

GIẢI PHÁP GIS, BIM, CIM VÀ UDT TRONG QUY HOẠCH VÀ PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ MIỀN NÚI TẠI TỈNH CAO BẰNG

(Nghiên cứu điển với lưu vực sông Bằng Giang qua Đô thị Cao Bằng)

GIS, BIM, CIM, AND UDT SOLUTIONS IN MOUNTAINOUS URBAN PLANNING AND DEVELOPMENT OF CAO BANG PROVINCE

(Typical Study of the Bang Giang River Basin through Cao Bang City)

TS. KTS. Lưu Đức Minh¹
TS. Lê Thị Thu Huyền²

Tóm tắt: Bài báo trình bày khung giải pháp tích hợp GIS, BIM, CIM và Urban Digital Twin (UDT) nhằm hỗ trợ quy hoạch và phát triển đô thị miền núi tại tỉnh Cao Bằng. Trên cơ sở phân tích đặc điểm địa hình, thủy văn và nguy cơ thiên tai, nghiên cứu đề xuất mô hình dữ liệu không gian 3D tích hợp và mô phỏng thủy lực 2D phục vụ quản lý rủi ro lũ lụt. Thí điểm được thực hiện tại lưu vực sông Bằng Giang đoạn qua đô thị Cao Bằng. Kết quả cho thấy mô hình CIM và UDT cho phép phân tích kịch bản ngập lụt, kiểm soát hành lang bảo vệ sông và hỗ trợ ra quyết định trong điều kiện biến đổi khí hậu.

Từ khóa: BIM, CIM, GIS, lũ lụt đô thị miền núi, tỉnh Cao Bằng, bản sao kỹ thuật số đô thị (UDT).

Abstract: The article presents an integrated framework of GIS, BIM, CIM, and Urban Digital Twin (UDT) to support urban planning and development in mountainous areas of Cao Bang Province. Based on an analysis of topographic characteristics, hydrological conditions, and natural disaster risks, the study proposes an integrated 3D spatial data model combined with 2D hydraulic simulation for flood risk management. A pilot implementation was conducted in the Bang Giang River basin section flowing through Cao Bang City. The results demonstrate that the CIM and UDT models enable flood scenario analysis, river protection corridor control, and decision-making support under climate change conditions.

Keywords: BIM, CIM, GIS, mountainous urban flooding, Cao Bang province, urban digital twin (UDT).

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

I. GIỚI THIỆU

Các tỉnh miền núi phía Bắc, đặc biệt là Cao Bằng, đang bước vào giai đoạn chuyển đổi quan trọng trong phát triển đô thị. Quá trình đô thị hóa diễn ra trên nền địa hình phức tạp, bị chia cắt mạnh bởi núi cao, thung lũng hẹp và mạng lưới sông suối dày đặc. Địa hình chủ yếu là núi đá vôi xen núi đất, các dãy núi chạy theo hướng Tây Bắc – Đông Nam khiến quỹ đất bằng phẳng cho phát triển đô thị trở nên hạn chế.

Đô thị Cao Bằng hình thành trong vùng lòng chảo ven sông Bằng Giang – khu vực có cao độ thấp hơn xung quanh nhưng thuận lợi về giao thông và thương mại. Sự phát triển tập trung dọc hành lang sông tạo điều kiện mở rộng không gian xây dựng, song đồng thời làm gia tăng tính nhạy cảm trước nguy cơ ngập lụt và xói lở. Lưu vực sông Bằng Giang có diện tích không lớn nhưng độ dốc cao, thời gian tập trung dòng chảy ngắn, khiến mực nước có thể dâng nhanh chỉ sau vài giờ mưa lớn ở thượng nguồn. Việc xây dựng dày đặc ven sông còn thu hẹp mặt cắt thoát lũ tự nhiên, làm tăng nguy cơ ngập sâu và sạt lở bờ sông.

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, tần suất và cường độ mưa cực đoan có xu hướng gia tăng, khiến các tham số thiết kế hạ tầng truyền thống không còn phù hợp. Phương pháp quy hoạch dựa trên bản đồ 2D tĩnh khó phản ánh tính động của hệ thống tự nhiên miền núi. Điều này đặt ra yêu cầu tích hợp phân tích thủy văn – thủy lực ngay từ giai đoạn quy hoạch không gian, nhằm hạn chế các quyết định có thể làm gia tăng rủi ro dài hạn.

