



GIAO THÔNG MIỀN NÚI VÀ GIAO THÔNG ĐÔ THỊ MIỀN NÚI THÍCH ỨNG VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU: ĐỊNH HƯỚNG CHO TỈNH CAO BẰNG

CLIMATE-RESILIENT MOUNTAINOUS TRANSPORT AND MOUNTAINOUS URBAN TRANSPORT: SOME ORIENTATIONS FOR CAO BANG PROVINCE

PGS.TS. Phạm Duy Hòa¹, ThS. Trần Quốc Bảo²

Tóm tắt: Trên cơ sở các tài liệu về khí hậu, quy hoạch và giao thông, bài báo làm rõ vai trò của mạng lưới giao thông miền núi, nhận diện các rủi ro ở cấp mạng lưới và công trình, đồng thời đề xuất định hướng quy hoạch, tổ chức mạng lưới và giải pháp kỹ thuật thích ứng. Kết quả nghiên cứu cho thấy yêu cầu tiếp cận giao thông miền núi như một hệ thống tổng hợp của không gian, mạng lưới, công trình và vận hành.

Từ khóa: Giao thông miền núi, giao thông đô thị miền núi, biến đổi khí hậu, lũ quét, sạt lở, Cao Bằng.

Abstract: Based on climate, planning and transport documents, the paper clarifies the role of mountainous transport networks, identifies key risks at network and infrastructure levels and proposes strategic planning orientations, network organization principles and technical adaptation measures. The findings emphasize the necessity of approaching mountainous transport as an integrated system of spatial structure, network organization, engineering works and operation.

Keywords: Mountain transport, mountainous urban transport, climate change, flash floods, landslides, Cao Bang.

Nhận bài ngày 25/01/2026, chỉnh sửa ngày 10/3/2026, chấp nhận đăng ngày 31/3/2026.

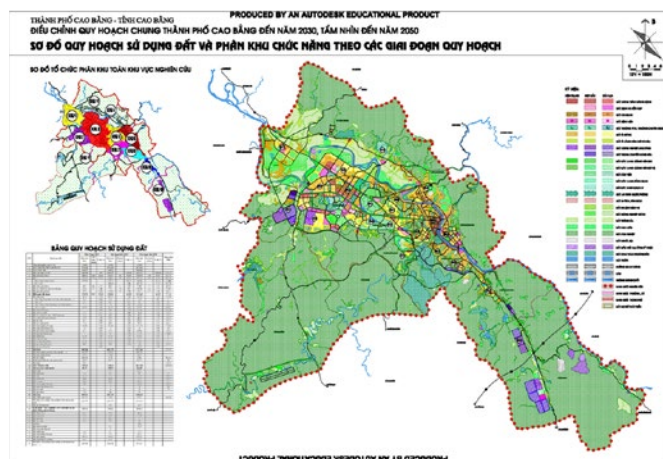
I. MỞ ĐẦU

Trung du và miền núi phía Bắc giữ vị trí đặc biệt trong cấu trúc lãnh thổ Việt Nam về quốc phòng, an ninh, bảo vệ lưu vực đầu nguồn, kết nối liên vùng và phát triển kinh tế biên mậu. Trong không gian đó, giao thông không chỉ là hạ tầng phục vụ đi lại mà còn là điều kiện nền tảng để tổ chức dân cư, phân bố hoạt động kinh tế và bảo đảm tiếp cận các dịch vụ thiết yếu. Đối với các đô thị miền núi, vai trò này càng nổi bật vì cấu trúc không gian phát triển thường gắn chặt với thung lũng, hành lang sông suối và các trục giao thông chính [3], [4], [9].

Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu đang làm gia tăng tính cực đoan của thời tiết ở Việt Nam, thể hiện qua xu thế tăng nhiệt độ, biến động lượng mưa và sự xuất hiện thường xuyên hơn

của các trận mưa lớn cường suất cao [1], [2]. Đối với miền núi phía Bắc, tác động này trở nên nghiêm trọng hơn khi kết hợp với địa hình dốc, địa chất phong hóa mạnh, mạng lưới sông suối dày và điều kiện sử dụng đất thiếu ổn định. Hệ quả là nguy cơ lũ quét, lũ ống, sạt lở đất, xói lở và ngập cục bộ gia tăng, trực tiếp đe dọa nền đường, taluy, cầu cống và khả năng duy trì kết nối giao thông [5], [10], [12], [13].

Cao Bằng là trường hợp điển hình cho bối cảnh khí hậu của khu vực miền núi. Tỉnh có địa hình đồi núi cao, chia cắt mạnh, độ chênh cao lớn, trong khi đô thị và nhiều tuyến giao thông quan trọng lại phát triển dọc các bồn địa, thung lũng và hành lang sông Bằng, sông Hiến [3], [4], [10], [11]. Điều này khiến hạ tầng giao thông vừa giữ vai trò tổ chức không gian phát triển, vừa là bộ phận dễ bị tổn thương trước rủi ro khí hậu. Khi một số đoạn tuyến hoặc công trình bị gián đoạn, tác động không chỉ dừng ở cấp công trình mà còn lan sang kết nối nội đô, liên huyện, liên tỉnh và tiếp cận dịch vụ công của người dân].



Hình 1. Cấu trúc sử dụng đất và phân khu chức năng thành phố Cao Bằng, thể hiện mối liên hệ giữa phát triển đô thị và các hành lang giao thông chủ đạo. (Nguồn: Điều chỉnh Quy hoạch chung thành phố Cao Bằng [4])

¹Ủy viên Đoàn Chủ tịch, Trưởng ban Khoa học Công nghệ và Đào tạo, Tổng hội Xây dựng Việt Nam; Nguyên Hiệu trưởng Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Phó Tổng Giám đốc Tổng Công ty Tư vấn Thiết kế GTVT (TEDI)

Từ bối cảnh đó, bài báo tập trung làm rõ vị trí của giao thông miền núi và giao thông đô thị miền núi trong tổng thể mạng lưới; phân tích các thách thức trước mưa cực đoan, lũ quét và sạt lở; đồng thời đề xuất định hướng quy hoạch, tổ chức mạng lưới và giải pháp hạ tầng theo hướng thích ứng với biến đổi khí hậu. Trong các điều kiện khí hậu mới, khả năng chống chịu của giao thông miền núi cần được tiếp cận như một vấn đề tổng hợp của không gian, mạng lưới, công trình và vận hành, thay vì chỉ xem xét ở quy mô công trình đơn lẻ [6], [7], [8].

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu sử dụng bốn nhóm dữ liệu chính: (i) Tài liệu về biến đổi khí hậu và thích ứng ở cấp quốc gia; (ii) tài liệu quy hoạch, kế hoạch phát triển và phòng chống thiên tai của tỉnh Cao Bằng; (iii) các nghiên cứu về thời tiết cực đoan, lũ quét, trượt lở đất và điều kiện tự nhiên miền núi phía Bắc, trong đó có Cao Bằng và (iv) tài liệu chuyên ngành giao thông liên quan đến thích ứng biến đổi khí hậu.

Về phương pháp tiếp cận, nghiên cứu theo hướng tích hợp giữa phân tích khí hậu, tài biến địa hình, địa chất và quy hoạch giao thông. Trong đó, hệ thống giao thông đô thị miền núi được xem xét như một bộ phận của cấu trúc không gian đô thị - vùng, đồng thời được đánh giá về mức độ dễ bị tổn thương trước mưa cực đoan, lũ quét và sạt lở.

Khung phân tích gồm: Nhận diện bối cảnh tự nhiên, khí hậu và vai trò của giao thông miền núi; xác định tác động của biến đổi khí hậu và thiên tai đến công trình và mạng lưới; đề xuất định hướng quy hoạch và giải pháp tổ chức giao thông thích ứng, tăng dự phòng và phù hợp với Cao Bằng.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

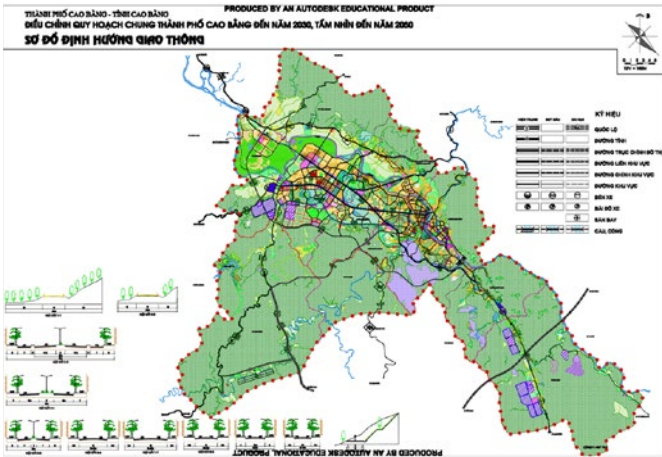
3.1. Hệ thống giao thông miền núi và vị trí của giao thông đô thị miền núi trong tổng thể mạng lưới

Hệ thống giao thông miền núi là bộ phận hạ tầng có chức năng rộng hơn yêu cầu đi lại thông thường, bởi nó đồng thời bảo đảm kết nối vùng, hỗ trợ phát triển kinh tế cửa khẩu, du lịch, tiếp cận dịch vụ công và duy trì ổn định dân cư trong điều kiện địa hình phức tạp [3], [4]. So với đồng bằng, mạng lưới giao thông miền núi chịu chi phối mạnh bởi địa hình chia cắt, hành lang sông suối, thung lũng hẹp và sự phân bố dân cư không đồng đều. Vì vậy, cấu trúc mạng lưới thường phụ thuộc vào một số trục dọc, trục ngang và các điểm vượt sông, vượt đèo có ý nghĩa quyết định đối với toàn bộ khả năng liên kết lãnh thổ [3], [9].

Trong tổng thể đó, giao thông đô thị miền núi giữ vị trí trung gian giữa mạng lưới liên vùng và mạng lưới nội đô. Đây là lớp hạ tầng vừa tiếp nhận các luồng giao thông đối ngoại, vừa phân phối dòng đi lại tới khu dân cư, trung tâm hành chính, thương mại, dịch vụ và các không gian phát triển mới [4]. Khác với đô thị đồng bằng, giao thông đô thị miền núi không chỉ phục vụ giao thông nội bộ mà còn tham gia trực tiếp vào việc tổ chức hình thái phát triển đô thị, bởi các khu chức năng thường bị ràng buộc bởi địa hình, sông suối và quỹ đất xây dựng hạn chế.

Đối với Cao Bằng, vai trò trung gian này thể hiện rõ khi hệ thống giao thông đô thị phải đồng thời đáp ứng yêu cầu kết

nối nội tỉnh, liên tỉnh, kết nối cửa khẩu và bảo đảm tiếp cận trong điều kiện mưa lũ, ngập cục bộ hoặc sạt lở [3], [10], [11]. Vì vậy, giao thông đô thị miền núi không thể được nhìn nhận như hạ tầng kỹ thuật đơn thuần của đô thị, mà cần được xem là hợp phần trọng yếu của mạng lưới vùng. Hướng tiếp cận này là cơ sở để chuyển từ phát triển giao thông theo nhu cầu trước mắt sang tổ chức mạng lưới có khả năng chống chịu, duy trì liên tục chức năng kết nối và hỗ trợ phục hồi không gian đô thị sau thiên tai.



Hình 2. Định hướng phát triển mạng lưới giao thông thành phố Cao Bằng trong mối liên hệ với cấu trúc không gian đô thị và kết nối vùng. (Nguồn: Tổng hợp từ hồ sơ Điều chỉnh Quy hoạch chung thành phố Cao Bằng [4])

3.2. Các thách thức của hệ thống giao thông miền núi trước mưa cực đoan, lũ quét và sạt lở

Các thách thức của hệ thống giao thông miền núi trước mưa cực đoan, lũ quét và sạt lở không chỉ bắt nguồn từ địa hình, địa chất và thủy văn vốn đã bất lợi, mà còn gia tăng dưới tác động của biến đổi khí hậu. Ở miền núi phía Bắc, địa hình dốc, chia cắt mạnh, thung lũng hẹp và mạng lưới sông suối ngắn, dốc làm cho thời gian tập trung lũ nhỏ, dòng chảy mặt hình thành nhanh, từ đó làm tăng nguy cơ lũ quét, xói lở và trượt lở sườn dốc so với khu vực đồng bằng [1], [2], [5], [12], [13]. Các tài liệu khí hậu cũng cho thấy lượng mưa cực hạn ở quy mô cả nước có xu thế tăng rõ rệt; riêng miền Bắc Việt Nam, xu thế này vẫn hiện hữu nhưng phân hóa theo tiểu vùng. Vì vậy, đánh giá rủi ro cho giao thông miền núi cần dựa vào các chỉ tiêu mưa cực hạn, không chỉ dựa vào lượng mưa trung bình năm.

Khu vực	Chỉ tiêu	Mức thay đổi dự báo
Việt Nam	Lượng mưa 1 ngày lớn nhất	+20% đến +60% (kịch bản 1,5°C); +20% đến +70% (kịch bản 2,0°C)
Việt Nam	Lượng mưa 5 ngày lớn nhất	+10% đến +60% (kịch bản 1,5°C); +30% đến +70% (kịch bản 2,0°C)
Miền Bắc Việt Nam	Lượng mưa 1 ngày lớn nhất (Rx1day)	Tăng ở trung tâm vùng Đông Bắc, phổ biến 20–60%; giảm ở phần lớn Đông bằng Bắc Bộ
Miền Bắc Việt Nam	Lượng mưa 5 ngày lớn nhất (Rx5day)	Phân hóa mạnh: Tăng ở nhiều nơi 5–40%, nhưng giảm ở Tây Bắc và một phần Đông Bắc 2–20%

Các số liệu trong bảng cho thấy mưa cực hạn gia tăng sẽ tác động trực tiếp đến cả mạng lưới và công trình giao thông miền núi. Mưa ngày cực đại tăng làm tăng nguy cơ lũ quét, xói lở mặt đường, tràn nền và tắc công trình thoát nước; trong khi mưa kéo dài nhiều ngày làm tăng bão hòa đất đá, giảm ổn định mái dốc và gia tăng nguy cơ sạt trượt trên diện rộng. Đối với miền núi phía Bắc và tỉnh Cao Bằng, nơi địa hình chia cắt mạnh và mạng lưới giao thông phụ thuộc vào các trục tuyến hạn chế, các xu thế này càng làm rõ tính dễ bị tổn thương của hệ thống giao thông trước mưa cực đoan [1], [2], [12], [13].

Từ nền khí hậu cực đoan đó, một thách thức có tính cấu trúc xuất hiện ở cấp Từ nền khí hậu cực đoan đó, một thách thức có tính cấu trúc xuất hiện ở cấp mạng lưới. Không giống khu vực đồng bằng, nơi thường có nhiều phương án phân lưu và thay thế, giao thông miền núi thường phụ thuộc vào một số trục dọc, trục ngang và các điểm vượt sông, vượt suối then chốt. Khi một vị trí xảy ra sạt taluy, tắc cống, tràn nền, xói lở móng cầu hoặc cuốn trôi công trình nhỏ, sự cố có thể nhanh chóng chuyển từ quy mô công trình sang quy mô mạng lưới, gây chia cắt trên diện rộng và làm giảm mạnh khả năng tiếp cận của người dân đến các dịch vụ thiết yếu [3], [4], [10], [11].



Hình 3. Cầu qua suối bị lũ phá hỏng, gây gián đoạn kết nối khu vực



Hình 4. Ngập lụt trong đô thị miền núi, rủi ro tổng hợp giữa mưa tại chỗ và lũ trên lưu vực

Ở cấp công trình, các dạng tổn thương thường diễn ra theo chuỗi. Mưa lớn làm gia tăng dòng chảy dọc mái dốc và mặt đường, kéo theo bùn đất, đá và cây đổ, gây xói lở rãnh dọc, tắc thoát nước ngang và tràn nền. Khi đất đá phong hóa bị bão hòa nước, mái taluy dương dễ mất ổn định; trong khi taluy âm và nền đắp ven sườn dốc hoặc ven sông có thể bị xói chân và sạt trượt. Rủi ro đặc biệt lớn tại các đoạn đào sâu, đắp cao, nền đường độc đạo và công trình vượt suối, nơi một sự cố cục bộ có thể làm gián đoạn toàn tuyến [6], [7], [8].

Đối với giao thông đô thị miền núi, rủi ro mang tính tổng hợp hơn do tác động đồng thời của mưa tại chỗ, dòng chảy từ sườn dốc và lũ từ thượng lưu. Các đô thị như Cao Bằng thường phát triển trong bồn địa, dọc sông hoặc ở chân sườn dốc, nên khi mực nước sông dâng cao, nước trong hệ thống thoát nước đô thị có thể bị dồn ứ hoặc chảy ngược, làm ngập các trục tiếp cận và khu dân cư thấp trũng [3], [4], [10], [11]. Vì vậy, thách thức của giao thông miền núi trước mưa cực đoan, lũ quét và sạt lở không chỉ là sự gia tăng số điểm hư hỏng cục bộ, mà là sự

suy giảm khả năng duy trì kết nối an toàn, liên tục và khả năng tiếp cận của toàn mạng lưới. Đây là cơ sở để nghiên cứu về định hướng quy hoạch, tổ chức mạng lưới có dự phòng và lựa chọn giải pháp kỹ thuật thích ứng.

3.3. Định hướng quy hoạch hệ thống giao thông miền núi thích ứng với biến đổi khí hậu

Từ các thách thức đã phân tích, có thể thấy quy hoạch hệ thống giao thông miền núi thích ứng với biến đổi khí hậu không thể chỉ dừng ở việc nâng cấp chỉ tiêu kỹ thuật của từng tuyến hay từng công trình riêng lẻ. Vấn đề cốt lõi là phải chuyển từ tư duy phát triển giao thông theo nhu cầu kết nối thuần túy sang tư duy tổ chức không gian hạ tầng có khả năng chống chịu. Trong điều kiện miền núi, nơi rủi ro thường lan truyền theo lưu vực, sườn dốc và các hành lang giao thông chủ đạo, quy hoạch giao thông cần được đặt trong quan hệ hữu cơ với quy hoạch sử dụng đất, phân bố dân cư, hành lang thoát lũ và định hướng phát triển đô thị [1], [2], [3], [4].

Định hướng thứ nhất là tích hợp đánh giá rủi ro khí hậu và tai biến địa hình ngay từ giai đoạn lựa chọn cấu trúc mạng lưới. Đối với miền núi, việc xác định hướng tuyến, cấp hạng tuyến và vai trò của từng hành lang giao thông phải đồng thời xem xét điều kiện địa hình, địa chất, nguy cơ lũ quét, trượt lở và khả năng ngập cục bộ [5], [10], [12], [13]. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các trục chính, các đoạn kết nối trung tâm đô thị với huyện, xã và các tuyến có chức năng bảo đảm tiếp cận cứu hộ, cứu nạn. Quy hoạch cần hạn chế tối đa việc đặt các tuyến huyết mạch vào những khu vực có nguy cơ cao; trong trường hợp không thể tránh, phải xác định rõ các yêu cầu bảo vệ, gia cố và dự phòng kết nối ngay từ đầu.

Định hướng thứ hai là gắn quy hoạch giao thông với tổ chức không gian phát triển. Ở các đô thị miền núi, giao thông không chỉ đi theo không gian đô thị mà còn định hình hướng mở rộng đô thị. Vì vậy, việc lựa chọn khu vực phát triển mới cần gắn với khả năng tiếp cận an toàn, điều kiện nền địa hình và khả năng thoát lũ của toàn khu vực [3], [4], [11]. Cần tránh xu hướng mở rộng không gian đô thị dọc các bãi bồi thấp, các thung lũng hẹp dễ ngập hoặc những khu vực chân sườn có nguy cơ trượt lở cao. Theo hướng đó, quy hoạch giao thông phải góp phần dẫn dắt phát triển đô thị theo các hành lang ổn định hơn, đồng thời bảo vệ các không gian thoát nước tự nhiên, hành lang sông suối và vùng đệm an toàn.

Định hướng thứ ba là tích hợp yêu cầu thích ứng vào chỉ tiêu quy hoạch và quỹ đất hạ tầng. Các tuyến giữ vai trò huyết mạch cần được xem xét ở mức độ an toàn cao hơn, có quỹ đất phù hợp cho thoát nước, gia cố mái dốc, bảo trì khẩn cấp và tổ chức giao thông khi có sự cố [6], [7], [8]. Bên cạnh đó, quy hoạch cần kết hợp đồng thời giải pháp công trình và phi công trình, bao gồm kiểm soát phát triển không gian dọc tuyến, quản lý hành lang an toàn, cập nhật bản đồ nguy cơ và lồng ghép thông tin cảnh báo sớm vào quản lý vận hành. Cách tiếp cận này cho phép chuyển từ ứng phó bị động sang chủ động thích ứng, qua đó nâng cao khả năng duy trì kết nối và giảm tích tụ rủi ro lâu dài cho hệ thống giao thông miền núi.

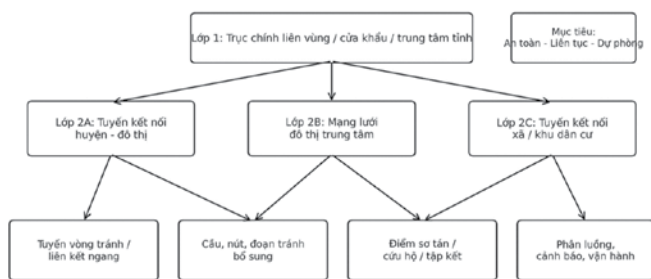
3.4. Tổ chức mạng lưới giao thông miền núi và giao thông đô thị miền núi theo hướng an toàn, liên tục và có dự phòng

Tiếp theo sau công tác quy hoạch là tổ chức mạng lưới giao thông theo hướng duy trì chức năng kết nối trong điều kiện cực đoan. Đối với miền núi, đây không chỉ là bài toán hình học tuyến hay phân bố lưu lượng, mà là bài toán chống chịu của toàn mạng lưới trước các sự cố có thể xuất hiện đồng thời do mưa lớn, lũ quét, ngập cục bộ và sạt lở. Trong bối cảnh địa hình chia cắt mạnh, khi một đoạn tuyến, một cầu hoặc một nút giao bị gián đoạn, hậu quả thường lan rộng hơn nhiều so với đồng bằng do khả năng phân lưu hạn chế và thiếu tuyến thay thế [3], [4], [6].

Nguyên tắc thứ nhất là phân cấp mạng lưới rõ ràng theo vai trò và mức độ ưu tiên bảo đảm thông suốt. Các trục liên vùng, các tuyến kết nối cửa khẩu, trung tâm hành chính, bệnh viện, khu sơ tán và đầu mối cứu hộ cần được xác định là các tuyến ưu tiên cao nhất trong cả quy hoạch, đầu tư và vận hành [3], [10], [11]. Trên nền đó, mạng lưới thứ cấp gồm các tuyến kết nối huyện, xã, khu dân cư và các đường đô thị cần được tổ chức như lớp hỗ trợ, có khả năng chia sẻ tải, phân lưu và bảo đảm tiếp cận khi trục chính gặp sự cố.

Nguyên tắc thứ hai là tăng dự phòng theo không gian. Ở các đô thị và hành lang miền núi phát triển dọc sông hoặc trong thung lũng hẹp, cần tránh để toàn bộ giao thông phụ thuộc vào một hành lang duy nhất. Tùy điều kiện cụ thể, các tuyến song hành, liên kết ngang, đoạn tránh ngắn, cầu kết nối bổ sung hoặc đường vòng tránh cục bộ có thể tạo ra giá trị lớn về an toàn, dù không luôn phát huy rõ về lưu lượng trong điều kiện bình thường. Đối với giao thông đô thị miền núi, dự phòng theo không gian còn có ý nghĩa trong việc bảo đảm tiếp cận tới các khu dân cư thấp trũng, khu vực ven sông và các công trình công cộng trọng yếu.

Nguyên tắc thứ ba là gắn tổ chức mạng lưới với vận hành rủi ro. Một mạng lưới an toàn không chỉ được quyết định bởi tiêu chuẩn thiết kế, mà còn bởi khả năng phân luồng, cảnh báo, duy trì tiếp cận khẩn cấp và phục hồi nhanh sau sự cố. Vì vậy, tổ chức mạng lưới cần tính tới điểm dừng an toàn, bãi tập kết thiết bị, tuyến ưu tiên cứu hộ và cơ chế cập nhật thông tin theo thời gian thực. Theo hướng đó, giao thông miền núi và giao thông đô thị miền núi cần được tổ chức như một hệ thống có phân cấp, có dự phòng và duy trì liên tục chức năng kết nối trong điều kiện khí hậu cực đoan.



Hình 8. Sơ đồ nguyên tắc tổ chức mạng lưới giao thông miền núi theo hướng phân cấp, liên tục và có dự phòng

3.5 Giải pháp kỹ thuật hạ tầng cho hệ thống giao thông miền núi

Từ các yêu cầu về quy hoạch và tổ chức mạng lưới, giải pháp kỹ thuật hạ tầng cho giao thông miền núi cần được lựa chọn theo

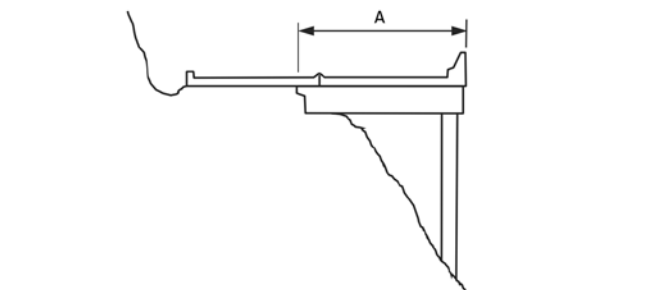
nguyên tắc thích ứng với địa hình, địa chất, chế độ mưa lũ và điều kiện khai thác, thay vì áp dụng đồng nhất các dạng công trình thông thường. Mục tiêu không chỉ là bảo đảm ổn định cục bộ cho từng đoạn tuyến, mà còn duy trì khả năng thông tuyến, giảm xác suất hư hỏng dây chuyền và hạn chế chi phí khắc phục sau thiên tai [6], [7], [8].

Nhóm giải pháp thứ nhất là: Giảm đào sâu, đắp cao và bám theo các hành lang địa hình ổn định hơn. Ở các sườn dốc lớn, việc đào mạnh về phía taluy dương hoặc đắp mở rộng về phía taluy âm có thể làm tăng nguy cơ mất ổn định mái dốc, nhất là trong điều kiện đất đá phong hóa và bão hòa nước. Vì vậy, cần ưu tiên điều chỉnh cục bộ bình đồ, trắc dọc, giảm tải mái dốc và thu hẹp phạm vi tác động vào địa hình tự nhiên. Đây là giải pháp nền tảng nhằm giảm rủi ro từ gốc trước khi áp dụng các biện pháp gia cố bổ sung.

Nhóm giải pháp thứ hai là: Tăng cường thoát nước và gia cố mái dốc như một hệ thống tích hợp. Trong giao thông miền núi, nước thường là tác nhân khởi phát chuỗi hư hỏng, từ xói lở rãnh dọc, tắc cống, tràn nền đến sạt trượt taluy. Do đó, cần thiết kế đồng bộ rãnh đỉnh, rãnh cơ, rãnh dọc, cống ngang, thoát nước ngầm và các biện pháp tiêu năng ở cửa xả theo điều kiện mưa cực đoan, đồng thời kết hợp bảo vệ bề mặt mái dốc bằng thảm phủ, khung gia cố, rọ đá hoặc lớp chống xói thích hợp [1], [2], [12]. Với các đoạn có nguy cơ trượt, giải pháp thoát nước thường phải đi trước hoặc đi cùng giải pháp ổn định mái.



Hình 6. Minh họa giải pháp thi công kết hợp thoát nước và gia cố bề mặt nền đường, mái dốc tại đoạn tuyến miền núi



Hình 7. Mặt cắt điển hình của giải pháp tường chắn công son bê tông cốt thép trên hệ cọc để đỡ phần nền đường mở rộng về phía taluy âm

Nhóm giải pháp thứ ba là: Sử dụng các kết cấu giữ đất và đỡ nền đường phù hợp với taluy âm dốc lớn. Thực tiễn cho thấy ở các tuyến đèo đèo miền núi, giải pháp mở rộng nền đường truyền thống thường gặp hạn chế vì chiếm dụng nền đường hiện hữu, làm gián đoạn giao thông và gia tăng can thiệp vào sườn dốc. Trong bối

cảnh đó, các dạng kết cấu như tường chắn, đất có cốt, kết cấu đỡ phần nền mở rộng, đặc biệt là tường chắn công son bê tông cốt thép trên hệ cọc, có thể là lựa chọn hợp lý cho các vị trí taluy âm cao, địa hình hẹp và yêu cầu duy trì khai thác [6], [8].



Hình 8. Cầu cạn ngắn tại đoạn địa hình miền núi đặc biệt khó khăn

Nhóm giải pháp thứ tư là: Áp dụng cầu cạn ngắn hoặc kết cấu vượt đỡ tại các đoạn địa hình đặc biệt bất lợi. Ở những vị trí sườn núi rất dốc, nền địa chất yếu hoặc hành lang giao thông bị bó hẹp giữa núi và sông suối, giải pháp nền đường truyền thống có thể kém hiệu quả hơn so với phương án công trình vượt. Cầu cạn ngắn, bản mặt đỡ trên trụ hoặc các dạng kết cấu bán cầu - bán nền có thể giúp giảm đào cắt sườn dốc, giảm tải lên nền đất yếu và duy trì ổn định hành lang tuyến trong dài hạn. Nhìn chung, lựa chọn kỹ thuật cho giao thông miền núi cần dựa trên tiếp cận tích hợp giữa tuyến, thoát nước, ổn định mái dốc và tổ chức khai thác, thay vì xử lý tách rời từng bộ phận công trình.

IV. KẾT LUẬN

Các nghiên cứu cho thấy giao thông miền núi cần được tiếp cận như một hệ thống hạ tầng tổng hợp, đồng thời thực hiện chức năng kết nối, tổ chức không gian và chống chịu trước khí hậu cực đoan. Ở miền núi phía Bắc, rủi ro đối với giao thông không chỉ phát sinh từ mưa lớn, lũ quét hay sạt lở đơn lẻ, mà từ sự tương tác giữa địa hình chia cắt mạnh, mạng lưới phụ thuộc vào một số trục chính, điều kiện địa chất bất lợi và sự phát triển không gian đô thị dọc sông suối. Vì vậy, thích ứng cho giao thông miền núi cần được xem xét đồng thời ở cấp quy hoạch, mạng lưới, công trình và vận hành.

Đối với tỉnh Cao Bằng, việc áp dụng các định hướng thích ứng cần xuất phát từ đặc điểm mạng lưới gắn chặt với thung lũng, hành lang sông suối và các bồn địa giữa núi. Có thể xem xét mạng lưới theo ba lớp: các trục kết nối liên tỉnh và cửa khẩu; các tuyến kết nối trung tâm đô thị với huyện, xã; và mạng lưới nội đô, nhất là tại các khu vực ven sông Bằng, sông Hiến và các vùng thấp trũng. Cách phân lớp này giúp xác định vai trò của từng tuyến và làm cơ sở ưu tiên đầu tư trong điều kiện thiên tai.

Ở cấp quy hoạch, cần lồng ghép bản đồ nguy cơ ngập, lũ quét và trượt lở đất vào rà soát hướng tuyến, lựa chọn quỹ đất giao thông và xác định khu vực phát triển mới. Ở cấp công trình và vận hành, cần ưu tiên nâng cao năng lực thoát nước, ổn định mái dốc và bảo đảm dự phòng kết nối tại các khu vực dễ bị cô lập; đồng thời bố trí phương án phân luồng, điểm tập kết vật tư, vị trí quay đầu và hệ thống cảnh báo tại các đoạn thường xuyên bị ảnh hưởng bởi mưa lớn.

Trong thời gian tới, cần tiếp tục nghiên cứu phân vùng rủi ro theo tuyến và lưu vực, xác định ngưỡng mưa gây mất ổn định công

trình, đánh giá khả năng chống chịu của hạ tầng hiện hữu, xây dựng tiêu chí ưu tiên đầu tư, hoàn thiện mô hình mạng lưới có dự phòng và cơ chế phối hợp giữa quy hoạch, vận hành, cảnh báo sớm và ứng cứu khẩn cấp.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2021). *Kịch bản biến đổi khí hậu phiên bản cập nhật năm 2020*. Hà Nội.
- [2]. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2025). *Báo cáo Kế hoạch quốc gia thích ứng với biến đổi khí hậu giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050 (cập nhật)*. Hà Nội.
- [3]. UBND tỉnh Cao Bằng (2026). *Điều chỉnh Quy hoạch tỉnh Cao Bằng thời kỳ 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Báo cáo tổng hợp.
- [4]. Viện Quy hoạch Đô thị và Nông thôn Quốc gia. (2017). *Thuyết minh tổng hợp Điều chỉnh Quy hoạch chung thành phố Cao Bằng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Hà Nội.
- [5]. Carlsson-Kanyama, A., Bui, P., Carlsen, H., Thuy, D. N., và Nguyen Thi Ngoc, L. (2013). *Các tác động của hiện tượng thời tiết cực đoan ở Bảo Lâm, Việt Nam: Các ý tưởng thích ứng với biến đổi khí hậu (FOI-R--3708--SE)*. Stockholm: Swedish Defence Research Agency.
- [6]. Bộ Giao thông vận tải. (2021). *Quyết định số 452/QĐ-BGTVT ngày 07/4/2021 ban hành Kế hoạch của Bộ Giao thông vận tải về chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu, tăng cường quản lý tài nguyên và bảo vệ môi trường giai đoạn 2021–2025*. Hà Nội.
- [7]. Nguyễn Kim Thanh. (2021). *Tiêu chuẩn thiết kế cầu của Việt Nam: Sự phù hợp với mục đích ứng phó biến đổi khí hậu – các rào cản, thiếu sót và hạn chế trong ứng dụng và triển khai thích ứng các điều kiện khí hậu*. Tài liệu dự án NDC giao thông.
- [8]. Trần Thị Kim Đăng. (2021). *Các tiêu chuẩn về đường bộ của Việt Nam: Sự phù hợp với mục đích ứng phó biến đổi khí hậu – các rào cản, thiếu sót và hạn chế trong ứng dụng và triển khai thích ứng các điều kiện khí hậu*. Tài liệu dự án NDC giao thông.
- [9]. Hoàng Quốc Dũng. (2023). *"Nghiên cứu, đánh giá điều kiện tự nhiên cho phát triển du lịch tỉnh Cao Bằng"*. Tạp chí Nghiên cứu Địa lý nhân văn, số 3, tr. 83–91.
- [10]. UBND tỉnh Cao Bằng. (2020). *Quyết định số 2542/QĐ-UBND ngày 15/12/2020 về việc ban hành Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu tỉnh Cao Bằng giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050*. Công bố trên Cổng thích ứng với biến đổi khí hậu.
- [11]. UBND tỉnh Cao Bằng. (2023). *Kế hoạch số 1101/KH-UBND ngày 09/5/2023 về phòng, chống thiên tai tỉnh Cao Bằng năm 2023*. Công bố trên Cổng thông tin điện tử tỉnh Cao Bằng.
- [12]. Phạm Thị Hương Lan, và Vũ Minh Cát. (2008). *"Một số kết quả nghiên cứu xây dựng bản đồ tiềm năng lũ quét phục vụ công tác cảnh báo lũ quét vùng núi Đông Bắc Việt Nam"*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, số 566, tr. 11–16.
- [13]. Phan Thị Mai Hoa, Nguyễn Quốc Phi, Nguyễn Thị Cúc, Nguyễn Phương Đông, Vũ Thị Lan Anh, và Kiều Đức Hồng. (2024). *"Áp dụng phương pháp phân tích thứ bậc (AHP) để đánh giá tổn thương do trượt lở đất tại huyện Hòa An, Công viên địa chất Non nước Cao Bằng"*. Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường, số 52, tr. 149–161. DOI: 10.63064/khtnmt.2024.610.