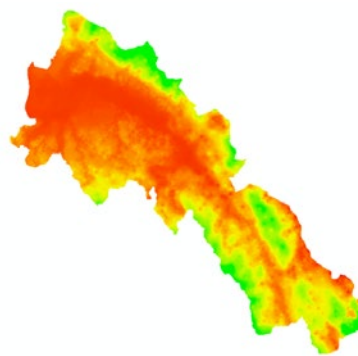


Hình 3. Cơ sở dữ liệu GIS hạ tầng thoát nước đô thị thành phố Cao Bằng và các lớp thông tin tích hợp trong hệ thống

Từ các dữ liệu địa hình được thu thập và chuẩn hóa trong quá trình xây dựng cơ sở dữ liệu GIS, mô hình số độ cao (DEM) của khu vực thành phố Cao Bằng được xây dựng và tích hợp trong hệ thống dữ liệu. DEM là một trong những lớp dữ liệu địa hình quan trọng được hình thành từ bộ cơ sở dữ liệu nền địa lý, cho phép thể hiện trực quan sự phân bố cao độ trong khu vực nghiên cứu. Kết quả DEM cho thấy cấu trúc địa hình đặc trưng của đô thị miền núi, trong đó khu vực phát triển đô thị chủ yếu nằm trong các thung lũng thấp được bao quanh bởi các dải địa hình cao hơn.

Kết quả hiển thị DEM cho thấy sự phân hóa rõ rệt về cao độ trong phạm vi đô thị Cao Bằng, với các vùng thấp tập trung dọc theo hành lang sông Bằng Giang và các vùng địa hình cao hơn ở các khu vực đồi núi xung quanh. Đặc điểm địa hình này có ảnh hưởng trực tiếp đến hướng dòng chảy bề mặt và quá trình tiêu thoát nước tự nhiên trong khu vực đô thị.

Việc xây dựng và tích hợp lớp dữ liệu DEM trong cơ sở dữ liệu GIS là một ví dụ minh họa cho khả năng tổ chức và khai thác thông tin từ bộ cơ sở dữ liệu hạ tầng kỹ thuật đô thị. Thông qua việc chồng xếp lớp DEM với các lớp dữ liệu khác như thủy hệ, mạng lưới thoát nước và phân bố đô thị, hệ thống GIS cho phép xem xét mối quan hệ giữa địa hình và hệ thống tiêu thoát nước, tạo nền tảng dữ liệu phục vụ các nghiên cứu tiếp theo về mô phỏng thoát nước và đánh giá nguy cơ ngập trong bối cảnh biến đổi khí hậu (hình 4).



Hình 4. Mô hình số độ cao (DEM) thành phố Cao Bằng được xây dựng từ cơ sở dữ liệu GIS đô thị



Việc xây dựng và chuẩn hóa cơ sở dữ liệu GIS hạ tầng thoát nước là bước quan trọng trong quản lý hạ tầng kỹ thuật tại các đô thị miền núi

Cơ sở dữ liệu GIS thoát nước được xây dựng cho phép tổ chức và quản lý đồng thời nhiều lớp thông tin không gian liên quan đến hạ tầng kỹ thuật đô thị trong cùng một môi trường dữ liệu. Trong hệ thống này, các lớp dữ liệu như mạng lưới cống, vị trí hố ga, dữ liệu địa hình (DEM), thủy hệ và các lớp dữ liệu nền đô thị được tích hợp và hiển thị trên cùng một nền bản đồ, cho phép tra cứu và cập nhật thông tin hạ tầng theo vị trí không gian.

Việc tổ chức dữ liệu theo cấu trúc lớp trong môi trường GIS có thể chồng xếp các lớp thông tin khác nhau nhằm xem xét mối quan hệ giữa địa hình, hệ thống thủy hệ và mạng lưới thoát nước đô thị. Chẳng hạn, lớp dữ liệu DEM có thể được hiển thị đồng thời với các lớp mạng lưới cống và vị trí hố ga để quan sát sự phân bố của các công trình thoát nước theo điều kiện địa hình. Khả năng chồng xếp dữ liệu này giúp nhận diện các khu vực địa hình thấp hoặc các vị trí có khả năng tích tụ nước trong đô thị.