Vì vậy, chuyển đổi số trong quy hoạch không chỉ là đổi mới công nghệ mà là thay đổi phương thức quản trị. Việc tích hợp GIS,

¹ Phó Giám đốc Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng - Bộ Xây dựng

² Trưởng phòng QL Khoa học - Học viện Chiến lược, bồi dưỡng cán bộ xây dựng - Bộ Xây dựng

Email: ¹luuducminhjp@gmail.com, ²thuhuyen129@yahoo.com

BIM, CIM và UDT cho phép xây dựng mô hình đô thị số đa tầng, hỗ trợ phân tích 3D, mô phỏng kịch bản thiên tai và ra quyết định dựa trên dữ liệu, hướng tới phát triển đô thị miền núi bền vững và thích ứng khí hậu.

II. VẬT LIỆU NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH TÍCH HỢP GIS – BIM – CIM – UDT

2.1. Cơ sở pháp lý

Theo yêu cầu tại Luật số 144/2025/QH15 ngày 11/12/2025 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn số 47/2024/QH15 ngày 30/11/2024 của Quốc hội; Nghị định số 34/2026/NĐ-CP ngày 22/01/2026 sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 178/2025/NĐ-CP ngày 01/7/2025 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn; Thông tư số 43/2025/TT-BXD ngày 09/12/2025 sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 16/2025/TT-BXD ngày 30/06/2025 của Bộ Xây dựng Quy định chi tiết một số điều của Luật quy hoạch đô thị và nông thôn, nội dung về Cơ sở dữ liệu GIS trong Hồ sơ điện tử quy hoạch đô thị và nông thôn đã trở thành một quy định bắt buộc và được hướng dẫn riêng tại Phụ lục II của Thông tư [1,2,4,5,8,9].

Theo quyết định số 258/QĐ-TTg ngày 17/3/2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng, từ năm 2026 công trình cấp II đầu tư xây dựng đều phải áp dụng BIM [10].

Cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng bao gồm cơ sở dữ liệu về quy hoạch đô thị và nông thôn; cơ sở dữ liệu về dự án đầu tư xây dựng, công trình xây dựng; cơ sở dữ liệu về định mức xây dựng, giá xây dựng công trình và chỉ số giá xây dựng và các hoạt động khác liên quan đến đầu tư xây dựng được quy định tại Nghị định số 111/2024/NĐ-CP ngày 06/9/2024 của Chính phủ và Thông tư hướng dẫn số 24/2025/TT-BXD ngày 29/8/2025 của Bộ Xây dựng cho phép tích hợp dữ liệu GIS và BIM lên Hệ thống thông tin quốc gia về hoạt động xây dựng [3,6].

Ngày 14/10/2025, Chính phủ đã ban hành Nghị định số 269/2025/NĐ-CP về phát triển đô thị thông minh, trong đó quy định nhiều nội dung liên quan đến các giải pháp BIM, GIS, CIM, UDT tại các Điều 10, Điều 21, Điều 22 của Nghị định, trong đó “Bản sao số của đô thị là một ứng dụng công nghệ tiên tiến, phải được xây dựng dựa trên nền tảng dữ liệu đô thị tích hợp, đặc biệt là dữ liệu không gian địa lý (GIS), mô hình thông tin công trình (BIM) và dữ liệu cảm biến thời gian thực.” [7]

2.2. Cơ sở lý luận

2.2.1. GIS – Nền tảng phân tích không gian và địa hình

Hệ thống thông tin địa lý (GIS) đóng vai trò là lớp nền tảng trong cấu trúc công nghệ tích hợp và phân tích dữ liệu không gian đa nguồn: Địa hình, thủy văn, sử dụng đất, dân cư, hạ tầng kỹ thuật. Theo Goodchild [11], GIS không chỉ là công cụ quản lý bản đồ mà là hệ thống phân tích không gian phục vụ ra quyết định. Đối với đô thị miền núi, GIS đặc biệt quan trọng trong phân tích địa hình, xác định cấu trúc lưu vực và mô hình hóa quá trình dòng chảy [12]. Đối với đô thị miền núi như Cao Bằng, GIS đặc biệt quan trọng trong phân tích độ dốc, hướng dốc, mô hình lưu vực và xác định vùng có khả năng xây dựng.

Việc xây dựng mô hình số địa hình (DEM) độ phân giải cao ($\leq 1\text{m}$) thông qua LiDAR hoặc ảnh UAV cho phép xác định cao độ từng ô lưới nhỏ, từ đó phân tích hướng dòng chảy, vùng trũng, khả năng tích tụ nước, đường phân thủy, hệ thống thoát nước tự nhiên và hành lang bảo vệ sông suối. Từ đó, GIS cung cấp cơ sở dữ liệu đầu vào cho các mô hình thủy văn – thủy lực, các quy trình xử lý DEM như Fill Sinks, Flow Direction, Flow Accumulation và Watershed Delineation đã được chuẩn hóa trong các nghiên cứu thủy văn dựa trên GIS và Arc Hydro [13]. Khi DEM được kết hợp với dữ liệu mưa và hệ số thấm của đất, GIS có thể hỗ trợ mô hình thủy văn để tính toán lượng dòng chảy mặt theo từng kịch bản [14]. Đồng thời, việc chồng lớp bản đồ địa chất, bản đồ thổ nhưỡng và bản đồ sử dụng đất cho phép đánh giá nguy cơ sạt lở trên các sườn dốc xung quanh đô thị. Các chỉ số như độ dốc, độ cong địa hình và độ che phủ thực vật thường được sử dụng trong mô hình hóa nguy cơ sạt lở [15].

GIS cũng là công cụ thiết yếu để số hóa toàn bộ đồ án quy hoạch hiện hành, chuyển đổi các lớp thông tin từ dạng bản vẽ CAD sang dữ liệu không gian có cấu trúc. Khi các lớp dữ liệu quy hoạch được chuẩn hóa, chúng có thể được tích hợp vào môi trường CIM để phân tích ba chiều [16]. Như vậy, GIS tạo ra nền tảng dữ liệu nhất quán, đảm bảo rằng mọi quyết định tiếp theo đều dựa trên hệ thống thông tin được kiểm chứng.

2.2.2. BIM – Mô hình hóa thông tin công trình trong điều kiện địa hình dốc

Trong bối cảnh đô thị miền núi, việc xây dựng công trình đòi hỏi tính toán kỹ lưỡng về ổn định nền móng, khối lượng đào đắp và tương tác với địa hình. BIM được định nghĩa là quy trình tạo lập và quản lý thông tin công trình trong suốt vòng đời dự án [17]. Mô hình hóa thông tin công trình (BIM) cho phép mô phỏng chi tiết từng cấu kiện công trình trong môi trường ba chiều, đồng thời tích hợp thông tin kỹ thuật như vật liệu, tải trọng và tiến độ thi công.

Tại Cao Bằng, khi một công trình được đề xuất xây dựng ven sông Bằng Giang hoặc trên sườn dốc, BIM có thể được sử dụng để tính toán khối lượng đất đào và đất đắp, đánh giá tác động đến địa hình tự nhiên và phân tích nguy cơ mất ổn định mái dốc. Nếu mô hình BIM được tích hợp với DEM của khu vực, việc kiểm tra và chạm giữa công trình và địa hình trở nên trực quan và chính xác hơn. Các nghiên cứu gần đây cho thấy tích hợp BIM–GIS giúp cải thiện phân tích rủi ro và quản lý thiên tai đô thị [18].

2.2.3. CIM – Mô hình thông tin đô thị tích hợp

Mô hình thông tin đô thị (CIM) là bước phát triển tiếp theo khi GIS và BIM được tích hợp trong môi trường thống nhất. CIM cho phép xây dựng mô hình 3D toàn đô thị, trong đó mỗi lô đất, mỗi công trình và mỗi tuyến hạ tầng đều có thuộc tính cụ thể. Theo các nghiên cứu tổng quan gần đây, CIM đóng vai trò trung gian giữa dữ liệu thiết kế (BIM) và dữ liệu không gian (GIS), tạo nền tảng cho xây dựng Digital Twin đô thị [16], [19]. Tại đô thị Cao Bằng, CIM có thể được sử dụng để kiểm soát mật độ xây dựng dọc sông Bằng Giang, phân tích chiều cao công trình so với cao độ mực nước lũ lịch sử và đánh giá khả năng thông thoáng dòng chảy, giúp đánh giá tác động không gian của các dự án ven sông, đảm bảo hành lang thoát lũ và bảo tồn cảnh quan.



Đối với các công trình trọng điểm ven sông, cần xây dựng mô hình BIM ở mức LOD 200-300

Một trong những lợi ích quan trọng của CIM là khả năng kiểm tra tự động các chỉ tiêu quy hoạch. Khi một dự án đề xuất được nộp dưới dạng mô hình số, hệ thống có thể tự động đối chiếu với các chỉ tiêu về mật độ, tầng cao và khoảng lùi. Nếu công trình nằm trong vùng có nguy cơ ngập sâu theo kịch bản lũ 100 năm, hệ thống có thể đưa ra cảnh báo ngay trong giai đoạn thẩm định. Các nghiên cứu về tích hợp BIM-GIS trong quản lý đô thị đã chứng minh tính khả thi của cơ chế kiểm tra tự động này [18].

CIM cũng cho phép mô phỏng kịch bản phát triển không gian theo thời gian. Nhờ đó, quy hoạch không còn là tài liệu tĩnh mà trở thành công cụ điều hành động, được cập nhật và điều chỉnh theo dữ liệu thực tế [16].

2.2.4. UDT – Mô hình số song sinh động phục vụ quản trị rủi ro

Mô hình số đô thị (UDT) là sự mở rộng của CIM khi tích hợp dữ liệu thời gian thực và mô hình mô phỏng động. Các nghiên cứu gần đây về Digital Twin đô thị [20], UDT cho phép đồng bộ dữ liệu cảm biến (IoT), dữ liệu môi trường và mô hình dự báo trong môi trường 3D thời gian thực (như trạm đo mưa tự động, trạm đo mực nước và cảm biến môi trường). Khi lượng mưa vượt ngưỡng nhất định, hệ thống tự động kích hoạt mô hình thủy lực hai chiều để dự báo vùng ngập trong khoảng thời gian 1–3 giờ tiếp theo.

Trong quản lý rủi ro ngập lụt, Digital Twin có thể tích hợp dữ liệu mưa, mực nước và mô hình thủy lực 2D để dự báo vùng ngập theo thời gian thực [21]. Khác với bản đồ nguy cơ tĩnh, UDT phản ánh trạng thái động của đô thị. Mực nước sông, vận tốc dòng chảy và độ sâu ngập được hiển thị theo thời gian thực trong môi trường 3D. Các cơ quan chức năng có thể xác định nhanh khu vực cần sơ tán, tuyến đường có nguy cơ bị chia cắt và công trình trọng yếu có khả năng bị ảnh hưởng.

Trong dài hạn, khi dữ liệu được tích lũy đủ lớn, trí tuệ nhân tạo có thể được tích hợp để dự báo xu hướng mưa và nước dâng dựa trên chuỗi thời gian lịch sử [20]. Điều này đặc biệt quan trọng đối với đô thị miền núi, nơi thời gian phản ứng ngắn và quyết định phải được đưa ra nhanh chóng.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xây dựng nền tảng dữ liệu 3D

Giai đoạn đầu của thí điểm tập trung xây dựng nền tảng dữ liệu không gian 3D có độ chính xác cao làm cơ sở cho mô phỏng và quản lý rủi ro. Trọng tâm là thiết lập mô hình số địa hình (DEM) cho toàn bộ đô thị và vùng thượng lưu ảnh hưởng trực tiếp đến đoạn sông đi qua khu vực trung tâm. Đối với khu vực đô thị, DEM cần đạt độ phân giải 0,5–1,0m; vùng đồi núi xa trung tâm có thể ở mức 2–5m. Dữ liệu được thu thập từ LiDAR hàng không hoặc UAV kết hợp đo GPS RTK, với sai số thẳng đứng kiểm soát trong khoảng $\pm 10\text{--}15\text{cm}$ nhằm bảo đảm độ tin cậy cho mô phỏng ngập lụt và phân tích dòng chảy.

Song song với DEM, các bản đồ địa chất, thổ nhưỡng và hiện trạng sử dụng đất cần được chuẩn hóa ở tỷ lệ 1/5.000–1/10.000 để phục vụ xác định hệ số thấm, hệ số dòng chảy và đặc trưng lưu vực. Toàn bộ dữ liệu quy hoạch hiện hành như quy hoạch chung, phân khu, chỉ giới đường đỏ, hành lang bảo vệ sông suối và hạ tầng kỹ thuật phải được số hóa và chuyển đổi sang môi trường GIS 3D. Việc này cho phép chồng ghép không gian quy hoạch với các lớp dữ liệu rủi ro, tạo nền tảng phân tích tích hợp.

Đối với các công trình trọng điểm ven sông như trụ sở hành chính, bệnh viện, trường học, cầu, kè và khu dân cư mật độ cao, cần xây dựng mô hình BIM ở mức LOD 200–300, tích hợp thông tin cao độ nền, vật liệu và thông số vận hành. Khi đưa vào môi trường CIM, các mô hình này trở thành đối tượng có thể phân tích tương tác với mực nước và dòng chảy.

Toàn bộ dữ liệu 3D cần chuẩn hóa theo các tiêu chuẩn mở như CityGML và IFC, bảo đảm khả năng liên thông và mở rộng. Cơ sở dữ liệu nên tổ chức theo kiến trúc geodatabase tập trung, hỗ trợ truy vấn không gian, lưu trữ thuộc tính phong phú và kết nối API cho các ứng dụng phân tích, mô phỏng và điều hành.

3.2. Mô phỏng thủy văn – thủy lực

Sau khi hoàn thiện nền tảng dữ liệu 3D, bước tiếp theo là tích hợp các mô hình thủy văn và thủy lực để đánh giá nguy cơ ngập lụt theo các kịch bản khác nhau. Ở cấp lưu vực, mô hình HEC-HMS được sử dụng để mô phỏng quá trình chuyển hóa mưa thành dòng chảy. Dữ liệu đầu vào bao gồm chuỗi mưa lịch sử, bản đồ phân vùng lưu vực, đặc tính thấm của đất, độ dốc địa hình và hệ số che phủ bề mặt. Các thông số như thời gian tập trung nước, hệ số Curve Number và hệ số suy giảm dòng chảy cần được hiệu chỉnh dựa trên số liệu quan trắc thực tế tại trạm thủy văn.

Kết quả đầu ra của HEC-HMS là đường quá trình lưu lượng theo thời gian tại các điểm kiểm soát trên sông. Các đường quá trình này tiếp tục được đưa vào mô hình HEC-RAS 2D để mô phỏng lan truyền dòng chảy trong không gian hai chiều, bao gồm cả khu vực tràn bờ vào nội đô. DEM độ phân giải cao đóng vai trò quyết định trong việc xác định hướng dòng chảy, độ sâu ngập và vận tốc dòng.

Các kịch bản mô phỏng được xây dựng dựa trên chu kỳ lặp mưa 50 năm và 100 năm theo số liệu thống kê khí tượng thủy văn khu vực, đồng thời bổ sung kịch bản mưa cực đoan theo các kịch bản biến đổi khí hậu RCP 4.5 hoặc RCP 8.5. Việc so sánh kết

qua giữa các kịch bản cho phép đánh giá xu hướng gia tăng rủi ro trong tương lai.

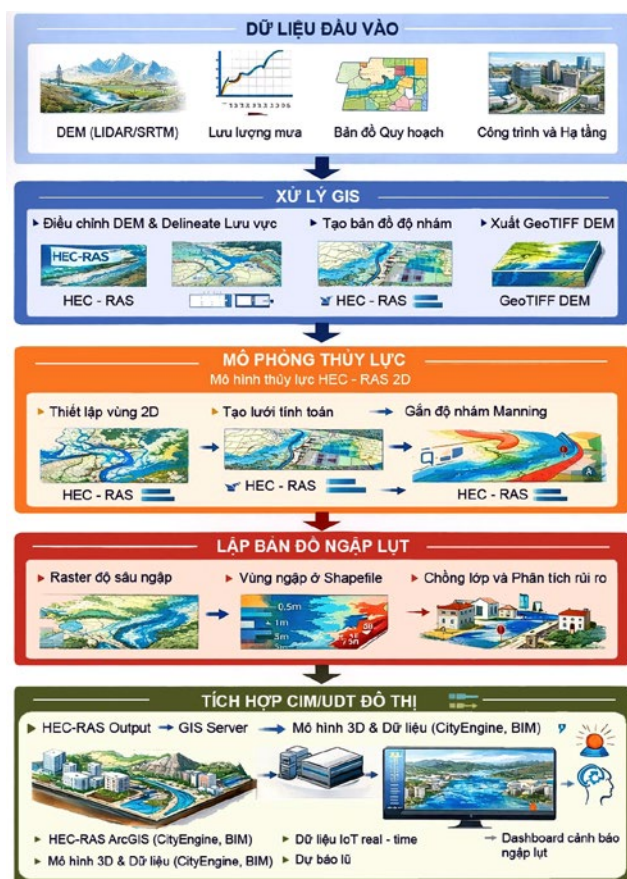
Kết quả mô phỏng bao gồm bản đồ độ sâu ngập theo từng thời điểm, bản đồ vận tốc dòng chảy và biểu đồ thời gian nước dâng tại các điểm trọng yếu. Những sản phẩm này được tích hợp trực tiếp vào nền tảng CIM để trực quan hóa dưới dạng bản đồ 3D động. Nhờ đó, cán bộ quản lý có thể quan sát sự lan truyền của lũ trong không gian đô thị một cách trực quan và định lượng.

3.3. Ứng dụng trong kiểm soát phát triển không gian

Một trong những giá trị cốt lõi của CIM là khả năng kiểm soát phát triển không gian dựa trên phân tích tự động. Khi một dự án xây dựng mới được đề xuất tại khu vực ven sông, mô hình 3D của dự án (dưới dạng BIM hoặc khối tích sơ bộ) có thể được nhập vào hệ thống để kiểm tra tự động với các lớp dữ liệu rủi ro.

Hệ thống có thể xác định liệu vị trí công trình có nằm trong vùng ngập sâu trên 1m theo kịch bản lũ 100 năm hay không, có vi phạm hành lang bảo vệ sông hoặc khu vực thoát lũ tự nhiên hay không, và có làm thay đổi hướng dòng chảy bề mặt do san nền, đắp kè hay không. Việc kiểm tra này được thực hiện thông qua các phép phân tích giao cắt không gian, so sánh cao độ và mô phỏng nhanh thay đổi địa hình.

Kết quả phân tích được xuất thành báo cáo định lượng, bao gồm diện tích bị ảnh hưởng, mức độ tăng rủi ro và khuyến nghị điều chỉnh cao độ nền hoặc khoảng lùi công trình. Điều này hỗ trợ trực tiếp cho Sở Xây dựng trong quá trình thẩm định quy hoạch chi tiết và cấp phép xây dựng, giảm thiểu tình trạng phát triển tự phát tại các khu vực nguy cơ cao.



Hình 1. Minh họa các bước phân tích, tích hợp dữ liệu

3.4. Cảnh báo sớm và điều hành khi mưa lớn

Khi hệ thống đã được tích hợp với các trạm đo mưa và mực nước tự động, mô hình sẽ được nâng cấp thành một Mô hình số đô thị (UDT) có khả năng vận hành thời gian thực. Dữ liệu mưa được truyền liên tục về trung tâm điều hành thông qua mạng IoT. Khi lượng mưa tích lũy vượt ngưỡng cảnh báo, hệ thống tự động kích hoạt mô phỏng nhanh dựa trên mô hình đã được hiệu chỉnh trước đó.

Bản đồ nguy cơ ngập được cập nhật theo thời gian thực, thể hiện khu vực có khả năng ngập trong 1–3 giờ tiếp theo. Thông tin này được chuyển đến Trung tâm điều hành thông minh của tỉnh, đồng thời có thể tích hợp với hệ thống cảnh báo qua tin nhắn hoặc ứng dụng di động. Nhờ đó, chính quyền có thể chủ động tổ chức phân luồng giao thông, sơ tán người dân tại khu vực trũng thấp và bảo vệ các công trình trọng yếu.

Việc kết hợp giữa dữ liệu thời gian thực và mô hình mô phỏng cho phép chuyển đổi từ phương thức phản ứng bị động sang quản lý rủi ro chủ động, giảm thiểu thiệt hại về người và tài sản.

Bảng 1. Ví dụ Ma trận dữ liệu đầu vào – mô hình sử dụng – đầu ra phân tích

Nhóm dữ liệu đầu vào	Mô hình/Công cụ sử dụng	Phân tích thực hiện	Đầu ra phục vụ quyết định
DEM, LiDAR	GIS + Mô hình thủy lực 2D	Phân tích dòng chảy mật, vùng tụ thủy	Bản đồ nguy cơ ngập
Lượng mưa, mực nước lịch sử	Phân tích thống kê tần suất	Xây dựng kịch bản P=5%, 10%, 20%	Biểu đồ tần suất, mưa thiết kế
Mô hình BIM hệ thống cống	BIM + Thủy lực cục bộ	Kiểm tra quá tải, xung đột cao độ	Đề xuất nâng cấp tiết diện
Dữ liệu sử dụng đất	GIS + Runoff model	Tính lưu lượng đỉnh	Đánh giá tác động mật độ xây dựng
Dữ liệu IoT thời gian thực	Urban Digital Twin	Cập nhật mô hình dự báo	Cảnh báo sớm ngập lụt

3.5. Lộ trình triển khai cho tỉnh Cao Bằng

Việc triển khai mô hình CIM – UDT tại tỉnh Cao Bằng cần thực hiện theo lộ trình phù hợp với năng lực tài chính và nguồn nhân lực địa phương, bảo đảm tính khả thi và bền vững.

Giai đoạn 1 (1–2 năm) tập trung xây dựng nền tảng dữ liệu. Trọng tâm là hoàn thiện DEM độ phân giải cao cho khu vực đô thị và các vùng có nguy cơ rủi ro, đồng thời số hóa, chuẩn hóa toàn bộ hồ sơ quy hoạch trong môi trường GIS 3D. Một hệ thống CIM trung tâm cho đô thị Cao Bằng được thiết lập nhằm quản lý thống nhất dữ liệu không gian và làm cơ sở cho các bước phát triển tiếp theo.

Giai đoạn 2 (2–3 năm) ưu tiên phát triển mô hình thủy văn – thủy lực cho lưu vực sông Bằng Giang và tích hợp hệ thống quan trắc IoT. Các trạm đo mưa, mực nước tự động được lắp đặt tại thượng lưu và khu vực trọng điểm. UDT được thí điểm tại các khu vực ven sông có mật độ dân cư cao và nguy cơ ngập lớn. Song song với đó là đào tạo nhân lực và xây dựng quy trình phối hợp liên ngành trong vận hành hệ thống.

Giai đoạn 3 mở rộng mô hình ra phạm vi toàn tỉnh, đặc biệt tại các khu vực có nguy cơ lũ quét và sạt lở. Công nghệ trí tuệ nhân tạo có thể được tích hợp để dự báo mưa ngắn hạn và tối ưu hóa kịch bản điều hành. Hệ thống CIM – UDT sẽ kết nối với nền tảng điều hành thông minh cấp tỉnh, hình thành hệ sinh thái quản lý đô thị và phòng chống thiên tai đồng bộ.

Lộ trình ba giai đoạn giúp giảm áp lực đầu tư ban đầu, bảo đảm khả năng mở rộng và tạo nền tảng cho phát triển đô thị miền núi bền vững trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

IV. KẾT LUẬN

Việc tích hợp GIS, BIM, CIM và UDT trong quy hoạch đô thị miền núi tại Cao Bằng đánh dấu sự chuyển đổi từ phương thức quản lý truyền thống sang quản trị dựa trên dữ liệu và mô phỏng số. Thí điểm tại lưu vực sông Bằng Giang cho thấy khả năng phân tích kịch bản ngập lụt, hỗ trợ ra quyết định và nâng cao chất lượng quy hoạch trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Mô hình này không chỉ giúp giảm thiểu rủi ro lũ lụt mà còn tạo nền tảng cho chuyển đổi số ngành xây dựng thông qua chuẩn hóa và liên thông dữ liệu giữa các sở, ngành. Nhờ đó, quy trình cấp phép trở nên minh bạch hơn, nhà đầu tư tiếp cận thông tin chính xác, giảm rủi ro pháp lý.

Mô hình có thể nhân rộng sang các khu vực khác có nguy cơ lũ quét và sạt lở cao trong tỉnh. Về dài hạn, Cao Bằng có thể xây dựng hệ thống UDT cấp tỉnh, tích hợp dữ liệu môi trường, giao thông và kinh tế – xã hội để phục vụ phát triển bền vững. Với quy mô vừa phải và đặc thù địa hình rõ nét, Cao Bằng có tiềm năng trở thành mô hình tham chiếu cho ứng dụng đô thị số tại các tỉnh miền núi Việt Nam.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bộ Xây dựng, *Thông tư số 16/2025/TT-BXD quy định chi tiết một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn*, 30 Jun. 2025.
- [2]. Bộ Xây dựng, *Thông tư số 43/2025/TT-BXD sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 16/2025/TT-BXD*, 9 Dec. 2025.
- [3]. Bộ Xây dựng, *Thông tư số 24/2025/TT-BXD hướng dẫn một số nội dung trong hệ thống thông tin, cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng*, 29 Aug. 2025.
- [4]. Chính phủ, *Nghị định số 178/2025/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều của Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn*, 1 Jul. 2025.
- [5]. Chính phủ, *Nghị định số 34/2026/NĐ-CP sửa đổi, bổ sung Nghị định số 178/2025/NĐ-CP*, 22 Jan. 2026.

[6]. Chính phủ, *Nghị định số 111/2024/NĐ-CP về hệ thống thông tin, cơ sở dữ liệu quốc gia về hoạt động xây dựng*, 6 Sep. 2024.

[7]. Chính phủ, *Nghị định số 269/2025/NĐ-CP về phát triển đô thị thông minh*, 14 Oct. 2025.

[8]. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, *Luật số 47/2024/QH15 – Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn*, 30 Nov. 2024.

[9]. Quốc hội nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam, *Luật số 144/2025/QH15 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật số 47/2024/QH15*, 11 Dec. 2025.

[10]. Thủ tướng Chính phủ, *Quyết định số 258/QĐ-TTg phê duyệt lộ trình áp dụng Mô hình thông tin công trình (BIM) trong hoạt động xây dựng*, 17 Mar. 2023.

[11]. M. F. Goodchild, "Geographic information systems and science: Today and tomorrow," *Annals of GIS*, vol. 15, no. 1, pp. 3–9, 2009.

[12]. D. R. Maidment, *Handbook of Hydrology*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1993.

[13]. Z. Li, "Watershed modeling using Arc Hydro based on DEMs," *Environmental Systems Research*, vol. 3, 2014.

[14]. V. P. Singh and D. K. Frevert, *Watershed Models*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2006.

[15]. C. J. van Westen, R. Castellanos, and S. L. Kuriakose, "Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment," *Engineering Geology*, vol. 102, pp. 112–131, 2008.

[16]. N. Yu et al., "Study on city digital twin technologies for sustainable smart city design," *Sustainable Cities and Society*, vol. 84, 2022.

[17]. C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, and K. Liston, *BIM Handbook*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2018.

[18]. Y. Cao et al., "BIM–GIS integrated utilization in urban disaster management," *Remote Sensing*, vol. 15, no. 5, 2023.

[19]. T. H. Kolbe, "Representing and exchanging 3D city models with CityGML," in *3D Geo-Information Sciences*. Berlin, Germany: Springer, 2009.

[20]. A. Fuller et al., "Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 108952–108971, 2020.

[21]. M. Hlal et al., "Digital twin technology for urban flood risk management," *Remote Sensing*, vol. 17, no. 17, 2025.