Trong điều kiện dữ liệu hạ tầng còn phân tán tại nhiều đô thị miền núi, việc xây dựng cơ sở dữ liệu GIS giúp tập trung và chuẩn hóa thông tin hạ tầng kỹ thuật trong một hệ thống dữ liệu thống nhất. Điều này tạo thuận lợi cho công tác quản lý, cập nhật và khai thác thông tin hạ tầng đô thị, đồng thời cung cấp nền tảng dữ liệu phục vụ các nghiên cứu tiếp theo liên quan đến phân tích không gian và đánh giá nguy cơ ngập đô thị.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã xây dựng và triển khai thí điểm cơ sở dữ liệu GIS cho hệ thống thoát nước đô thị tại Cao Bằng trên cơ sở thu thập, chuẩn hóa và tích hợp các nguồn dữ liệu nền địa lý, địa hình, thủy hệ và dữ liệu khảo sát thực địa về mạng lưới thoát

nước. Kết quả nghiên cứu đã hình thành quy trình xây dựng cơ sở dữ liệu GIS thoát nước đô thị và tổ chức các lớp dữ liệu hạ tầng kỹ thuật như mạng lưới cống và vị trí hố ga trong môi trường hệ thống thông tin địa lý.

Cơ sở dữ liệu được tổ chức theo mô hình dữ liệu không gian kết hợp với bảng thuộc tính kỹ thuật, cho phép quản lý, cập nhật và tra cứu thông tin hạ tầng thoát nước theo vị trí không gian. Việc tích hợp các lớp dữ liệu như mạng lưới thoát nước, thủy hệ, dữ liệu nền đô thị và mô hình số độ cao (DEM) trong cùng một hệ thống GIS giúp thể hiện mối quan hệ giữa địa hình, hệ thống tiêu thoát nước và cấu trúc không gian đô thị, đồng thời tạo nền tảng dữ liệu cho các phân tích không gian liên quan đến đánh giá nguy cơ ngập đô thị[5, 6].

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc xây dựng và chuẩn hóa cơ sở dữ liệu GIS hạ tầng thoát nước là bước quan trọng trong quản lý hạ tầng kỹ thuật tại các đô thị miền núi, nơi dữ liệu còn phân tán và thiếu tính đồng bộ. Cơ sở dữ liệu này phục vụ quản lý vận hành hệ thống thoát nước, đồng thời hỗ trợ các nghiên cứu tiếp theo về mô phỏng thoát nước và phân tích rủi ro ngập.

Việc xây dựng và tổ chức cơ sở dữ liệu GIS hạ tầng kỹ thuật cũng góp phần hình thành nền tảng dữ liệu số phục vụ chuyển đổi số trong lĩnh vực xây dựng và quản lý đô thị[7]. Cách tiếp cận của nghiên cứu có thể được tham khảo và áp dụng cho các đô thị có điều kiện tương đồng nhằm nâng cao hiệu quả quản lý hạ tầng kỹ thuật và hỗ trợ công tác quy hoạch đô thị.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nsangou, D., et al., *Urban flood susceptibility modelling using AHP and GIS approach: case of the Mfoundi watershed at Yaoundé in the South-Cameroon plateau*. Scientific African, 2022. 15: p. e01043.
- [2]. Dinh Hiep, L., et al., *Ứng dụng gis phục vụ công tác quản lý hạ tầng đô thị trên địa bàn tp phan rang -tháp chàm, tỉnh ninh thuận*. 2019.
- [3]. Phương, L.T.M., *Hệ thống thông tin địa lý trong quản lý đô thị*. 2018: Nhà xuất bản Xây dựng.
- [4]. Enwin, A., T. Ikiriko, and K. Visigah, *Using Geographic Information Systems as Methodologies in Architecture and Urban Planning Research*. International Journal of Research Publication and Reviews, 2024. 5: p. 4064-4082.
- [5]. Sole, A., et al., *A GIS based urban flood risk analysis model for vulnerability assessment of critical structures during flood emergencies*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss., 2014. 2: p. 2405–2441.
- [6]. Mohammed, Z., L. Y. H. Al-Soudany, and M. Abood, *Potential Flood Hazard Mapping Based on GIS and Analytical Hierarchy Process*. Journal of Water Management Modeling, 2024: p. 26.
- [7]. Bộ Xây Dựng 2025 Thông tư số. 16/2025/TT-BXD Thông tư số 16/2025/TT-BXD ngày 30 tháng 6 năm 2025 quy định chi tiết một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn.