



Chuỗi Báo cáo Phân tích về ngành Giao thông Vận tải Việt Nam

Do CHÍNH PHỦ ĐỨC, QUỸ TÀI TRỢ TÍN THÁC NDC PARTNERSHIP, VÀ CHƯƠNG TRÌNH ĐỐI TÁC CHIẾN LƯỢC AUSTRALIA – NGÂN HÀNG THẾ GIỚI TẠI VIỆT NAM tài trợ

Giải quyết Vấn đề Biến đổi Khí hậu trong ngành Giao thông Vận tải

Tập 2: Lộ trình Hướng tới Giao thông Vận tải có Khả năng Chống chịu

Jung Eun Oh, Xavier Espinet Alegre, Raghav Pant, Elco E. Koks,
Tom Russell, Roald Schoenmakers, và Jim W. Hall

Báo cáo tổng kết

Tháng 9/2019

Giải quyết Vấn đề Biến đổi Khí hậu trong ngành Giao thông Vận tải

**Tập 2: Lộ trình Hướng tới Giao thông Vận tải có Khả năng
Chống chịu**

Chuỗi Báo cáo Phân tích về ngành Giao thông Vận tải Việt Nam

Do CHÍNH PHỦ ĐỨC, QUỸ TÀI TRỢ TÍN THÁC NDC PARTNERSHIP,
VÀ CHƯƠNG TRÌNH ĐỐI TÁC CHIẾN LƯỢC AUSTRALIA – NGÂN HÀNG THẾ GIỚI TẠI VIỆT NAM tài trợ

Giải quyết Vấn đề Biến đổi Khí hậu trong ngành Giao thông Vận tải

Tập 2: Lộ trình Hướng tới Giao thông Vận tải có Khả năng Chống chịu

Jung Eun Oh, Xavier Espinet Alegre, Raghav Pant, Elco E. Koks,
Tom Russell, Roald Schoenmakers, và Jim W. Hall

BÁO CÁO TỔNG KẾT

Tháng 9/2019

© 2019 Ngân hàng Thế giới

1818 H Street NW, Washington DC 20433

Điện thoại: 202-473-1000; Website: www.worldbank.org

Báo cáo này do nhóm chuyên gia Ngân hàng Thế giới phối hợp với các đối tác biên soạn. Kết quả nghiên cứu, kiến giải và kết luận thể hiện trong tài liệu này không nhất thiết phản ánh quan điểm của Ngân hàng Thế giới và Ban Giám đốc Điều hành. Ngân hàng Thế giới không đảm bảo tính chính xác của dữ liệu trình bày trong nghiên cứu này.

Đường biên giới, màu sắc, tên gọi và các thông tin khác biểu hiện trên các bản đồ trong báo cáo này không hàm ý bất kỳ đánh giá nào của Ngân hàng Thế giới về vị thế pháp lý của bất kỳ vùng lãnh thổ nào và cũng không thể hiện bất kỳ sự ủng hộ hay chấp nhận nào của Ngân hàng Thế giới về các đường biên giới đó.

Không nội dung nào trong tài liệu này tạo nên hoặc được coi như là một sự hạn chế đối với hoặc sự từ bỏ đặc quyền và miễn trừ của Nhóm Ngân hàng Thế giới đã được bảo lưu riêng.

Mọi câu hỏi về quyền và giấy phép xin gửi về Publishing and Knowledge Division, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington DC 20433, USA; fax: 202-522-2625; email: pubrights@worldbank.org.

Ảnh bìa: Một chiếc xe máy băng qua một con đường ngập nước ở nông thôn Việt Nam. Hanoi Photography – stock.adobe.com.

Mục lục

Danh mục Hình và Bảng.....	vii
Lời nói đầu	xi
Lời cảm ơn	xiii
Giới thiệu về tác giả.....	xv
Danh mục từ viết tắt.....	xvii
Tóm tắt báo cáo	21
Kết quả chính và khuyến nghị chính sách.....	23
Chương 1: Giới thiệu	29
Bối cảnh và Mục tiêu	29
Phạm vi nghiên cứu.....	31
Đóng góp và hạn chế của nghiên cứu.....	33
Cấu trúc báo cáo	36
Chương 2: Giới thiệu khái quát: Mạng lưới giao thông và Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai tại Việt Nam	39
Mạng lưới giao thông	39
<i>Mạng lưới hạ tầng đường bộ quốc gia</i>	<i>39</i>
<i>Mạng lưới tỉnh lộ.....</i>	<i>40</i>
<i>Mạng lưới hạ tầng đường sắt.....</i>	<i>41</i>
<i>Mạng lưới hạ tầng đường thủy nội địa</i>	<i>41</i>
<i>Mạng lưới hạ tầng vận tải đường biển</i>	<i>42</i>
<i>Mạng lưới hạ tầng giao thông hàng không</i>	<i>42</i>
Mô hình luồng vận tải hàng hóa trong các mạng lưới giao thông	42
<i>Kết quả phân luồng vận tải hàng hóa ở phạm vi quốc gia.....</i>	<i>43</i>
<i>Kết quả phân luồng vận tải hàng hóa ở cấp tỉnh.....</i>	<i>45</i>
<i>Mức độ không chắc chắn trong phân tích luồng vận tải hàng hóa</i>	<i>48</i>
Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới giao thông.....	51
<i>Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của hệ thống đường bộ và đường sắt trên toàn quốc.....</i>	<i>51</i>
<i>Nguy cơ rủi ro thiên tai với hệ thống tỉnh lộ.....</i>	<i>57</i>
Chương 3: Đánh giá Mức độ dễ bị tổn thương, Mức độ quan trọng và Đánh giá Rủi ro	65
Đánh giá Mức độ dễ bị tổn thương và Mức độ quan trọng	65
Kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho Mạng lưới đường bộ quốc gia.....	67
Mức độ quan trọng cho mạng lưới tỉnh lộ	71
<i>Gián đoạn tỉnh lộ Lào Cai.....</i>	<i>71</i>
<i>Gián đoạn tỉnh lộ Bình Định</i>	<i>72</i>
<i>Gián đoạn tỉnh lộ Thanh Hóa</i>	<i>73</i>

Đánh giá Rủi ro	74
<i>Mạng lưới giao thông quốc gia</i>	75
<i>Rủi ro mạng lưới đường sắt quốc gia</i>	77
<i>Phân tích mạng lưới cấp tỉnh</i>	80
Các yếu tố biến đổi về Mức độ quan trọng và Rủi ro	85
Mức độ quan trọng và Mức độ dễ bị tổn thương của mạng lưới Cảng	89
Chương 4: Chiến lược Thích ứng và Phân tích Thích ứng	91
Phạm vi và Mục đích của Phân tích Thích ứng	91
Xác định sự cố gián đoạn do các nguy cơ thiên tai do biến đổi khí hậu	92
Các phương án thích ứng và Chi phí	93
Kết quả Phân tích Thích ứng	95
<i>Chi phí và lợi ích của phương án thích ứng cho mạng lưới đường bộ quốc gia</i>	96
<i>Chi phí và lợi ích thích ứng với mạng lưới tỉnh lộ</i>	102
<i>Ra quyết định trong môi trường rủi ro: Độ nhạy chi phí thích ứng</i>	109
<i>Phạm vi và mức độ rủi ro khi ước tính chi phí, lợi ích thích ứng</i>	110
Chương 5: Tìm kiếm các giải pháp vận tải đa phương thức trên phạm vi toàn quốc	117
Các tuyến liên kết và chi phí vận tải đa phương thức	118
Kết quả chuyển đổi một phần lưu lượng vận tải giữa các phương thức trong phân tích rủi ro đường bộ.....	119
Kết quả phân tích rủi ro đường sắt	122
Chương 6: Kết luận và Khuyến nghị về chính sách	127
Gia tăng mức độ tổn thương do biến đổi khí hậu	127
Ưu tiên tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới giao thông nhằm tối đa lợi ích kinh tế	127
Khuyến khích đầu tư để tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới vận tải	128
Khuyến khích tăng cường liên kết vận tải đa phương thức và tính hiệu quả của các phương thức vận tải	129
Khắc phục hạn chế về dữ liệu cho các nghiên cứu tiếp theo	130
Phụ lục A: Phương pháp luận cho Đánh giá rủi ro vận tải và khả năng thích ứng	131
Khung phương pháp và Cấu trúc triển khai	131
<i>Các định nghĩa quan trọng</i>	133
<i>Ước tính các phương án thích ứng</i>	135
<i>Phân tích sự không chắc chắn</i>	136
Phụ lục B: Tổng quan các Bộ dữ liệu.....	141
<i>Bộ dữ liệu thiên tai</i>	142
Phụ lục C: Kết quả dễ bị tổn thương cho các cảng	145
Phụ lục D: Các xã và huyện có mạng lưới đường bộ tiếp xúc với các nguy cơ tự nhiên	153

Danh mục Hình và Bảng

HÌNH

Hình E.1 Thiệt hại kinh tế tối đa và tỷ suất chi phí lợi ích của mạng lưới đường bộ quốc gia do sự cố gián đoạn giao thông	24
Hình 1.1. Các tỉnh và quốc gia láng giềng thuộc phạm vi nghiên cứu	32
Hình 2.1: AADF tối đa với mạng lưới vận tải toàn quốc.....	45
Hình 2.2. Luồng vận tải hàng hóa tối đa đến các trung tâm xã gần nhất và doanh thu thuần tối đa tại hệ thống tỉnh lộ Lào Cai.....	46
Hình 2.3. Luồng vận tải hàng hóa tối đa đến các trung tâm xã gần nhất và doanh thu thuần tối đa tại hệ thống tỉnh lộ Bình Định	47
Hình 2.4. Luồng vận tải hàng hóa tối đa đến các trung tâm xã gần nhất và doanh thu thuần tối đa tại hệ thống tỉnh lộ Thanh Hóa	48
Hình 2.5. Khoảng lưu lượng vận tải AADF theo phương thức.....	49
Hình 2.6. Phạm vi dòng doanh thu thuần mục tiêu của các hệ thống đường tại Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa.....	50
Hình 2.7. Nguy cơ rủi ro thiên tai với mạng lưới đường bộ quốc gia tại Việt Nam	54
Hình 2.8. Nguy cơ rủi ro thiên tai với mạng lưới đường sắt quốc gia tại Việt Nam	55
Hình 2.9. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với các tuyến đường bộ đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm.....	56
Hình 2.10. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với các tuyến đường sắt đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm.....	57
Hình 2.11. Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới tỉnh lộ ở Lào Cai.....	59
Hình 2.12. Phạm vi tác động của tình trạng sạt lở đất với mạng lưới đường bộ tại tỉnh Lào Cai vào năm 2050.....	60
Hình 2.13. Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới tỉnh lộ ở Bình Định	60
Hình 2.14. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với mạng lưới đường bộ tại tỉnh Bình Định đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm	61
Hình 2.15. Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới tỉnh lộ ở Thanh Hóa	62
Hình 2.16. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với mạng lưới đường bộ tại tỉnh Thanh Hóa đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm.....	63
Hình 3.1: Kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho mạng lưới đường bộ quốc gia	68
Mức độ quan trọng cho mạng lưới đường sắt quốc gia	69
Hình 3.2: Kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho mạng lưới đường sắt quốc gia.....	70

Hình 3.3. Giá trị tối đa ước tính về Doanh thu thuần và Tổn thất kinh tế tối đa cho Mạng lưới tỉnh lộ Lào Cai.....	72
Hình 3.4. Giá trị tối đa ước tính về Doanh thu thuần và Tổn thất kinh tế tối đa cho Mạng lưới tỉnh lộ Bình Định.....	73
Hình 3.5. Giá trị tối đa ước tính về Doanh thu thuần và Tổn thất kinh tế tối đa cho Mạng lưới tỉnh lộ Thanh Hóa.....	74
Hình 3.6. Ước tính rủi ro tối đa cho Liên kết mạng lưới đường bộ quốc gia.....	76
Hình 3.7. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro tối đa do sự cố đối với các liên kết mạng lưới đường bộ quốc gia cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu...	77
Hình 3.8. Ước tính rủi ro tối đa cho Liên kết mạng lưới đường sắt quốc gia	78
Hình 3.9. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro tối đa do sự cố đối với các liên kết mạng lưới đường sắt quốc gia cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu ..	79
Hình 3.10. Rủi ro tối đa của mạng lưới tỉnh lộ Lào Cai.....	80
Hình 3.11. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro tối đa do sự cố đối với các liên kết mạng lưới tỉnh lộ Lào Cai cho hiện tượng sạt lở đất trong tương lai năm 2050 theo các kịch bản khí hậu.....	81
Hình 3.12. Rủi ro tối đa của mạng lưới tỉnh lộ Bình Định	82
Hình 3.13. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro do sự cố đối với các liên kết mạng lưới tỉnh lộ Bình Định cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu	83
Hình 3.14. Rủi ro tối đa dự kiến của mạng lưới tỉnh lộ Thanh Hóa	84
Hình 3.15. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro do sự cố đối với các liên kết mạng lưới tỉnh lộ Thanh Hóa cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu	85
Hình 3.16. Phạm vi tổn thất kinh tế hàng ngày ước tính cho các sự cố gián đoạn liên kết mạng lưới riêng lẻ trong Mạng lưới đường bộ và đường sắt quốc gia của Việt Nam	86
Hình 3.17. Các phạm vi rủi ro tối thiểu và tối đa ước tính cho các sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ do hiện tượng lũ trên sông hiện tại và tương lai trên các mạng lưới giao thông quốc gia.....	87
Hình 3.18. Phạm vi ước tính tổn thất và rủi ro kinh tế hàng ngày do lũ trên sông dẫn tới sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ trên mạng lưới đường bộ Lào Cai trong kịch bản hiện tại và tương lai	88
Hình 3.19. Phạm vi ước tính tổn thất và rủi ro kinh tế hàng ngày do lũ trên sông dẫn tới sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ trên mạng lưới đường bộ Bình Định trong kịch bản hiện tại và tương lai	88
Hình 3.20. Phạm vi ước tính tổn thất và rủi ro kinh tế hàng ngày do lũ trên sông dẫn tới sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ trên mạng lưới đường bộ Thanh Hóa trong kịch bản hiện tại và tương lai.....	89
Hình 4.1. Tổng mức đầu tư trong 35 năm để tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu của hạ tầng các tuyến đường bộ mục tiêu tại Việt Nam.....	97
Hình 4.2. Tổng lợi ích ước tính trong 35 năm và tỉ lệ lợi ích - chi phí tối đa của các giải pháp tăng cường khả năng thích ứng trên các tuyến đường bộ mục tiêu tại Việt Nam.....	98

Hình 4.3. So sánh tỉ lệ lợi ích-chi phí của các giải pháp thích ứng với các tuyến đường bộ trong mạng lưới giao thông quốc gia.....	99
Hình 4.4. Chi phí đầu tư, lợi ích và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các tuyến đường bộ mục tiêu tại tỉnh Lào Cai.....	103
Hình 4.5. Chi phí đầu tư, lợi ích và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các tuyến đường bộ mục tiêu tại tỉnh Bình Định.....	105
Hình 4.6. Chi phí đầu tư, lợi ích và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các tuyến đường bộ mục tiêu tại tỉnh Thanh Hóa.....	107
Hình 4.7. Độ nhạy thông số với hệ thống đường quốc gia.....	109
Hình 4.8: Kết quả phân tích chi phí, lợi ích thích ứng của mạng lưới đường quốc gia tại Việt Nam	111
Hình 4.9. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng trong mạng lưới đường quốc gia tại Việt Nam, đánh giá theo các kịch bản ngập lụt hiện tại và tương lai	112
Hình 4.10. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với mạng lưới tỉnh lộ.....	113
Hình 5.1. Các tuyến liên kết đa phương thức trong mô hình mạng lưới.....	118
Hình 5.2. Tác động kinh tế tổng thể khi chuyển hướng vận tải 90% hàng hóa sang các tuyến đường bộ khác và 10% còn lại sang các phương thức khác thông qua các tuyến vận tải đa phương thức để xử lý sự cố đường bộ.....	120
Hình 5.3. Phân phối lại tối đa 10% lưu lượng hàng hóa sang mạng lưới đường sắt và đường thủy do sự cố trên các tuyến đường bộ.....	122
Hình 5.4. Tác động kinh tế tổng thể của các giải pháp chuyển đổi tuyến vận tải từ đường sắt sang đường bộ, đường thủy nội địa và đường biển thông qua các tuyến vận tải đa phương thức.....	123
Hình 5.5. Phân phối lại lưu lượng vận tải tối đa sang hệ thống đường bộ và đường thủy (đường thủy nội địa và đường biển) do các sự cố gây gián đoạn hệ thống đường sắt	124
Hình A.1 Trình bày đồ họa Khung đánh giá rủi ro hệ thống tổng thể hạ tầng giao thông.....	132

BẢNG

Bảng E.1. Phân tích thích ứng khí hậu cho các tuyến tỉnh lộ.....	25
Bảng 2.1. Phân cấp đường theo lưu lượng xe tính toán hằng ngày	39
Bảng 2.2: Tổng chiều dài tính toán theo từng cấp đường trong mô hình mạng lưới đường quốc gia tại Việt Nam.....	40
Bảng 2.3. Chiều dài tính toán theo từng cấp đường trong mô hình mạng lưới tỉnh lộ tại Việt Nam .40	
Bảng 2.4. Tổng chiều dài ước tính các tuyến liên kết và tỉ lệ các tuyến đường sắt trong mô hình mạng lưới đường sắt quốc gia tại Việt Nam.....	41
Bảng 2.5. Lưu lượng vận tải hàng ngày theo hàng hóa và phương thức vận tải	44

Bảng 2.6. Chiều dài mạng lưới đường quốc lộ và đường sắt chịu tác động của các loại rủi ro thiên tai	52
Bảng 2.7. Nguy cơ rủi ro thiên tai với mạng lưới tỉnh lộ	58
Bảng 3.1. Số lượng kịch bản một liên kết mạng lưới bị hư hỏng cho các Mạng giao thông khác nhau đã chọn	66
Bảng 4.1. Các loại sự cố có thể xảy ra do nguy cơ thiên tai gia tăng do thay đổi khí hậu bất lợi	93
Bảng 4.2. Tóm tắt chi phí đầu tư thích ứng ban đầu để xây dựng nguyên mẫu Đường chống chịu biến đổi khí hậu ở Việt Nam	95
Bảng 4.3. Số lượng kịch bản sự cố liên kết riêng lẻ và mức độ ảnh hưởng của thiên tai/phương án thích ứng được đánh giá cho Mạng lưới giao thông ở Việt Nam	96
Bảng 4.4. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần	101
Bảng 4.5. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần tại tỉnh Lào Cai	104
Bảng 4.6. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần tại tỉnh Bình Định	106
Bảng 4.7. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần tại tỉnh Thanh Hóa	108
Bảng B.1. Các bộ dữ liệu thô thu thập từ các nguồn dữ liệu khác nhau để thực hiện Mô hình hoá phân tích rủi ro giao thông ở Việt Nam	141
Bảng B.2. Bộ dữ liệu thiên tai được tổng hợp cho nghiên cứu	143
Bảng C.1. Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm và Kết quả của kịch bản tác động của thiên tai đối với Sân bay	145
Bảng C.2. Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm và Kết quả của kịch bản tác động của thiên tai đối với cảng biển chính	146
Bảng C.3. Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm và Kết quả của kịch bản tác động của thiên tai đối với Cảng thủy nội địa chính	147
Bảng D.1. Hai mươi xã tiếp xúc nhiều nhất với lũ lụt ở tỉnh Lào Cai	153
Bảng D.2. Hai mươi xã tiếp xúc nhiều nhất với lũ lụt ở tỉnh Bình Định	154
Bảng D.3. Hai mươi xã tiếp xúc nhiều nhất với lũ lụt ở tỉnh Thanh Hóa	155

Lời nói đầu

Biến đổi khí hậu rất có thể sẽ làm ảnh hưởng sâu sắc đến tiến trình phát triển của Việt Nam. Với gần 60% diện tích đất liền và 70% dân số phải đối mặt với nguy cơ thiên tai, Việt Nam so với toàn cầu là một trong những quốc gia dễ bị tổn thương nhất trên thế giới trước các sự kiện thời tiết dai dẳng và cực đoan. Trong 25 năm qua, các hiện tượng thời tiết cực đoan đã làm thiệt hại 0,4 - 1,7% GDP, trong khi đó biến đổi khí hậu được dự đoán sẽ tăng mạnh vào năm 2050. Bên cạnh đó, cùng với sự phát triển của nền kinh tế, Việt Nam đang trở thành một trung tâm phát thải khí nhà kính đáng kể. Mặc dù lượng phát thải tuyệt đối của Việt Nam vẫn còn nhỏ so với các quốc gia phát triển hơn nhưng khối lượng này đang tăng nhanh, thậm chí là quá nhanh so với quy mô nền kinh tế. Việt Nam là nền kinh tế phát thải nhiều các-bon thứ 13 trên thế giới, được đo bằng lượng phát thải trên GDP và xếp thứ 4 trong số các nước thu nhập thấp và trung bình ở Đông Á.

Ngành giao thông vận tải đóng vai trò quan trọng trong những xu hướng mới diễn ra gần đây. Thu nhập và tốc độ tăng trưởng kinh tế tăng mạnh đã dẫn đến quá trình cơ giới hóa nhanh chóng tại Việt Nam, đất nước với khoảng 96 triệu dân và gần 40 triệu phương tiện, trong đó có 35 triệu xe máy. Mặc dù tỷ lệ sở hữu ô tô vẫn còn tương đối thấp ở Việt Nam nhưng cùng với việc gia tăng thu nhập, ô tô đang nhanh chóng thay thế xe máy, đặc biệt là ở các thành phố lớn. Tỷ lệ sử dụng giao thông công cộng vẫn còn thấp, một phần do mức độ phát triển mạng lưới thấp và một phần do tính thuận tiện cũng như chi phí phải chăng của xe máy. Nhờ những thành tựu phát triển kinh tế và hội nhập nhanh chóng với thương mại thế giới, vận tải hàng hóa tại Việt Nam đã có sự tăng trưởng vượt bậc trong những năm gần đây. Đường bờ biển dài và mạng lưới đường thủy nội địa rộng khắp của Việt Nam đã được sử dụng rộng rãi cho việc vận chuyển hàng hóa; tuy nhiên, tỷ trọng so với phương thức vận tải đường bộ lại đang giảm dần.

Mạng lưới giao thông của Việt Nam dù đã được mở rộng với tốc độ đáng kinh ngạc trong hai thập kỷ qua nhưng ngày càng phải đối mặt nhiều hơn với nguy cơ thiên tai. Ngày nay, mạng lưới đường bộ của Việt Nam kéo dài tới hơn 400.000 km, phần lớn không được xây dựng để ứng phó các kịch bản thiên tai cực đoan, dự kiến sẽ trở nên thường xuyên hơn do biến đổi khí hậu. Nếu không đầu tư cải thiện khả năng chống chịu của mạng lưới kết cấu hạ tầng giao thông hiện có, những thành tựu của Việt Nam trong việc tạo ra kết nối tới toàn bộ các cộng đồng nông thôn có thể bị phá hủy hỏng. Bên cạnh đó, khả năng chống chịu của hạ tầng kết nối cũng có ý nghĩa quan trọng đối với việc đảm bảo thành công trong dài hạn của nền kinh tế, vốn phụ thuộc nhiều vào thương mại bên ngoài và ngày càng phụ thuộc vào các kết nối liên mạch giữa nông thôn và thành thị.

Báo cáo phân tích “Giải quyết Vấn đề Biến đổi Khí hậu trong ngành Giao thông Vận tải Việt Nam” do Ngân hàng Thế giới và một số đối tác thực hiện với sự hỗ trợ của Bộ Giao thông Vận tải nhằm mục đích đưa ra tầm nhìn và chiến lược cho giao thông thông minh, thích ứng với biến đổi khí hậu, nhằm giảm thiểu lượng khí thải các-bon của ngành đồng thời đảm bảo khả năng chống chịu trước những rủi ro trong tương lai. Kết quả phân tích và khuyến nghị được trình bày trong hai tập của báo cáo: *Tập 1 Lộ trình Hướng tới*



Vận tải Phát thải Các-bon Thấp và Tập 2 - Giải quyết Vấn đề Biến đổi Khí hậu trong ngành Giao thông Vận tải. Tập đầu tiên nêu các cách mà Việt Nam có thể thực hiện để giảm lượng khí thải các-bon bằng cách kết hợp các chính sách và hoạt động đầu tư đa dạng, theo những mức độ tham vọng và nguồn lực khác nhau. Tập thứ hai đưa ra khung phương pháp nhằm phân tích mức độ quan trọng và tính dễ bị tổn thương của mạng lưới cũng như các ưu tiên đầu tư để tăng cường khả năng chống chịu.

Hai Báo cáo này được thực hiện vào một thời điểm quan trọng khi Chính phủ Việt Nam đang nỗ lực cập nhật Đóng góp quốc gia tự quyết định và đề ra kế hoạch đầu tư công trung hạn cho giai đoạn tiếp theo 2021 - 2025. Chúng tôi hy vọng rằng các kết quả này có thể cung cấp những thông tin hữu ích và khuyến nghị cụ thể đối với các văn bản quan trọng nêu trên, góp phần vào thành tựu của Việt Nam trong việc phát triển ngành vận tải các-bon thấp và có khả năng chống chịu.

Guangzhe Chen

Giám đốc cao cấp Khối chuyên ngành toàn cầu
Chuyên ngành Giao thông Vận tải toàn cầu

Ousmane Dione

Giám đốc Quốc gia - Ngân hàng Thế giới tại Việt Nam
Việt Nam



Lời cảm ơn

Báo cáo này được thực hiện bởi Ban Giao thông Toàn cầu và Khu vực Đông Á - Thái Bình Dương của Ngân hàng Thế giới.

Trường nhóm soạn thảo báo cáo bao gồm Tiến sĩ Jung Eun Oh (Chuyên gia cao cấp giao thông) và Tiến sĩ Xavier Espinet Alegre (Chuyên gia giao thông) của Ngân hàng Thế giới, cùng với Tiến sĩ Raghav Pant của Trường Đại học Oxford Infrastructure Analytics (OIA). Nhóm nghiên cứu bao gồm: bà Maria Cordeiro, Tiến sĩ Jasper Cook, ông Phan Công Đức, Tiến sĩ Nguyễn Thành Long, ông Nguyễn Chí Kiên (Ngân hàng Thế giới); và Tiến sĩ Elco E. Koks, ông Tom Russell, ông Roald Schoenmakers và Giáo sư Jim W. Hall của trường Đại học OIA. Tất cả các kết quả sản xuất cây trồng đều được công nhận bởi Tiến sĩ Jawoo Koo, Tiến sĩ Zhe Guo, Tiến sĩ Irike Wood-Sichra, và Tiến sĩ Yating Ru tại Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực Quốc tế.

Nhóm nghiên cứu xin gửi lời cảm ơn chân thành vì sự hướng dẫn, chỉ đạo của ông Guangzhe Chen (Giám đốc cao cấp Khối chuyên ngành toàn cầu, Ban Giao thông Vận tải Toàn cầu), ông Ousmane Dione (Giám đốc Quốc gia Ngân hàng Thế giới tại Việt Nam), bà Almud Weitz (Quản lý Ban Giao thông Khu vực Đông Nam Á - Thái Bình Dương), ông Achim Fock (nguyên Giám đốc phụ trách chương trình và danh mục đầu tư chung tại Việt Nam), và bà Madhu Raghunath (nguyên trưởng nhóm Cơ sở hạ tầng tại Việt Nam).

Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, Nhóm đã phối hợp với Chính phủ Việt Nam và đánh giá cao sự hỗ trợ và tư vấn nhiệt tình từ Thứ trưởng Bộ Giao thông vận tải Lê Đình Thọ; ông Trần Ánh Dương (Vụ trưởng), bà Nguyễn Thị Thu Hằng (Phó Vụ trưởng), ông Vũ Hải Lưu (chuyên viên), bà Đoàn Thị Hồng Thắm (chuyên viên) và ông Mai Văn Hiến (chuyên viên) (Vụ Môi trường, Bộ Giao thông vận tải). Các cơ quan nhà nước khác đã cung cấp cho nhóm những thông tin quan trọng bao gồm: Tổng cục Đường bộ Việt Nam; Cục Đường thủy nội địa Việt Nam; Cục Hàng hải Việt Nam; Cục Hàng không Việt Nam; Cục Đường sắt Việt Nam và Cục Đăng kiểm Việt Nam.

Báo cáo này được hoàn chỉnh nhờ đóng góp ý kiến của đội ngũ phản biện: ông Stephen Ling (Chuyên gia môi trường trưởng), bà Cecilia M. Briceno-Garmendia (Chuyên gia Kinh tế), bà Neha Mukhi (Chuyên gia cao cấp môi trường), và ông Ian Halvdan Ross Hawkesworth (Chuyên gia trưởng cao cấp quản trị và điều hành) từ Ngân hàng Thế giới và ông Robin Bednall (Bí thư thứ nhất) và ông Vũ Đức Công (quản lý cao cấp cơ sở hạ tầng) từ Chính phủ Australia. Nhóm nghiên cứu cũng rất cảm ơn bà Kara Watkins (Tư vấn truyền thông Ngân hàng Thế giới) đã biên tập báo cáo một cách thống nhất và dễ hiểu, và ông Nguyễn Chí Kiên (Chuyên gia giao thông) đã rà soát bản tiếng Việt để đảm bảo tính chính xác của báo cáo.

Nhóm nghiên cứu cũng đánh giá cao sự hỗ trợ tuyệt vời từ bà Nguyễn Thanh Hằng, bà Nguyễn Mai Trang, bà Ira Chairani Triasdewi (Quản lý Hành chính), bà Đặng Thị Quỳnh Nga (Cán bộ Vận hành) và ông Nguyễn Hồng Ngân (Cán bộ Truyền thông).

Cuối cùng, Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn sự hỗ trợ to lớn từ Chính phủ Australia, và Quỹ Tài trợ Tín thác NDC Partnership cho quá trình phân tích và xuất bản nghiên cứu này.



Giới thiệu về tác giả

Jung Eun “Jen” Oh là chuyên gia kinh tế vận tải cao cấp của Ngân hàng Thế giới. Với chuyên môn kỹ thuật vận tải và kinh tế, Jen đã đảm nhận vai trò trưởng nhóm trong một số dự án đầu tư và hỗ trợ/tư vấn kỹ thuật cho các quốc gia ở Đông Nam Á, Trung Á, châu Phi hạ Sahara và châu Âu liên quan đến nhiều vấn đề của ngành giao thông vận tải. Jen từng là Trưởng Bộ phận Giao thông Vận tải của Ngân hàng Thế giới tại Việt Nam trong giai đoạn 2016-2019, giám sát và điều phối danh mục lớn các dự án do Ngân hàng Thế giới tài trợ trong lĩnh vực giao thông của Việt Nam và chủ trì một số công trình nghiên cứu về biến đổi khí hậu trong giao thông, khả năng kết nối, giao thông đô thị và đầu tư kết cấu hạ tầng. Jen có bằng thạc sĩ kinh tế và tiến sĩ về hệ thống giao thông, đồng thời là tác giả của một số bài viết, bao gồm một chương trong cuốn sách “Cuộc khủng hoảng giao thông đô thị ở các nền kinh tế mới nổi (2017)”, do Springer International xuất bản.

Xavier Espinet Alegre là chuyên gia giao thông tư vấn cho kinh tế trưởng liên quan đến phát triển bền vững tại Ngân hàng Thế giới và có chuyên môn sâu rộng về lập kế hoạch giao thông và kinh tế, thích ứng với biến đổi khí hậu, quản lý rủi ro thiên tai và hoạch định chính sách. Ông đã có hơn 5 năm kinh nghiệm trong việc phát triển các giải pháp liên ngành, ví dụ như phương pháp *Ra quyết định trong những điều kiện bất trắc*, để giải quyết những thách thức do biến đổi khí hậu mang lại cho quy hoạch giao thông ở Mozambique, Sierra Leone, Albania, Việt Nam, Campuchia và Saint Lucia, v.v. Trước khi trở thành chuyên gia của Ngân hàng Thế giới, ông là đồng sáng lập Resilient Analytics kiêm vai trò giám đốc kỹ thuật và là cán bộ nghiên cứu của Viện Khí hậu và Hệ thống Xây dựng. Xavier Espinet có bằng tiến sĩ hệ thống xây dựng của Đại học Colorado tại Boulder và bằng kỹ sư xây dựng của Đại học Politecnica de Catalunya, Tây Ban Nha.

Raghav Pant là nghiên cứu sinh sau tiến sĩ tại Viện Thay đổi Môi trường (ECI) Đại học Oxford, đồng thời là sáng lập và giám đốc của Công ty Oxford Architectural Analytics. Raghav có hơn 12 năm kinh nghiệm nghiên cứu và triển khai dự án trong lĩnh vực cơ sở hạ tầng và chủ trì công trình phân tích khả năng chống chịu trong Hiệp hội Nghiên cứu Chuyển đổi Cơ sở Hạ tầng Anh quốc (ITRC). Ông đã cộng tác với Ngân hàng Thế giới trong các dự án hiện tại về phân tích rủi ro vận tải ở Tanzania và Argentina. Báo cáo nghiên cứu của ông về đánh giá khả năng dễ bị tổn thương của kết cấu hạ tầng đường sắt Vương quốc Anh đã được trao Giải thưởng Khoa học Rủi ro Lloyds năm 2016 về Mô hình hóa Hệ thống.

Elco E. Koks là nghiên cứu sinh sau tiến sĩ về phân tích mạng lưới toàn cầu tại ECI và giáo sư nghiên cứu tập sự tại Viện Nghiên cứu Môi trường Vrije Universiteit Amsterdam. Elco có hơn bảy năm kinh nghiệm về một số chủ đề liên quan đến mô hình hóa tác động thiên tai, biến đổi khí hậu và kinh tế nước trong khuôn khổ các dự án nghiên cứu cấp quốc gia (Kiến thức về Khí hậu) và cấp Liên minh Châu Âu (ENHANCE và TURAS). Lĩnh vực nghiên cứu chính của ông là mô hình hóa hậu quả thiên tai đối với toàn bộ nền kinh tế ở cả cấp độ khu vực và liên vùng, với trọng tâm là các khu vực công nghiệp và kết cấu hạ tầng quan trọng.



Tom Russell là kỹ sư nghiên cứu phần mềm tại Viện Thay đổi Môi trường, Đại học Oxford, với hơn bảy năm kinh nghiệm trong việc phát triển phần mềm nghiên cứu, đặc biệt liên quan đến vấn đề phân tích mạng không gian và thiết kế, tương tác dựa trên dữ liệu. Tom đang xây dựng khung tích hợp mô hình hóa hệ thống cơ sở hạ tầng cho Hiệp hội Nghiên cứu Chuyển đổi Cơ sở Hạ tầng Anh quốc (ITRC) và phát triển các công cụ nguồn mở để phân tích rủi ro kết cấu hạ tầng thông qua các dự án hợp tác giữa Công ty Phân tích Cơ sở Hạ tầng Oxford và Ngân hàng Thế giới cho các dự án giao thông ở Tanzania, Việt Nam và Argentina.

Roald Schoenmakers là chuyên gia phát triển phần mềm nghiên cứu và cộng tác thường xuyên với các chuyên gia tên miền để tạo điều kiện phát triển phần mềm của họ. Ông cũng tham gia vào việc duy trì các phần mềm đã có để đảm bảo nền tảng mô hình hóa sẵn sàng cho ITRC và các đối tác trong ngành. Roald có bằng kỹ sư với nhiều năm kinh nghiệm trong việc phát triển phần mềm chuyên nghiệp cho các hệ thống điều khiển công nghiệp và ứng dụng đi kèm.

Jim W. Hall, giáo sư rủi ro khí hậu và môi trường tại Đại học Oxford, người sáng lập và giám đốc của Công ty Phân tích Cơ sở Hạ tầng Oxford. Jim cũng là Giám đốc của ITRC, cơ quan từng xây dựng các mô hình mô phỏng cơ sở hạ tầng quốc gia đầu tiên trên thế giới phục vụ cho mục đích thẩm định đầu tư và đánh giá rủi ro cơ sở hạ tầng quốc gia. Ông là tác giả cuốn sách *Tương lai cơ sở hạ tầng quốc gia: Cách tiếp cận hệ thống tổng thể* được Cambridge University Press xuất bản năm 2016. Ông cũng là thành viên Ban cố vấn chuyên gia cho Ủy ban Cơ sở Hạ tầng Quốc gia và Chủ tịch Quỹ Phân tích và Cơ sở Dữ liệu DAFNI về Cơ sở Hạ tầng Quốc gia. Ông là thành viên của Học viện Kỹ thuật Hoàng gia và trong mười năm gần đây là thành viên Ủy ban Độc lập về Thích ứng Biến đổi Khí hậu của Vương quốc Anh.



Danh mục từ viết tắt

AADF	Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm
AADT	Lưu lượng xe tính toán hàng ngày
BCR	Tỉ suất lợi ích/chi phí
CAAV	Cục Hàng không Việt Nam
CBA	Phân tích lợi ích/chi phí
CGE	Mô hình cân bằng tổng thể khả toán động
CI	Chi phí đầu tư
CMIP5	Dự án mô hình liên máy tính giai đoạn 5
CVTS	Hệ thống theo dõi xe thương mại
DMDU	Ra quyết định trong những điều kiện bất trắc
TC ĐBVN	Tổng Cục Đường bộ Việt Nam
EAD	Thiệt hại hàng năm dự kiến
EAEL	Tổn thất kinh tế hàng năm dự kiến
GCM	Mô hình Khí hậu Toàn cầu
GDP	Tổng sản phẩm quốc nội
GIS	Hệ thống thông tin địa lý
GLOFRIS	Rủi ro lũ lụt toàn cầu với các kịch bản hình ảnh
TCTK	Tổng cục Thống kê Việt Nam
GVA	Giá trị gia tăng
IFPRI	Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực Quốc tế
IMF	Quỹ Tiền tệ Quốc tế
IMHEN	Viện Khoa học Khí Tượng Thủy Văn và Biến đổi khí hậu
IO	Đầu vào-đầu ra
JICA	Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản
Km	Kilômét
m	Mét
MapSPAM	Mô hình phân bố sản xuất không gian
Bộ NN&PTNT	Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn

BỘ TN&MT	Bộ Tài nguyên và Môi trường
BỘ GTVT	Bộ Giao thông Vận tải
MRIA	Đánh giá tác động đa khu vực
MRIO	Bộ dữ liệu đầu vào-đầu ra đa khu vực
MT	Tấn
NPV	Giá trị hiện tại ròng
OD	Điểm đầu - điểm cuối
OIA	Công ty Phân tích Cơ sở Hạ tầng Oxford
OSM	Bản đồ mở
Sở GTVT	Sở Giao thông Vận tải
RCP	Đường nồng độ khí nhà kính đại diện
TDSI	Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông Vận tải
TEU	Đơn vị tương đương container 20 ft
UN	Liên Hợp Quốc
UNCTAD	Hội nghị Liên Hợp Quốc về Thương mại và Phát triển
UN COMTRADE	Cơ sở Dữ liệu Thống kê Thương mại của Liên Hợp Quốc
US\$	Đô la Mỹ
Cục HHVN	Cục Hàng hải Việt Nam
VITRANSS II	Nghiên cứu toàn diện về phát triển bền vững hệ thống giao thông vận tải ở Việt Nam
Cục ĐTNĐVN	Cục Đường thủy Nội địa Việt Nam
VND	Việt Nam Đồng
VRAMS	Dự án Quản lý tài sản đường bộ
WHO	Tổ chức Y tế Thế giới

ĐƠN VỊ TIỀN TỆ

Đơn vị tiền tệ - Đô la Mỹ

TRỌNG LƯỢNG VÀ ĐƠN VỊ ĐO LƯỜNG

Hệ mét

NĂM LẤY DỮ LIỆU ĐẦU KỲ

Vận chuyển hàng hóa - 2009, 2016

Dữ liệu kinh tế vĩ mô - 2012

Dữ liệu điều tra dân số - 2012

Dữ liệu khảo sát kinh doanh - 2012

TỶ GIÁ

1 đô la Mỹ = 22.500 đồng (năm 2016)

1 đô la Mỹ = 22.000 đồng (năm 2012)

1 đô la Mỹ = 14.000 đồng (năm 1999)

LẠM PHÁT TIỀN TỆ

1 đô la Mỹ năm 2016 = 1,5 đô la Mỹ năm 1999

1 đô la Mỹ năm 2016 = 1,05 đô la Mỹ năm 2012

Tóm tắt báo cáo

Việt Nam là một trong những nền kinh tế tăng trưởng nhanh nhất thế giới với tỷ lệ tăng trưởng GDP trên 7% trong quý I năm 2018 và dự báo tiếp tục tăng trưởng mạnh từ nay đến cuối năm (Ngân hàng Thế giới 2018). PwC năm 2017 cũng dự đoán Việt Nam là một trong những nền kinh tế tăng trưởng nhanh nhất trong giai đoạn 2016 - 2050, dự kiến sẽ duy trì tốc độ tăng trưởng GDP hàng năm 5%. Tuy nhiên, đà tăng trưởng nhanh chóng này đang bị đe dọa bởi các sự kiện thời tiết cực đoan như bão, lũ và sạt lở đất. Việt Nam nằm trong nhóm có nguy cơ cao về thiên tai; hai hoặc nhiều sự kiện rủi ro đa thiên tai được dự báo sẽ đe dọa 60% diện tích đất và 71% dân số (Dilley và cộng sự 2005) có thể dẫn đến thiệt hại tài sản trung bình hàng năm 1,5% GDP và tổn thất tiêu dùng tới 2% GDP (Hallegatte và cộng sự 2016).

Biến đổi khí hậu cũng sẽ làm trầm trọng thêm những mối nguy hiểm vốn đã cực lớn này. Bộ Giao thông Vận tải (Bộ GTVT) đang có kế hoạch xây dựng chiến lược và kế hoạch hành động quốc gia về vận tải có khả năng chống chịu với khí hậu nhằm thực hiện nhiệm vụ của ngành giao thông đối với các đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC), qua đó đáp ứng các mục tiêu của Hiệp định chung Paris về biến đổi khí hậu. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm hỗ trợ Bộ GTVT phân tích vai trò trọng yếu và mức độ tổn thương ở cấp độ mạng lưới đa phương thức, cũng như các phương pháp và công cụ để cung cấp thông tin đầu vào về các ưu tiên đầu tư trong lĩnh vực quản lý tài sản giao thông có xem xét các yếu tố khí hậu và thiên tai.

Báo cáo này trình bày kết quả *Phân tích rủi ro đa thiên tai trong ngành giao thông vận tải tại Việt Nam* ở cấp quốc gia và cấp tỉnh cũng như đề xuất một số khuyến nghị chính sách nhằm tăng cường khả năng chống chịu với khí hậu của hệ thống giao thông.

Phạm vi phân tích quốc gia bao gồm các tuyến đường quốc lộ, đường sắt, đường hàng không dân dụng, đường thủy nội địa và các hệ thống hàng hải tạo nên kết cấu hạ tầng giao thông đa phương thức của Việt Nam. Trọng tâm ở quy mô quốc gia là tìm hiểu các tác động kinh tế từ việc gián đoạn vận tải hàng hóa đa phương thức do sự cố liên quan đến kết cấu hạ tầng.

Phạm vi phân tích quy mô cấp tỉnh bao gồm mạng lưới đường bộ của ba tỉnh Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa, với mức độ chi tiết hơn so với phân tích ở quy mô quốc gia. Mạng lưới đường bộ bao gồm đường quốc lộ, tỉnh lộ, huyện, xã và các tài sản khác như cầu và cống, v.v. Trọng tâm ở quy mô tỉnh là tìm hiểu sự cố đường bộ ảnh hưởng như thế nào đến việc tiếp cận các vị trí quan trọng trong xã, cũng đồng nghĩa với ảnh hưởng đến sản xuất kinh tế.

Ở cả quy mô quốc gia và tỉnh, hai loại thiên tai là lũ lụt và sạt lở đất thường dẫn đến sự cố giao thông. Rủi ro lũ lụt được xem xét trong nghiên cứu này bao gồm lũ trên sông (tức là lũ gây ra do sông tràn qua bờ), lũ quét (nghĩa là lũ lụt gây ra bởi lượng mưa lớn) và lũ thủy triều (do bão gây ra). Bên cạnh việc xem xét tình hình hiện tại (năm 2016), chúng tôi sử dụng kết quả của các mô hình dựa trên kịch bản biến đổi khí hậu cho tình trạng lũ lụt tương lai trong các năm 2025, 2030 và 2050. Thông tin về nguy cơ sạt lở đất bao gồm kết quả của mô hình đo lường tính nhạy cảm của sạt lở đất tương ứng với điều kiện hiện tại (năm 2016) và các kịch bản biến đổi khí hậu trong các năm 2025 và 2050.

Khuôn khổ được xây dựng cho nghiên cứu này phác thảo phương pháp hệ thống tổng thể. Mỗi phương thức vận tải (đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa, đường biển và đường hàng không)

được xem xét trong nghiên cứu này được coi là một hệ thống kết cấu hạ tầng, hợp thành tổng thể kết nối bao gồm toàn bộ cơ sở vật chất và nhân lực phối hợp đồng bộ để cung cấp dịch vụ cơ sở hạ tầng (Hall và cộng sự 2016). Cơ sở hạ tầng hoặc dịch vụ vận tải để cập đến hoạt động vận chuyển hàng hóa và hành khách giữa các địa điểm. Kết cấu hạ tầng vận tải đa phương thức do đó được định nghĩa là một hệ thống tổng thể bao gồm các hệ thống phân ngành giao thông riêng lẻ.

Khuôn khổ sẽ trình bày các loại đánh giá hệ thống tổng thể sau đây có thể giúp ích cho quá trình ra quyết định:

- Đánh giá mức độ quan trọng để đo lường vai trò của kết nối giao thông và ảnh hưởng gián đoạn đến phần còn lại của kết cấu hạ tầng giao thông (Pant và cộng sự 2015).
- Đánh giá tính dễ bị tổn thương để đo lường hậu quả tiêu cực từ sự cố gián đoạn kết nối giao thông do những cú sốc bên ngoài (Pant và cộng sự 2016).
- Đánh giá rủi ro là sản phẩm của tính toán xác suất thiên tai và hậu quả của sự cố kết nối giao thông.
- Lập kế hoạch thích ứng để thực hiện các biện pháp kỹ thuật nhằm giảm thiểu rủi ro. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, kế hoạch thích ứng là để tận dụng các cơ hội liên quan đến biến đổi khí hậu (Füssel 2007).

Các chỉ số quan trọng đối với các tuyến đường bộ và mạng lưới đường sắt ở quy mô quốc gia được đo lường theo *chỉ số tác động kinh tế tổng thể mỗi ngày*, được biểu thị bằng đô la Mỹ (US\$) và được tính toán bằng cách cộng tổng thiệt hại kinh tế vĩ mô với các chi phí phân phối lại hàng hóa tăng lên do sự cố gián đoạn giao thông.

Ở quy mô tỉnh, nghiên cứu đánh giá mức độ quan trọng của mạng lưới đường bộ xét về *tác động kinh tế ước tính - tổng của tất cả các thiệt hại kinh tế mỗi ngày* (tổn thất doanh thu thuần) được biểu thị bằng đô la Mỹ, do thiếu các tuyến đường có thể tiếp cận đến trung tâm xã và gia tăng *chi phí chuyển đổi tuyến đường* trong trường hợp có thể duy trì tiếp cận các trung tâm xã sau sự cố gây gián đoạn.

Nghiên cứu ước tính *rủi ro* từ các sự cố do thiên tai và hiện tượng cực đoan bằng cách tích hợp hiểu biết về thiên tai và tác động trong một chỉ số. Rủi ro mạng lưới được ước tính theo chỉ số tổn thất kinh tế hàng năm dự kiến (EAEL). Thiệt hại cho thấy *tác động kinh tế hàng ngày*, được ước tính theo mức độ quan trọng, nhân với thời gian gián đoạn nhất định trong đó kết nối mạng lưới bị ảnh hưởng được cho là không hoạt động.

Phân tích thích ứng tìm hiểu các biện pháp nhằm cải thiện độ tin cậy của kết cấu tài sản đường bộ, chống chịu tốt hơn với các tác động của biến đổi khí hậu. Các lựa chọn thích ứng cho một tuyến đường nhất định được định lượng theo chi phí và lợi ích cụ thể. Các chi phí bao gồm chi phí đầu tư ban đầu để thực hiện các lựa chọn thích ứng, cùng với các khoản chi thường xuyên và định kỳ để duy trì khả năng chống chịu khí hậu của kết cấu hạ tầng đường bộ. Lợi ích bao gồm các tổn thất tránh được, xét về chi phí thiệt hại (hoặc cải tạo) và tác động kinh tế trên toàn mạng lưới từ sự cố gián đoạn giao thông do hư hỏng tài sản đường bộ, nếu các lựa chọn thích ứng không được thực hiện.

Kết quả chính và khuyến nghị chính sách

Ngành giao thông vận tải Việt Nam cần chuẩn bị sẵn sàng để đối phó với những sự cố do thiên tai và hiện tượng cực đoan với cường độ và tần suất ngày càng tăng do biến đổi khí hậu.

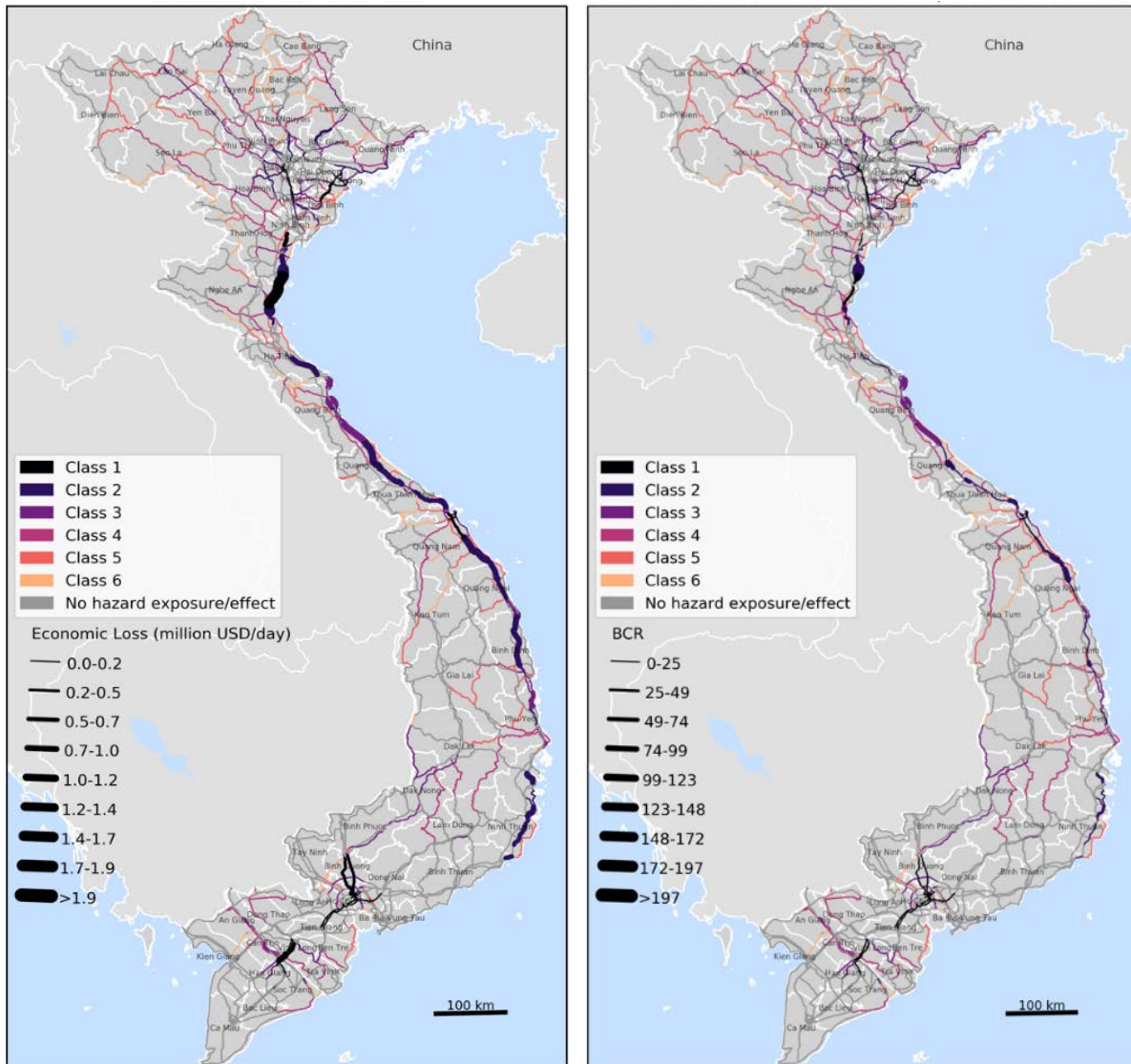
Phân tích của chúng tôi cho thấy rằng trong các kịch bản biến đổi khí hậu, nguy cơ xảy ra thiên tai và hiện tượng cực đoan sẽ tăng đáng kể trong tất cả các lĩnh vực giao thông vận tải ở Việt Nam. Tổng số km tối đa của tuyến đường bộ quốc gia và đường sắt cùng với mạng lưới tỉnh lộ dễ bị ảnh hưởng bởi các hiện tượng khí hậu cực đoan đều tăng trong tất cả các kịch bản biến đổi khí hậu. Ví dụ, ở Lào Cai, tổng chiều dài tuyến đường có nguy cơ sạt lở đất cực đoan tăng từ 142 km trong kịch bản hiện tại thành 210 km trong kịch bản phát thải cao vào năm 2050, được thể hiện trong Đường nồng độ khí nhà kính đại diện (Representative Concentration Pathways) RCP8.5. Theo kịch bản này, mực nước cực trị với chu kỳ lặp lại 1000 năm có thể bắt đầu xảy ra với tần suất 5 năm, khiến cho các tuyến đường thủy nội địa, đường biển và sân bay có nguy cơ bị ngập lụt với mức độ thường xuyên ngày càng tăng và rủi ro ngày càng cao.

Kiến thức hệ thống về các vị trí mà sự cố gây nên rủi ro kinh tế cao hơn đặt ra bài toán kinh tế cấp thiết về việc đầu tư nâng cao khả năng chống chịu của mạng lưới giao thông của Việt Nam trước những hiện tượng cực đoan khí hậu.

Mô hình và kết quả phân tích cho thấy rõ nguy cơ mang tính hệ thống và các vị trí có rủi ro cao trong mạng lưới liên quan đến từng loại thiên tai cụ thể, có thể được ưu tiên phân tích chi tiết hơn về khả năng chống chịu khí hậu. Kết quả mô hình trong Hình E.1 cho thấy các vị trí của mạng lưới đường bộ mà nếu phát sinh sự cố có thể dẫn đến thiệt hại rất cao lên tới 1,9 triệu US\$ mỗi ngày trong khi sự cố đường sắt có thể dẫn đến thiệt hại lên tới 2,6 triệu US\$ mỗi ngày. Nếu tính đến những tổn thất như vậy, tác động lớn hơn về thiệt hại kinh tế vĩ mô do gián đoạn giao thông trở thành vấn đề khá nghiêm trọng. Nhìn chung, các hiệu ứng như vậy thường bị bỏ qua trong phân tích giao thông, dẫn đến việc đánh giá thấp tác động của tình trạng gián đoạn vận tải.

So sánh các rủi ro hiện tại và tương lai cho thấy bài toán cấp thiết cần đầu tư xây dựng các tuyến đường bộ và đường sắt quốc gia có khả năng chống chịu khí hậu tại Việt Nam. Các phân tích so sánh này cũng chỉ ra rằng khả năng tiếp cận cơ hội kinh tế của một số tỉnh sẽ bị ảnh hưởng nghiêm trọng nếu không đầu tư xây dựng các tuyến đường có thể chống chịu với khí hậu. Thiệt hại kinh tế hàng năm dự kiến do sự cố vận tải bắt nguồn từ tình trạng lũ trên sông dưới tác động của biến đổi khí hậu trong tương lai có thể tăng hơn 100% trên một số tuyến đường bộ, đường sắt quốc gia và tỉnh lộ. Thiệt hại lớn hơn này được ghi nhận tại tất cả liên kết mạng lưới với tác động cao. Phân tích cho thấy ba tỉnh của Việt Nam sẽ gặp rủi ro lớn hơn đáng kể do kịch bản biến đổi khí hậu, lên tới 400% (Lào Cai), 900% (Bình Định) và 4.000% (Thanh Hóa) trên các tuyến đường có tổn thất cao nhất. Ngoài ra, một số trường hợp thiệt hại nghiêm trọng mới cũng xuất hiện trong các kịch bản dự báo lũ lụt tương lai cho ba tỉnh.

Hình E.1. Thiệt hại kinh tế tối đa và tỷ suất chi phí lợi ích của mạng lưới đường bộ quốc gia do sự cố gián đoạn giao thông



A. Tổng thiệt hại kinh tế tối đa

B. Tỷ suất chi phí lợi ích tối đa của các biện pháp thích ứng theo thời gian

Ghi chú: Đường biên giới, màu sắc, tên gọi và các thông tin khác biểu hiện trên các bản đồ trong báo cáo này không hàm ý bất kỳ đánh giá nào của Ngân hàng Thế giới về vị thế pháp lý của bất kỳ vùng lãnh thổ nào và cũng không thể hiện bất kỳ sự ủng hộ hay chấp nhận nào của Ngân hàng Thế giới về các đường biên giới đó.

Mạng lưới đường bộ của Việt Nam cần được đầu tư để đại tu các tài sản đường bộ hiện có theo tiêu chuẩn thiết kế chống chịu khí hậu cao hơn. Mặc dù tốn kém nhưng lợi ích mà các khoản đầu tư như vậy mang lại vượt xa chi phí bỏ ra cho các tài sản mạng lưới ưu tiên, giúp đảm bảo tính bền vững kinh tế lâu dài.

Phân tích cho thấy các mạng lưới đường bộ quy mô quốc gia và quy mô tỉnh đều cần lập kế hoạch thích ứng để bảo vệ trước các mối nguy liên quan đến khí hậu trong tương lai. Phân tích cho thấy Tỷ suất lợi ích chi phí (BCR) của các khoản đầu tư nhằm tăng cường khả năng thích ứng của các tuyến đường bộ quốc gia đa phần đều lớn hơn 1. Đồng thời, đối với một số tuyến đường quốc lộ, việc nâng cấp lên các thiết kế chống chịu khí hậu có thể đòi hỏi tổng mức đầu tư lên tới 3,4 triệu US\$/km - rất cao và có thể tương đương với chi phí xây dựng đường cao tốc mới tiêu chuẩn cao. Tuy vậy, lợi ích kinh tế cao mà các khoản đầu tư này mang lại cho thấy chi phí đầu tư cao là hoàn toàn xứng đáng. Phân tích với 20 tuyến đường bộ có BCR tối đa cao nhất được lựa chọn cho thấy rằng các khoản đầu tư ban đầu cho thích ứng khí hậu lên tới khoảng 95 triệu US\$ và tổng cộng khoảng 153 triệu US\$ trong toàn bộ thời gian hơn 35 năm. Tổng lợi ích trong hơn 35 năm của các khoản đầu tư này - được ước tính bằng cách cộng tất cả lợi ích từ các tuyến đường riêng lẻ - là rất đáng kể, dao động trong khoảng từ 651 đến 3.656 triệu US\$. Xét về yếu tố thích ứng với lũ lụt, số lượng tuyến đường có BCR > 1 tăng gấp đôi khi cân nhắc các kịch bản dự báo biến đổi khí hậu.

Tương tự, đối với các mạng lưới tỉnh lộ, một số lượng tài sản tương đối nhỏ nhưng quan trọng có BCR > 1. Rất nhiều trong số này là cầu và đường dân sinh đóng vai trò trọng yếu trong việc tiếp cận các địa điểm có hoạt động kinh tế. Nhìn chung, đối với tất cả mạng lưới đường bộ, BCR ngày càng tăng trong các kịch bản rủi ro khí hậu tương lai càng chứng minh sự cần thiết phải đầu tư vào khả năng chống chịu khí hậu trước các nguy cơ dự kiến. Bảng E.1 tóm tắt kết quả phân tích thích ứng ở cấp tỉnh.

Bảng E.1. Phân tích thích ứng khí hậu cho các tuyến tỉnh lộ

Mạng lưới đường bộ	Lào Cai	Bình Định	Thanh Hóa
Tỷ lệ % tài sản có BCR > 1	15	2-3	2-3
Số lượng tài sản có BCR > 1	190	220-330	530-800
Tổng chi phí đầu tư tăng cường khả năng thích ứng trong 35 năm (triệu US\$)	12,9	1,6	2,3
Tổng lợi ích từ tăng cường khả năng thích ứng trong 35 năm (triệu US\$)	16,4-22,5	14,2-31,4	7,8-22,3

Mạng lưới giao thông của Việt Nam có thể chống chịu tốt hơn nếu hoạt động như những hệ thống đa phương thức tích hợp thông qua cải thiện các liên kết đa phương thức mới.

Nghiên cứu này cho thấy có thể giảm bớt tác động kinh tế từ việc gián đoạn giao thông bằng cách xây dựng thêm kết nối vận tải đa phương thức. Cụm từ công suất mạng lưới dư thừa thường được hiểu là lãng phí và không hiệu quả. Tuy nhiên, tăng cường kết nối và năng lực sẽ hỗ trợ luồng hàng hóa và hành khách hàng ngày cũng như cung cấp thêm cơ hội chuyển đổi tuyến đường khi xảy ra sự cố gián đoạn lớn.

Nghiên cứu này đã thể hiện rõ ràng các lợi ích phân phối lại lưu lượng hàng hóa từ mạng lưới đường bộ sang đường sắt, đường thủy nội địa và đường biển. Chỉ cần chuyển 10% lưu lượng vận tải đường bộ, đặc biệt là sang đường sắt đã có thể giúp giảm 20 đến 25% tác động kinh tế. Việc tăng cường hiệu quả vận tải đường sắt và đường thủy có thể hạn chế các rủi ro của hệ thống đường bộ (vốn thường xuyên xảy ra tình trạng tắc nghẽn), đồng thời tận dụng công suất dư thừa của hệ thống đường sắt khi cần chuyển đổi lưu lượng hàng hóa từ vận tải đường bộ. Các giải pháp đa phương tiện có thể hạn chế đáng kể các rủi ro với hệ thống đường sắt và cần được xem xét cụ thể hơn trong tương lai.

Việc đầu tư để cải thiện lỗ hổng dữ liệu trong các nghiên cứu tương lai là rất quan trọng để có thể tạo ra kế hoạch đầu tư kinh tế tiềm năng cho mạng lưới giao thông. Việc phân tích rủi ro của toàn bộ hệ thống giao thông vận tải đã chứng minh có thể hỗ trợ lập kế hoạch tăng cường năng lực thích ứng của hoạt động vận tải. Tăng cường năng lực và phối hợp liên ngành hiệu quả có đóng góp vai trò vô cùng quan trọng trong việc thực hiện các nghiên cứu trong tương lai và tiếp tục cải thiện chất lượng dữ liệu cơ sở. Khó khăn mà nghiên cứu gặp phải là thiếu dữ liệu. Một số hạn chế liên quan đến việc thu thập, chuẩn hóa các nguồn dữ liệu sau:

- Dữ liệu mô tả hình học các mạng lưới hạ tầng, bao gồm các tham số phù hợp
- Lưu lượng vận tải theo các điều kiện và xu hướng vận tải mới nhất
- Phân bổ chi phí giao thông vận tải theo các điều kiện hiện tại
- Dòng chảy dữ liệu cho thấy cấu trúc hiện tại của kinh tế trong nước và khu vực
- Các rủi ro thiên tai cho cùng phạm vi không gian và theo các kịch bản biến đổi khí hậu tại Việt Nam
- Dữ liệu về tính cực đoan của các rủi ro thiên tai và lưu lượng vận tải
- Thông tin về thời gian gián đoạn vận tải và giải pháp khắc phục
- Chi phí các giải pháp thích ứng phù hợp với Việt Nam

Các bước tiếp theo: Quá trình tăng cường năng lực chuẩn hóa và chia sẻ dữ liệu đòi hỏi tăng cường phối hợp giữa các bên liên quan.

Mặc dù mô hình xây dựng trong nghiên cứu này có độ mở cần thiết để có thể điều chỉnh trong tương lai, nghiên cứu chỉ tập trung vào một số khía cạnh kinh tế-xã hội của hạ tầng giao thông. Đặc biệt, nghiên cứu chưa đánh giá vai trò của hạ tầng giao thông trong việc thúc đẩy vận tải hành khách (đến nơi làm việc hoặc các mục đích khác) cũng như trong thị trường lao động. Các nghiên cứu tiếp theo có thể tập trung vào các nội dung này và những lợi ích kinh tế, xã hội khác của hạ tầng giao thông. Nghiên cứu đã khuyến nghị ưu tiên đầu tư để tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới giao thông vận tải, trong đó cần tính toán các chi phí, tính hiệu quả của các giải pháp can thiệp thay thế. Dựa trên nghiên cứu về lỗ hổng và rủi ro mạng giao thông này, chúng tôi khuyến nghị tiếp tục nghiên cứu chi phí và hiệu quả của các can thiệp thay thế trong các hoạt động tiếp theo.

Tài liệu tham khảo

- Dilley, Maxx, Robert S. Chen, Uwe Deichmann, Arthur L. Lerner-Lam, Margaret Arnold, Jonathan Agwe, Piet Buys, Oddvar Kjevstad, Bradfield Lyon và Gregory Yetman. 2005. *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. | *Nhóm có nguy cơ cao về thiên tai: Phân tích rủi ro toàn cầu*. Chuỗi báo cáo phân tích về rủi ro thiên tai. Washington, DC: Ngân hàng Thế giới.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/621711468175150317>.
- Füssel, Hans-Martin. 2007. "Adaptation Planning for Climate Change: Concepts, Assessment Approaches, and Key Lessons." | Lập kế hoạch thích ứng với biến đổi khí hậu: Khái niệm, phương pháp đánh giá và bài học quan trọng. *Khoa học bền vững* 2 (2): 265–75. DOI: 10.1007/s11625-007-0032-y.
- Hall, Jim W., Martino Tran, Adrian. J. Hickford, và Robert J. Nicholls, eds. 2016. *The Future of National Infrastructure: A System-of-Systems Approach*. | *Tương lai cơ sở hạ tầng quốc gia: Phương pháp tiếp cận hệ thống*. Cambridge, Vương quốc Anh: Nhà xuất bản Đại học Cambridge.
- Hallegatte, Stephane, Adrien Vogt-Schilb, Mook Bangalore và Julie Rozenberg. 2016. *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. | *Tăng cường khả năng chống chịu của người nghèo trước rủi ro thiên tai*. Washington, DC: Ngân hàng thế giới.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25335>.
- Pant, Raghav, Jim W. Hall và Simon P. Blainey. 2016. "Vulnerability Assessment Framework for Interdependent Critical Infrastructures: Case Study for Great Britain's Rail Network." | Khung đánh giá khả năng dễ bị ảnh hưởng của các cơ sở hạ tầng quan trọng phụ thuộc lẫn nhau: Nghiên cứu điển hình Mạng lưới đường sắt của Vương quốc Anh. *Tạp chí Nghiên cứu Cơ sở Hạ tầng và Giao thông Châu Âu* 16 (1): 174–94. <https://eprints.soton.ac.uk/385442/>.
- Pant, Raghav, Jim W. Hall, Simon. P. Blainey và John M. Preston. 2015. "Đánh giá điểm nút quan trọng của mạng lưới giao thông đa phương thức ở quy mô quốc gia." Báo cáo trình bày tại Hội nghị An toàn và Tin cậy của mạng lưới giao thông Châu Âu lần thứ 25, Zurich, Thụy Sĩ, tháng 9 năm 2015. <https://eprints.soton.ac.uk/385456/>.
- PwC (PricewaterhouseCoopers). 2017. *The World in 2050—The Long View: How Will the Global Economic Order Change by 2050*. | *Thế giới năm 2050: Trật tự kinh tế toàn cầu sẽ thay đổi như thế nào*. Báo cáo của Nhóm Chính sách & Kinh tế PwC. London: PricewaterhouseCoopers LLP.
<https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf>.
- Ngân hàng Thế giới. 2018. "Vietnam's economic prospect improves further with GDP projected to expand by 68 percent in 2018." | Triển vọng kinh tế Việt Nam khởi sắc hơn nữa với GDP dự kiến tăng 68% trong năm 2018. Thông cáo báo chí, ngày 14 tháng 6.
<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/06/14/vietnams-economic-prospect-improves-further-with-gdp-projected-to-expand-by-68-percent-in-2018>.

Chương 1: Giới thiệu

Bối cảnh và Mục tiêu

Việt Nam là một trong những nền kinh tế tăng trưởng nhanh nhất thế giới với tỷ lệ tăng trưởng GDP trên 7% trong quý I năm 2018 và dự báo tiếp tục tăng trưởng mạnh từ nay đến cuối năm (Ngân hàng Thế giới 2018). Đây là kết quả của thời kỳ tăng trưởng GDP ổn định với mức trung bình 6,4% trong những năm 2000. PwC năm 2017 cũng dự đoán Việt Nam là một trong những nền kinh tế tăng trưởng nhanh nhất trong giai đoạn 2016 - 2050, dự kiến sẽ duy trì tốc độ tăng trưởng GDP hàng năm 5%.

Tuy nhiên, đà tăng trưởng nhanh chóng này đang bị đe dọa bởi các sự kiện thời tiết cực đoan như bão, lũ và sạt lở đất. Các báo cáo trước đây cũng xếp hạng Việt Nam trong nhóm có nguy cơ cao về thiên tai; hai hoặc nhiều sự kiện rủi ro đa thiên tai được dự báo sẽ đe dọa 60% diện tích đất và 71% dân số (Dilley và cộng sự 2005) - có thể dẫn đến thiệt hại tài sản trung bình hàng năm 1,5% GDP và tổn thất tiêu dùng tới 2% GDP (Hallegatte và cộng sự 2016). Có thể sự thay đổi khí hậu sẽ làm trầm trọng thêm những mối nguy hiểm vốn đã cực lớn này, kể cả sau khi xem xét các điều kiện bất trắc trong các dự đoán mô hình khí hậu toàn cầu ở quy mô nhỏ hơn (Bộ TN&MT 2009; Ngân hàng Thế giới 2011; Irish Aid 2017). Nhận thức rằng nguy cơ biến đổi khí hậu có thể cản trở tiềm năng tăng trưởng của đất nước, đồng thời để góp phần thực hiện các đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC) trong khuôn khổ Hiệp định chung Paris, Bộ Giao thông Vận tải (GTVT) đã có kế hoạch triển khai với các hoạt động cụ thể trong ngành giao thông. Vì lẽ đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm hỗ trợ Bộ GTVT phân tích vai trò trọng yếu và mức độ tổn thương ở cấp độ mạng lưới đa phương thức, cũng như các phương pháp và công cụ để cung cấp thông tin đầu vào về các ưu tiên đầu tư trong lĩnh vực quản lý tài sản giao thông có xem xét các yếu tố khí hậu và thiên tai.

Trong quá trình phân tích vai trò trọng yếu và mức độ tổn thương ở cấp độ mạng lưới đa phương thức để xác định các ưu tiên bảo trì, nâng cấp và cải tạo kết cấu hạ tầng, nghiên cứu này cũng giải đáp một số câu hỏi chủ chốt liên quan đến các đơn vị quy hoạch giao thông, nhà đầu tư và các bên liên quan, cụ thể là:

1. Các nốt giao thông quan trọng có nguy cơ cao bị ảnh hưởng bởi các loại thiên tai cực đoan khác nhau?
2. Các khu vực có tài sản giao thông chịu rủi ro thiên tai đặc biệt cao, theo như dự đoán dựa trên kết quả mô hình hóa các kịch bản thiên tai do biến đổi khí hậu trong hiện tại và tương lai?
3. Thiệt hại kinh tế vĩ mô rộng hơn ở cấp quốc gia từ việc gián đoạn vận tải hàng hóa do sự cố liên quan đến kết cấu hạ tầng?
4. Tác động đối với kinh tế địa phương do một khu vực rộng lớn các hoạt động kinh tế không thể tiếp cận với các trung tâm xã gần nhất là gì?
5. Tác động từ sự cố gián đoạn giao thông do tăng chi phí vận chuyển và chi phí chuyển đổi tuyến đường nhằm đảm bảo dịch vụ liên tục là gì?

6. Các giải pháp vận tải đa phương thức để đảm bảo dịch vụ liên tục có khả năng chống chịu tới mức độ nào nếu các phương thức vận tải riêng lẻ bị hư hỏng hoặc gián đoạn do tác động của các thiên tai bên ngoài?
7. Khi xem xét các khoản đầu tư tăng cường khả năng chống chịu quan trọng để đối phó với tình trạng biến đổi khí hậu được đánh giá cho các kịch bản khí hậu hiện tại và tương lai, lợi ích thực tế của việc thích ứng là gì?
8. Các nốt giao thông quan trọng được ưu tiên là gì và lợi ích thực tế cao nhất của các biện pháp thích ứng với biến đổi khí hậu?
9. Các biện pháp can thiệp hoặc chính sách chống chịu khí hậu hiệu quả nhất để giảm mức độ dễ bị tổn thương của các tuyến đường quan trọng trước tác động của biến đổi khí hậu trong tương lai, có tính đến những điều kiện bất trắc và nhạy cảm?

Để trả lời các câu hỏi trên, báo cáo này tập trung vào một số mục tiêu cụ thể như sau:

1. Thiết lập mô hình mạng lưới phân luồng vận tải trên phạm vi không gian địa lý để thể hiện kết cấu hạ tầng giao thông đa phương thức ở Việt Nam, cả trong hiện tại và tương lai.
2. Mô hình hóa tình hình gián đoạn giao thông và phân bổ lại luồng vận tải trong trường hợp xảy ra sự cố mạng lưới do thiên tai.
3. Đánh giá tác động kinh tế - xã hội tiềm năng khi mạng lưới giao thông đa phương thức bị gián đoạn do thiên tai.
4. Xây dựng các số liệu về mức độ quan trọng để đo lường một cách có hệ thống và xác định các tuyến đường quan trọng trong mạng lưới vận tải đa phương thức có hoặc không có sẵn khả năng chống chịu và/hoặc dự phòng.
5. Thực hiện các mô phỏng dựa trên kịch bản đầy đủ để kết hợp nhiều điều kiện bất trắc trong các giả định mô hình cơ bản. Điều này phù hợp với phương pháp Ra quyết định trong những điều kiện bất trắc (DMDU) (Espinet và cộng sự 2015).
6. Kết hợp các chính sách và dự án đầu tư nâng cao khả năng vận tải có khả năng chống chịu để đánh giá các phương án thích ứng và xác định các biện pháp can thiệp hoặc chính sách hiệu quả nhằm hạn chế tính dễ bị tổn thương của các tuyến đường quan trọng trước tác động của biến đổi khí hậu trong tương lai, có tính đến những điều kiện bất trắc và nhạy cảm.

Phạm vi nghiên cứu

Các khuyến nghị của báo cáo được đưa ra ở hai cấp độ: quốc gia và tỉnh. Nghiên cứu tập trung chủ yếu ở các khu vực lục địa Việt Nam,² tiếp giáp Trung Quốc về phía Bắc, Cộng hòa dân chủ nhân dân Lào và Cam-pu-chia về phía Tây, có thể tiếp cận bằng đường bộ và được bao quanh bởi các đường ven biển ở phía đông và phía nam. Đối với phân tích quy mô quốc gia, dữ liệu đầu vào được lấy từ thống kê cấp tỉnh, huyện hoặc xã tùy từng trường hợp. Phân tích quy mô cấp tỉnh tập trung vào ba tỉnh cụ thể là Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa, nơi thông tin được lấy từ thống kê cấp xã.

Hình 1.1 thể hiện ranh giới khu vực và quốc tế của Việt Nam liên quan đến nghiên cứu này. Ba tỉnh Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa, nơi tiến hành phân tích mạng lưới đường bộ chi tiết, được đánh dấu bằng màu xám đậm.

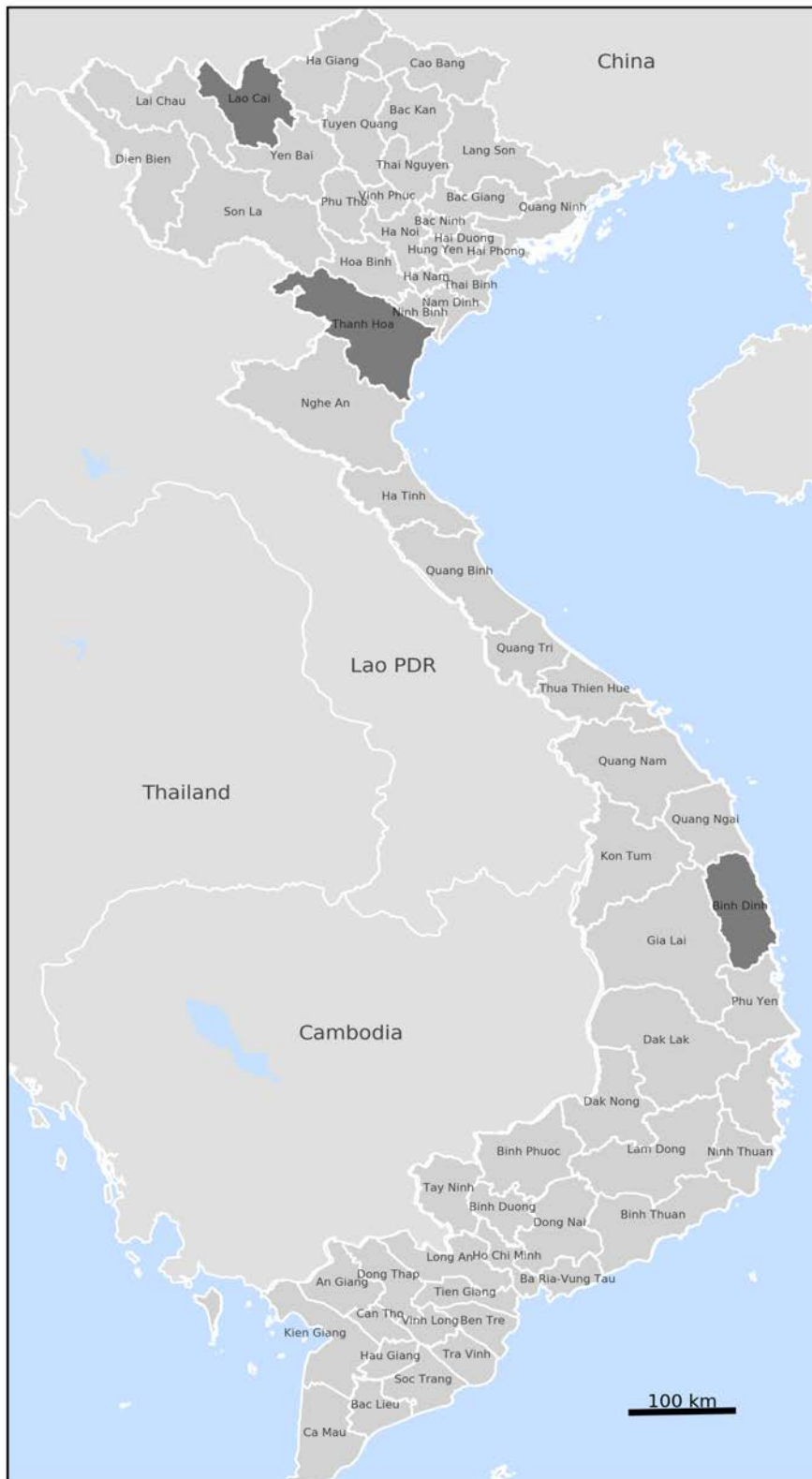
Phạm vi phân tích quốc gia bao gồm các tuyến đường quốc lộ, đường sắt, đường hàng không, đường thủy nội địa và các hệ thống hàng hải tạo nên kết cấu hạ tầng giao thông đa phương thức của Việt Nam. Trọng tâm ở quy mô này là tìm hiểu các tác động kinh tế từ việc gián đoạn vận tải hàng hóa do sự cố giao thông.

Phạm vi *phân tích quy mô cấp tỉnh* chỉ bao gồm mạng lưới đường bộ với mức độ chi tiết hơn so với phân tích ở quy mô quốc gia và bao gồm đường quốc lộ, tỉnh lộ, huyện, xã và các tài sản khác như cầu và cống, v.v. Trọng tâm ở quy mô này là nhằm tìm hiểu sự cố đường bộ ảnh hưởng như thế nào đến việc tiếp cận các vị trí quan trọng trong xã, cũng đồng nghĩa với ảnh hưởng đến sản xuất kinh tế.

Cụ thể, nghiên cứu xây dựng một *mô hình phân tích thích ứng chi tiết* cho tất cả *mạng lưới đường bộ* thuộc phạm vi nghiên cứu này để đo lường lợi ích và chi phí thích ứng, xác định các tài sản mạng lưới đường bộ cần ưu tiên đầu tư tăng cường chống chịu với khí hậu cũng như ước tính quy mô đầu tư cần thiết. Tóm tắt tổng quan về tất cả các bộ dữ liệu liên quan đến cơ sở hạ tầng được sử dụng trong nghiên cứu có trong Phụ lục B của báo cáo này.

Ở cả quy mô quốc gia và tỉnh, hai loại thiên tai là lũ lụt và sạt lở đất thường dẫn đến sự cố giao thông. Rủi ro lũ lụt được xem xét trong nghiên cứu này bao gồm lũ sông (tức là lũ gây ra bởi các con sông tràn qua bờ), lũ trên mặt nước (nghĩa là lũ lụt gây ra bởi lượng mưa lớn, còn được gọi là lũ quét) và lũ thủy triều (do bão gây ra). Bên cạnh việc xem xét tình hình hiện tại (năm 2016), chúng tôi sử dụng kết quả của các mô hình dựa trên kịch bản biến đổi khí hậu cho tình trạng lũ lụt tương lai trong các năm 2025, 2030 và 2050. Thông tin về nguy cơ sạt lở đất bao gồm kết quả của mô hình đo lường tính nhạy cảm của sạt lở đất tương ứng với điều kiện hiện tại (năm 2016) và các kịch bản biến đổi khí hậu trong các năm 2025 và 2050. Chương 2, phần “Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới giao thông” và Phụ lục B sẽ cung cấp thêm thông tin chi tiết về nguy cơ lũ lụt.³

Hình 1.1. Các tỉnh và quốc gia láng giềng thuộc phạm vi nghiên cứu



Ghi chú: Đường biên giới, màu sắc, tên gọi và các thông tin khác biểu hiện trên các bản đồ trong báo cáo này không hàm ý bất kỳ đánh giá nào của Ngân hàng Thế giới về vị thế pháp lý của bất kỳ vùng lãnh thổ nào và cũng không thể hiện bất kỳ sự ủng hộ hay chấp nhận nào của Ngân hàng Thế giới về các đường biên giới đó.

Đóng góp và hạn chế của nghiên cứu

Đóng góp chính của nghiên cứu này là cung cấp bằng chứng không gian chi tiết về các điểm dễ bị tổn thương và rủi ro trên các hệ thống giao thông đa phương thức của Việt Nam. Một số kết quả nghiên cứu có thể có giá trị với các cơ quan liên quan tại Việt Nam như Bộ Giao thông Vận tải, Tổng cục Đường bộ, các Sở Giao thông Vận tải, Cục Hàng không, Cục Hàng hải, Cục Đường thủy Nội địa, Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông Vận tải, Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Một số đóng góp hữu ích cụ thể của nghiên cứu bao gồm:

- 1) Xây dựng bộ dữ liệu và tài nguyên mô hình hóa riêng biệt
 - a. Lần đầu tiên mô phỏng địa hình kết hợp với không gian địa lý các tuyến đường quốc lộ, đường sắt, đường thủy nội địa cấp quốc gia và mạng lưới giao thông đường biển đa phương thức cùng với phân luồng vận tải hàng hóa tại Việt Nam
 - b. Lưu lượng chi tiết về nông sản, hàng hóa hay mạng lưới cấp ngành được ánh xạ lên mạng lưới giao thông đa phương thức, giúp hiểu rõ hơn các mô hình lưu lượng hàng hóa nội địa trên toàn quốc.
 - c. Dự toán chi phí vận chuyển giúp hiểu rõ hơn các tiêu chí thực tế cho việc phân công lưu lượng vận chuyển hàng hóa
 - d. Các dự báo tăng trưởng dài hạn được tích hợp vào mạng không gian địa lý
 - e. Cơ sở dữ liệu của nghiên cứu được phát triển bằng ngôn ngữ lập trình Python dưới dạng mã nguồn mở, được đăng tải tại <https://github.com/oi-analytics/vietnam-transport>. Phương pháp tiếp cận của mã nguồn được thể hiện chi tiết trong báo cáo này kèm theo tài liệu cho người dùng để biên soạn và tải dữ liệu và mã cũng được đăng tải tại <https://vietnam-transport-risk-analysis.readthedocs.io/en/latest/>
 - f. Thử nghiệm mã cơ bản để thực hiện hàng tỷ tính toán trên máy tính về phân công lưu lượng của mạng lưới và các kịch bản lỗi với hiệu suất tối ưu, là yêu cầu cơ bản đối theo như quy mô của công trình.
- 2) Ưu tiên các mạng lưới dựa trên mức độ quan trọng
 - a. Các số liệu chính được tạo ra và phân tích trong nghiên cứu giúp trả lời các câu hỏi đã được nêu bật ở phần trước liên quan đến các bên liên quan trong ngành vận tải, những bên muốn biết tác động của việc gián đoạn giao thông lên việc cung cấp dịch vụ hay chi phí vận chuyển.
 - b. Đánh giá chi tiết mạng lưới được tiến hành trong nghiên cứu nhằm hỗ trợ xác định địa điểm quan trọng nhất để đảm bảo tính liên tục cho dịch vụ vận tải trên toàn quốc, việc ngưng trệ các điểm này có thể dẫn tới hậu quả khôn lường trên quy mô lớn về kinh tế - xã hội.
 - c. Xếp hạng mức độ quan trọng của các công trình trong nghiên cứu này được dựa trên tiềm năng đột phá, đưa ra phương thức để ưu tiên và xử lý các chuỗi hoạt động giảm thiểu rủi ro.
 - d. Xếp hạng các công trình quan trọng nhằm đưa ra các ưu tiên về đầu tư nhằm giảm thiểu tình trạng dễ bị tổn thương và tăng cường khả năng chống chịu cho hệ thống, là nền tảng cho lập quy hoạch thích ứng dài hạn (Thacker và cộng sự, 2018).

- 3) Tăng cường hiểu biết về tình trạng dễ bị tổn thương do thiên tai
 - a. Nghiên cứu thể hiện mức độ ảnh hưởng về mặt không gian của mạng lưới giao thông với các loại hình thiên tai khác nhau theo các cấp độ không gian chi tiết, giúp hiểu được mức độ nghiêm trọng tiềm ẩn của các mối đe dọa khác nhau đối với mạng lưới cơ sở hạ tầng.
 - b. Kết quả nghiên cứu ở cấp TW và địa phương xác định các khu vực có nhiều công trình giao thông chịu rủi ro trước thiên tai theo kịch bản hiện tại và các công trình này sẽ thay đổi thế nào trong tương lai theo các kịch bản về biến đổi khí hậu.
 - c. Các thông tin không gian của nghiên cứu về rủi ro thiên tai đối với mạng lưới giao thông có thể hỗ trợ việc ra quyết định về lập quy hoạch giao thông cấp tỉnh và cấp TW nhằm phân bổ đủ ngân sách cho các hoạt động giảm nhẹ rủi ro thiên tai ngắn hạn và dài hạn cho ngành giao thông.
- 4) Xây dựng lộ trình cho công tác lập quy hoạch thích ứng
 - a. Đóng góp chính của nghiên cứu là đưa ra công cụ để thực hiện phân tích khả năng thích ứng, theo đó lợi ích và chi phí của các chiến lược khác nhau được thiết kế để xây dựng hệ thống giao thông chống chịu với thiên tai có thể được đánh giá theo từng kịch bản thiên tai khác nhau.
 - b. Nghiên cứu đưa ra các lựa chọn thích ứng khác nhau theo quy mô công trình giao thông đường bộ riêng lẻ, cũng như số liệu phân tích chi phí-lợi ích nhằm hiểu rõ các lựa chọn đầu tư cho mỗi công trình theo các kịch bản thiên tai khác nhau.
 - c. Nghiên cứu thực hiện các phân tích chính để làm rõ việc lập quy hoạch thích ứng cấp công trình có thể được thực hiện một cách chủ động nhằm ứng phó với các hiểm họa về khí hậu trong tương lai hay không.
 - d. Nghiên cứu thống kê và đưa ra các điểm thuộc các công trình đường bộ có khả năng thích ứng tốt, cung cấp cho các nhà hoạch định chính sách thông tin để ưu tiên nguồn lực cho các công trình trọng yếu trong mạng lưới.
- 5) Đánh giá đa phương thức
 - a. Nghiên cứu đưa ra các phương pháp chính và phân tích giúp lượng hóa các tác động khi xảy ra sự cố về giao thông, trong trường hợp có sẵn các lựa chọn đa phương thức khác.
 - b. Là một trong những mục tiêu chính của nghiên cứu, việc đánh giá đa phương thức đưa ra các bằng chứng hỗ trợ nhu cầu tăng cường kết nối đa phương thức như một chiến lược thích ứng.
 - c. Hiểu được lợi ích của đa phương thức tầm quy mô mạng lưới không gian địa lý sẽ là một phương thức để nhắm đến các địa điểm quan trọng của mạng lưới để tăng cường các phương tiện đa phương thức thông qua các dự án đầu tư.
- 6) Đánh giá tính không chắc chắn
 - a. Các mô hình và phân tích được nêu trong báo cáo có nhiều nguồn không chắc chắn do thiếu dữ liệu về cấu trúc mạng giao thông thực tế, số liệu thống kê về sử dụng. Các số liệu không chắc chắn này đã được cân nhắc trong quá trình phân tích.
 - b. Nghiên cứu áp dụng phương pháp tiếp cận ra quyết định mạnh mẽ (Lempert và cộng sự, 2013), theo đó, các phân tích lượng hóa phạm vi cực đoan (tối thiểu và tối đa) cho lưu lượng tiềm năng, mức độ qua trọng và khả năng thích ứng. Phương pháp tiếp cận cũng đưa ra công cụ ra quyết định hỗ trợ việc thực hiện mạnh mẽ các hoạt động thích ứng khác nhau theo các kịch bản khác nhau.

Các phân tích trong nghiên cứu bao gồm các đánh giá biểu thị ở cấp cao về hệ thống giao thông và các rủi ro thiên tai đi kèm, đưa ra các biện pháp theo thứ tự, theo đó các địa điểm và các công trình với rủi ro cao sẽ được thu hẹp để điều tra thêm. Do đó, cần đưa ra các cân nhắc cụ thể để hiểu rõ nghiên cứu. Tuy nhiên, hầu hết các hạn chế này là do thiếu dữ liệu thích hợp, việc cải thiện dữ liệu đầu vào của mô hình có thể thực hiện được để loại bỏ các hạn chế như sau:

- 1) Dữ liệu và thể hiện dữ liệu về mạng lưới cơ sở hạ tầng thực tế
 - a. Dữ liệu giao thông được tạo ra trong mô hình giúp thể hiện khả năng kết nối của mạng lưới giao thông thay vì quy hoạch tổng thể về bố trí không gian và thuộc tính chi tiết của từng điểm. Ví dụ, trong phân tích này, Cảng Hồ Chí Minh được thể hiện là một điểm trong không gian, nhưng trên thực tế, cảng nằm trên một khu vực lớn.
 - b. Tương tự, kết nối đường bộ, đường sắt, đường hàng không, cảng, và các phương tiện đa phương thức thể hiện các tuyến đường đi lại nói chung. Bất cứ chi tiết nào về chiều dài công trình, số làn đường, kênh điều hướng của hệ thống đều được ước tính.
 - c. Việc thể hiện khả năng kết nối thực tế và chức năng tích hợp của mạng lưới phụ thuộc rất nhiều vào việc số liệu có sẵn hay thiếu. Ví dụ, nếu dữ liệu có sẵn không chỉ ra có kết nối về đường bộ hoặc đường sắt, mô hình không thể thể hiện tính kết nối.
 - d. Các liên kết đa phương thức trong phân tích này thể hiện sự kết nối, bao gồm việc xác minh càng nhiều liên kết càng tốt thông qua hình ảnh vệ tinh.
- 2) Phân công lưu lượng mạng lưới
 - a. Như giải thích ở phần sau của báo cáo, mô hình ước lượng việc phân công lưu lượng trong mạng lưới dựa trên nhiều nguồn và bộ dữ liệu khác nhau. Rất nhiều giả định được đưa ra để giải thích các thông tin về lưu lượng.
 - b. Đại diện cho lưu lượng và tổn thất trong tương lai được ước tính dựa trên dự báo tăng trưởng cấp cao trên toàn quốc.
 - c. Do đó, giá trị lưu lượng trong phân tích này cho thấy các xu hướng ở cấp độ cao, hơn là đưa ra các ước tính về lưu lượng thực tế.
- 3) Phân tích lỗi và tình trạng dễ bị tổn thương do thiên tai
 - a. Các bộ dữ liệu cho thấy các thiên tai ở các độ phân giải hình ảnh không gian khác nhau, đôi khi còn là dữ liệu thô. Do đó, các thông tin về thiên tai không nên được sử dụng để đưa ra các phân tích cụ thể trên hiện trường.
 - b. Từ các phân tích về mạng lưới giao thông có nguy cơ rủi ro trước thiên tai, sẽ đưa ra tổng quan hữu ích về khả năng xảy ra thiên tai tại một địa điểm cụ thể.
- 4) Phân tích khả năng thích ứng
 - a. Trong báo cáo này, việc phân tích khả năng thích ứng phản ánh dữ liệu cơ bản của dự toán theo các lựa chọn khác nhau đang được xem xét. Do đó, phần dự toán chi phí trích xuất từ bộ dữ liệu sẽ đại diện cho dự toán tốt nhất.
 - b. Hiểu rõ phân tích về khả năng thích ứng là cách để hiểu các lựa chọn khác nhau có thể được đánh giá như thế nào hay các kịch bản nào cần được xem xét.

Cấu trúc báo cáo

Sau Chương giới thiệu, các phần còn lại của báo cáo sẽ được cấu trúc như sau:

Chương 2 - Giới thiệu khái quát: Mạng lưới giao thông và Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai tại Việt Nam:

Chương 2 mô tả thông tin mạng lưới giao thông cơ bản được thu thập và phân tích trong nghiên cứu này, các loại thiên tai và nguồn gốc phát sinh, các kịch bản biến đổi khí hậu (nếu được xem xét), các giải pháp không gian và phạm vi không gian. Chương này đưa ra một số thông tin liên quan đến tình hình kết cấu hạ tầng từ dữ liệu mạng lưới cơ bản trên cơ sở tham chiếu với các tài liệu liên quan bất cứ khi nào có thể.

Chương 3 - Đánh giá Mức độ dễ bị tổn thương, Mức độ quan trọng và Đánh giá Rủi ro

Chương 3 trình bày kết quả đánh giá ý nghĩa vận tải đối với sự gián đoạn dòng chảy hàng hóa trên các mạng lưới giao thông được tổng hợp cho Việt Nam. Đánh giá mức độ quan trọng xem xét một tập hợp đầy đủ các kịch bản liên kết mạng riêng lẻ có nguy cơ xảy ra sự cố. Ngoài ra, đánh giá cũng xem xét tác động về mặt số liệu cho thấy các vị trí mạng lưới có tác động kinh tế xã hội lớn nhất. Thực hiện đánh giá rủi ro để xác định các loại thiên tai có thể gây ra những tác động sau đây. Phạm vi của các tác động gây gián đoạn giao thông tương ứng với mỗi loại thiên tai được định lượng cho từng mạng lưới để hiểu rõ hơn xu hướng gia tăng của những tác động này do kịch bản khí hậu trong tương lai.

Chương 4 - Chiến lược Thích ứng và Phân tích Thích ứng

Chương 4 trình bày các phương án thích ứng được xem xét cho các tài sản mạng lưới đường bộ quốc gia và tỉnh lộ, phân tích chi tiết chi phí và lợi ích của từng tài sản theo kịch bản thiên tai tương ứng. Ngoài ra, chương này cũng đánh giá phạm vi của các phương án thích ứng và lợi ích đi kèm, qua đó xác định những ưu điểm của việc điều chỉnh theo các kịch bản khí hậu trong tương lai.

Chương 5 - Tìm hiểu các giải pháp vận tải đa phương thức trên phạm vi toàn quốc

Chương 5 giới thiệu về sự phát triển của hệ thống giao thông đa phương thức trong nghiên cứu. Tiếp theo đó, chương này đánh giá vai trò của hình thức vận tải đa phương thức trong trường hợp hạ tầng đường bộ hư hỏng bằng cách phân tích lựa chọn chuyển đổi vận tải từ đường bộ sang đường sắt.

Chương 6 - Kết luận và Khuyến nghị chính sách:

Chương 6 trình bày các khuyến nghị để xây dựng và tăng cường khả năng chống chịu của hệ thống giao thông đối với các tác động của biến đổi khí hậu.

Ghi chú

1. Xem mục quốc gia Việt Nam trên website của Ngân hàng Thế giới:
<http://www.worldbank.org/en/country/vietnam/overview>.
2. Trong phạm vi mục đích của nghiên cứu này, phân tích được giới hạn ở lục địa Việt Nam, xem xét tính khả dụng của dữ liệu và tầm quan trọng của lưu lượng giao thông.
3. Các bộ dữ liệu về nguy cơ thiên tai sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ các nguồn của bên thứ ba, Chính phủ Việt Nam hoặc thông qua các đối tác của Ngân hàng Thế giới và không bị chỉnh sửa bởi các tác giả.

Tài liệu tham khảo

- Dilley, Maxx, Robert S. Chen, Uwe Deichmann, Arthur L. Lerner-Lam, Margaret Arnold, Jonathan Agwe, Piet Buys, Oddvar Kjevstad, Bradfield Lyon và Gregory Yetman. 2005. *Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis*. | *Nhóm có nguy cơ cao về thiên tai: Phân tích rủi ro toàn cầu*. Chuỗi báo cáo phân tích về rủi ro thiên tai. Washington, DC: Ngân hàng Thế giới.
<http://documents.worldbank.org/curated/en/621711468175150317>.
- Espinet, Xavier, Amy Schweikert và Paul Chinowsky. 2015. “Khung ưu tiên chính của Dịch vụ vận tải.” *ASCE-ASME Tạp chí Rủi ro và Không bền vững trong các Hệ thống kỹ thuật, Phần A: Công trình Dân dụng* 3 (1). doi: 10.1061/AJRUA6.0000852.
- Hallegatte, Stephane, Adrien Vogt-Schilb, Mook Bangalore và Julie Rozenberg. 2016. *Unbreakable: Building the Resilience of the Poor in the Face of Natural Disasters*. | *Tăng cường khả năng chống chịu của người nghèo trước rủi ro thiên tai*. Washington, DC: Ngân hàng Thế giới.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/25335>.
- Irish Aid. 2017. *Báo cáo Hành động Khí hậu Việt Nam năm 2016*. Báo cáo của Nhóm nghiên cứu về Khả năng Chống chịu và Kinh tế, Limerick, Ireland: Irish Aid.
<https://www.irishaid.ie/media/irishaid/allwebsitemedia/30whatwedo/climatechange/Vietnam-Country-Climate-Action-Reports-2016.pdf>.
- Lempert, Robert, Nidhi Kalra, Suzanne Peyraud, Zhimin Mao, Sinh Bach Tan, Dean Cira, và Alexander Iotsch. 2013. “Đảm bảo Quản lý Rủi ro Lũ lụt tại thành phố Hồ Chí Minh. Tài liệu nghiên cứu chính sách 6465, World Bank, Washington, DC.
<http://document.worldbank.org/curated/en/749751468322130916>.
- Bộ TN&MT (Bộ Tài nguyên và Môi trường) 2009. *Biến đổi Khí hậu, Kịch bản Mực nước biển Dâng cao đối với Việt Nam*. Hà Nội: Bộ Tài nguyên và Môi trường.
https://www.preventionweb.net/files/11348_ClimateChangeSeaLevelScenariosforVi.pdf.
- PwC (PricewaterhouseCoopers). 2017. *The World in 2050—The Long View: How Will the Global Economic Order Change by 2050*. | *Thế giới năm 2050: Trật tự kinh tế toàn cầu sẽ thay đổi như thế nào*. Báo cáo của Nhóm Chính sách & Kinh tế PwC. London: PricewaterhouseCoopers LLP.
<https://www.pwc.com/gx/en/world-2050/assets/pwc-the-world-in-2050-full-report-feb-2017.pdf>.
- Thacker, Scott, Scott Kelly, Raghav Pant và Jim W. Hall. 2018. Đánh giá các lợi ích của việc thích ứng của các cơ sở hạ tầng quan trọng đối với các rủi ro khí tượng thủy văn. *Phân tích rủi ro* 38 (1): 134-50. DOI: 10.1111/risa.12839.
- Ngân hàng Thế giới. 2011. *Phát triển khả năng chống chịu khí hậu tại Việt Nam: Định hướng chiến lược cho Ngân hàng Thế giới*. Báo cáo. Vụ Phát triển bền vững Ngân hàng Thế giới, Văn phòng Quốc gia Việt Nam. <http://document.worldbank.org/curated/en/348491468128389806>.
- Ngân hàng Thế giới. 2018. “Vietnam’s economic prospect improves further with GDP projected to expand by 68 percent in 2018.” | *Triển vọng kinh tế Việt Nam tiếp tục khởi sắc với GDP dự kiến tăng 68% trong năm 2018*. Thông cáo báo chí, ngày 14 tháng 6.
<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2018/06/14/vietnams-economic-prospect-improves-further-with-gdp-projected-to-expand-by-68-percent-in-2018>.

Chương 2: Giới thiệu khái quát: Mạng lưới giao thông và Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai tại Việt Nam

Mạng lưới giao thông

Phần này mô tả các các mạng lưới giao thông hiện tại cùng khối lượng và chi phí vận chuyển hàng hóa trên các tuyến đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa, đường biển và đường hàng không trên cả nước. Ngoài ra, lưu lượng giao thông trên các mạng lưới tỉnh lộ cũng sẽ được thống kê dựa trên khả năng tiếp cận các trung tâm xã quan trọng trong tỉnh và mức độ rủi ro vận tải theo tính thời vụ của hoạt động canh tác lúa, đồng thời việc phân bổ chi phí vận hành mạng lưới giao thông cũng được cân nhắc.

Mạng lưới hạ tầng đường bộ quốc gia

Mô hình mạng lưới đường bộ quốc gia sử dụng trong nghiên cứu này mở rộng chiều dài lên khoảng 30.900 km, bao gồm 2.130 điểm nút giao thông và 2.512 tuyến đường liên kết. Trong số 30.900 km mạng lưới được sử dụng để phân tích, 30.032 km hay 97,2% đã được xây dựng và chỉ 868 km vẫn chưa được trải nhựa. Đường được phân cấp từ 1 đến 6, trong đó cấp đường càng cao thể hiện lưu lượng xe tính toán càng lớn (Bảng 2.1). Bảng 2.2 trình bày chiều dài đường tính toán theo cấp đường.

Bảng 2.1. Phân cấp đường theo lưu lượng xe tính toán hằng ngày

Lưu lượng xe	Cấp đường
> 6000	1
3000 – 6000	2
1.000 – 3000	3
300 – 1.000	4
50 – 300	5
<= 50	6

Nguồn: Bộ GTVT 2000.

Bảng 2.2: Tổng chiều dài tính toán theo từng cấp đường trong mô hình mạng lưới đường quốc gia tại Việt Nam

Cấp đường	Chiều dài (km)	Chiều dài (%)
1	1.656	5,35%
2	2.331	7,54%
3	4.951	16,02%
4	6.449	20,87%
5	8.561	27,70%
6	6.952	22,70%

Nguồn: Ước tính của tác giả theo dữ liệu không gian từ hệ thống CVTS

Mạng lưới tỉnh lộ

Do các bộ dữ liệu không gian cơ sở có cùng thuộc tính, các mô hình mạng lưới tỉnh lộ đã áp dụng các hình thức giả định tương tự với tất cả các tỉnh. Bảng 2.3 thể hiện chiều dài ước tính của các tuyến đường được xây dựng và các tuyến chưa trải nhựa ở các hệ thống đường khác nhau trong mỗi mô hình mạng lưới tỉnh lộ. Số liệu ước tính cho thấy hầu hết các tuyến đường ở các tỉnh này đều chưa trải nhựa.

Bảng 2.3. Chiều dài tính toán theo từng cấp đường trong mô hình mạng lưới tỉnh lộ tại Việt Nam

Tỉnh	Điểm nút	Tuyến liên kết	Hệ thống đường	Đã xây dựng (km)	Chưa trải nhựa (km)	Đã xây dựng (%)	Chưa trải nhựa (%)
Lào Cai	3.744	4.697	Quốc lộ	579	0	14,71%	0,00%
			Tỉnh lộ	435	0	11,06%	0,00%
			Đường huyện/xã	65	1.342	1,65%	34,11%
			Nguồn khác	0	1.514	0,00%	38,48%
			Tổng	1.079	2.857	27,42%	72,58%
Bình Định	21.686	26.213	Quốc lộ	341	0	6,31%	0,00%
			Tỉnh lộ	321	0	5,93%	0,00%
			Đường huyện/xã	226	446	4,17%	8,25%
			Nguồn khác	0	4.075	0,00%	75,34%
			Tổng	887	4.522	16,41%	83,59%
Thanh Hóa	66.863	91.304	Quốc lộ	921	0	4,58%	0,00%
			Tỉnh lộ	457	0	2,27%	0,00%
			Đường huyện/xã	394	2.312	1,96%	11,49%
			Nguồn khác	5	16.025	0,03%	79,67%
			Tổng	1.777	18.337	8,83%	91,17%

Mạng lưới hạ tầng đường sắt

Mô hình mạng lưới cơ sở hạ tầng đường sắt được xây dựng dựa trên dữ liệu về vị trí điểm ga và kích thước hình học đường ray nằm trong bộ dữ liệu của Bộ Giao thông Vận tải, bao gồm bộ dữ liệu VITRANSS II từ năm 2009 (JICA và Bộ GTVT 2010). Sau khi phân tích, mạng lưới bao gồm 313 điểm nút giao thông, với 234 ga tàu, và 324 tuyến liên kết. Chiều dài tuyến trong mô hình mạng lưới đường sắt vào khoảng 2.662 km. Bảng 2.4 trình bày chiều dài của một số tuyến đường sắt chính. Hà Nội là trung tâm chính của mạng lưới đường sắt, trong đó tuyến Hà Nội - Hồ Chí Minh là tuyến dài nhất trong mạng lưới đến thời điểm này.

Do cơ sở hạ tầng đường sắt chủ yếu bao gồm hệ thống đường 1 chiều và đang dần lạc hậu, việc sử dụng giao thông đường sắt còn rất hạn chế ở Việt Nam, đặc biệt trong việc mở rộng chiều dài tuyến với các địa hình hẹp và phức tạp (Systra 2018).

Bảng 2.4. Tổng chiều dài ước tính các tuyến liên kết và tỉ lệ các tuyến đường sắt trong mô hình mạng lưới đường sắt quốc gia tại Việt Nam

Mã tuyến đường sắt	Thông tin chuyển	Chiều dài (km)	Chiều dài (%)
Đường sắt Thống Nhất	Hà Nội - Hồ Chí Minh	1.719	64,56%
Yên Viên - Lào Cai	Hà Nội - Lào Cai	297	11,16%
Hà Nội - Đồng Đăng	Hà Nội - Lạng Sơn	171	6,42%
Gia Lâm - Hải Phòng	Hà Nội - Hải Phòng	106	3,98%
Kép - Hạ Long	Bắc Giang - Quảng Ninh	104	3,90%
Đông Anh - Quán Triều	Hà Nội - Thái Nguyên	58	2,16%
Kép - Lưu Xá	Bắc Giang - Thái Nguyên	55	2,07%
BH-VD	Hà Nội	39	1,47%
MP-LD	Lạng Sơn	31	1,17%
CG-ND	Nghệ An	30	1,12%
CL-PL	Hải Dương	17	0,65%
MM-PT	Bình Thuận	12	0,45%
PL-KK	Hà Nam	9	0,34%
DT-QN	Bình Định	9	0,34%
L-TM	Không xác định	6	0,22%

Mạng lưới hạ tầng đường thủy nội địa

Nghiên cứu xác định các nút giao thông trong mô hình mạng lưới đường thủy nội địa dựa trên dữ liệu từ do Cục Đường thủy nội địa Việt Nam (VIWA)¹ và nghiên cứu VITRANSS II. Sau khi phân tích, mạng lưới bao gồm 131 nút giao thông là các cảng đường thủy nội địa và 502 tuyến liên kết. Tổng chiều dài theo mô hình mạng lưới đường thủy nội địa là khoảng 5.407 km, tập trung dọc theo đồng bằng sông Cửu Long ở phía nam hoặc đồng bằng sông Hồng ở phía bắc, và một phần nhỏ ở tỉnh Quảng Bình.

Mạng lưới hạ tầng vận tải đường biển

Nghiên cứu đã xác định các giao lộ trong mô hình mạng giao thông mạng dựa trên dữ liệu không gian trên vị trí cảng do Bộ GTVT cung cấp và dữ liệu tuyến hàng hải do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố (MoNRE).

Sau khi phân tích, mạng lưới bao gồm 45 cảng biển và 206 tuyến liên kết. Tổng chiều dài tuyến trong mô hình mạng lưới vận tải đường biển là khoảng 5.254 km, chỉ tính riêng cho vận tải nội địa. Theo phân loại của Tổng cục Hàng hải Việt Nam (VINAMARINE), các cảng cửa ngõ hoặc trung chuyển quốc tế là cảng loại 1A và các cảng chủ yếu phục vụ nhu cầu phát triển trong nước là cảng loại 1 (Bộ GTVT 2016).

Mạng lưới hạ tầng giao thông hàng không

Nghiên cứu đã xác định các nút giao thông trong mô hình mạng hạ tầng giao thông hàng không dựa trên dữ liệu không gian về vị trí sân bay từ Bộ GTVT. Dựa trên mô hình giao thông trong nghiên cứu VITRANSS II trước đây của Bộ GTVT (JICA và Bộ GTVT 2010), nghiên cứu đã xác định các sân bay chính có lưu lượng hàng hóa vận chuyển qua lại và tính toán hình học các tuyến liên kết theo đường thẳng với từng cặp sân bay. Sau khi phân tích, mạng lưới bao gồm 23 nút sân bay, trong đó 8 nút được kết nối thông qua 10 tuyến liên kết. Trong khi tỷ lệ hàng hóa vận chuyển bằng đường hàng không/tổng lưu lượng vận tải ở Việt Nam đang dẫn tăng nhanh, dữ liệu chi tiết về lưu lượng vận chuyển hàng không chưa được công bố tại thời điểm nghiên cứu này. Do hạn chế đó, quá trình phân tích trong nghiên cứu đã coi ngành vận tải hàng không là một ngành độc lập, không phải là một dịch vụ vận tải đa phương thức ở Việt Nam.

Mô hình luồng vận tải hàng hóa trong các mạng lưới giao thông

Nghiên cứu này đã xây dựng mô hình và ước tính các số liệu về lưu lượng vận tải hàng hóa như sau:

- *Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm (AADF)*: Lưu lượng vận tải hàng hóa ước tính, tính bằng đơn vị tấn/ngày với một ngày vận tải trung bình giữa các địa điểm khác nhau trong mỗi mạng lưới; và
- *Chỉ số doanh thu thuần*: Ước tính doanh thu thuần hàng ngày của các hàng hóa và dịch vụ tiếp cận một vị trí quan trọng thông qua mạng lưới giao thông. Những chỉ số này được ước tính để đánh giá khả năng tiếp cận các địa điểm quan trọng thông qua mạng lưới đường bộ tại tỉnh.

Luồng giao thông được xây dựng dựa trên các dữ liệu hiện có, bao gồm thông tin nhận được từ các bộ, ngành liên quan, dữ liệu được tổng hợp từ các nghiên cứu, báo cáo trước đây về lập quy hoạch và phát triển giao thông ở Việt Nam, dữ liệu nguồn mở và các thông tin ước tính trực tuyến về lưu lượng vận tải. Nghiên cứu này dựa vào ma trận điểm đi-đến do Bộ GTVT xây dựng và cung cấp, dữ liệu CVTS từ năm 2017, ma trận đầu vào-đầu ra, dữ liệu đếm lưu lượng xe từ Tổng cục Đường bộ, dữ liệu sản xuất trồng trọt từ Viện IFPRI (Koo và đồng nghiệp, 2018) và các số liệu thống kê kinh tế-xã hội, v.v. Quá trình phân luồng vận tải hàng hóa được mô tả chi tiết trong Phụ lục A.

Kết quả phân luồng vận tải hàng hóa ở phạm vi quốc gia

Kết quả phân luồng vận tải hàng hóa giúp giải đáp các câu hỏi quan trọng dưới đây:

- Các tuyến liên kết có mật độ vận tải hàng hóa lớn nhất trong mạng lưới nằm ở đâu?
- Tuyến liên kết và tuyến chính nào có mật độ vận tải mang lại giá trị kinh tế lớn nhất?

Đầu tiên, kết quả phân tích ma trận điểm đi - điểm đến trên phạm vi toàn quốc được thể hiện trên bản đồ trong Hình 2.1 và bằng các bảng số liệu trong Bảng 2.5, trong đó trình bày khối lượng vận tải hàng ngày với mỗi nhóm hàng hóa nghiên cứu và theo từng phương thức vận tải (đường bộ, đường sắt, đường hàng không, đường thủy nội địa và đường biển). Đối với mỗi hàng hóa, phương thức vận tải phổ biến nhất đã được đánh dấu (màu xám) trong Bảng 2.5. Kết quả phân tích được thể hiện như sau:

- Do khối lượng vận tải gạo chênh lệch khá hơn giữa mức tối thiểu và tối đa, tổng lưu lượng vận tải hàng ngày với mỗi phương thức cũng biến động khá lớn, ảnh hưởng đến giá trị ước tính sai số.
- Đường thủy nội địa và đường bộ là hai phương thức vận tải chính đối với các hàng hóa này. Tùy thuộc vào sự biến động trong khối lượng vận tải gạo, 2 phương thức vận tải này chiếm tỉ trọng khoảng 44 và 48 %.
- Vận tải đường biển và đường sắt là 2 phương thức vận tải quan trọng tiếp theo, tương ứng chiếm khoảng 4 - 5% và 1,9 - 2,1% lưu lượng hàng hóa vận tải. Vận tải hàng không chiếm tỉ trọng gần như không đáng kể.
- Đối với các mặt hàng như xi măng, than, vật liệu xây dựng, phân bón, thủy sản và đường, đường thủy nội địa là phương thức vận tải chủ đạo. Đường bộ là phương thức vận tải chính với sản phẩm sản xuất chế tạo, thép, thịt, dầu mỏ và các sản phẩm canh tác được sử dụng trong nghiên cứu này.

Khối lượng và tỉ trọng vận tải giữa các phương thức được trình bày trong nghiên cứu là một tập con của trọng tải ước tính hàng năm tập trung vào các luồng hàng hóa liên tỉnh lớn và dựa trên dữ liệu điểm đến có sẵn của một số mặt hàng. Điều này dẫn đến các số liệu chia sẻ phương thức này có phần khác với các số liệu thống kê ước tính hàng năm của Tổng cục Thống kê.² Theo số liệu của Tổng cục Thống kê năm 2015, khoảng 76,5% lưu lượng hàng hóa được vận tải bằng đường bộ, 17,5% bằng đường thủy nội địa, 5,3% bằng đường biển, 0,6% bằng đường sắt và 0,02% bằng đường hàng không. Do đó, số liệu trong nghiên cứu này thể hiện tỉ trọng vận tải thấp hơn với hệ thống đường bộ và cao hơn với đường thủy nội địa cũng như đường sắt.

Các bản đồ trong Hình 2.1 thể hiện các luồng vận tải hàng hóa hàng ngày tại Việt Nam trên các tuyến đường dài, kết nối khu vực có nhiều hoạt động kinh tế ở phía nam (đồng bằng sông Cửu Long) với địa phương ở khu vực phía bắc (đồng bằng sông Hồng). Đối với mạng lưới đường bộ quốc gia, các tuyến vận tải hàng hóa khối lượng lớn đều trùng với các đường quốc lộ và đường cao tốc theo chiều dài đất nước. Lưu lượng vận tải bằng đường sắt tập trung nhiều hơn về khu vực phía bắc. Hệ thống đường thủy nội địa có một số tuyến đường có lưu lượng vận tải lớn ở phía bắc và phía nam, trong khi hệ thống giao thông đường biển gồm các tuyến đường bận rộn nhất. Dựa trên dữ liệu về các hãng hàng không, khả năng kết nối giữa sân bay Hà Nội và Hồ Chí Minh là yếu tố quan trọng nhất với vận tải hàng hóa.

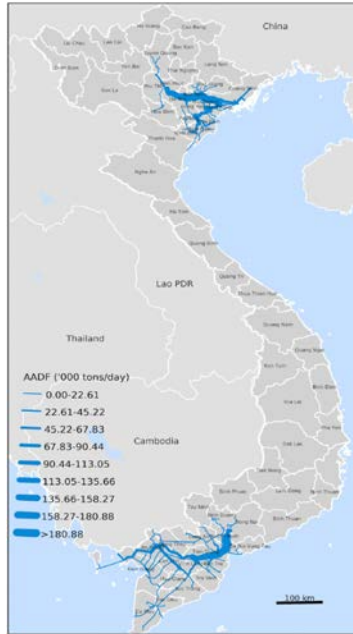
Bảng 2.5. Lưu lượng vận tải hàng ngày theo hàng hóa và phương thức vận tải

Hàng hóa	Đường bộ		Đường sắt		Hàng không		Đường thủy nội địa		Đường biển		Tổng
	Tấn/ngày	Tỉ lệ	Tấn/ngày	Tỉ lệ	Tấn/ngày	Tỉ lệ	Tấn/ngày	Tỉ lệ	Tấn/ngày	Tỉ lệ	
Xi măng	34.534	30,93%	3.581	3,21%	1	0,00%	60.626	54,31%	12.898	11,55%	111.640
Than	14.963	13,49%	2.022	1,82%	0	0,00%	83.917	75,68%	9.977	9,00%	110.879
Vật liệu xây dựng	108.721	23,37%	8.423	1,81%	5	0,00%	346.189	74,41%	1.904	0,41%	465.241
Phân bón	10.940	26,58%	1.973	4,79%	3	0,01%	27.058	65,74%	1.185	2,88%	41.158
Thủy sản	7.138	36,96%	30	0,16%	1	0,00%	11.912	61,67%	234	1,21%	19.315
Chế biến chế tạo	153.121	82,40%	4.702	2,53%	152	0,08%	13.933	7,50%	13.921	7,49%	185.828
Cà phê Arabica	57	99,61%	0	0,37%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,03%	57
Hạt điều	2.996	99,61%	1	0,03%	0	0,00%	2	0,07%	9	0,29%	3.008
Sắn	19.416	92,85%	436	2,09%	1	0,00%	146	0,70%	912	4,36%	20.911
Ngô	5.354	83,90%	199	3,11%	12	0,18%	299	4,68%	518	8,12%	6.382
Tiêu	404	97,94%	3	0,71%	0	0,00%	4	1,07%	1	0,29%	413
Cà phê robusta	2.033	99,64%	7	0,33%	0	0,00%	0	0,00%	1	0,03%	2.040
Cao su	2.570	98,57%	20	0,76%	0	0,00%	2	0,07%	16	0,60%	2.608
Khoai lang	1.034	59,22%	87	4,98%	6	0,35%	387	22,15%	232	13,31%	1.746
Chè	162	77,75%	13	6,20%	0	0,03%	0	0,01%	33	16,02%	208
Thịt	50.940	72,79%	555	0,79%	48	0,07%	14.019	20,03%	4.425	6,32%	69.987
Xăng	32.532	71,49%	384	0,84%	8	0,02%	5.301	11,65%	7.284	16,01%	45.509
Thép	33.446	77,08%	2.350	5,42%	2	0,01%	6.840	15,76%	751	1,73%	43.389
Đường	3.064	37,98%	13	0,16%	0	0,00%	4.844	60,06%	145	1,80%	8.066
Gỗ	10.748	46,51%	325	1,40%	7	0,03%	11.211	48,51%	820	3,55%	23.110
Gạo (tối thiểu)	73.557	70,96%	1.210	1,17%	9	0,01%	25.762	24,85%	3.114	3,00%	103.653
Gạo (tối đa)	361.478	59,64%	8.043	1,33%	43	0,01%	204.781	33,78%	31.799	5,25%	606.144
Tổng khối lượng (tối thiểu)	567.729	44,87%	26.332	2,08%	254	0,02%	612.452	48,41%	58.380	4,61%	1.265.147
Tổng khối lượng (tối đa)	855.650	48,41%	33.165	1,88%	287	0,02%	791.471	44,78%	87.065	4,93%	1.767.638

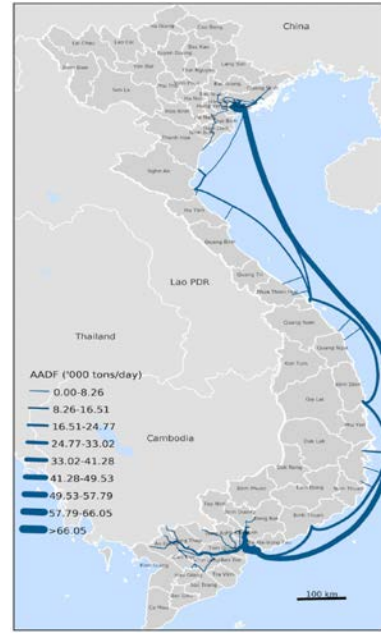
Hình 2.1: AADF tối đa với mạng lưới vận tải toàn quốc



A. Tổng khối lượng (Đường bộ)



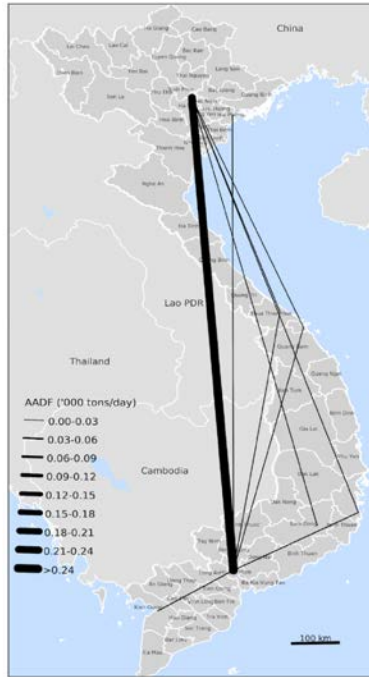
B. Tổng khối lượng (Đường thủy nội địa)



C. Tổng khối lượng (Đường biển)



D. Tổng khối lượng (Đường sắt)



E. Tổng khối lượng (Đường hàng không)

Kết quả phân luồng vận tải hàng hóa ở cấp tỉnh

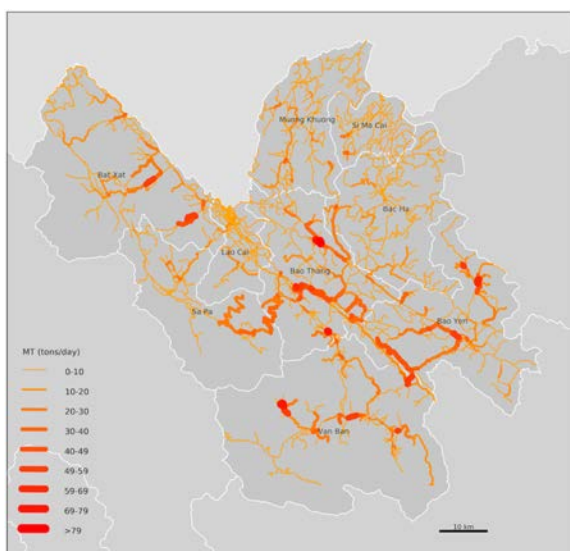
Luồng và doanh thu vận tải trong các mạng lưới tỉnh lộ đã được tính toán dựa trên dữ liệu sản xuất trồng trọt từ Viện IFPRI (Koo và đồng nghiệp, 2018) và số liệu thống kê các nguồn thu nhập cấp xã của Tổng cục thống kê.³ Hình 2.2 (Lào Cai), Hình 2.3 (Bình Định) và Hình 2.4 (Thanh Hóa) thể hiện bản đồ nhiệt các luồng vận tải chính theo khối lượng vận tải hàng hóa tối đa hàng ngày (bản đồ A) và doanh thu thuần tối đa hàng ngày (bản đồ B), (tính theo đơn vị nghìn US\$/ngày) trên các tuyến giao thông hướng đến các trung tâm xã tại các tỉnh tương ứng.

Các kết quả phân tích đã thể hiện tác động của mật độ đường giao thông với hoạt động vận tải tại mỗi tỉnh. Đối với Lào Cai, mạng lưới đường giao thông không được phát triển dày đặc, chỉ có một số cụm tuyến giao thông (ví dụ: ở huyện Bảo Yên) có mức độ sử dụng cao hơn so với phần còn lại. Trong khi đó, đối với Thanh Hóa, mạng lưới đường bộ rất dày đặc, trong đó các tuyến đường vận tải khá đa dạng, luồng vận tải có mạng lưới phân bố rộng hơn và hoạt động vận tải cũng ít tập trung ở một số cụm tuyến. Tại Bình Định, mạng lưới đường bộ thưa thớt ở một số khu vực khiến hoạt động vận tải tập trung chủ yếu ở một số cụm tuyến tương tự như trường hợp Lào Cai; trong khi đó, tại những khu vực có mạng lưới đường bộ dày hơn, cũng xuất hiện một số cụm tuyến vận tải có lưu lượng lớn tương tự như ở Thanh Hóa.

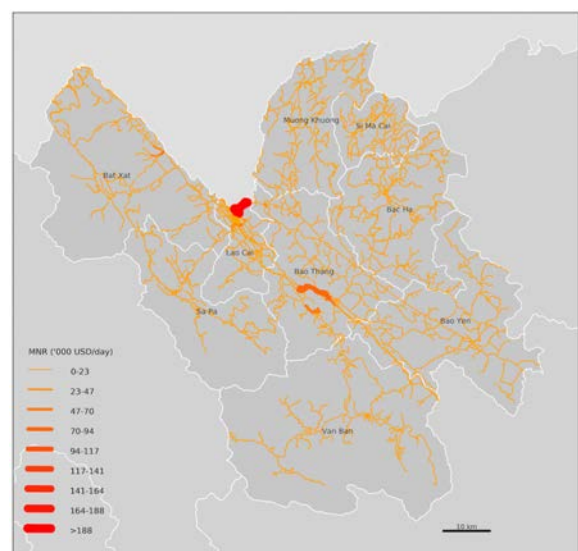
Dựa trên kết quả phân tích theo nhóm hàng hóa, mức độ doanh thu thuần phụ thuộc vào năng xuất sản xuất nông nghiệp:

- Với tỉnh Lào Cai, doanh thu của các doanh nghiệp phi nông nghiệp đều phân bố ở cả mức tối đa và tối thiểu trong mạng lưới, dẫn đến ít thay đổi trong các luồng vận tải.
- Ở Bình Định, mức độ phụ thuộc vào sản xuất nông nghiệp dẫn đến một số chênh lệch giữa doanh thu thuần tối thiểu và tối đa.
- Ở Thanh Hóa, sản lượng sản xuất nông nghiệp đã ảnh hưởng đến doanh thu thuần.

Hình 2.2. Luồng vận tải hàng hóa tối đa đến các trung tâm xã gần nhất và doanh thu thuần tối đa tại hệ thống tỉnh lộ Lào Cai

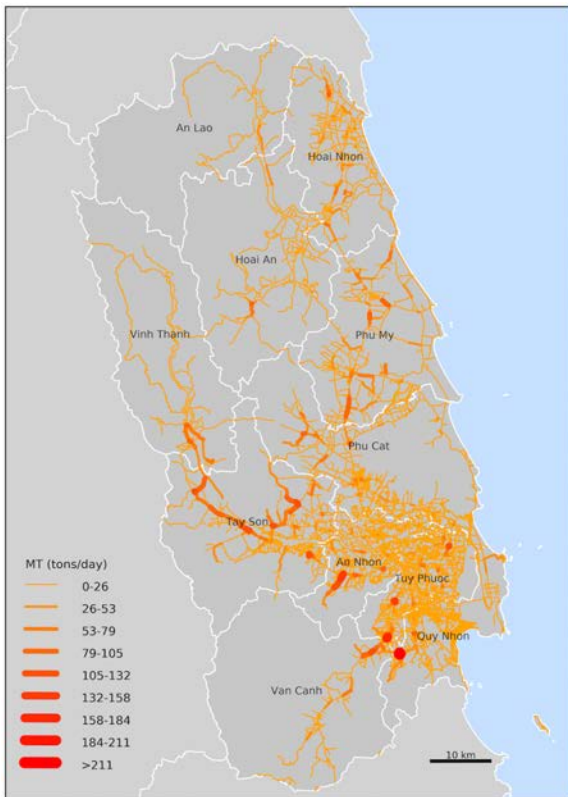


A. Khối lượng vận tải hàng hóa tối đa tại Lào Cai

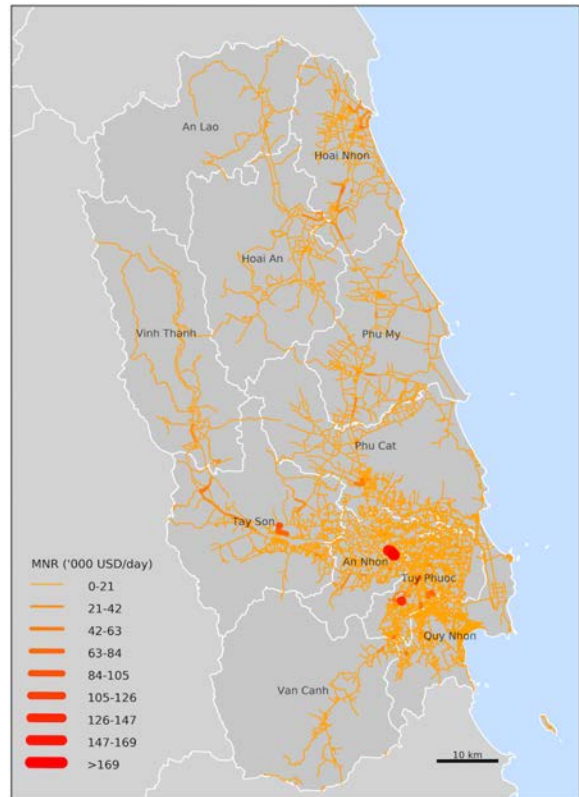


B. Doanh thu thuần tối đa từ vận tải hàng hóa tại Lào Cai

Hình 2.3. Luồng vận tải hàng hóa tối đa đến các trung tâm xã gần nhất và doanh thu thuần tối đa tại hệ thống tỉnh lộ Bình Định

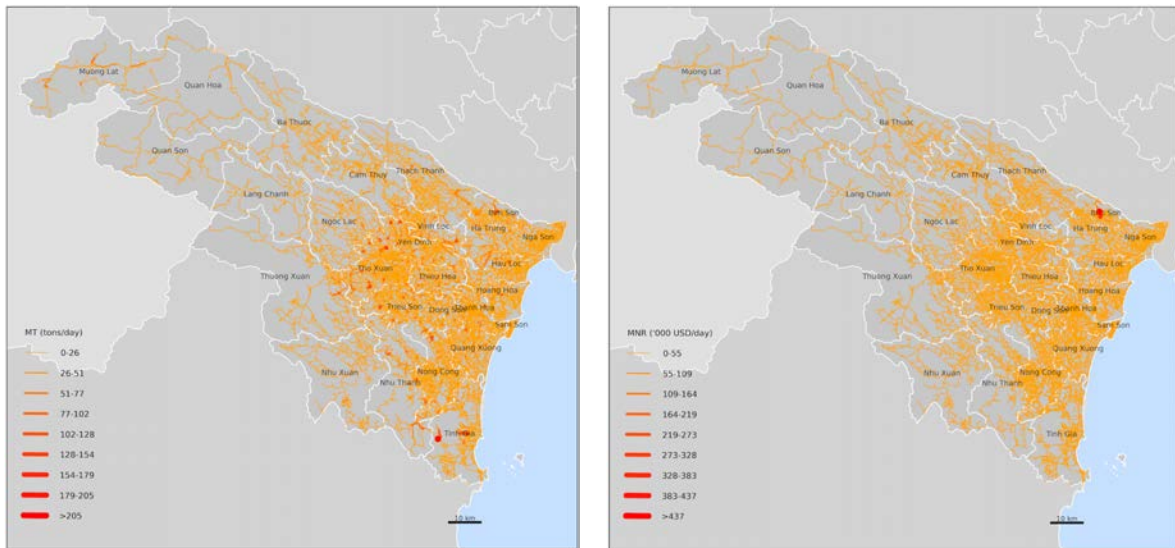


A. Khối lượng vận tải hàng hóa tối đa tại Bình Định



B. Doanh thu thuần tối đa từ vận tải hàng hóa tại Bình Định

Hình 2.4. Luồng vận tải hàng hóa tối đa đến các trung tâm xã gần nhất và doanh thu thuần tối đa tại hệ thống tỉnh lộ Thanh Hóa



A. Khối lượng vận tải hàng hóa tối đa tại Thanh Hóa

B. Doanh thu thuần tối đa từ vận tải hàng hóa tại Thanh Hóa

Mức độ không chắc chắn trong phân tích luồng vận tải hàng hóa

Kết quả phân tích luồng vận tải hàng hóa trên phạm vi quốc gia đã thể hiện ước tính lưu lượng vận tải tối đa theo các giá định sau:

- Ước tính dựa trên các bảng ma trận điểm đi - điểm đến, khối lượng vận tải hàng ngày điểm đi - điểm đến thể hiện khối lượng vận tải tối đa theo ngày trên các tuyến kết nối giao thông.
- Dựa trên tổng chi phí tối đa của các luồng, việc phân luồng được thực hiện theo tốc độ di chuyển và cước phí vận tải.

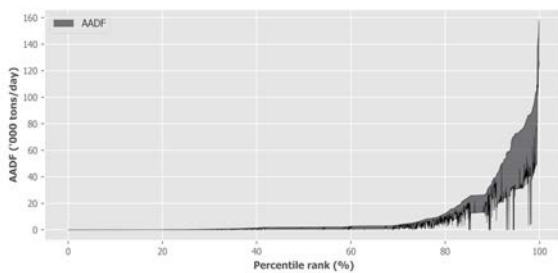
Về phạm vi khối lượng vận tải điểm đi - điểm đến, báo cáo này phân tích mức độ không chắc chắn trong lưu lượng vận tải ước tính. Hình 2.5A đến 2.5D thể hiện các khoảng ước tính về lưu lượng vận tải hàng hóa dọc theo các tuyến liên kết trong mạng lưới đường quốc lộ, đường sắt, đường thủy nội địa và đường biển. Kết quả phân tích thể hiện lưu lượng vận tải từ thấp đến cao, dựa trên khối lượng vận tải tối đa dọc theo tuyến liên kết. Theo đó, trục x thể hiện thứ hạng phần trăm; ví dụ, thứ hạng phần trăm thứ 80 có nghĩa là 80 % các tuyến liên kết có lưu lượng vận tải thấp hơn tuyến liên kết đó.

Mỗi hình trong số này đều thể hiện mức độ không chắc chắn về lưu lượng vận tải ước tính trên các tuyến giao thông liên kết. Mức độ không chắc chắn xuất phát từ 2 yếu tố: a) biến động trong ước tính số liệu vận tải điểm đi - điểm đến dựa trên tính thời vụ của hoạt động sản xuất và vận chuyển; và b) thay đổi trong lựa chọn tuyến do tổng chi phí vận tải biến động theo tốc độ và cước phí vận tải. Để đánh giá ảnh hưởng tương đối của các yếu tố này đối với mức độ không chắc chắn về lưu lượng vận tải, có thể so sánh số lượng luồng tuyến vận tải tối thiểu và tối đa cho cùng một cặp điểm đi - điểm đến. Nếu số lượng luồng tuyến vận tải tối thiểu và tối đa là như nhau, việc phân luồng vận tải chỉ là do thay đổi trong khối lượng vận tải với cặp điểm đi - điểm đến đó. Nếu số lượng luồng

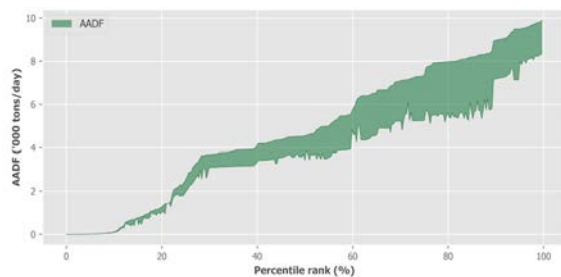
tuyến vận tải tối thiểu và tối đa là khác nhau, việc phân luồng vận tải đã chịu tác động bởi tổng chi phí vận tải.

Theo phân tích mạng lưới đường quốc gia, các cặp điểm đi - điểm đến thể hiện sự sai khác 28% về số lượng luồng tuyến vận tải tối thiểu và tối đa, tức 28% lưu lượng hàng hóa chịu tác động của chi phí vận chuyển. Trong Hình 2.5A, một số tuyến liên kết thể hiện mức độ biến thiên tương đối lớn giữa lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm (AADF) ở mức tối thiểu và tối đa, dẫn đến lưu lượng hàng hóa tăng đột biến trong một số trường hợp. Phân tích thể hiện sự sai khác nhỏ đối với hệ thống đường sắt, đường thủy nội địa và đường biển, qua đó cho thấy, mức độ không chắc chắn về lưu lượng vận tải như trong các Hình từ 2.5B đến 2.5D là do những thay đổi về khối lượng vận tải điểm đi - điểm đến thay vì thay đổi chi phí vận chuyển trong các mạng lưới giao thông này. Khi các đặc tính của mạng lưới đường, chẳng hạn như loại đường, địa hình, tốc độ và cước phí, có mức độ biến thiên lớn hơn, việc phân luồng tuyến vận tải cũng thay đổi tương ứng.

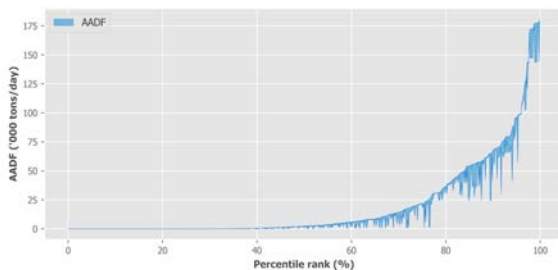
Hình 2.5. Khoảng lưu lượng vận tải AADF theo phương thức



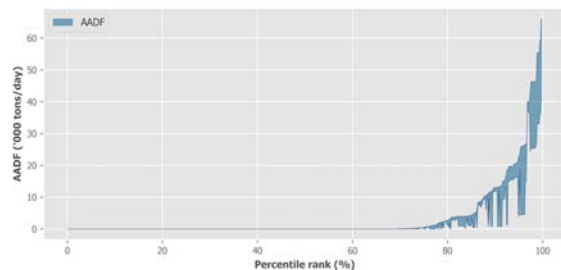
A. Khoảng lưu lượng vận tải AADF trên các tuyến liên kết đường bộ



B. Khoảng lưu lượng vận tải AADF trên các tuyến liên kết đường sắt



C. Khoảng lưu lượng vận tải AADF trên các tuyến liên kết đường thủy nội địa

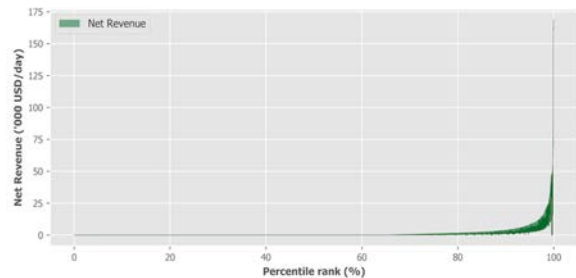
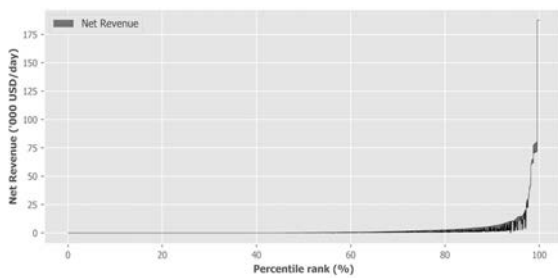


D. Khoảng lưu lượng vận tải AADF trên các tuyến liên kết đường biển

Tương tự như mạng lưới phân luồng vận tải trên phạm vi cả nước, việc phân luồng ở phạm vi mỗi tỉnh cũng không đảm bảo chắc chắn tuyệt đối do giá trị doanh thu thuần từ các hoạt động cấp xã cũng như chi phí vận chuyển trên các tuyến đường tiếp cận các trung tâm xã gần nhất đều có sự biến thiên nhất định. Hình 2.6A đến 2.6C thể hiện dòng doanh thu thuần ước tính khi vận tải theo các tuyến liên kết mạng trong mạng lưới tỉnh lộ của Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa. Khi so sánh với các tuyến giao thông liên kết khác, hầu hết các tuyến đường bộ liên kết tại mỗi tỉnh đều tạo ra doanh thu thuần thấp hơn so với mục tiêu đề ra do các hoạt động kinh tế chỉ tập trung thực hiện gần một số xã ít kết nối với các tuyến đường chính.

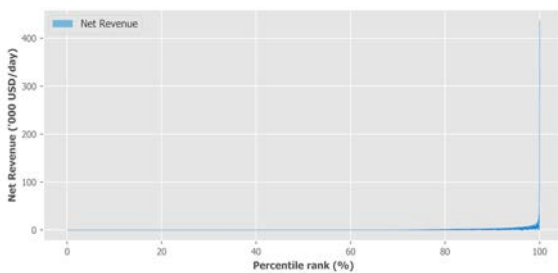
Phân tích cho thấy sự khác biệt không đáng kể giữa các tuyến đã chọn về phân phối dòng doanh thu thuần tối thiểu và tối đa giữa các làng, các điểm cạnh tác và trung tâm xã. Đối với Lào Cai, chỉ có 1,6% số lượng luồng tuyến vận tải tối thiểu và tối đa là khác nhau, với mức chênh lệch 2,6% đối với Bình Định và 3,3% đối với Thanh Hóa. Do đó, sự biến thiên trong chi phí vận chuyển không ảnh hưởng nhiều đến mô hình vận chuyển và mức độ không chắc chắn về giá trị doanh thu thuần khi vận tải theo các tuyến liên kết, chủ yếu là do hầu hết các xã đều nằm giữa điểm đầu (làng và điểm cạnh tác) và điểm cuối (các xã) trong một phạm vi ngắn mà chỉ có một vài tuyến đường thay thế.

Hình 2.6. Phạm vi dòng doanh thu thuần mục tiêu của các hệ thống đường tại Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa



A. Dòng doanh thu thuần trên các tuyến liên kết tại Lào Cai

B. Dòng doanh thu thuần trên các tuyến liên kết tại Bình Định



C. Dòng doanh thu thuần trên các tuyến liên kết tại Thanh Hóa

Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới giao thông

Nghiên cứu này tổng hợp 4 nhóm dữ liệu chính về rủi ro thiên tai:

- *Bản đồ phân vùng cảnh báo nguy cơ sạt lở đất* bao gồm hệ thống phân loại, diện tích và phạm vi phân bố các khu vực sạt lở đất hiện tại và tương lai (Fell và đồng nghiệp, 2008). Các bản đồ này dự đoán hình thức và quy mô sạt lở đất theo phạm vi không gian (Fell và đồng nghiệp, 2008).
- *Bản đồ phân vùng cảnh báo nguy cơ lũ quét* cũng dự đoán khả năng xảy ra tình trạng mưa lớn thường xuyên, kéo dài tại các khu vực không gian cụ thể (Hapuarachchi và đồng nghiệp, 2011).
- *Bản đồ ngập lụt do nước biển dâng* ước tính chiều cao sóng biển trong tình huống bão mạnh, siêu bão dọc các khu vực ven biển, khiến xảy ra tình trạng ngập lụt trên đất liền (Lapidez và đồng nghiệp, 2015).
- *Bản đồ ngập lụt hạ du lưu vực sông* thể hiện mức độ ngập lụt trong các kịch bản tràn đập trên các lưu vực sông.

Trong các rủi ro thiên tai trên, chỉ có dữ liệu *Bản đồ ngập lụt hạ du lưu vực sông* bao trùm phạm vi không gian cả nước, trong khi tất cả các dữ liệu bản đồ cảnh báo khác chỉ được xây dựng với một số vùng tại Việt Nam. Nghiên cứu giả định rằng, trong trường hợp không có kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai, tất cả các bản đồ cảnh báo đều thể hiện các rủi ro thiên tai hiện hữu trong năm 2016. Từ các bộ dữ liệu cơ sở, nghiên cứu đã lựa chọn phạm vi không gian và các khu vực có mức độ rủi ro thiên tai vượt ngưỡng thảm họa, khiến hoạt động vận tải không thể thực hiện được.

Nghiên cứu đã sử dụng một số bản đồ về các mối nguy hiểm tự nhiên với các kết quả đầu ra của mô hình biến đổi khí hậu trong tương lai do Bộ Tài nguyên và Môi trường phát triển, dựa trên các kịch bản Đại diện tập trung (RCP) 4.5 và 8,5 (Meinshausen et al 2011) được quốc tế công nhận.

Ngoài ra, nghiên cứu đã phân tích các bản đồ độ cảnh báo nguy cơ lũ quét và sạt lở đất cho 15 tỉnh khu vực phía bắc dựa trên các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 vào năm 2025 và 2050. Nghiên cứu cũng sử dụng các bản đồ ngập lụt hạ du lưu vực sông trên phạm vi cả nước, trong đó thể hiện tình trạng ngập lụt hiện tại và cảnh báo các khu vực ngập lụt trong tương lai theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 vào năm 2030 cũng như dựa vào mô hình GLOFRIS (Winsemius và đồng nghiệp, 2013). Vui lòng tham khảo Phụ lục B, bao gồm Bảng B.2, về thông tin mô tả chi tiết các bộ dữ liệu cảnh báo nguy cơ thiên tai.

Theo định nghĩa IPCC (IPCC 2014), nghiên cứu đã trước tiên tiến hành phân tích nguy cơ ảnh hưởng thiên tai trong quá trình đánh giá tính dễ bị tổn thương. Các kịch bản thiên tai cực đoan trong nghiên cứu này chỉ xem xét những khu vực có nguy cơ sạt lở, lũ quét ở mức cao và rất cao cũng như những khu vực có nguy cơ ngập sâu từ 1 mét trở lên. Phân tích nhằm xác định các loại rủi ro thiên tai có tác động lớn đến tài sản hạ tầng hệ thống giao thông cũng như mức độ ảnh hưởng thiên tai theo các kịch bản biến đổi khí hậu.

Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của hệ thống đường bộ và đường sắt trên toàn quốc

Bảng 2.6 thể hiện tổng chiều dài tối thiểu và tối đa của mạng lưới giao thông đường bộ và đường sắt tại Việt Nam có thể chịu tác động của các sự kiện thời tiết cực đoan. Theo các kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai, chiều dài mạng lưới đường bộ và đường sắt trong phạm vi tác động của các sự kiện thời tiết cực đoan sẽ tăng lên do biến đổi khí hậu. Ví dụ, khoảng 720 km đến 1.163 km mạng

lưới đường quốc lộ sẽ bị ngập lụt sâu trong các kịch bản ngập lụt hiện tại; tuy nhiên, con số này sẽ tăng lên từ 786 km đến 1.180 km theo kịch bản phát thải RCP4.5 trong tương lai. Trong trường hợp ngập lụt, các giá trị tác động tối thiểu được tính tương ứng với chu kỳ lặp lại ngắn nhất (2-5 năm), trong khi các giá trị tác động tối đa được tính tương ứng với chu kỳ lặp lại 1.000 năm.⁴ Trong khi mạng lưới đường bộ là đối tượng chịu nhiều tác động nhất trong trường hợp ngập lụt, hệ thống đường sắt bị ảnh hưởng lớn nhất khi xảy ra sạt lở đất, chủ yếu ở các tỉnh ven biển.

Bảng 2.6. Chiều dài mạng lưới đường quốc lộ và đường sắt chịu tác động của các loại rủi ro thiên tai

Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Năm	Chiều dài đường quốc lộ chịu tác động (kilômét)		Chiều dài đường sắt chịu tác động (kilômét)	
			Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa
Nguy cơ lũ quét ^a	–	2016	188	188	3	3
	RCP 4.5	2025	197	197	3	3
		2050	222	222	3	3
	RCP 8.5	2025	211	211	3	3
		2050	235	235	3	3
Ngập lụt	–	2016	720	1.163	88	117
	RCP 4.5	2030	786	1.180	97	121
	RCP 8.5	2030	785	1.174	97	119
Nguy cơ sạt lở đất ^b	–	2016	896	896	189	189
	RCP 4.5	2025	276	276	7	7
		2050	320	320	9	9
	RCP 8.5	2025	289	289	7	7
		2050	334	334	10	10
Bão lũ ^c	–	2016	783	783	123	123

Ghi chú:

a. Dữ liệu cảnh báo nguy cơ lũ quét chỉ bao quát 15 tỉnh phía bắc.

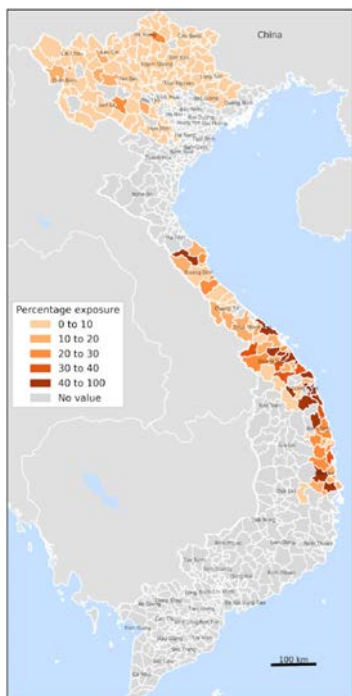
b. Dữ liệu cảnh báo nguy cơ sạt lở đất với các kịch bản hiện tại bao quát 8 tỉnh miền trung và 15 tỉnh miền bắc. Các kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai chỉ bao quát 15 tỉnh phía bắc.

c. Dữ liệu cảnh báo bão lũ do nước biển dâng chỉ bao quát 28 tỉnh ven biển.

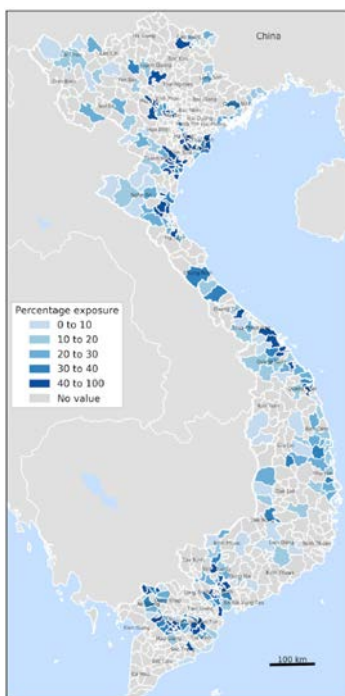
Dựa trên phạm vi phân bố không gian các khu vực chịu tác động của rủi ro thiên tai được trình bày trong Hình 2.7 và Hình 2.8, chúng ta có thể hiểu rõ hơn mức độ tác động đối với mạng lưới đường bộ và đường sắt trên phạm vi cả nước.⁵ Mỗi hình thể hiện tỉ lệ chiều dài mạng lưới giao thông (ở cấp huyện) chịu tác động của các rủi ro thiên tai cực đoan theo kịch bản dự báo hiện tại (2016). Bản đồ phạm vi phân bố không gian các khu vực chịu tác động của rủi ro thiên tai đã thể hiện các huyện có mức độ tổn thương lớn (hơn 40% chiều dài mạng lưới giao thông bị ảnh hưởng) với các rủi ro thiên tai cực đoan, đặc biệt là sạt lở đất, ngập lụt hay bão lũ. Dựa trên những phát hiện trên, kết quả phân tích trong nghiên cứu đã chỉ ra rằng, hoạt động vận tải tại các huyện có mức độ tổn thương lớn sẽ khó có thể thực hiện xuyên suốt.

Nghiên cứu sau đó đã xem xét tác động của các kịch bản biến đổi khí hậu nhằm đánh giá những thay đổi không gian đối với mạng lưới đường bộ và đường sắt trên toàn quốc do tác động của tình trạng ngập lụt. Hình 2.9 thể hiện phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với các tuyến đường bộ trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm. Bản đồ A thể hiện phạm vi tác động vào năm 2030 theo kịch bản phát thải RCP 4.5 và Bản đồ B minh họa theo kịch bản phát thải RCP 8.5. Những bản đồ này thể hiện mức độ thay đổi so với kết quả trình bày trong Hình 2.7b. Mặc dù các kịch bản ngập lụt tối tệ nhất đều dự đoán rằng mức độ rủi ro sẽ giảm đi rất ít, kết quả phân tích theo Hình 2.9 và 2.10 còn thể hiện một thông điệp quan trọng khác: do tác động của biến đổi khí hậu, tình trạng lũ lụt được dự báo sẽ tăng mạnh tại một số vùng trên cả nước. Để xây dựng hiệu quả các kế hoạch thích ứng biến đổi khí hậu, những khu vực này cần được đánh giá thêm về các tác động tiềm ẩn đối với hệ thống vận tải.

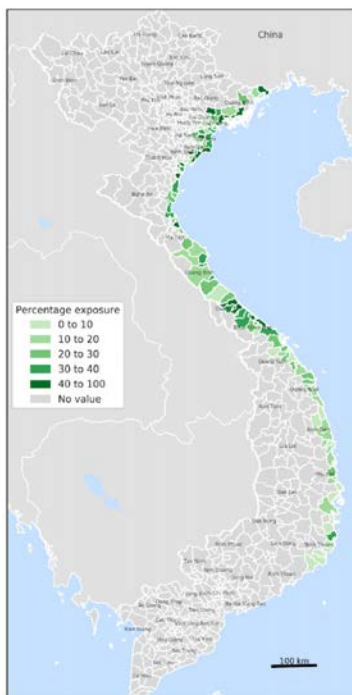
Hình 2.7. Nguy cơ rủi ro thiên tai với mạng lưới đường bộ quốc gia tại Việt Nam



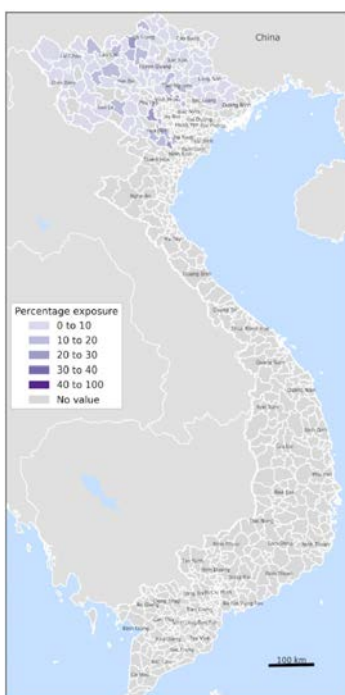
A. Nguy cơ sạt lở đất cục đoạn



B. Nguy cơ ngập lụt cục đoạn theo chu kỳ lặp lại 1.000 năm



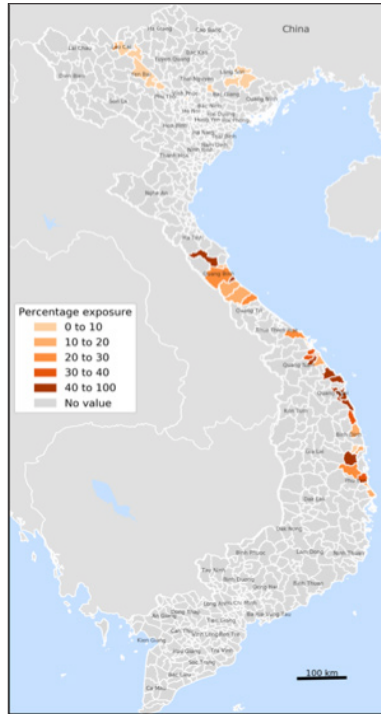
C. Nguy cơ bão cục đoạn



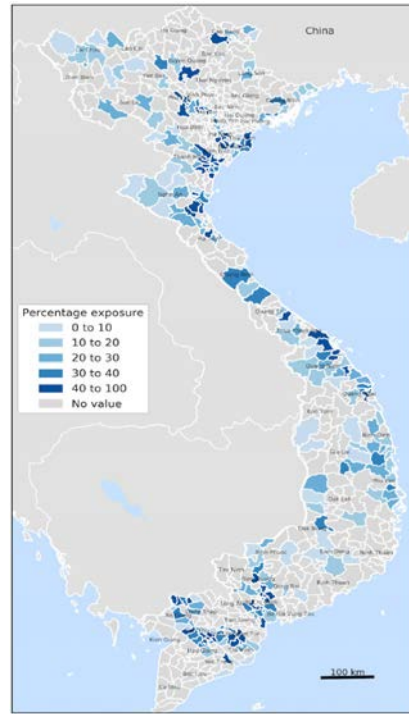
D. Nguy cơ lũ quét cục đoạn

Ghi chú: Bản đồ A= sạt lở đất tại những khu vực có nguy cơ sạt lở ở mức cao và rất cao; Bản đồ B = ngập lụt tại những khu vực có nguy cơ ngập sâu từ 1m trở lên theo chu kỳ lặp lại 1.000 năm; Bản đồ C = bão lũ tại những khu vực có nguy cơ ngập sâu từ 1m trở lên; Bản đồ D = lũ quét tại những khu vực có nguy cơ lũ quét ở mức cao và rất cao.

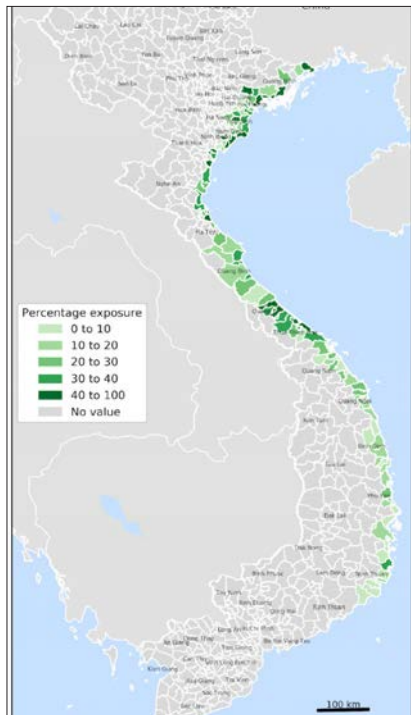
Hình 2.8. Nguy cơ rủi ro thiên tai với mạng lưới đường sắt quốc gia tại Việt Nam



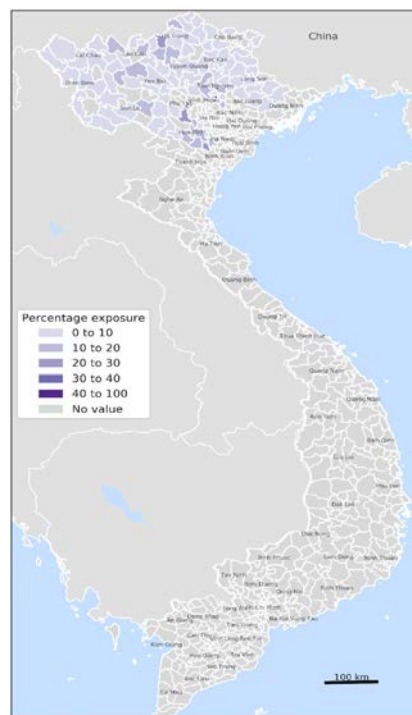
A. Nguy cơ sạt lở đất cực đoạn



B. Nguy cơ ngập lụt cực đoạn theo chu kỳ lặp lại 1.000 năm

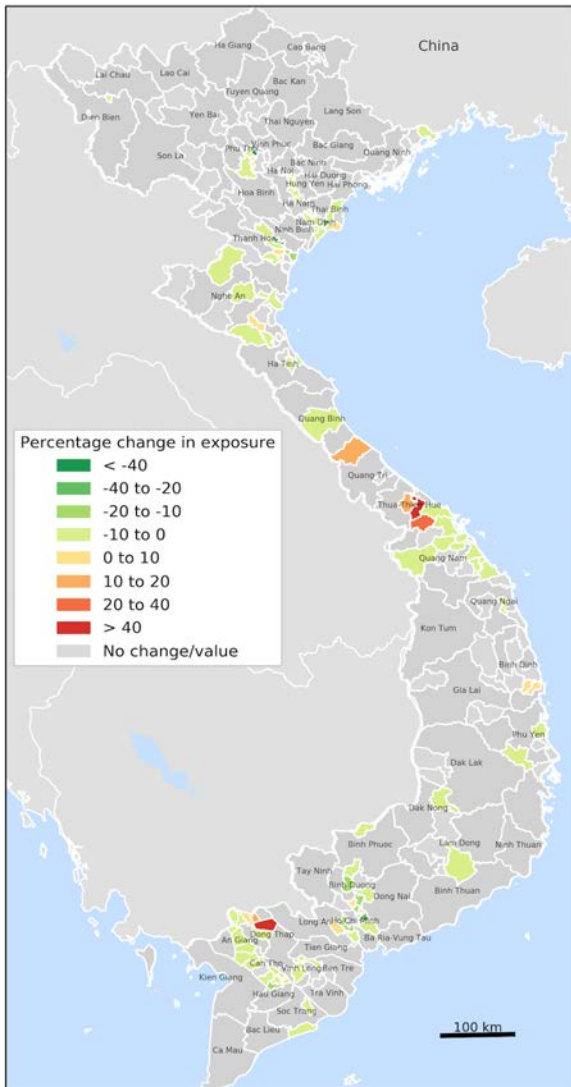


C. Nguy cơ bão cực đoạn

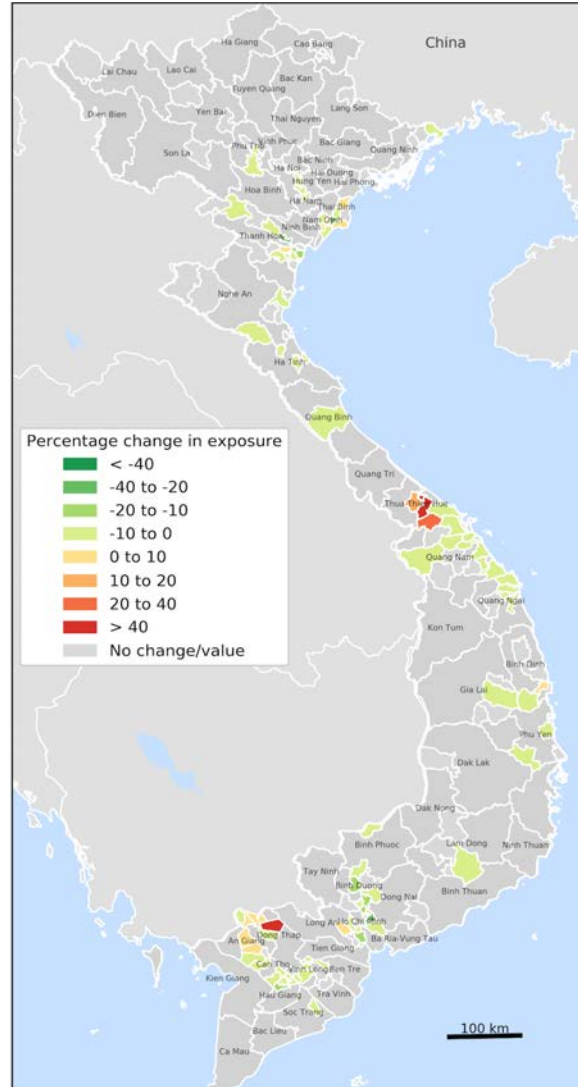


D. Nguy cơ lũ quét cực đoạn

Hình 2.9. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với các tuyến đường bộ đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm

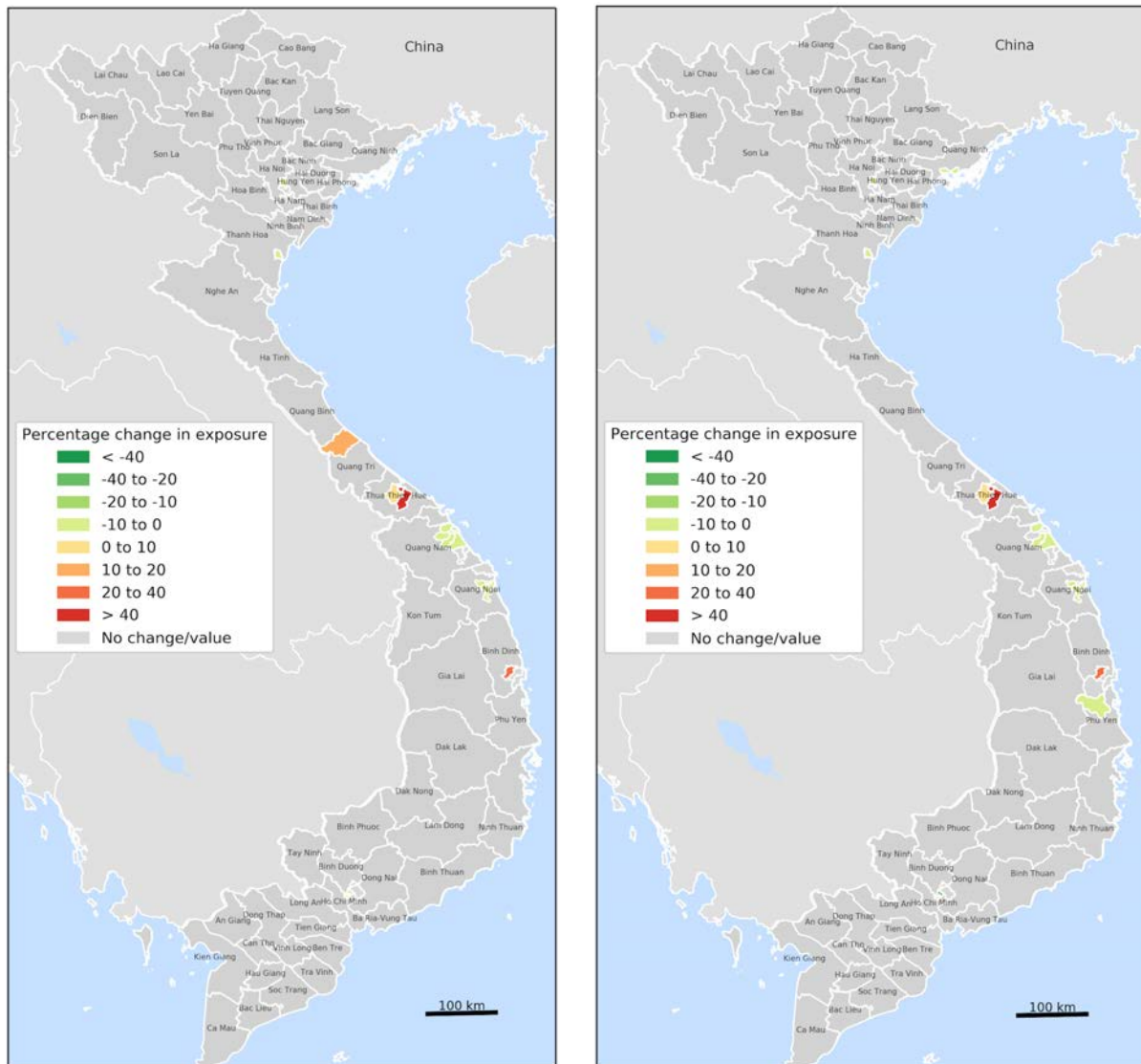


A. Thay đổi phạm vi ngập lụt (RCP 4.5 2030)



B. Thay đổi phạm vi ngập lụt (RCP 8.5 2030)

Hình 2.10. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với các tuyến đường sắt đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm



A. Thay đổi phạm vi ngập lụt (RCP 4.5 2030)

B. Thay đổi phạm vi ngập lụt (RCP 8.5 2030)

Nguy cơ rủi ro thiên tai với hệ thống tỉnh lộ

Nghiên cứu đã tiến hành các bước phân tích tương tự với hệ thống tỉnh lộ. Bảng 2.7 thể hiện chiều dài mạng lưới đường bộ tối thiểu và tối đa tại cấp tỉnh có thể chịu tác động của các sự kiện rủi ro thiên tai, dựa trên dữ liệu cảnh báo nguy hiểm thiên tai. Kết quả cho thấy Lào Cai và Bình Định sẽ chịu nhiều tác động do tình trạng sạt lở đất trong khi Thanh Hóa có nguy cơ rủi ro ngập lụt cao nhất. Nói chung, các kịch bản biến đổi khí hậu hiện tại và tương lai dự báo tương đối nhất quán nguy cơ rủi ro thiên tai.

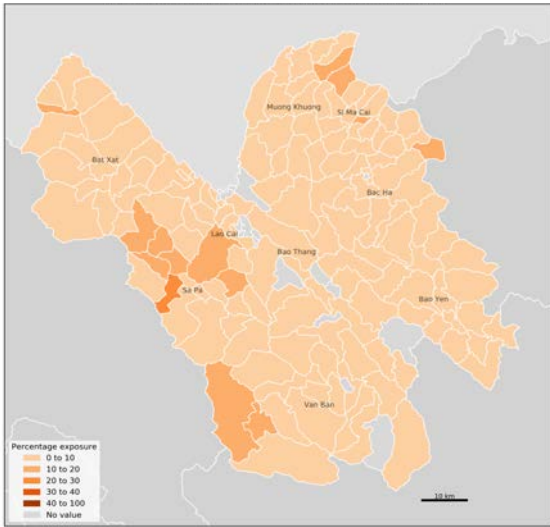
Bảng 2.7. Nguy cơ rủi ro thiên tai với mạng lưới tỉnh lộ

Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Năm	Phạm vi đường chịu tác động (km)					
			Lào Cai		Bình Định		Thanh Hóa	
			Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa
Nguy cơ lũ quét	—	2016	88	88				
	RCP 4.5	2025	88	88				
		2050	93	93				
	RCP 8.5	2025	90	90				
		2050	132	132				
Ngập lụt	—	2016	57	57	534	539	1.803	1.841
	RCP 4.5	2030	57	57	535	543	1.875	1.910
	RCP 8.5	2030	55	57	534	539	1.864	1.889
Nguy cơ sạt lở đất	—	2016	142	142	801	801	921	921
	RCP 4.5	2025	145	145				
		2050	180	180				
	RCP 8.5	2025	163	163				
		2050	210	210				
Bão lũ	—	2016			315	315	592	592

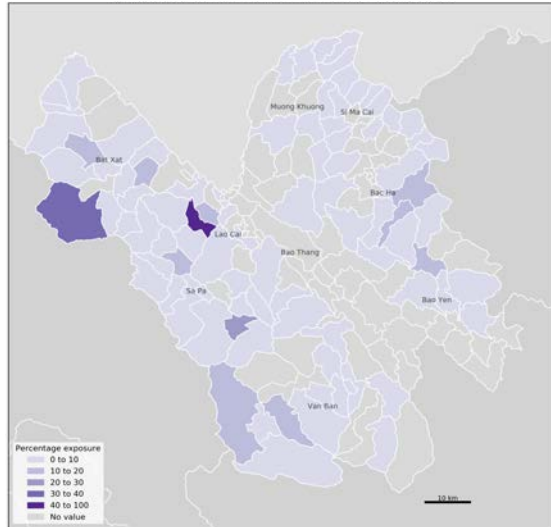
Theo kết quả phân tích không gian, các vị trí trong mạng lưới đường bộ có thể bị ảnh hưởng bởi thiên tai đều được thể hiện rất rõ. Hình 2.11 dự báo phạm vi tác động của thiên tai với hệ thống đường bộ tại tỉnh Lào Cai; theo đó, tình trạng sạt lở đất có tác động lớn hơn trên địa bàn nhiều xã so với vấn đề lũ quét và ngập lụt. Như mô tả trong Hình 2.13, tình trạng sạt lở đất tại Bình Định được dự báo sẽ có tác động lớn nhất, tương tự như ở Thanh Hóa như Hình 2.15. Dựa trên các bản đồ này, nghiên cứu đã xác định các xã dễ bị tổn thương nhất do phạm vi hệ thống đường bộ đến các xã này bị ảnh hưởng bởi 1 hoặc nhiều rủi ro thiên tai (xem phụ lục D).

Nghiên cứu cũng xem xét các kịch bản rủi ro thiên tai do tác động của biến đổi khí hậu đối với mạng lưới tỉnh lộ. Ở Lào Cai, Hình 2.12 mô tả thay đổi về phạm vi tác động của tình trạng sạt lở đất đến năm 2050 theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5; theo đó, số lượng các xã có hệ thống đường bộ bị ảnh hưởng (bởi tình trạng sạt lở đất) sẽ tăng lên và đặc biệt tăng nhanh theo kịch bản phát thải RCP 8.5. Theo Hình 2.14, các kịch bản phát thải cũng so sánh phạm vi ngập lụt theo cùng chu kỳ lặp lại 1.000 năm, trong đó một số khu vực có nguy cơ tiếp tục bị ngập sâu. Kết quả phân tích với tỉnh Thanh Hóa được mô tả trong Hình 2.16, trong đó thể hiện rõ các cụm xã bị tác động nhiều hơn bởi biến đổi khí hậu với (trên 40 %) các tuyến đường có nguy cơ bị ngập sâu nếu xuất hiện lũ theo chu kỳ lặp lại 1.000 năm (xem phụ lục D).

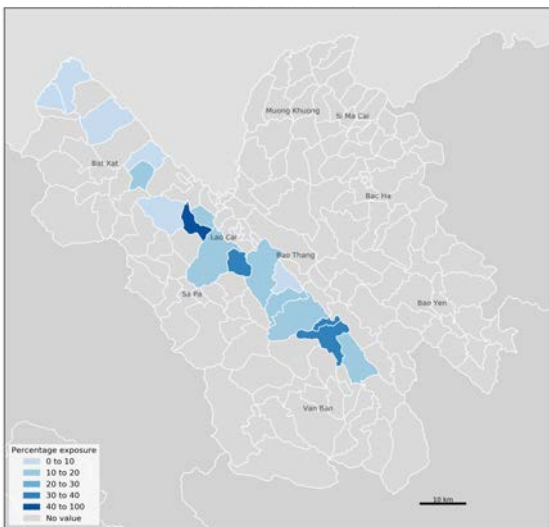
Hình 2.11. Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới tỉnh lộ ở Lao Cai



A. Nguy cơ sạt lở đất cực đoạn

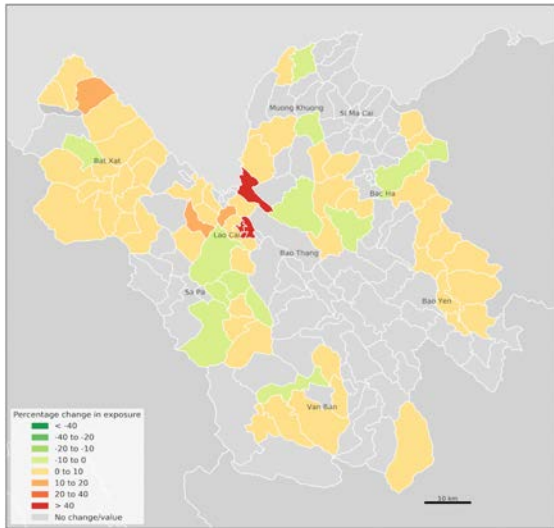


B. Nguy cơ lũ quét cực đoạn

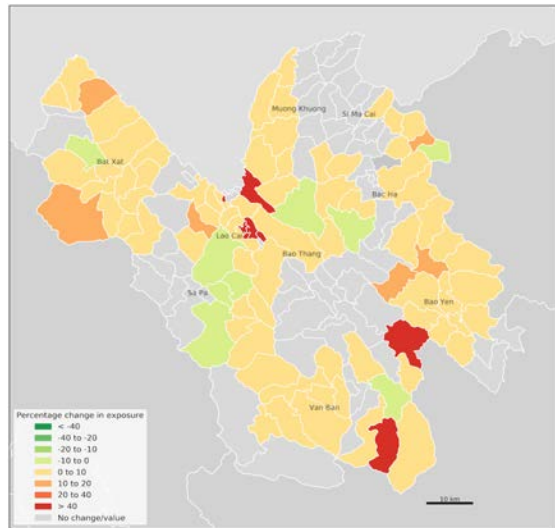


C. Nguy cơ ngập lụt cực đoạn

Hình 2.12. Phạm vi tác động của tình trạng sạt lở đất với mạng lưới đường bộ tại tỉnh Lào Cai vào năm 2050

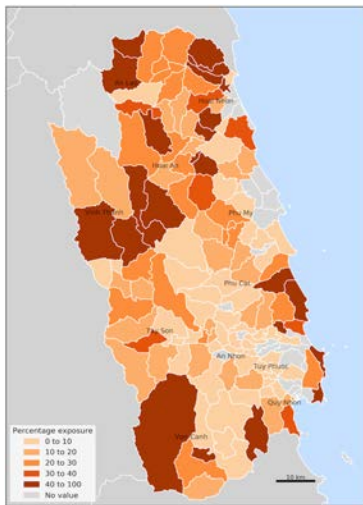


A. RCP 4.5 2050

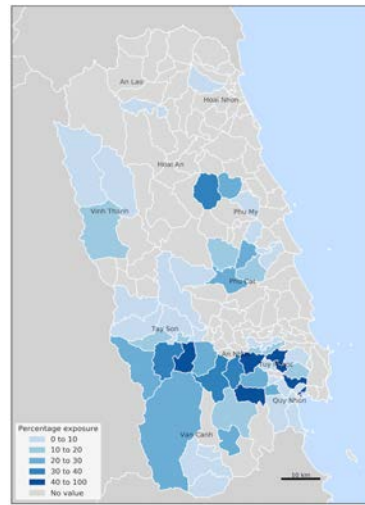


B. RCP 8.5 2050

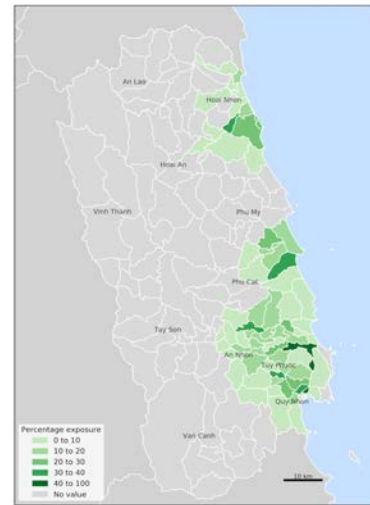
Hình 2.13. Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới tỉnh lộ ở Bình Định



A. Nguy cơ sạt lở đất cực đoan

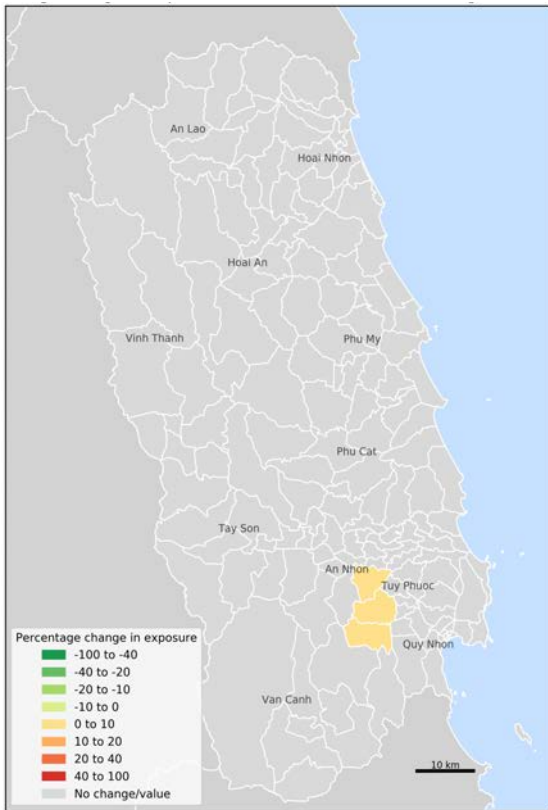


B. Nguy cơ ngập lụt cực đoan

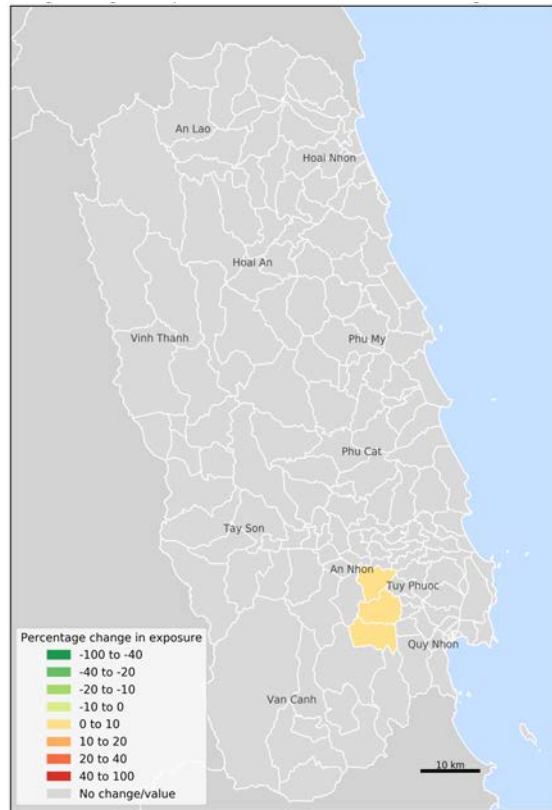


C. Nguy cơ bão cực đoan

Hình 2.14. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với mạng lưới đường bộ tại tỉnh Bình Định đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm

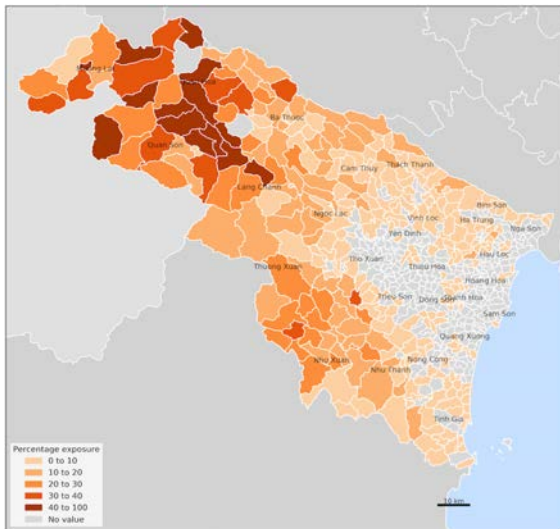


A. RCP 4.5 2030

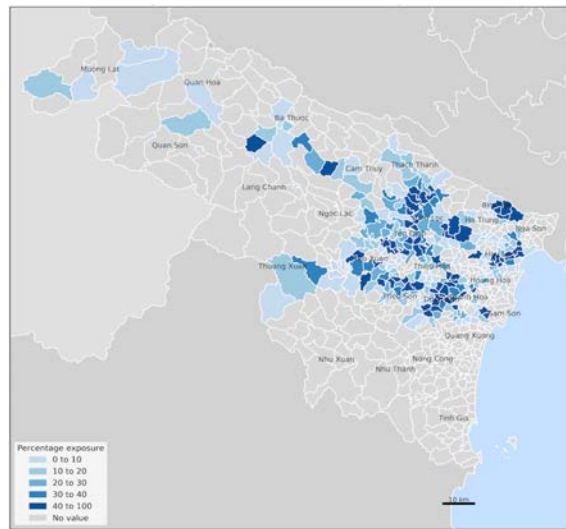


B. RCP 8.5 2030

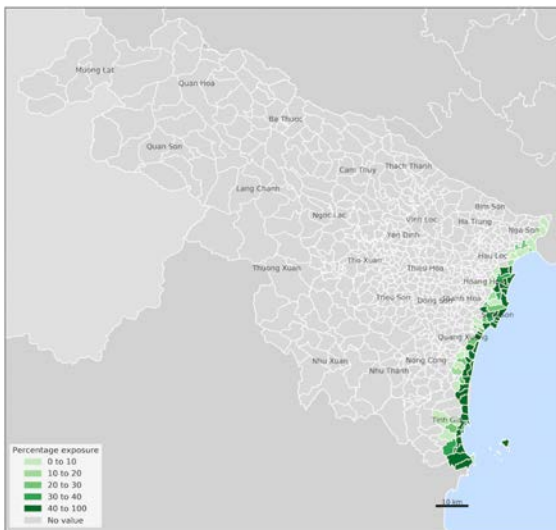
Hình 2.15. Nguy cơ ảnh hưởng thiên tai của mạng lưới tỉnh lộ ở Thanh Hóa



A. Nguy cơ sạt lở đất cục đoạn

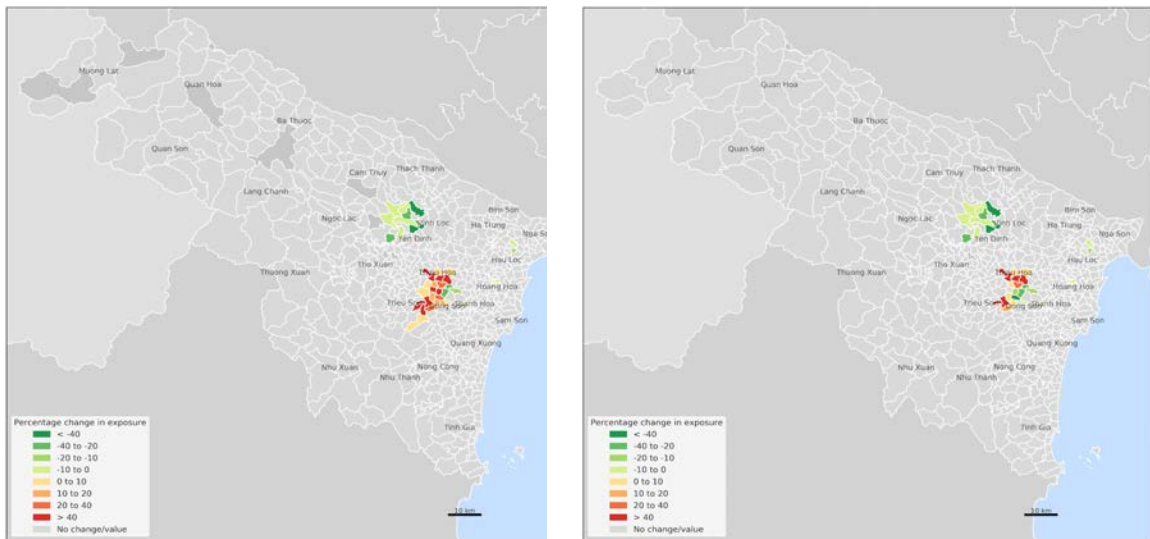


B. Nguy cơ lũ quét cục đoạn



C. Nguy cơ bão cục đoạn

Hình 2.16. Phạm vi tác động của tình trạng ngập lụt với mạng lưới đường bộ tại tỉnh Thanh Hóa đến năm 2030 trong chu kỳ lặp lại 1.000 năm



A. RCP 4.5 2030

B. RCP 8.5 2030

Ghi chú

1. Tham khảo các Bảng 4.4 trong phần Phụ lục.
2. Truy cập số liệu tại địa chỉ: <http://cangben.viwa.gov.vn>.
3. Số liệu thống kê về giao thông của Tổng cục thống kê được đăng tải tại: https://www.gso.gov.vn/default_en.aspx?tabid=781.
4. Không có sự sai khác giữa giá trị tối thiểu và giá trị tối đa do dữ liệu cơ sở về nguy cơ rủi ro thiên tai đều có chung một giá trị quan sát.
5. Các bản đồ trong Hình 3.9 và Hình 3.10 thể hiện phạm vi và mức độ phân chia không gian dựa trên nguồn dữ liệu cơ sở về nguy cơ rủi ro thiên tai, trong đó phạm vi tác động của vấn đề lũ quét chỉ thể hiện với các tỉnh phía bắc vì dữ liệu cơ sở chỉ bao quát khu vực này. Tương tự, phạm vi tác động của tình trạng sạt lở đất cũng không được thể hiện đầy đủ do hạn chế trong dữ liệu không gian cơ sở. Như đã trình bày trước đó, chỉ có các bộ dữ liệu cảnh báo nguy cơ ngập lụt được xây dựng cho phạm vi cả nước.

Tài liệu tham khảo

IPCC (Hội đồng Liên chính phủ về Biến đổi Khí hậu) 2014: *Biến đổi Khí hậu 2014: Tác động, Thích ứng và Tính dễ bị tổn thương. Phần B: Các khía cạnh khu vực*. Tổ công tác II Đóng góp vào Báo cáo Đánh giá lần thứ năm của Hội đồng liên chính phủ về biến đổi khí hậu. Chỉnh sửa bởi VR Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea và L.L. White. Luân Đôn và New York: Nhà xuất bản Đại học Cambridge.
[\https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf).

- Fell, Robert, Jordi Corominas, Christophe Bonnard, Leonardo Cascini, Eric Leroi và William Z. Savage. 2008. Hướng dẫn về nguy cơ sạt lở đất, thiên tai và phân vùng rủi ro đối với quy hoạch sử dụng đất. *Kỹ thuật Địa chất* 102 (3): 85-98 doi: 10.1016/j.enggeo.2008.03.014.
- Hapuarachchi, H. A. P., Q. J. Wang và T. C. Pagano. 2011. "A Review of Advances in Flash Flood Forecasting." | "Đánh giá những tiến triển trong công tác dự báo lũ quét." *Quy trình thủy văn* 25 (18): 2771-84 doi: 10.1002/hyp.8040.
- JICA (Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản), Bộ Giao thông Vận tải, Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải. 2000. *Nghiên cứu về chiến lược phát triển giao thông vận tải quốc gia tại Việt Nam (VITRANSS) - Báo cáo kỹ thuật số 3: Chi phí và giá cước vận tải tại Việt Nam*. Tokyo, Nhật Bản: JICA, Tập đoàn ALMEC và Công ty tư vấn quốc tế Thái Bình Dương. [Http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11596814.pdf](http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11596814.pdf).
- Koo, J., Z. Guo, U. Wood-Sichra, và Y. Ru. 2018. *Phân chia không gian trong thống kê sản xuất cây trồng địa phương 2015 tại Việt Nam*. Washington, DC: Viện Nghiên cứu Chính sách Lương thực Quốc tế.
- Lapidez, J. P., J. Tablazon, L. Dasallas, L. A. Gonzalo, K. M. Cabacaba, M. M. A. Ramos, J. K. Suarez, J. Santiago, A. M. F. Lagmay và V. Malano. 2015. "Identification of Storm Surge Vulnerable Areas in the Philippines through the Simulation of Typhoon Haiyan-induced Storm Surge Levels over Historical Storm Tracks." | "Nhận diện các khu vực dễ bị ảnh hưởng của bão ở Philippines thông qua việc mô phỏng các cấp độ của cơn bão Haiyan đối với các cơn bão trước đây." *Nat Hazards Earth Syst Sci* 3 (2): 1473-81 doi: 10.5194/nhess-15-1473-2015.
- Meinshausen, M., S. J. Smith, K. Calvin, J. S. Daniel, M. L. T. Kainuma, J-F. Lamarque, K. Matsumoto, S. A. Montzka, S. C. B. Raper, K. Riahi, A. Thomson, G. J. M. Velders, D.P. P. van Vuuren. 2011. "The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extensions from 1765 to 2300." | Mật độ khí nhà kính RCP và diễn biến từ năm 1765 đến 2300." *Biến đổi khí hậu* 109 (1-2): 213-41 doi: 10.1007/s10584-011-0156-z.
- JICA (Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản) và Bộ GTVT (Bộ Giao thông Vận tải, Việt Nam). 2010. *Nghiên cứu toàn diện về phát triển bền vững hệ thống giao thông vận tải ở Việt Nam (VITRANSS II)*. Tokyo: Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản (JICA) và Tập đoàn ALMEC. http://open_jicareport.jica.go.jp/700/700/700_123_11999943.html.
- Cục Hàng hải Việt Nam. 2016. *On Specialized State Management of Vietnam Maritime Administration*. | *Về công tác quản lý nhà nước chuyên ngành hàng hải của Cục Hàng hải Việt Nam*. Hà Nội: Bộ Giao thông Vận tải.
- Systra. 2018. *Strengthening of the Railway Sector in Vietnam. Report 3.2: Railway Demand Analysis—Freight*. Vietnam. | *Củng cố ngành đường sắt Việt Nam. Báo cáo 3.2: Phân tích nhu cầu vận chuyển hàng hóa bằng đường sắt*. Việt Nam.

Chương 3: Đánh giá Mức độ dễ bị tổn thương, Mức độ quan trọng và Đánh giá Rủi ro

Chương này tập hợp các kết quả phân tích đã trình bày trong Chương 2 để phân tích đánh giá mức độ dễ bị tổn thương, mức độ quan trọng và đánh giá rủi ro của các gián đoạn do sự cố giao thông trên mạng lưới giao thông tổng hợp cho Việt Nam. Ở đây, phân tích của chúng tôi xem xét một tập hợp đầy đủ các kịch bản thiên tai khác nhau, đánh giá các tác động kinh tế xã hội thông qua nhiều số liệu khác nhau để xác định các vị trí có tác động lớn nhất trên mạng lưới. Đối với từng mạng lưới, phân tích của chúng tôi định lượng phạm vi tác động gây gián đoạn của mỗi loại thiên tai để hiểu rõ liệu các thiên tai đó có gia tăng tác động trong các kịch bản khí hậu trong tương lai hay không.

Đánh giá Mức độ dễ bị tổn thương và Mức độ quan trọng

Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương được thực hiện sau khi xác định các liên kết mạng lưới chịu ảnh hưởng của các mức độ thiên tai khắc nghiệt khác nhau. Đánh giá mức độ dễ bị tổn thương, được hoàn thành trong bối cảnh xem xét các loại thiên tai, sẽ giúp chúng ta hiểu rõ hơn tác động tương đối của thiên tai đối với tính sẵn có liên tục của ngành giao thông. Sau khi hoàn thành đánh giá mức độ dễ bị tổn thương, đánh giá mức độ quan trọng có thể giúp xếp hạng các yếu tố mạng lưới, dựa trên tác động tương đối lên năng lực phục vụ của mạng lưới giao thông (Arga Jafino 2017).

Phân tích mức độ quan trọng bao gồm phân tích toàn diện về các tình huống “nếu xảy ra sự cố” của từng liên kết mạng riêng lẻ. Do chịu ảnh hưởng của thiên tai khắc nghiệt, những liên kết này sẽ tiềm ẩn các điểm sự cố. Phân tích mức độ quan trọng là bước đầu tiên trong quá trình tìm hiểu và đánh giá hiệu suất hệ thống trong bối cảnh tổng quát, không xét tới tính chất của sự kiện tác động bên ngoài. Đánh giá có thể xác định các liên kết quan trọng nhất trong các mạng lưới, sau đó có thể được sử dụng để giúp chọn một nhóm liên kết nhỏ hơn để tiếp tục phân tích rủi ro về thiên tai. Cách phân tích dữ liệu thăm dò này có thể được sử dụng để kiểm tra xem các liên kết quan trọng nhất đã xác định có phải chịu ảnh hưởng của thiên tai hay không, từ đó đưa ra một nghiên cứu trường hợp điển hình để tiến hành phân tích chi tiết cho một địa điểm cụ thể.

Đánh giá mức độ quan trọng nhằm mục đích trả lời những câu hỏi sau:

- Các liên kết và tuyến đường nào trong mạng lưới có ý nghĩa quan trọng nhất trong việc đảm bảo khả năng phục vụ liên tục của mạng lưới giao thông?
- Sự gián đoạn của các liên kết riêng lẻ nào có thể dẫn tới tác động không thể kiểm soát về kinh tế vĩ mô và mức độ của các tác động không thể kiểm soát đó như thế nào?
- Sự gián đoạn của các liên kết riêng lẻ nào gây ra tác động lớn nhất về chi phí điều chỉnh tuyến giao thông?

Từ đó, nghiên cứu xây dựng và ước tính các số liệu về mức độ quan trọng như sau:

- *Gián đoạn vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm (AADF):* Số tải trọng hàng hóa hàng ngày có thể bị ảnh hưởng do sự gián đoạn của các liên kết riêng lẻ trong mạng lưới chịu ảnh hưởng của thiên tai bất kỳ được xem xét trong nghiên cứu.

- *Tổng thiệt hại kinh tế vĩ mô*: Tổng thiệt hại kinh tế vĩ mô trực tiếp và gián tiếp tính bằng US\$ mỗi ngày, do tổn thất của lưu lượng hàng hóa tạo ra sự mất cân đối cung cầu kinh tế trong nền kinh tế. Những tổn thất này phát sinh từ các liên kết riêng lẻ mà sự cố kết nối có thể dẫn tới chuyển đi không thành công, do không thể tiếp cận tuyến đường duy nhất từ điểm đầu - điểm cuối (OD) thông qua lễ đường bị hư hỏng.
- *Số liệu chi phí phân phối lại hàng hóa*: Tổng chênh lệch giữa ước tính chi phí tổng quát sau gián đoạn và trước gián đoạn của tất cả các tuyến OD được chuyển đổi tuyến đường do lễ đường bị hư hỏng. Chi phí phân phối lại hàng hóa được gán cho lễ đường bị hư hỏng dẫn tới phải phân phối lại. Các giá trị này hiển thị các liên kết hiệu quả nhất về chi phí trong mạng lưới giao thông.
- *Chỉ số tác động kinh tế tổng thể*: Mức độ ảnh hưởng chung về mặt kinh tế của các liên kết mạng được đo bằng tổng thiệt hại kinh tế vĩ mô và chi phí phân phối lại hàng hóa do hư hỏng mạng lưới giao thông.

Để đánh giá mức độ dễ bị tổn thương và mức độ quan trọng, phân tích đã chọn các liên kết mạng riêng lẻ dựa trên các nút giao mạng lưới giao thông và thiên tai được liệt kê trong Bảng 3.1. Lựa chọn trong phạm vi các khu vực dễ bị sạt lở và lũ lụt với các giá trị khả năng cao và rất cao cũng như các khu vực ngập lụt do nước sông dâng cao và bão lũ với độ sâu ngập nước khoảng ≥ 1 m. Mỗi liên kết mạng giao thông đã chọn được liên kết với tất cả thiên tai đã chọn để xác định tập hợp đầy đủ tất cả các nút và liên kết duy nhất chịu ảnh hưởng của một loại thiên tai nhất định. Các phần tiếp theo sẽ chỉ trình bày và thảo luận kết quả phân tích mạng lưới như sau:

Bảng 3.1. Số lượng kịch bản một liên kết mạng lưới bị hư hỏng cho các Mạng giao thông khác nhau đã chọn

Mạng giao thông đã chọn	Kịch bản một liên kết mạng lưới bị hư hỏng
Hệ thống đường quốc gia	968
Đường sắt quốc gia	164
Tỉnh lộ Lào Cai	1.299
Hệ thống đường bộ tại tỉnh Bình Định	11.042
Hệ thống đường bộ tại tỉnh Thanh Hóa	26.852

Kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho Mạng lưới đường bộ quốc gia

Hình 3.1 minh họa kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho mạng lưới đường bộ quốc gia, bao gồm các giá trị *gián đoạn AADF* tối đa trong Hình 3.1A. *Kết quả này nêu bật các vị trí trong mạng lưới có lưu lượng rất cao, có nguy cơ gián đoạn hệ thống nếu chịu ảnh hưởng của thiên tai khắc nghiệt.* Kết quả cho thấy một loạt đường bộ xung quanh thành phố Hồ Chí Minh và nhiều đoạn trên đường quốc lộ Bắc Nam QL1A với lưu lượng AADF cao có thể bị gián đoạn do thiên tai. Phạm vi gián đoạn AADF cao nhất có thể rất nghiêm trọng, từ 124.000 đến 156.000 tấn mỗi ngày.

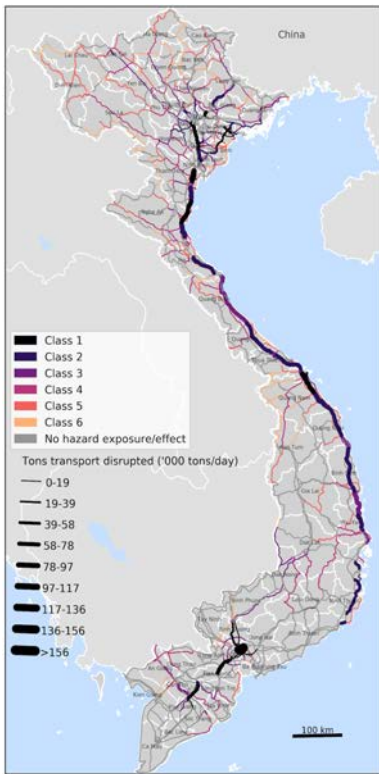
Hình 3.1B thể hiện *tổng giá trị tổn thất kinh tế vĩ mô* tối đa, tính bằng triệu US\$ mỗi ngày, dựa trên các trường hợp đã xác định, trong đó một số tình huống gián đoạn AADF được báo cáo trong Hình 3.1A dẫn đến thiệt hại kinh tế vĩ mô ngay lập tức. Các sự cố gián đoạn chuyển đi này, dẫn tới không thể vận chuyển các loại hàng hóa trong hỗn hợp AADF, gây mất cân bằng cung cầu trong hệ thống kinh tế vĩ mô. Cách ước tính tổn thất kinh tế vĩ mô này được giải thích trong Phụ lục A. *Ước tính được thực hiện theo giả thuyết trường hợp xấu nhất; trên thực tế, gián đoạn kéo dài một ngày sẽ không gây ra tổn thất kinh tế vĩ mô.* Do đó, các kết quả có thể được giải thích để nêu bật tầm quan trọng về kinh tế vĩ mô của liên kết mạng lưới. Kết quả cho thấy sự gián đoạn của liên kết chính đến thành phố Hồ Chí Minh (DT743) có thể phát sinh tổn thất kinh tế vĩ mô ước tính 0,074 đến 0,44 triệu đô la Mỹ mỗi ngày. Nếu liên kết này bị gián đoạn trong một thời gian đáng kể thì tổn thất nói trên có thể trở thành hiện thực. Các kết quả tổn thất kinh tế vĩ mô cũng nhấn mạnh rằng sự gián đoạn lớn về trọng tải có thể không nhất thiết dẫn đến thiệt hại kinh tế đáng kể trong mọi trường hợp. Trong một số trường hợp, lợi ích kinh tế thu được từ việc các khu vực thay thế cho tổn thất năng lực sản xuất ở các khu vực khác, dẫn đến giảm tác động kinh tế vĩ mô và thậm chí còn thu được lợi ích kinh tế vĩ mô ròng sau gián đoạn.

Khi các tuyến AADF bị gián đoạn có thể được chuyển đổi tuyến đường dọc theo các tuyến đường thay thế, chi phí phân phối lại hàng hóa tăng theo các liên kết bị gián đoạn, dẫn tới ảnh hưởng đáng kể trên mạng lưới đường bộ quốc gia. Tuy nhiên, điều này đi kèm với giá chi phí vận chuyển tăng (Hình 3.1c), trong đó các giá trị thể hiện chi phí phân phối lại hàng hóa có hệ thống trên toàn bộ mạng lưới được báo cáo tại các liên kết gặp sự cố. Chi phí chuyển đổi tuyến đường cao nhất có thể dao động trong khoảng 0,67 triệu US\$ mỗi ngày (kịch bản gián đoạn lưu lượng tối thiểu) đến 1,90 triệu US\$ mỗi ngày (kịch bản gián đoạn lưu lượng tối đa). Hầu hết các tuyến này nằm trên các đoạn thuộc quốc lộ Bắc Nam QL1A, một tuyến đường rất quan trọng trong cả nước. Đặc biệt, đoạn tuyến qua Nghệ An đến Thanh Hóa có mức chi phí chuyển đổi tuyến đường cao nhất.

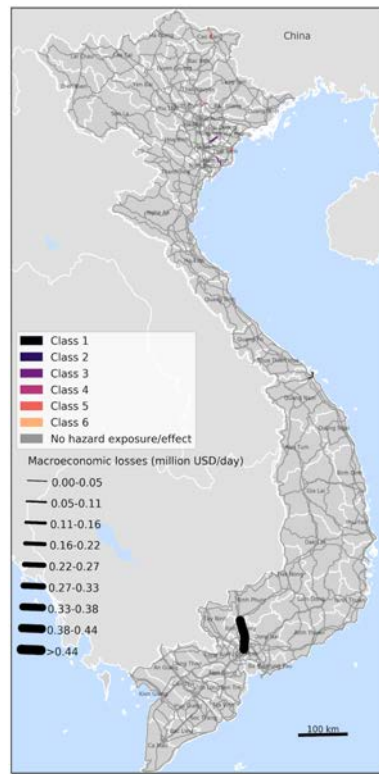
Tác động kinh tế của tình huống gián đoạn đường bộ được thể hiện trong Hình 3.1D, kết hợp kết quả từ Hình 3.1B và 3.1C. Như đã thảo luận, sự gia tăng chi phí phân phối lại gây ra tác động kinh tế nghiêm trọng hơn so với tổn thất kinh tế vĩ mô do gián đoạn hành trình - trừ một số ít trường hợp ngoại lệ, chẳng hạn như liên kết DT743.

Dựa trên kết quả mô hình, có thể nên xem xét liệu chi phí chuyển đổi tuyến đường cao có dẫn đến việc các công ty không sử dụng đường bộ trong khi chờ sửa đường bị gián đoạn hoặc sử dụng một phần các lựa chọn chuyển đổi tuyến đường trong quá trình xây dựng lại tuyến đường. Hành vi này chưa được tìm hiểu kỹ trong báo cáo này, nhưng phân tích cung cấp phương tiện để xem xét các khả năng này.

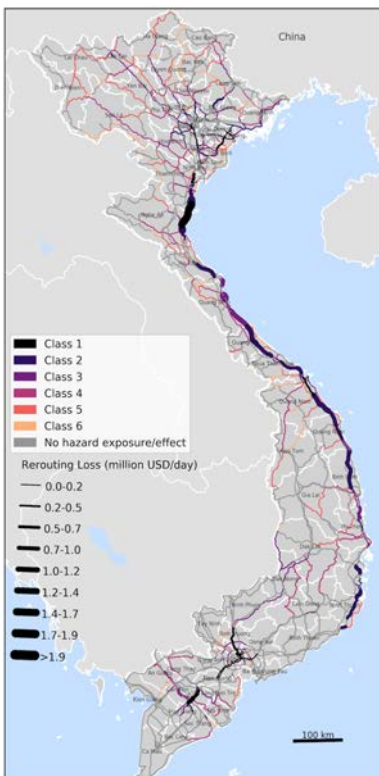
Hình 3.1: Kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho mạng lưới đường bộ quốc gia



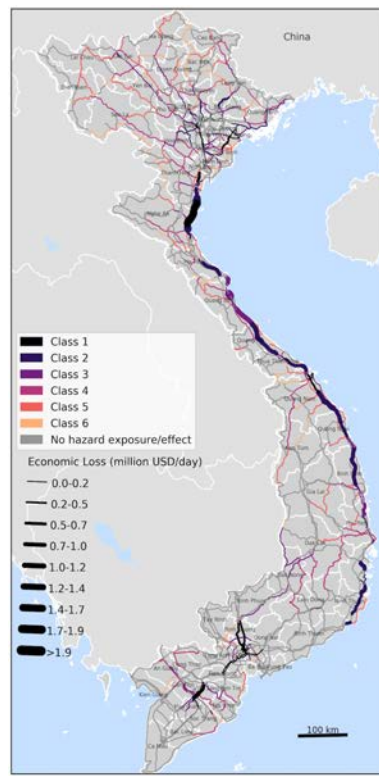
A. Số tấn tối đa hàng ngày bị gián đoạn



B. Tổn thất kinh tế vĩ mô tối đa



C. Tổn thất tối đa do chuyển đổi tuyến đường



D. Tổng tổn thất kinh tế tối đa

Mức độ quan trọng cho mạng lưới đường sắt quốc gia

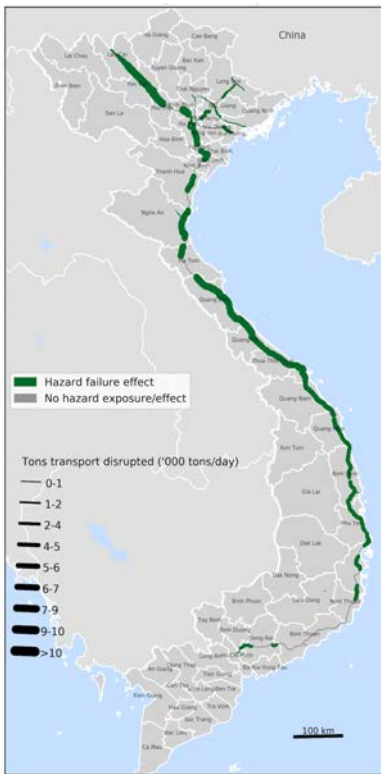
Hình 3.2 thể hiện kết quả đánh giá cho mạng lưới đường sắt. Với cấu trúc một tuyến đường duy nhất dọc theo hầu hết mạng lưới đường sắt, sự cố liên kết ảnh hưởng nghiêm trọng đến các tuyến đường quan trọng với lưu lượng rất cao, dẫn đến sự gián đoạn AADF trong trường hợp xấu nhất từ 8.000 đến 10.000 tấn mỗi ngày (Hình 3.2A).

Sau các tình huống gián đoạn AADF, Hình 3.2B thể hiện *tổng tổn thất kinh tế vĩ mô* tối đa, tính bằng triệu US\$ mỗi ngày, dựa trên giả thuyết về tổn thất AADF đã đề cập gây ra tác động kinh tế ngay lập tức. Kết quả cho thấy sự gián đoạn các tuyến đường sắt có thể dẫn đến thiệt hại kinh tế rất cao, với thiệt hại kinh tế trên các tuyến đường có lưu lượng cao nhất là từ 2,3 đến 2,6 triệu US\$ mỗi ngày. Những kết quả này cho thấy mặc dù việc sử dụng mạng đường sắt nhìn chung ít hơn nhiều so với đường bộ, giá trị sử dụng lại rất đáng kể ở các khu vực dễ bị tổn thương do gián đoạn. Các tác động cao do phân phối đường sắt có thể là nguyên nhân làm giảm việc sử dụng đường sắt ở Việt Nam

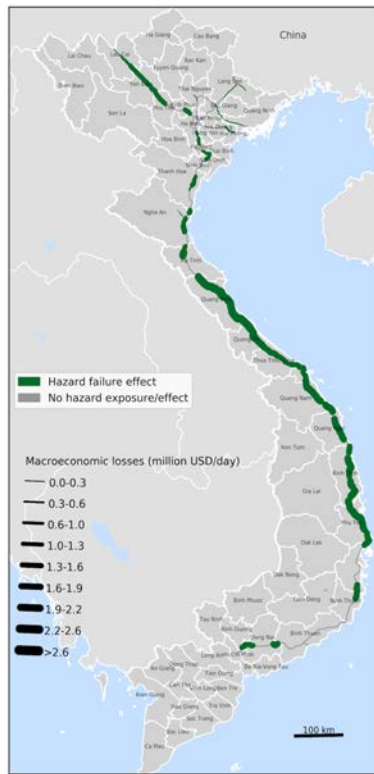
Hình 3.2C thể hiện *chi phí phân phối lại hàng hóa*, với một vài liên kết chỉ gây ra tác động nhỏ đến việc tăng chi phí phân phối lại dọc theo mạng lưới đường sắt; chi phí chuyển đổi tuyến đường cao nhất, nhiều nhất là 9.000 US\$ mỗi ngày ở xung quanh trung tâm Hà Nội.

Tác động kinh tế của việc gián đoạn đường sắt (Hình 3.2D) là do các tổn thất kinh tế vĩ mô phát sinh từ việc tăng chi phí phân phối lại chuyển đi bị gián đoạn, thay vì tăng chi phí phân phối lại. Dựa trên kết quả mô hình, mạng lưới đường sắt cho thấy có rất ít sự lựa chọn khi muốn ứng phó với tình huống gián đoạn.

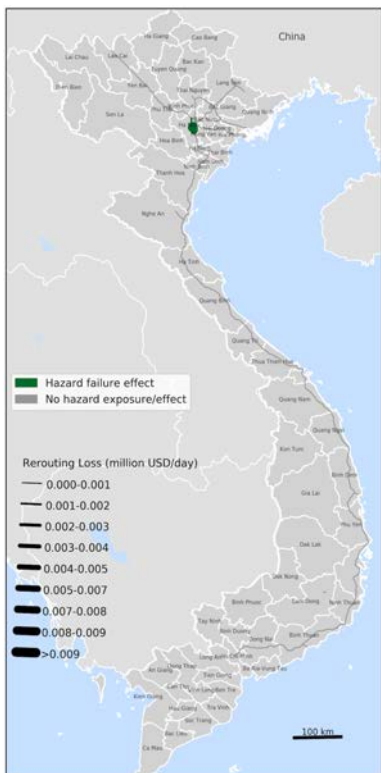
Hình 3.2: Kết quả đánh giá mức độ quan trọng cho mạng lưới đường sắt quốc gia



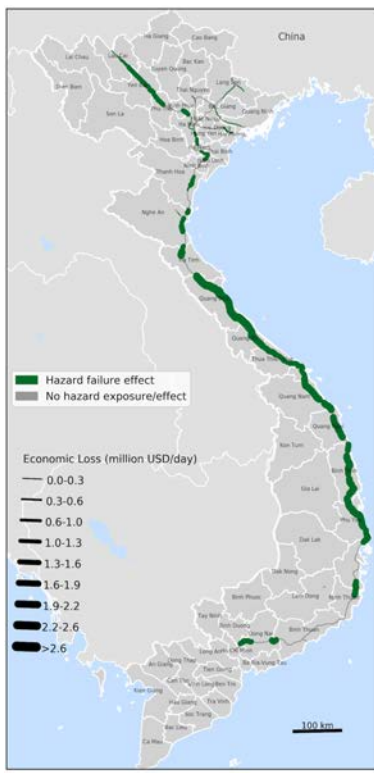
A. Số tấn tối đa hàng ngày bị gián đoạn



B. Tổn thất kinh tế vĩ mô tối đa



C. Tổn thất tối đa do chuyển đổi tuyến đường



D. Tổng tổn thất kinh tế tối đa

Mức độ quan trọng cho mạng lưới tỉnh lộ

Ở quy mô tỉnh, nghiên cứu ước tính mức độ quan trọng cho mạng lưới đường bộ về:

- *Doanh thu thuần* do gián đoạn lưu lượng, có thể phát sinh từ các gián đoạn do thiên tai gây ra, dọc các tuyến đường tiếp cận trung tâm xã.
- *Tác động kinh tế* dự kiến, thể hiện tổng tổn thất kinh tế (doanh thu thuần do gián đoạn) do thiếu các tuyến đường có thể tiếp cận trung tâm xã và sự gia tăng *chi phí chuyển đổi tuyến đường*, trong khi duy trì tiếp cận trung tâm xã sau gián đoạn.

Các kết quả tiếp theo thể hiện khả năng gián đoạn các liên kết trong mạng lưới có ý nghĩa quan trọng nhất trong việc tiếp cận trung tâm xã thông qua bản đồ doanh thu thuần do gián đoạn lưu lượng. Đồng thời, bản đồ cũng thể hiện các phương án chuyển đổi tuyến đường xung quanh mỗi liên kết mạng lưới bị gián đoạn. Xem xét việc chuyển đổi tuyến đường này, kết quả nhấn mạnh tác động kinh tế của sự gián đoạn. Điều quan trọng là kết quả cho thấy việc có phương án chuyển đổi tuyến đường sẽ giúp giảm mức độ ảnh hưởng của việc gián đoạn lưu lượng. Các kết quả tổn thất kinh tế cho thấy các liên kết mạng lưới được sử dụng nhiều nhất để tạo doanh thu thuần nếu có sự cố sẽ dẫn đến hoàn toàn mất khả năng tiếp cận.

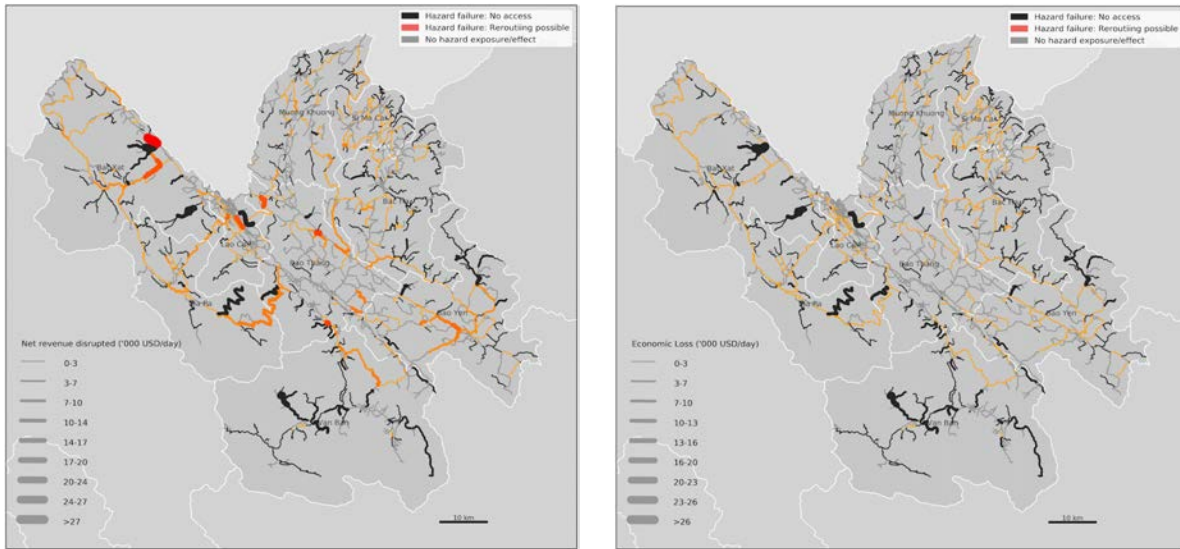
Để hiểu được các sự cố xấu nhất, các phần tiếp theo chỉ thể hiện doanh thu thuần do gián đoạn lưu lượng và tác động kinh tế tối đa.

Gián đoạn tỉnh lộ Lào Cai

Bản đồ nhiệt cho tỉnh Lào Cai trong Hình 3.3A thể hiện *doanh thu thuần do gián đoạn lưu lượng* do xảy ra sự cố đường bộ vì lý do thiên tai. Các tuyến đường phân bố thưa thớt ở Lào Cai, đặc biệt là ở các huyện Bảo Yên, Bát Xát và Văn Bàn, dẫn tới gián đoạn tập trung vào một số ít các tuyến đường. Có khả năng doanh thu thuần do gián đoạn lưu lượng này có thể dẫn tới thiệt hại kinh tế lên tới 27.000 US\$ mỗi ngày.

Tác động kinh tế minh họa trong Hình 3.3B phản ánh việc có sẵn các phương án chuyển đổi tuyến đường giúp giảm thiểu tác động của các gián đoạn tiềm năng trong dòng doanh thu thuần như thế nào. Tuy nhiên, một số sự cố liên kết có thể dẫn tới mất hoàn toàn khả năng tiếp cận trung tâm xã, gây ra tổn thất kinh tế trong kịch bản xấu nhất lên tới 26.000 US\$ mỗi ngày.

Hình 3.3. Gián đoạn tối đa ước tính về Doanh thu thuần và Tổn thất kinh tế tối đa cho Mạng lưới tỉnh lộ Lào Cai



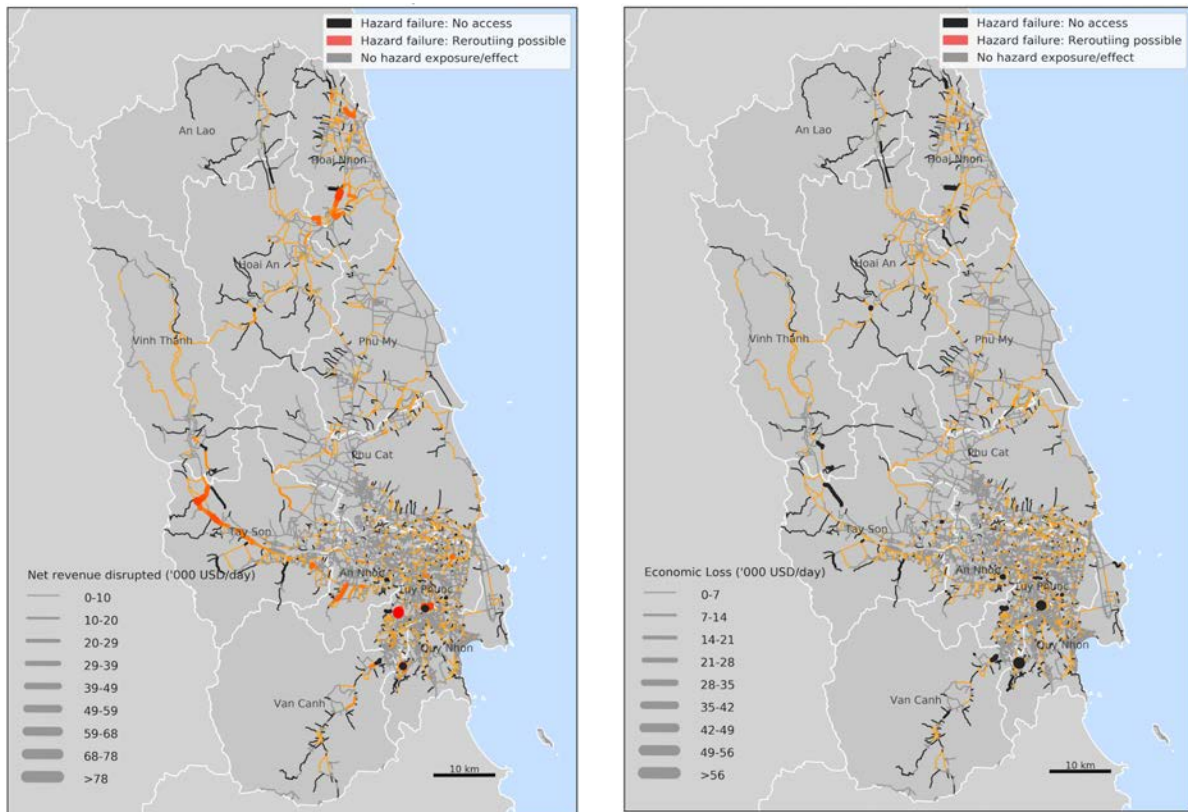
A. Gián đoạn doanh thu thuần tối đa ở tỉnh Lào Cai

B. Tổn thất kinh tế tối đa ở tỉnh Lào Cai

Gián đoạn tỉnh lộ Bình Định

Trong Hình 3.4, bản đồ nhiệt cho tỉnh Bình Định thể hiện *doanh thu thuần do gián đoạn lưu lượng* tối đa (Bảng A) và *tác động kinh tế* tối đa (Bảng B) do xảy ra sự cố đường bộ vì lý do thiên tai. Hầu hết mạng lưới đều khá rộng lớn, do đó tác động do gián đoạn là không đáng kể. Tuy nhiên, có một cụm đường khá quan trọng ở Thành phố Quy Nhơn, có tác động lớn trong trường hợp xảy ra gián đoạn, cho thấy tác động kinh tế tiềm ẩn là 56.000 đô la Mỹ mỗi ngày.

Hình 3.4. Giá đoạn tối đa ước tính về Doanh thu thuần và Tổn thất kinh tế tối đa cho Mạng lưới tỉnh lộ Bình Định



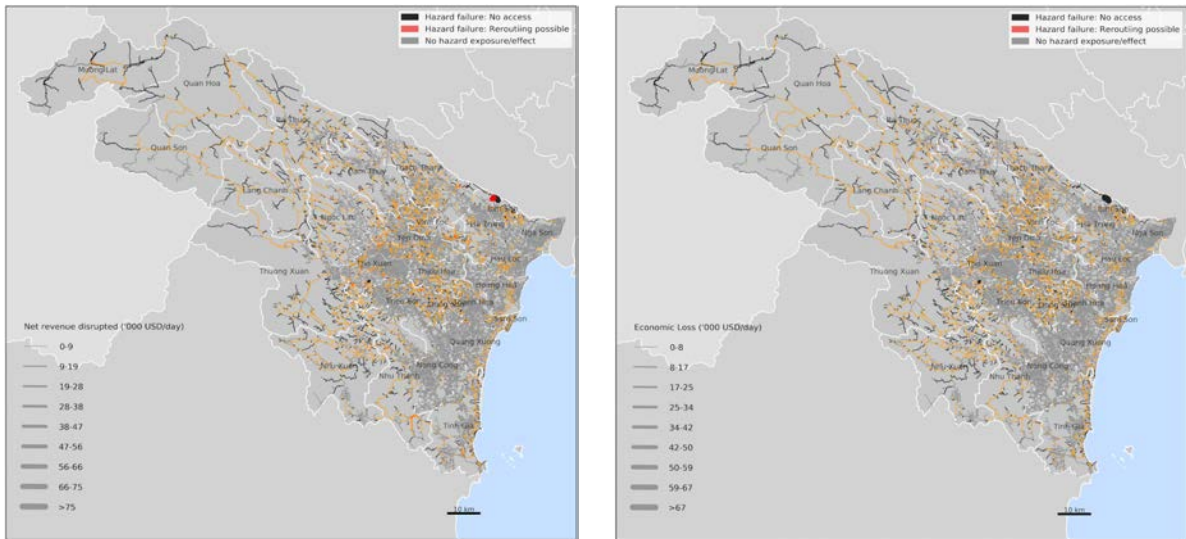
A. Giá đoạn doanh thu thuần tối đa ở tỉnh Bình Định

B. Tổn thất kinh tế tối đa ở tỉnh Bình Định

Giá đoạn tỉnh lộ Thanh Hóa

Trong Hình 3.5, bản đồ nhiệt cho tỉnh Thanh Hóa thể hiện doanh thu thuần do giá đoạn lưu lượng tối đa (Bảng A) và tác động kinh tế tối đa (Bảng B) do xảy ra sự cố đường bộ vì lý do thiên tai. Ở đây, hầu hết mạng lưới đều khá rộng lớn, do đó tác động do giá đoạn là không đáng kể. Tuy nhiên, các cụm đường khá quan trọng ở thị xã Bỉm Sơn, có tác động lớn trong trường hợp xảy ra giá đoạn, cho thấy tác động kinh tế tiềm ẩn là 67.000 đô la Mỹ mỗi ngày.

Hình 3.5. Gián đoạn tối đa ước tính về Doanh thu thuần và Tổn thất kinh tế tối đa cho Mạng lưới tỉnh lộ Thanh Hóa



A. Gián đoạn doanh thu thuần tối đa ở tỉnh Thanh Hóa

B. Tổn thất kinh tế tối đa ở tỉnh Thanh Hóa

Đánh giá Rủi ro

Theo đánh giá về mức độ quan trọng của các liên kết mạng lưới, nghiên cứu ước tính rủi ro từ các sự cố thiên tai và hiện tượng cực đoan bằng cách tích hợp hiểu biết về thiên tai và tác động trong một chỉ số. Mục đích chính của ước tính rủi ro này là để xác định:

- Loại thiên tai nào có ảnh hưởng nhiều nhất đến các kết nối giao thông?
- Các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau sẽ dẫn tới những thay đổi như thế nào về tác động của thiên tai?

Thiệt hại ở đây cho thấy *tác động kinh tế hàng ngày*, được ước tính theo mức độ quan trọng, nhân với thời gian gián đoạn nhất định trong đó kết nối mạng lưới bị ảnh hưởng được cho là không hoạt động. Để phân biệt giữa mức độ quan trọng của các sự kiện với các xác suất khác nhau, phân tích giả định rằng thời gian gián đoạn sẽ phụ thuộc vào tỷ lệ phần trăm của độ dài liên kết mạng lưới chịu tác động của thiên tai đối với sự kiện đó.

Hạn chế: Các kết quả tính toán rủi ro được trình bày trong các phần tiếp theo cho thấy các giá trị rất cao trong các sự kiện bão lũ và sạt lở đất, cũng như các sự kiện lũ quét trong một số phạm vi nhất định, dựa trên giả định rằng các loại thiên tai này có xác suất bằng 1. Phân tích đưa ra giả định do không có bất kỳ thông tin xác suất nào cho các loại thiên tai này. Do chỉ có xác suất trong thông tin về nguy cơ lũ lụt tiềm ẩn, chỉ có kết quả cho các rủi ro lũ lụt trên sông thể hiện được bản chất thực sự của ước tính rủi ro.

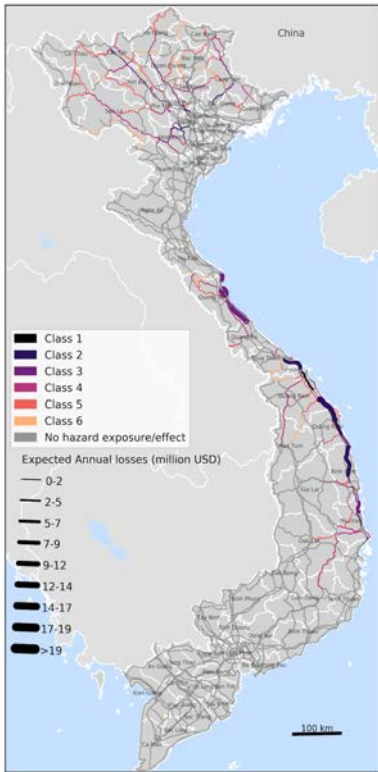
Mạng lưới giao thông quốc gia

Các kết quả tiếp theo đối với mạng lưới đường bộ và đường sắt quy mô quốc gia giả định thời gian gián đoạn tối đa là 10 ngày, với độ dài chịu tác động của liên kết mạng là 500 m. Do đó, nếu độ dài liên kết mạng lớn hơn 500 m chịu tác động của một kịch bản thiên tai đã chọn thì kết quả giả định là gián đoạn 10 ngày. Dưới ngưỡng độ dài này, thời gian gián đoạn phụ thuộc vào tỷ lệ chiều dài mạng lưới chịu ảnh hưởng của thiên tai.

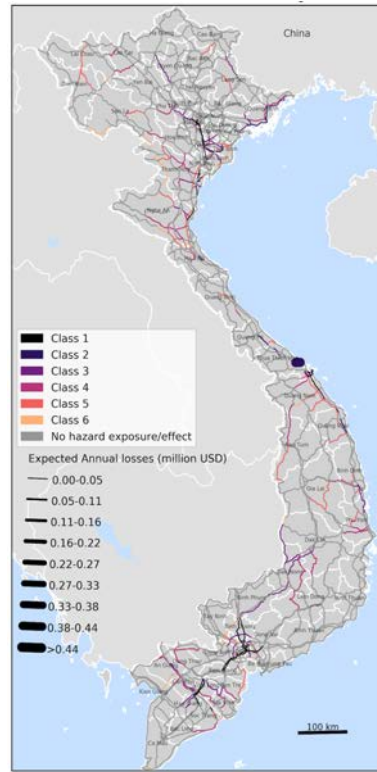
Rủi ro mạng lưới đường bộ quốc gia

Hình 3.6 thể hiện giá trị rủi ro kinh tế tối đa trên mạng lưới đường bộ quốc gia do các sự kiện thiên tai hiện tại trong năm 2016 tương ứng cho: (A) nguy cơ sạt lở đất, (B) lũ trên sông, (C) bão lũ và (D) nguy cơ lũ quét. *Các kết quả này nhằm mục đích thể hiện rõ các vị trí có rủi ro cao theo từng loại thiên tai trên mạng lưới, có thể ưu tiên khảo sát chi tiết hơn về khả năng chống chịu khí hậu.* Phân tích cho thấy các rủi ro dọc theo các đoạn quan trọng của tuyến QL1A chủ yếu là do sạt lở đất và bão lũ, trong khi lũ do nước sông dâng cao ảnh hưởng đến các liên kết quanh Thành phố Hồ Chí Minh và Thừa Thiên Huế, lũ quét ảnh hưởng đến một số tỉnh miền núi do nguy cơ lũ quét chỉ tập trung ở những khu vực đó.

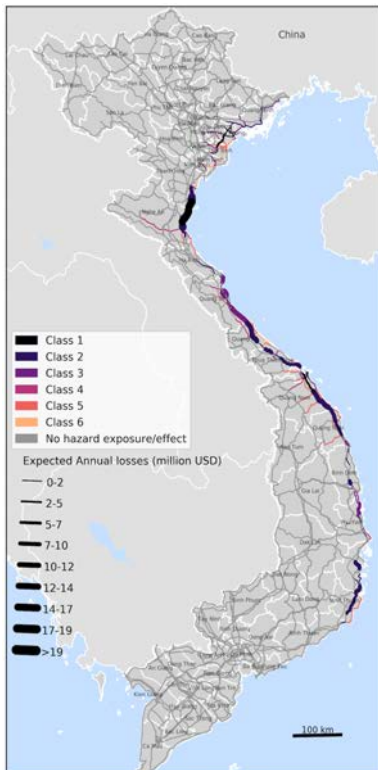
Hình 3.6. Ước tính rủi ro tối đa cho Liên kết mạng lưới đường bộ quốc gia



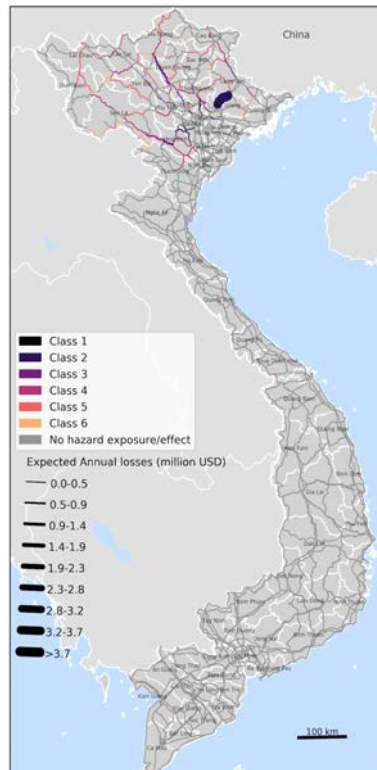
A. Rủi ro tối đa do nguy cơ sạt lở đất



B. Rủi ro tối đa do lũ trên sông



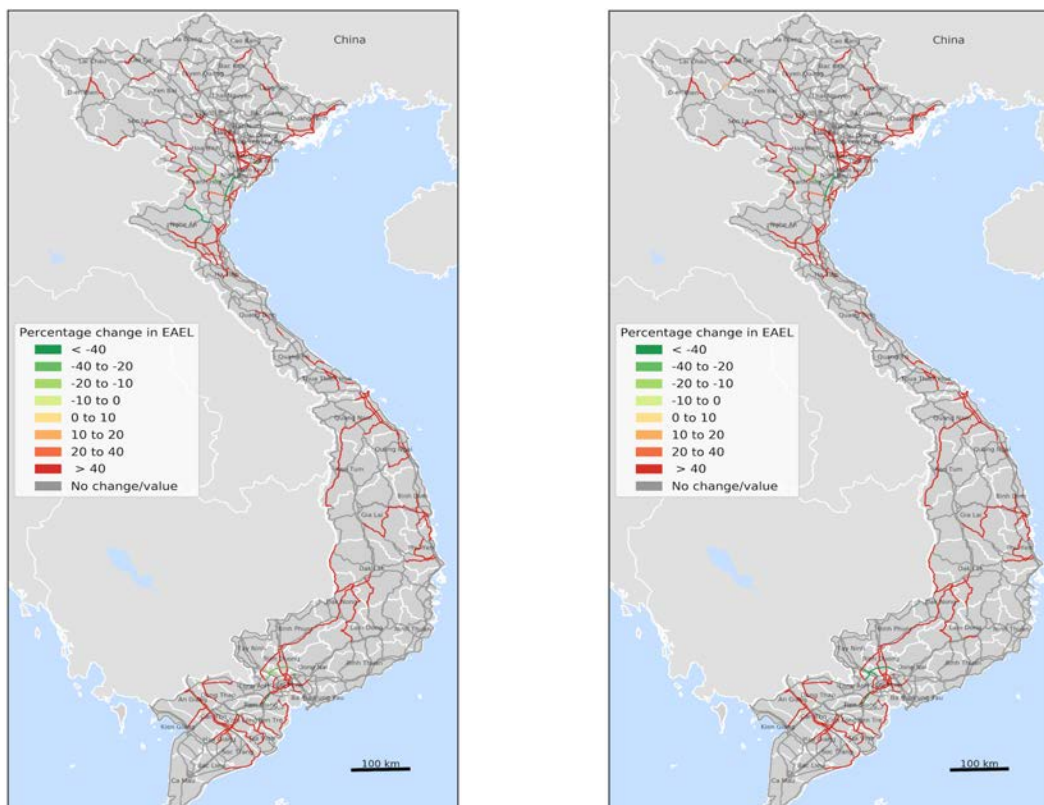
C. Rủi ro tối đa do bão lũ



D. Rủi ro tối đa do nguy cơ lũ quét

Để hiểu những thay đổi về tác động của các loại thiên tai khác nhau do các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau, phân tích tiến hành so sánh các rủi ro mạng lưới đường bộ do các nguy cơ khí hậu trong tương lai với các rủi ro do các nguy cơ hiện tại. Chỉ có thể tiến hành so sánh này với hiện tượng lũ trên sông do đây là nguy cơ duy nhất có khả năng tác động toàn quốc với xác suất khác nhau trong các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau. Cả hai kịch bản biến đổi khí hậu cho sự kiện lũ trên sông đều cho thấy sự gia tăng đáng kể về giá trị rủi ro hệ thống khi xảy ra sự cố liên kết mạng lưới đường bộ quốc gia trong tương lai (Hình 3.7). Trên hầu hết tất cả các liên kết mạng bị ảnh hưởng, rủi ro tiềm ẩn khi xảy ra sự cố do lũ trên sông tăng ít nhất 40% trong các kịch bản rủi ro trong năm 2030 trong tương lai, sự gia tăng đáng kể các rủi ro cho thấy cần phải đầu tư xây dựng mạng lưới có khả năng ứng phó với các nguy cơ khí hậu trong tương lai.

Hình 3.7. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro tối đa do sự cố đối với các liên kết mạng lưới đường bộ quốc gia cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu



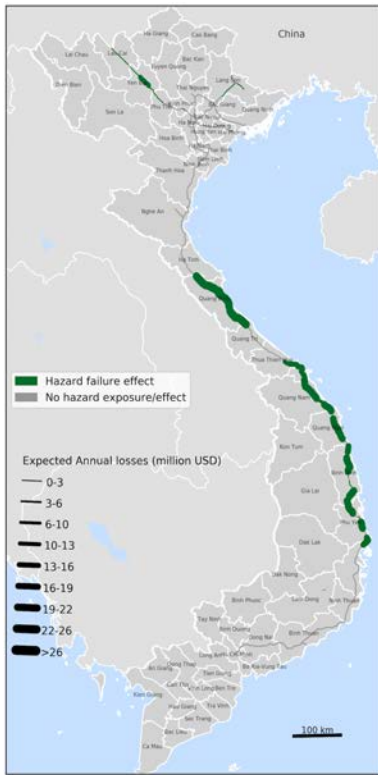
A. RCP 4.5 2030

B. RCP 8.5 2030

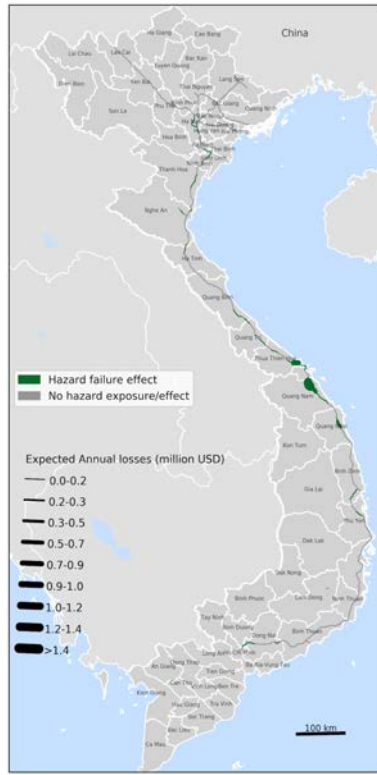
Rủi ro mạng lưới đường sắt quốc gia

Tương tự như kết quả của phần trên, Hình 3.8 thể hiện giá trị rủi ro kinh tế tối đa trên mạng lưới đường bộ quốc gia do các sự kiện thiên tai hiện tại trong năm 2016 tương ứng cho: (A) nguy cơ sạt lở đất, (B) lũ trên sông, (C) bão lũ và (D) nguy cơ lũ quét. Phân tích cho thấy các đoạn quan trọng của mạng lưới đường sắt chịu rủi ro chủ yếu do sạt lở đất và bão lũ, trong khi lũ trên sông ảnh hưởng đến một đoạn nhỏ liên kết ở gần tỉnh Quảng Nam và Thừa Thiên Huế, lũ quét ảnh hưởng đến một số tỉnh miền núi do nguy cơ lũ quét chỉ tập trung ở những khu vực đó.

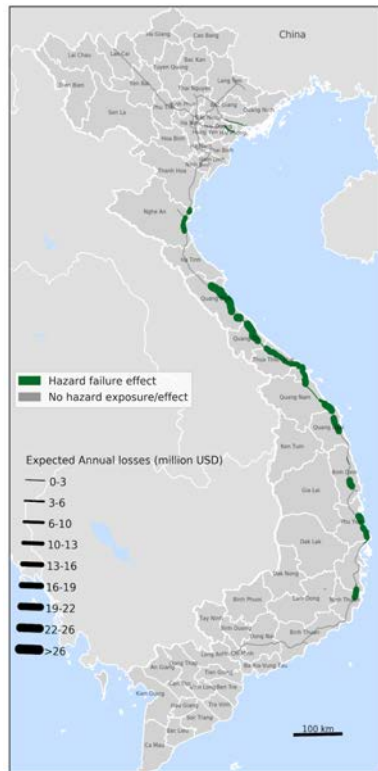
Hình 3.8. Ước tính rủi ro tối đa cho Liên kết mạng lưới đường sắt quốc gia



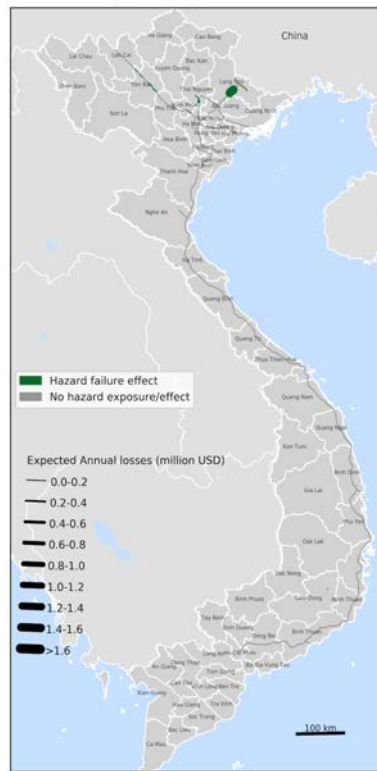
A. Rủi ro tối đa do nguy cơ sụt lở đất



B. Rủi ro tối đa do lũ trên sông



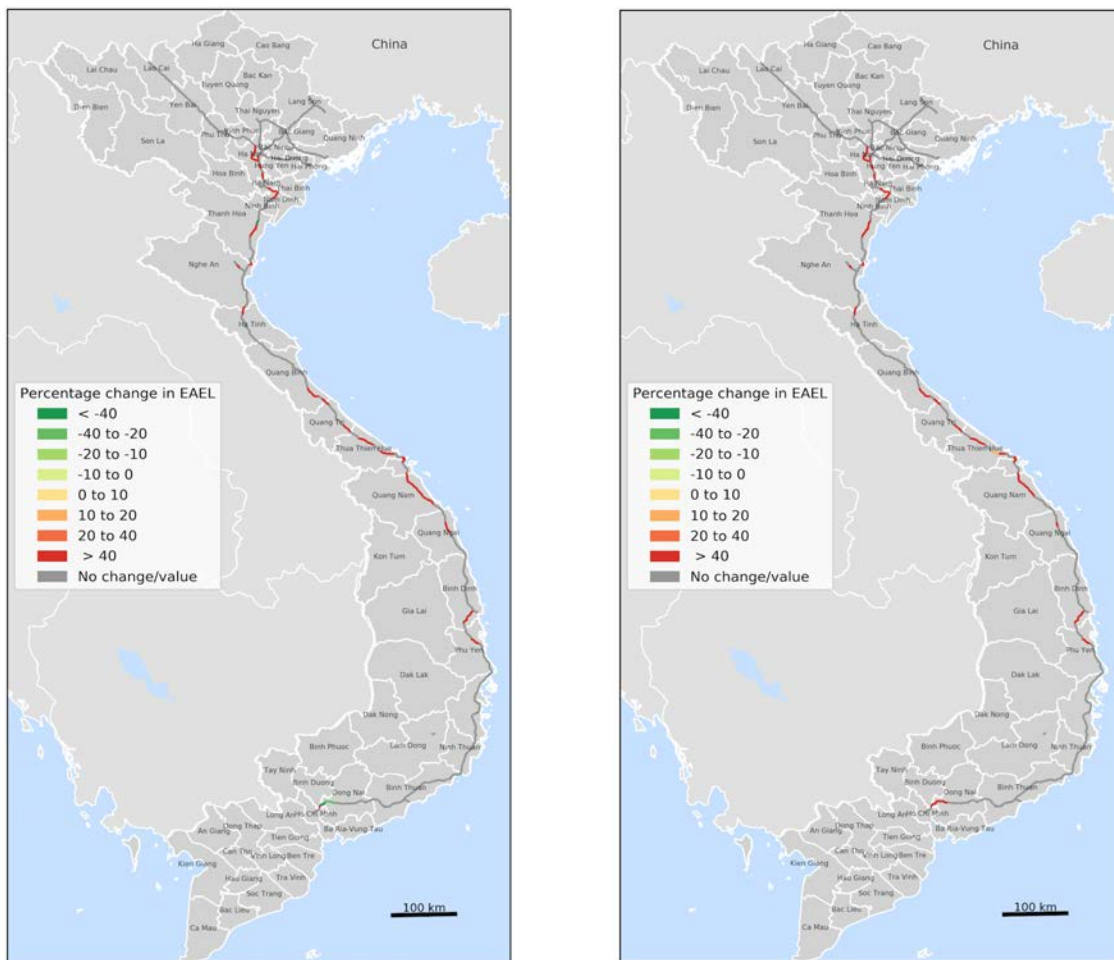
C. Rủi ro tối đa do bão lũ



D. Rủi ro tối đa do nguy cơ lũ quét

Đối với mạng lưới đường sắt, rủi ro do xảy ra sự cố do lũ trên sông trong các kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai vào năm 2030 so với các rủi ro do lũ trên sông hiện nay trong năm 2016 (Hình 3.9). Trong cả hai kịch bản biến đổi khí hậu cho hiện tượng lũ trên sông, rủi ro hệ thống khi xảy ra sự cố mạng lưới đường sắt quốc gia sẽ tăng đáng kể trong tương lai. Tương tự như các liên kết mạng lưới đường bộ quốc gia, ở hầu như tất cả liên kết mạng lưới bị ảnh hưởng, các rủi ro tiềm ẩn do xảy ra sự cố do lũ trên sông tăng đáng kể, ít nhất 40% trong các kịch bản rủi ro trong năm 2030 trong tương lai, cho thấy Việt Nam cần phải đầu tư xây dựng đường sắt quốc gia có khả năng đối phó với các nguy cơ khí hậu trong tương lai.

Hình 3.9. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro tối đa do sự cố đối với các liên kết mạng lưới đường sắt quốc gia cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu



A. RCP 4.5 2030

B. RCP 8.5 2030

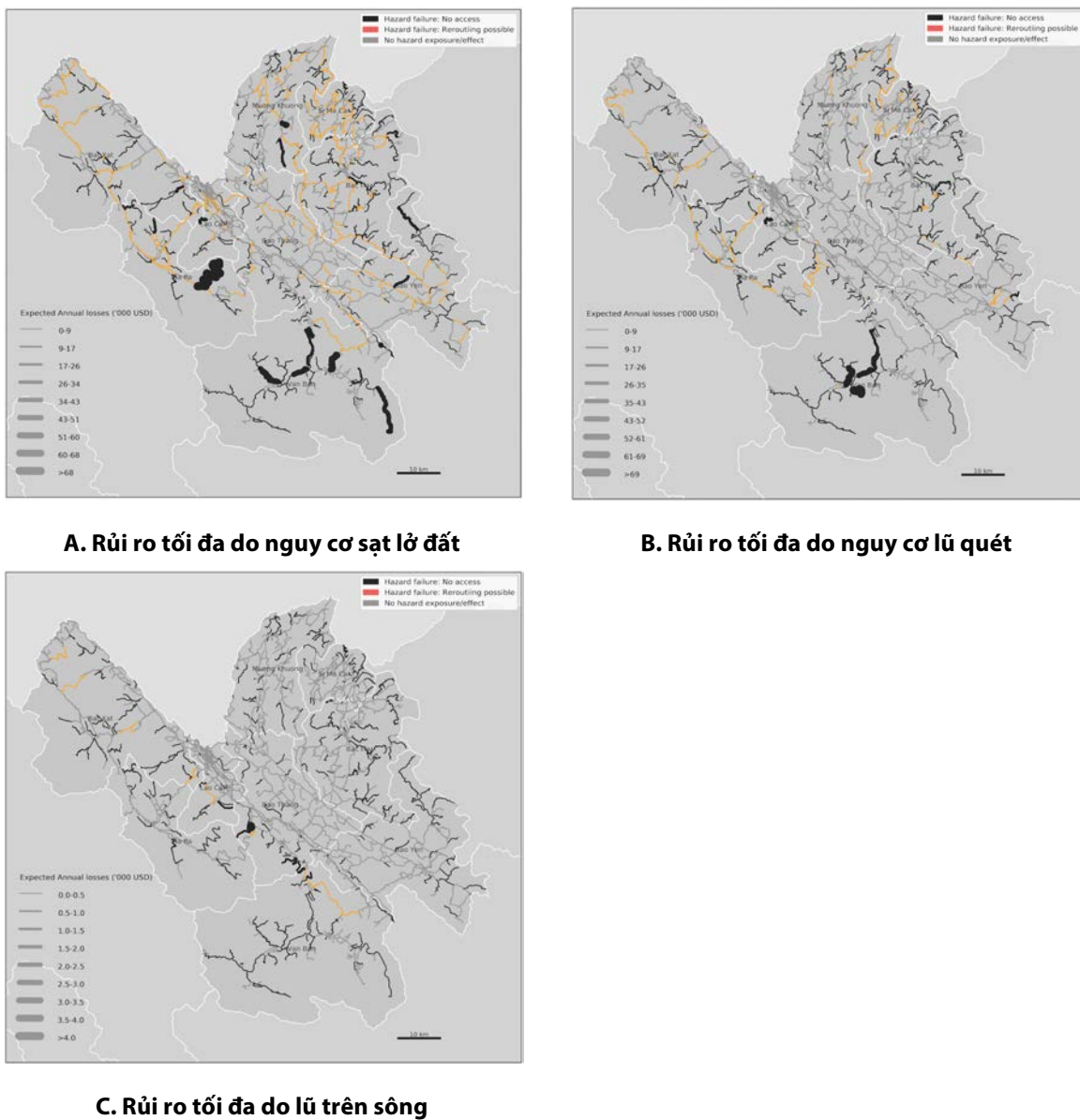
Phân tích mạng lưới cấp tỉnh

Các kết quả phân tích cho mạng lưới đường bộ cấp tỉnh giả định thời gian gián đoạn tối đa là 10 ngày, với độ dài chịu tác động của liên kết mạng là 100 m. Do đó, nếu độ dài liên kết mạng lớn hơn 100 m chịu tác động của một kịch bản thiên tai đã chọn thì kết quả giả định là gián đoạn 10 ngày. Dưới ngưỡng độ dài này, thời gian gián đoạn phụ thuộc vào tỷ lệ chiều dài mạng lưới chịu ảnh hưởng của thiên tai.

Rủi ro tình lộ Lào Cai

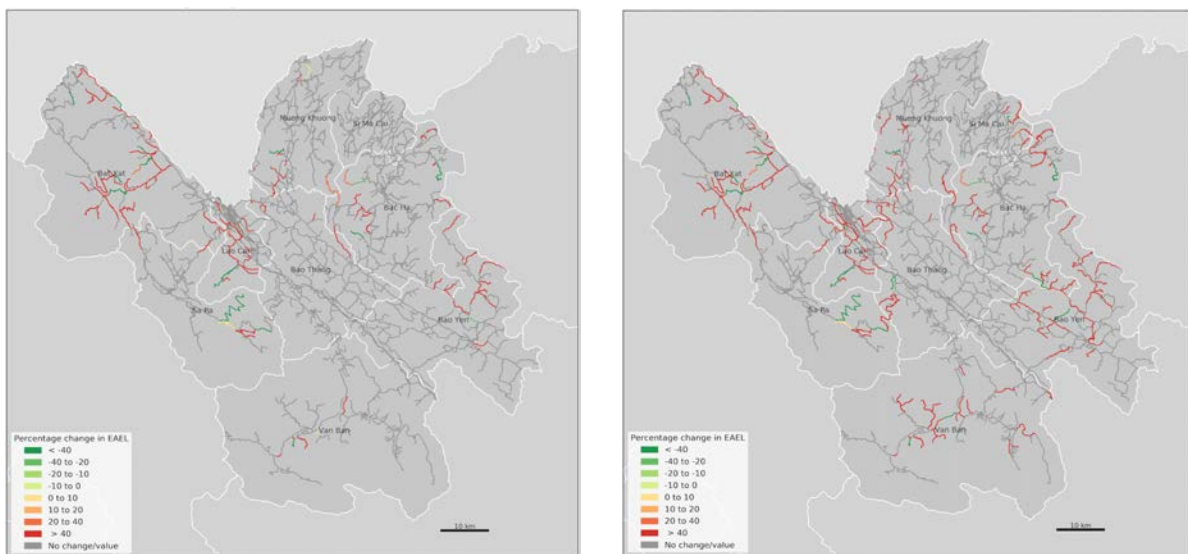
Phân tích thể hiện các đoạn tuyến quan trọng của liên kết mạng lưới ở huyện Văn Bàn và Sa Pa bị ảnh hưởng bởi sạt lở đất, lũ quét và lũ trên sông (Hình 3.10), trong đó sự cố gián đoạn các liên kết này dẫn đến rủi ro cao do không thể tiếp cận với các trung tâm xã gần nhất.

Hình 3.10. Rủi ro tối đa của mạng lưới tỉnh lộ Lào Cai



Phân tích cho thấy dọc theo một số tuyến đường ở các huyện Bát Xát, Lào Cai, Văn Bàn và Bảo Yên, rủi ro đo sự cố gián đoạn vì xảy ra sạt lở đất trong tương lai của các tuyến đường lớn liên tục trong mạng lưới tăng ít nhất 40%, với những thay đổi nghiêm trọng hơn kịch bản RCP 8.5 (Hình 3.11). Từ đó cho thấy khả năng tiếp cận các cơ hội kinh tế trong tương lai ở khu vực này của tỉnh sẽ bị ảnh hưởng nghiêm trọng nếu không đầu tư xây dựng đường sá có thể chống chịu được biến đổi khí hậu.

Hình 3.11. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro tối đa do sự cố đối với các liên kết mạng lưới tỉnh lộ Lào Cai cho hiện tượng sạt lở đất trong tương lai năm 2050 theo các kịch bản khí hậu



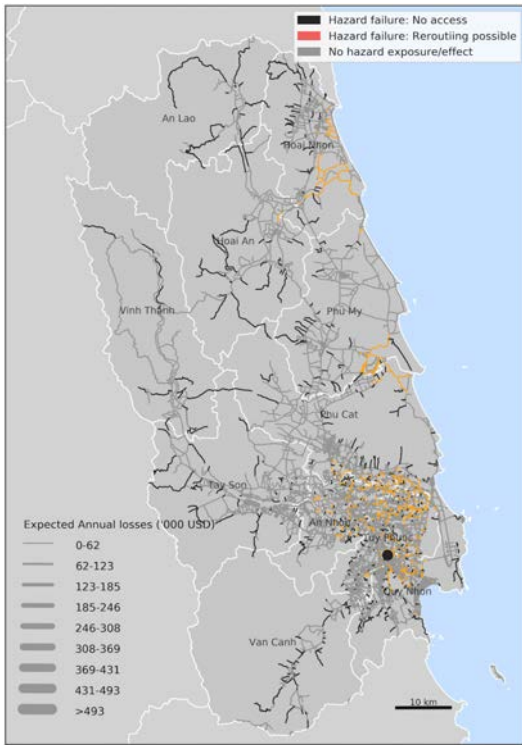
A. RCP 4.5 2050

B. RCP 8.5 2050

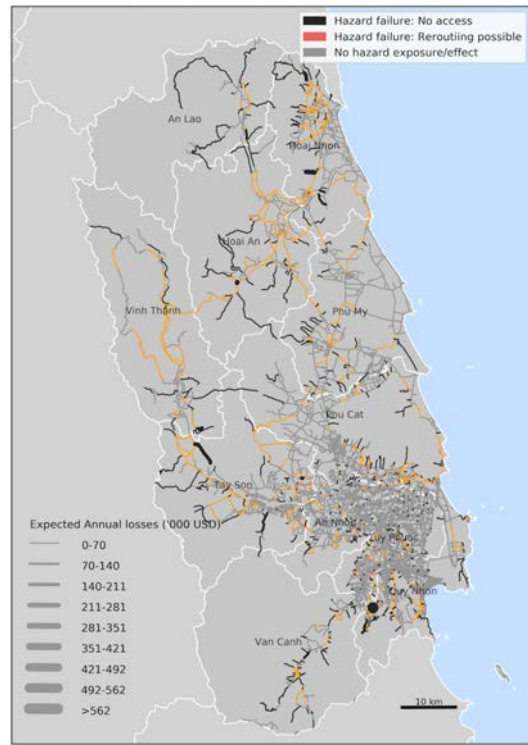
Rủi ro tỉnh lộ Bình Định

Phân tích thể hiện các đoạn tuyến quan trọng của liên kết mạng lưới đường bộ ở huyện Tuy Phước và Quy Nhơn bị ảnh hưởng bởi sạt lở đất, bão lũ và lũ trên sông (Hình 3.12), trong đó sự cố gián đoạn các liên kết này dẫn đến rủi ro cao do một khu vực rộng lớn các hoạt động kinh tế không thể tiếp cận với các trung tâm xã gần nhất.

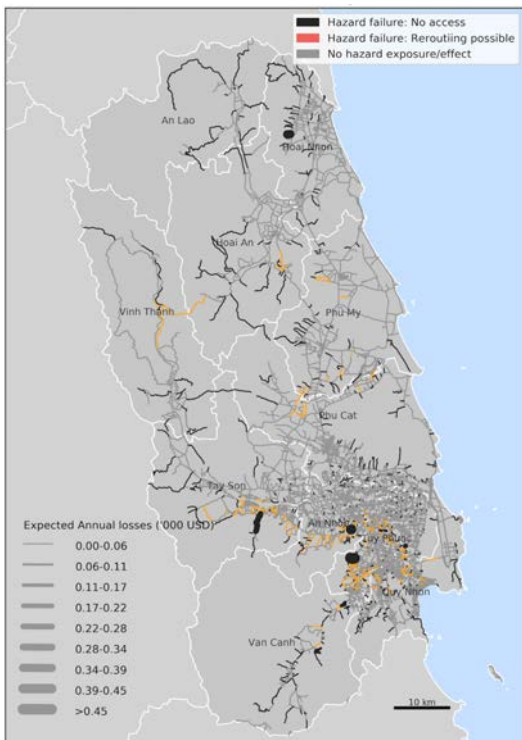
Hình 3.12. Rủi ro tối đa của mạng lưới tỉnh lộ Bình Định



A. Rủi ro tối đa do bão lũ



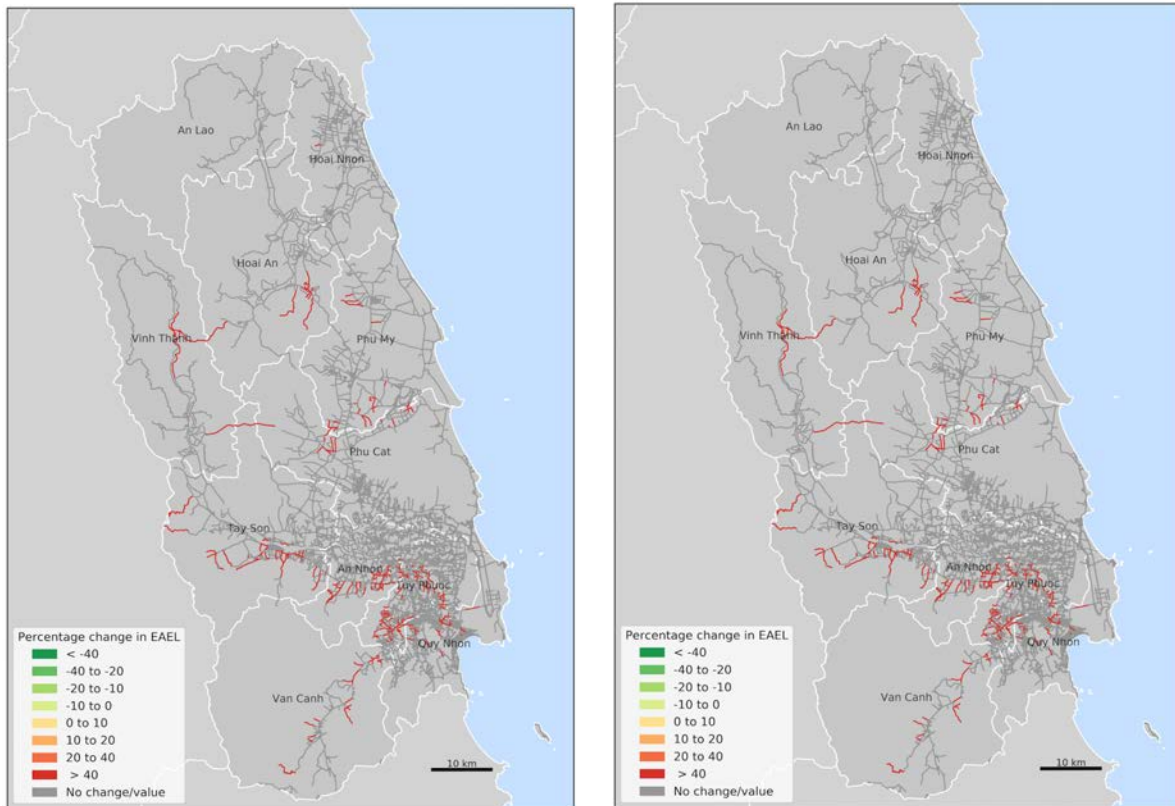
B. Rủi ro tối đa do nguy cơ sạt lở đất



C. Rủi ro tối đa do lũ trên sông

Tỷ lệ phần trăm thay đổi các rủi ro tối đa do biến đổi khí hậu ở tỉnh Bình Định rõ ràng cho thấy rủi ro gia tăng do sự cố gián đoạn liên kết đường bộ từ các kịch bản rủi ro do biến đổi khí hậu trong tương lai, với thiệt hại hàng năm dự kiến trong hầu hết mọi trường hợp tăng ít nhất 40% (Hình 3.13). Từ đó có thể nhận định rằng trong tương lai, khả năng tiếp cận các cơ hội kinh tế sẽ bị ảnh hưởng nghiêm trọng nếu không đầu tư xây dựng đường sá có khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu.

Hình 3.13. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro do sự cố đối với các liên kết mạng lưới tỉnh lộ Bình Định cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu



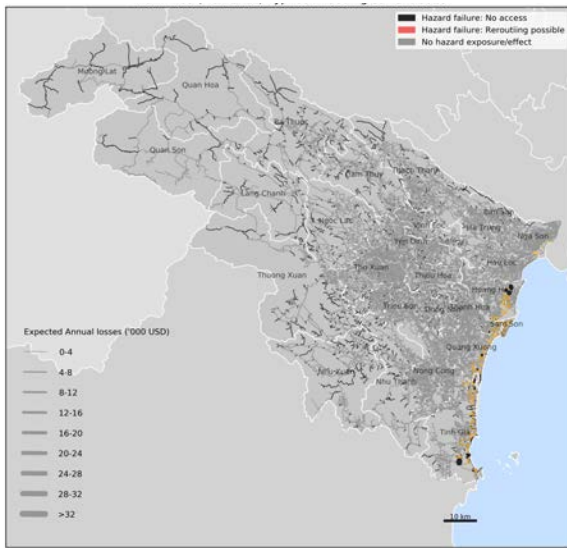
A. RCP 4.5 2030

B. RCP 8.5 2030

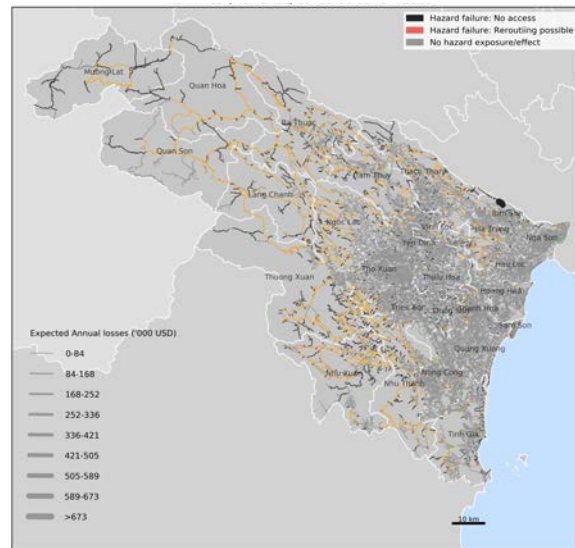
Rủi ro tỉnh lộ Thanh Hóa

Phân tích thể hiện các đoạn tuyến quan trọng của liên kết mạng lưới đường bộ ở thị xã Bim Sơn bị ảnh hưởng bởi sạt lở đất, trong đó sự cố gián đoạn các liên kết này dẫn đến rủi ro cao do một khu vực rộng lớn các hoạt động kinh tế không thể tiếp cận với các trung tâm xã gần nhất (Hình 3.14).

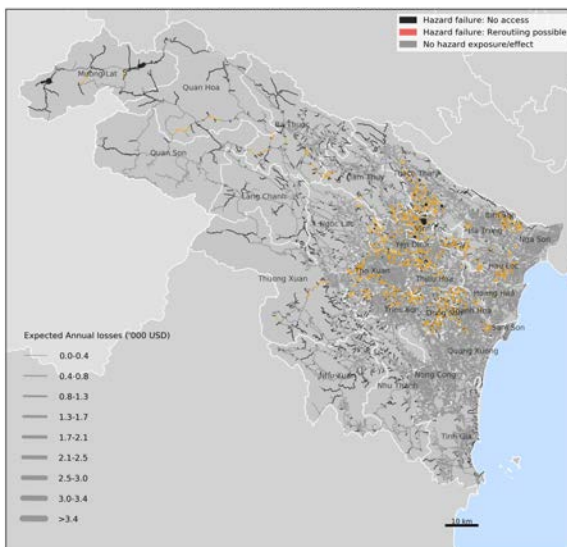
Hình 3.14. Rủi ro tối đa dự kiến của mạng lưới tỉnh lộ Thanh Hóa



A. Rủi ro tối đa do bão lũ



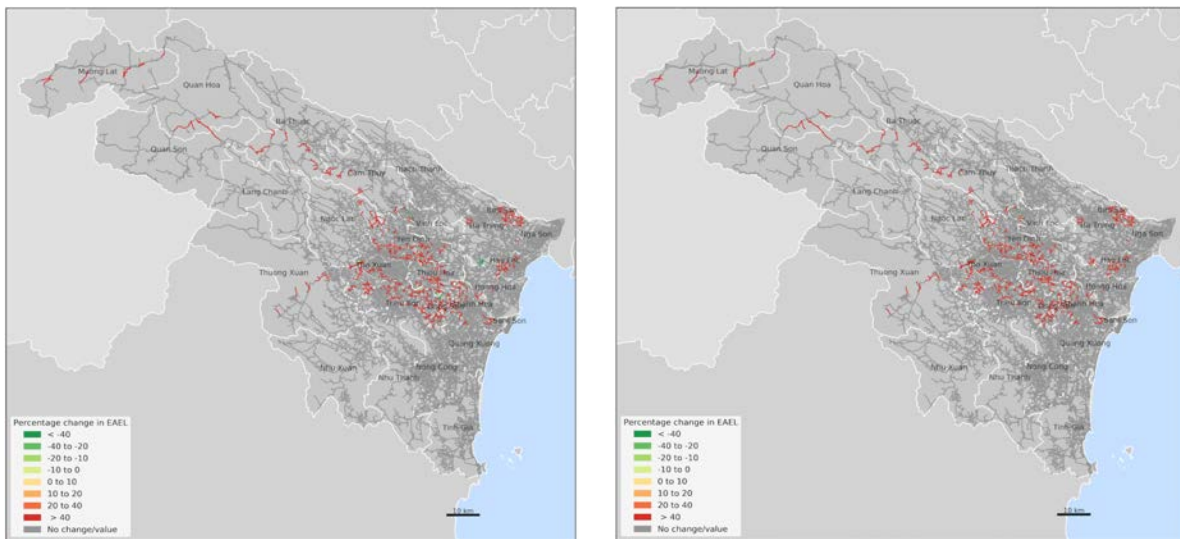
B. Rủi ro tối đa do nguy cơ sạt lở đất



C. Rủi ro tối đa do lũ trên sông

Như minh họa trong Hình 3.15, rủi ro tối đa thay đổi do biến đổi khí hậu ở tỉnh Thanh Hoá rõ ràng cho thấy rủi ro gia tăng do sự cố gián đoạn liên kết đường bộ từ các kịch bản rủi ro do biến đổi khí hậu trong tương lai, với *thiệt hại hàng năm dự kiến trong hầu hết mọi trường hợp tăng ít nhất 40%. Từ đó có thể nhận định rằng khả năng tiếp cận các cơ hội kinh tế sẽ bị ảnh hưởng nghiêm trọng nếu không đầu tư ứng phó biến đổi khí hậu.*

Hình 3.15. Thay đổi tỷ lệ phần trăm trong rủi ro do sự cố đối với các liên kết mạng lưới tỉnh lộ Thanh Hóa cho hiện tượng lũ trên sông trong tương lai năm 2030 theo các kịch bản khí hậu



A. RCP 4.5 2030

B. RCP 8.5 2030

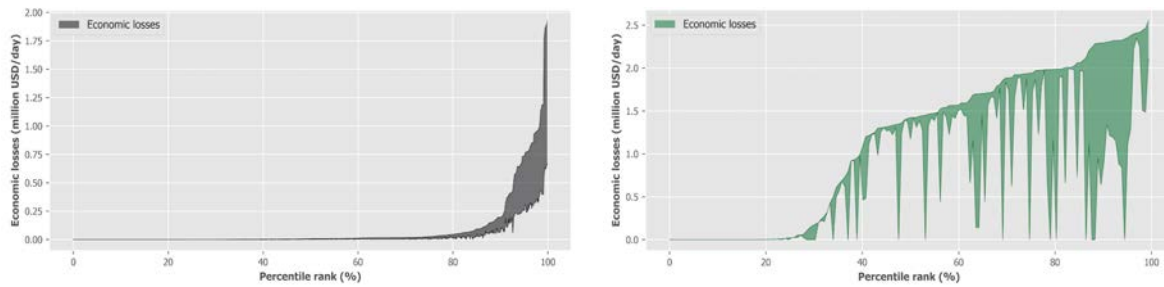
Các yếu tố biến đổi về Mức độ quan trọng và Rủi ro

Các yếu tố biến đổi là một phần tất yếu khi ước tính mức độ quan trọng và rủi ro của sự cố gián đoạn các kết nối giao thông. Các yếu tố biến đổi về mức độ quan trọng dự kiến của liên kết mạng lưới giao thông có mối liên quan với các phạm vi phân luồng vận tải hàng hóa và chuyển đổi tuyến đường trên các mạng lưới cũng như các tham số trong mô hình tổn thất kinh tế vĩ mô.

Kết quả trong Hình 3.16A thể hiện mức độ biến động cao trong tổn thất đường bộ ước tính, trong đó thiệt hại lớn nhất dao động trong khoảng 0,67 đến 1,9 triệu đô la Mỹ mỗi ngày. Những tổn thất này chủ yếu là do sự gia tăng chi phí vận chuyển từ việc phải chuyển đổi tuyến đường các tuyến đường giao thông do các sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ. Chi phí vận chuyển do đó cũng tăng lên, chủ yếu bị ảnh hưởng bởi khối lượng vận chuyển hàng hóa được chuyển đổi tuyến đường. Vì vậy, các yếu tố biến đổi trong tổn thất ước tính chủ yếu liên quan đến khối lượng lưu lượng hàng hóa bị gián đoạn.

Như đã thảo luận trong phần "Kết quả phân tích sự cố gián đoạn đường sắt" ở Chương 5, tổn thất kinh tế cho đường sắt chủ yếu là do thiệt hại kinh tế vĩ mô. Các ước tính tổn thất kinh tế vĩ mô xem xét khả năng của nền kinh tế đa vùng có thể thay thế cho hàng hóa bị mất trong một khu vực hay không. Điều này phụ thuộc vào tỷ lệ phần trăm năng lực sản xuất kinh tế phụ thuộc vào phần hàng hóa bị mất do gián đoạn. Các phương án thay thế cho phần trăm sự cố gián đoạn cao sẽ không đủ để bù đắp tổn thất kinh tế do gián đoạn hàng hóa; tuy nhiên, phần trăm sự cố thấp cho phép nền kinh tế đa vùng có thể thay thế và bù đắp tổn thất kinh tế vĩ mô. Những biến động lớn trong tổn thất kinh tế thể hiện trong Hình 3.16B chủ yếu liên quan đến những tác động thay thế này trong mô hình kinh tế vĩ mô. Do đó, tổn thất cho một số liên kết mạng lưới dao động trong khoảng từ rất nhỏ (~ 0) khi khối lượng trọng tải bị gián đoạn không ảnh hưởng đến nền kinh tế khu vực đến rất cao (trên 2 triệu đô la Mỹ mỗi ngày), khi khối lượng trọng tải bị gián đoạn gây ảnh hưởng đáng kể đến khả năng thay thế của nền kinh tế vùng.

Hình 3.16. Phạm vi tổn thất kinh tế hàng ngày ước tính cho các sự cố gián đoạn liên kết mạng lưới riêng lẻ trong Mạng lưới đường bộ và đường sắt quốc gia của Việt Nam



A. Đường bộ: Phạm vi tổn thất kinh tế do gián đoạn liên kết

B. Đường sắt: Phạm vi tổn thất kinh tế do gián đoạn liên kết

Các rủi ro ước tính có liên quan đáng kể đến các loại thiên tai khác nhau, ngoài các yếu tố ảnh hưởng đến mức độ quan trọng. Do đó, việc so sánh các phạm vi rủi ro cụ thể theo từng loại thiên tai trong các kịch bản khác nhau của cùng loại thiên tai cho thấy các điều kiện bất trắc của thiên tai ảnh hưởng đến rủi ro mạng lưới giao thông như thế nào. So sánh này được thực hiện cho trường hợp rủi ro mạng lưới đường bộ và đường sắt quốc gia do hiện tượng lũ trên sông trong điều kiện hiện tại và tương lai theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5.

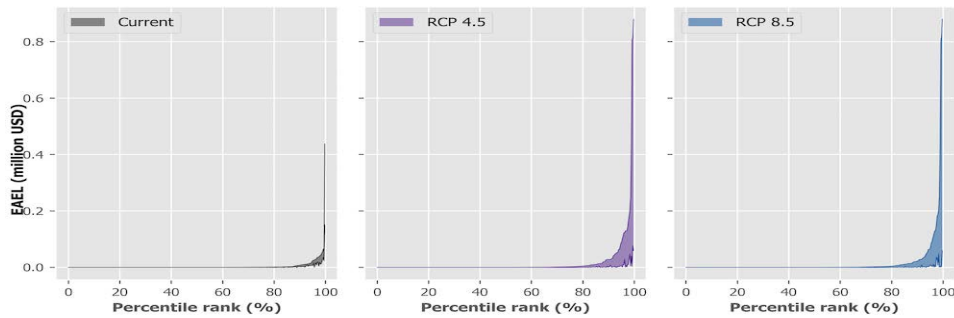
Hình 3.17A và 3.17B thể hiện phạm vi rủi ro lũ trên sông do biến đổi khí hậu trong thời điểm hiện tại (2016) và tương lai (2030), được tính là Tổn thất kinh tế hàng năm dự kiến (EAEL), tính bằng triệu US\$ cho kịch bản sự cố gián đoạn tối đa 10 ngày cho một liên kết mạng lưới riêng lẻ, tương ứng trong mạng lưới đường bộ và đường sắt quốc gia. Kết quả cho thấy các điều kiện bất trắc của rủi ro gián đoạn do biến đổi khí hậu tăng đáng kể theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Ngoài ra, cả hai kịch bản khí hậu đều cho thấy sự gia tăng đáng kể trong các ước tính rủi ro tối đa, do mức độ quan trọng và tần suất lũ trên sông trong tương lai ngày càng tăng. Phân tích cho mạng lưới đường bộ cho thấy EAEL tăng cao nhất từ 0,44 triệu lên 0,88 triệu US\$, tăng 100%. Đối với mạng lưới đường sắt, EAEL cao nhất tăng từ 1,4 triệu lên 2,8 triệu US\$, tăng 100% tổn thất cao nhất.

Hình 3.18 đến 3.20 thể hiện các điều kiện bất trắc trong ước tính mức độ quan trọng và rủi ro đối với ba mạng lưới tỉnh lộ (Lào Cai, Bình Định và Thanh Hóa). Ở trên bảng bên trái (Bảng A) của mỗi hình thể hiện phạm vi tác động kinh tế hàng ngày cho tất cả các liên kết bị ảnh hưởng, được xếp hạng theo các tác động hàng ngày tối đa. Ở bảng bên phải (Bảng B) thể hiện EAEL cho tất cả các liên kết chịu ảnh hưởng của hiện tượng lũ trên sông nghiêm trọng trong hiện tại và tương lai.

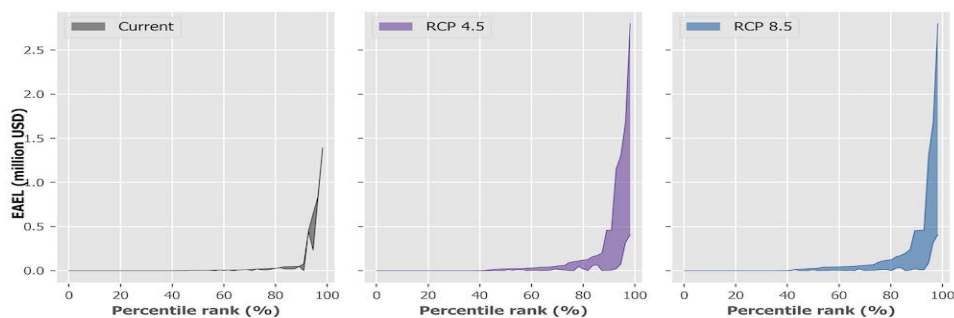
Mỗi kết quả về mức độ quan trọng cho thấy có tỷ lệ phần trăm liên kết tương đối nhỏ ở mỗi tỉnh. Tổn thất cao tập trung vào khoảng 20% liên kết hàng đầu ở Lào Cai, khoảng 10% phần trăm liên kết hàng đầu ở Bình Định và khoảng 5% phần trăm liên kết hàng đầu ở Thanh Hóa. Phạm vi tổn thất cao xảy ra chủ yếu đối với những liên kết có sự cố gián đoạn dẫn đến hoàn toàn mất khả năng tiếp cận các trung tâm xã. Mức độ tổn thất này có liên quan chủ yếu đến doanh thu thuần thay đổi được gán cho các liên kết này, do đó có liên quan đáng kể đến thay đổi khối lượng trong sản xuất cây trồng (lúa) được giả định trong mô hình ước tính lưu lượng. Phân tích trong Hình 3.18 cho thấy, mức độ tổn thất kinh tế hàng ngày cao nhất là từ 23.000 đến 26.000 US\$ mỗi ngày đối với Lào Cai, mức độ tổn thất hàng ngày cao nhất từ 47.000 đến 56.000 US\$ mỗi ngày đối với Bình Định (Hình 3.19) và mức độ tổn thất hàng ngày cao nhất từ 64.000 đến 67.000 US\$ mỗi ngày đối với Thanh Hóa (Hình 3.20).

Tuy nhiên, có thể không ghi nhận được cùng một phạm vi tổn thất cao nhất này cho các liên kết, vì các phân phối doanh thu thuần được phân bổ cho các liên kết không giống nhau.

Hình 3.17. Các phạm vi rủi ro tối thiểu và tối đa ước tính cho các sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ do hiện tượng lũ trên sông hiện tại và tương lai trên các mạng lưới giao thông quốc gia



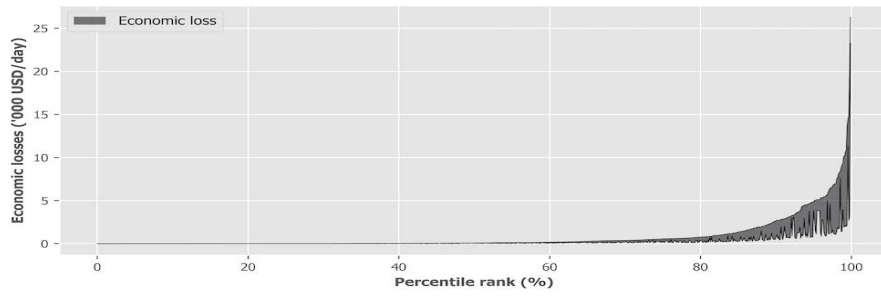
A. Rủi ro lũ trên sông (Đường bộ)



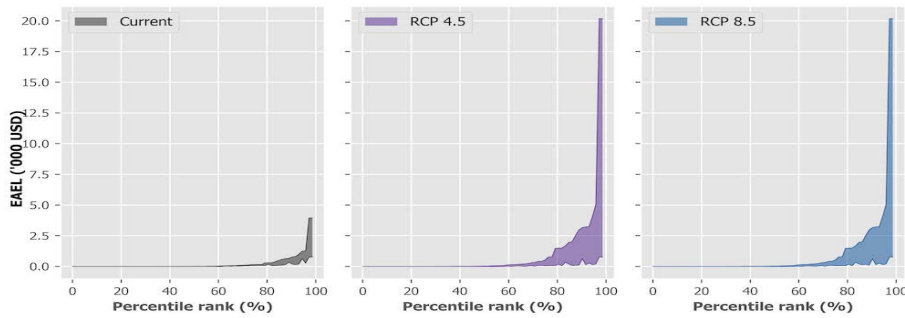
B. Rủi ro lũ trên sông (Đường sắt)

Trong bối cảnh hiện tượng lũ trên sông, kết quả rủi ro cho thấy các điều kiện bất trắc về rủi ro sự cố gián đoạn do biến đổi khí hậu, theo cả hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Tương tự như phân tích quy mô quốc gia, cả hai kịch bản khí hậu đều cho thấy sự gia tăng đáng kể trong ước tính rủi ro tối đa, do mức độ quan trọng ngày càng tăng và tần suất lũ trên sông nghiêm trọng trong tương lai. Trong cả hai kịch bản khí hậu trong tương lai cho mạng lưới đường bộ Lào Cai (Hình 3.18), liên kết với EAEL tối đa cao nhất (khoảng 20.000 US\$) trong tương lai có EAEL tối đa khoảng 4.000 US\$ trong kịch bản hiện tại, phản ánh mức tăng hơn 400%. Phân tích cho mạng lưới đường bộ Bình Định (Hình 3.19) cho thấy liên kết với EAEL tối đa cao nhất khoảng 4.500 US\$ trong kịch bản khí hậu RCP4.5 trong tương lai có EAEL tối đa trong kịch bản hiện tại, khoảng 450 US\$, cho thấy mức tăng hơn 900 %. Trong mạng lưới đường bộ Thanh Hóa, phân tích cho thấy liên kết với EAEL tối đa cao nhất (khoảng 11.900 US\$) trong kịch bản khí hậu RCP 8.5 trong tương lai có EAEL tối đa khoảng 300 US\$ trong kịch bản hiện tại, tăng hơn 3.800 %. Tất cả ba tỉnh đều có rủi ro gia tăng đáng kể do xảy ra hiện tượng lũ trên sông do biến đổi khí hậu đối với các liên kết giao thông riêng lẻ.

Hình 3.18. Phạm vi ước tính tổn thất và rủi ro kinh tế hàng ngày do lũ trên sông dẫn tới sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ trên mạng lưới đường bộ Lào Cai trong kịch bản hiện tại và tương lai

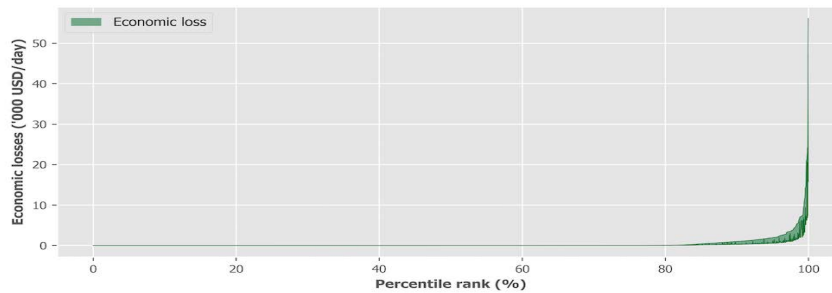


A. Tổn thất kinh tế hàng ngày ở Lào Cai

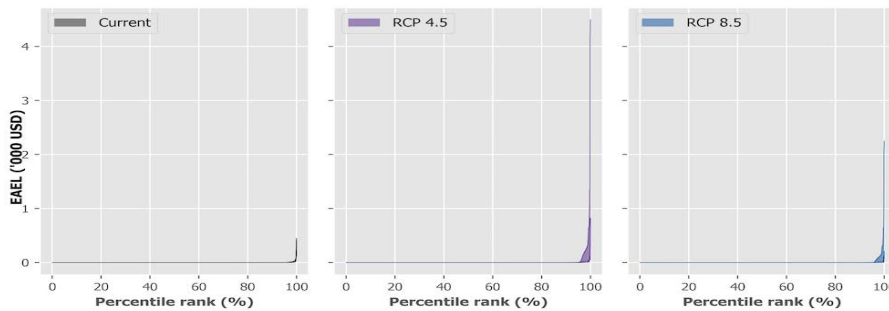


B. Rủi ro lũ trên sông ở Lào Cai

Hình 3.19. Phạm vi ước tính tổn thất và rủi ro kinh tế hàng ngày do lũ trên sông dẫn tới sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ trên mạng lưới đường bộ Bình Định trong kịch bản hiện tại và tương lai

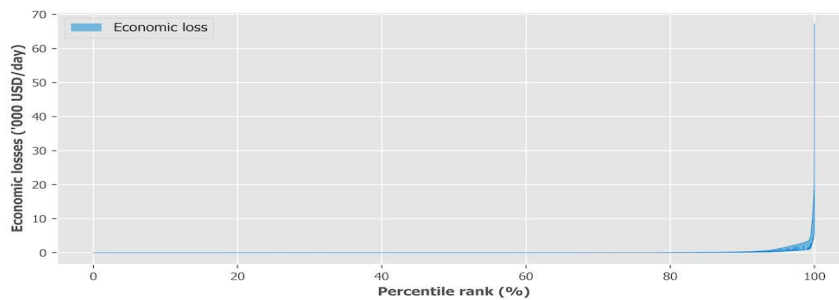


A. Tổn thất kinh tế hàng ngày ở Bình Định

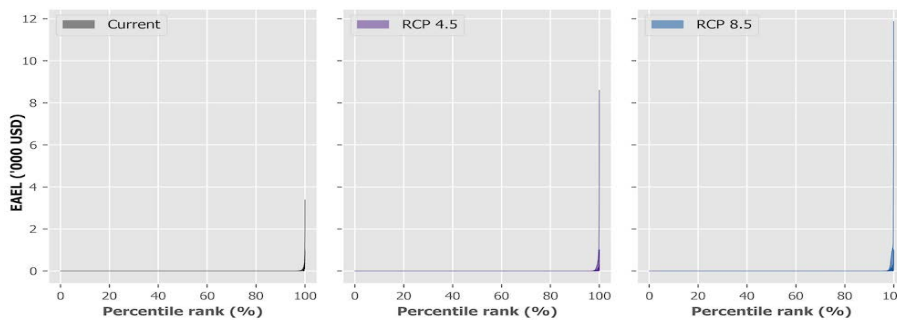


B. Rủi ro lũ trên sông ở Bình Định

Hình 3.20. Phạm vi ước tính tổn thất và rủi ro kinh tế hàng ngày do lũ trên sông dẫn tới sự cố gián đoạn liên kết riêng lẻ trên mạng lưới đường bộ Thanh Hóa trong kịch bản hiện tại và tương lai



A. Tổn thất kinh tế hàng ngày ở Thanh Hóa



B. Rủi ro lũ trên sông ở Thanh Hóa

Mức độ quan trọng và Mức độ dễ bị tổn thương của mạng lưới Cảng

Phần sau đây trình bày kết quả đánh giá mức độ quan trọng và mức độ dễ bị tổn thương đối với vận tải hàng không, đường thủy nội địa và các ngành hàng hải tại các cảng chính, vì đây là những tài sản quan trọng nhất trên các mạng lưới giao thông này.

Kết quả phân tích này nhằm đưa ra bằng chứng về:

- Các cảng chính trong ba ngành được xác định là có chịu ảnh hưởng bởi các thiên tai nghiêm trọng.
- Tác động của biến đổi khí hậu đối với các rủi ro ảnh hưởng thay đổi.

Kết quả chứng minh rằng rủi ro tác động của thiên tai do biến đổi khí hậu đều tăng lên đối với cả ba ngành.¹ Ví dụ: xác suất nguy cơ ngập lụt tối đa của cảng Tp. Hồ Chí Minh tăng 0,2 (tăng 1 trong kịch bản lũ lụt 5 năm) theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, so với xác suất 0,04 (1 trong kịch bản lũ lụt 25 năm). Từ đó, phân tích kết luận cảng Tp. Hồ Chí Minh có mức độ dễ bị ngập lụt tăng khoảng 5 lần trong tương lai và cũng quan sát thấy xu hướng tương tự cho tất cả các cảng chính trong cả ba ngành.

Dựa trên ước tính rủi ro cho các sân bay với số liệu thống kê cũ, phân tích cho thấy chỉ có sân bay Đà Nẵng có các tuyến AADF quan trọng chịu ảnh hưởng của các hiện tượng thiên tai cục bộ. Từ năm 2006, Đà Nẵng phát triển nhanh chóng và hiện tại đang đóng vai trò là trung tâm lưu chuyển hành khách lớn ở miền Trung Việt Nam.² Do đó, các tác động đối với ngành hàng không nên được hiểu theo nghĩa sử dụng để vận tải hành khách, có mức độ quan trọng hơn nhiều so với vận chuyển hàng hóa.

Kết quả thể hiện mức độ tác động của các hiện tượng thiên tai cực đoan tại các cảng biển lớn như Tp. Hồ Chí Minh, Hải Phòng và Cần Thơ, với phân tích cho các cảng Tp. Hồ Chí Minh và Cần Thơ cho thấy rõ rằng biến đổi khí hậu sẽ làm tăng tần suất xảy ra các hiện tượng thiên tai cực đoan. Tầm quan trọng của các cảng này đối với nền kinh tế Việt Nam vô cùng lớn. Phân tích cho thấy trong trường hợp xấu nhất, sẽ có khoảng 68.000 đến 106.000 tấn hàng hóa có thể bị ảnh hưởng mỗi ngày. Mặc dù nghiên cứu này bao gồm các tuyến nội địa, các cảng này còn có ý nghĩa lớn hơn nhiều, là trung tâm xuất nhập khẩu chính của Việt Nam.

Về các cảng đường thủy nội địa của Việt Nam (tổng cộng khoảng 41 cảng), kết quả cho thấy các trung tâm đường thủy nội địa lớn ở An Giang, Hải Phòng, Thái Bình, Quảng Ninh và Tp. Hồ Chí Minh được xác định là chịu nhiều ảnh hưởng của thiên tai, với tần suất chịu ảnh hưởng ngày càng tăng trong tương lai ở An Giang do biến đổi khí hậu. Tác động của các sự cố gây gián đoạn hoạt động của các cảng này có thể vô cùng nghiêm trọng. Phân tích cho thấy trong trường hợp xấu nhất, sẽ có khoảng 25.000 đến 55.000 tấn hàng hóa mỗi ngày có thể bị ảnh hưởng.

Ghi chú

1. Phụ lục C minh họa kết quả đánh giá mức độ quan trọng chi tiết cho các sân bay, các cảng biển chính được xác định và các cảng đường thủy nội địa chính được xác định. Phân tích cho thấy 44 cảng đường thủy nội địa và 10 cảng biển với lưu lượng hàng hóa đáng kể phải chịu ảnh hưởng của các hiện tượng thiên tai cực đoan, chủ yếu là bão lũ và lũ trên sông.

2. Nguồn (bằng Tiếng Việt):

<https://web.archive.org/web/20130729200548/http://www.mt.gov.vn/PrintView.aspx?ArticleID=10663>.

Tài liệu tham khảo

Arga Jafino, Bramka. 2017. *Measuring Freight Transport Network Criticality: A Case Study in Bangladesh*. | *Đánh giá mức độ quan trọng cho Mạng lưới vận tải hàng hóa: Nghiên cứu điển hình ở Bangladesh* Delft, Netherlands: TU Delft (Đại học Công nghệ Delft).
<http://resolver.tudelft.nl/uuid:0905337b-cdf7-4f6e-9cf6-ac26e4252580>.

Chương 4: Chiến lược Thích ứng và Phân tích Thích ứng

Chương này trình bày các phương án thích ứng được xem xét cho các tài sản mạng lưới đường bộ quốc gia và tỉnh lộ, đánh giá từng tài sản, phạm vi của các phương án thích ứng, chi phí và lợi ích tương ứng. Tiếp theo, chương này thảo luận về kết quả phân tích chi phí - lợi ích chi tiết cho từng tài sản trong mạng lưới giao thông theo các kịch bản rủi ro khác nhau.

Phạm vi và Mục đích của Phân tích Thích ứng

Lập kế hoạch thích ứng là một quá trình lớn hơn nhiều so với những gì được thảo luận trong nghiên cứu này. Trường hợp lý tưởng nhất là các phương án thích ứng nên bao gồm hàng loạt các biện pháp, ví dụ như các thay đổi về cấu trúc, thể chế và xã hội. Ngoài ra, các loại phương án thích ứng phụ thuộc vào bối cảnh cụ thể của quốc gia và các mục tiêu tài chính, từ đó quy định các mục tiêu do các cơ quan phát triển tài trợ đa phương đề ra (Ebinger và Vandycke 2015). Nghiên cứu này đề xuất một số hướng dẫn về các bước cần thiết để lựa chọn các phương án thích ứng cụ thể cho từng địa phương ở Việt Nam, nước láng giềng Lào và các quốc gia khác, dựa trên hiểu biết về điều kiện địa phương (ICEM 2017a và 2017b; MoPWT Lào 2008; CSIR et al 2011). Người đọc có thể tham khảo các nghiên cứu này để hiểu các hướng dẫn từng bước trong quy trình thực hiện và lập kế hoạch thích ứng.

Các phương án thích ứng được đề xuất trong nghiên cứu này tìm hiểu các biện pháp nhằm cải thiện độ tin cậy của kết cấu tài sản đường bộ, chống chịu tốt hơn với các tác động của biến đổi khí hậu. Các biện pháp này còn có thể được gọi là chiến lược thích ứng với biến đổi khí hậu. Trọng tâm ở đây là đánh giá lợi ích của các phương án cấu trúc nhằm đảm bảo các tài sản đường bộ có khả năng “chống chịu với khí hậu” về mặt cấu trúc. Do đó, cách tiếp cận được áp dụng ở đây bao gồm tìm hiểu các phương án thích ứng nhằm cải thiện hoặc xây dựng các tiêu chuẩn kỹ thuật có khả năng chống chịu biến đổi khí hậu của thiết kế cho các khía cạnh khác nhau của tài sản đường bộ - điều kiện mặt đường, tiêu chuẩn kỹ thuật vật liệu lớp đỉnh nền đường, mặt cắt ngang và kích thước tiêu chuẩn, hệ thống thoát nước và chống xói mòn, cấu trúc kỹ thuật bảo vệ (ADB 2011). Mức độ chịu ảnh hưởng thiên tai của tài sản đường bộ được lựa chọn là mức độ cực đoan nhất dựa trên cường độ đã xác định: nguy cơ sạt lở đất và lũ quét cao và rất cao; mức độ lũ trên sông và bão lũ được chọn lớn hơn 1 mét. Do đó, nghiên cứu giả định mức độ của các thiên tai này sẽ có khả năng gây ra sự cố gián đoạn nghiêm trọng đối với tài sản đường bộ, ví dụ tài sản đường bộ sẽ bị hư hại nghiêm trọng về mặt vật chất và mất khả năng cung cấp dịch vụ, cần sửa chữa. Giả định này cho thấy mục đích của phương án thích ứng là đảm bảo tài sản đường bộ có khả năng chống chịu các sự cố thiên tai mang tính tàn phá, nhằm đảm bảo không cần sửa chữa và duy trì phục vụ liên tục.

Việc đánh giá tổng quát các phương án thích ứng được trình bày ở đây thể hiện đánh giá minh họa cấp cao về các hệ thống giao thông và các chiến lược ứng phó với biến đổi khí hậu; đánh giá các phương án thích ứng là một vấn đề mang tính địa phương và đòi hỏi khảo sát chi tiết địa hình địa phương, quy mô cấu trúc của tài sản, điều kiện tài sản và các cơ chế sự cố gián đoạn cụ thể do thiên tai gây ra. Ước tính chi phí thích ứng cũng là một vấn đề mang tính địa phương và đặc biệt, các phương án thích ứng dựa trên kỹ thuật khác nhau đòi hỏi phải điều tra chi tiết và tính toán thiết kế cấu trúc của các tiêu chuẩn thiết kế tài sản đường bộ. Trong khả năng tốt nhất, phân tích này trình bày quá trình sàng lọc đầu tiên, so sánh hiệu quả của các phương án thích ứng khác nhau, từ đó có thể thu hẹp địa điểm và tài sản có lợi ích thích ứng cao (hoặc thấp) để tiếp tục khảo sát.

Theo các thảo luận trong các phần tiếp theo, ở Việt Nam, mức độ dễ bị tổn thương của các mái dốc trên đường bộ do sạt lở đất và lũ quét là một vấn đề lớn. Thật không may là dữ liệu cơ bản trong nghiên cứu này không cung cấp thông tin về độ dốc đường và khu vực dốc để có thể định lượng đầy đủ các phương án thích ứng, nhằm xây dựng khả năng chống chịu với hiện tượng sạt lở đất và lũ quét.

Xác định sự cố gián đoạn do các nguy cơ thiên tai do biến đổi khí hậu

Dưới đây là một số loại sự cố tài sản đường bộ do nguy cơ sạt lở đất và lũ lụt (lũ trên sông, lũ quét và bão lũ) ở Việt Nam. Đây chưa phải là một danh sách đầy đủ, mà là một danh sách các nguyên nhân chính gây ra sự cố, ảnh hưởng đến việc sử dụng đường bộ liên tục. Trong một số trường hợp có thể xuất hiện đồng thời hai hoặc nhiều loại sự cố này:

- Xói mòn mặt đường;
- Sự cố nền đường: xói mòn mái dốc;
- Sự cố mái dốc nền đào;
- Sự cố hệ thống thoát nước: a) sự cố thoát nước mặt đường, b) sự cố thoát nước ngang tuyến ảnh hưởng đến đập, cống và đập tràn và c) xói mòn bờ sông;
- Sự cố kết cấu: Bất kỳ tài sản đường bộ nào bị hư hại, đặc biệt là các tài sản quan trọng như cầu và cống.

Mặc dù có nhiều nguy cơ thiên tai có thể gây ra sự cố, phân tích xác định các trận sạt lở đất và lũ lụt dữ dội là nguyên nhân chính gây ra sự cố đường bộ ở Việt Nam. Ví dụ, phân tích nhận ra rằng nước ở Việt Nam là tác nhân lớn nhất của chuyển động dốc, vì bão hòa sau mưa lớn làm giảm lực hút rỗng, làm tăng thêm trọng lượng của khối dốc và giảm cả mức độ gắn kết và ma sát (GITEC. 2018).

Biến đổi khí hậu có thể khiến các sự cố trầm trọng hơn do nguy cơ thiên tai gia tăng. Bảng 4.1 liệt kê một số loại sự cố có thể gia tăng do biến đổi khí hậu.

Bảng 4.1. Các loại sự cố có thể xảy ra do nguy cơ thiên tai gia tăng do thay đổi khí hậu bất lợi

Biến đổi khí hậu	Tác động
Tăng lượng mưa và cường độ mưa	<ul style="list-style-type: none"> Hư hỏng đường bộ, hệ thống thoát nước ngầm và hệ thống thoát nước mặt do lũ lụt Tăng xói lở bề mặt đường, cầu, cống và các kết cấu hỗ trợ Xói mòn nền đường và kết cấu hạ tầng đường bộ do lũ lụt Gây ra các sự cố mái dốc đường bộ do sạt lở đất Quá tải hệ thống thoát nước vì tăng trầm tích do lũ lụt Suy giảm tính đồng nhất kết cấu cầu đường do độ ẩm trong đất tăng Rửa trôi sỏi và đất nền đường do lũ lụt
Mức nước biển tăng cao	<ul style="list-style-type: none"> Lũ tràn đỉnh mặt đường, nền đắp và cầu Hư hại các kết cấu và cầu có cao độ thấp do lũ lụt, ngập lụt ở vùng ven biển và xói mòn bờ biển Hư hại nền đắp do lún và sạt lở đất Xói lở mặt đường, cầu và kết cấu hỗ trợ cầu
Gió lớn	<ul style="list-style-type: none"> Hư hại mặt đường và kết cấu làm từ cây cối và các mảnh vụn khác Hư hại mặt cầu và hệ thống cầu treo Tác động của sóng do gió đối với nền đắp, móng cầu
Tăng tần suất bão lũ	<ul style="list-style-type: none"> Lũ quét tác động trực tiếp gây xói mòn đường, mái dốc và nền đường Tất cả các rủi ro liên quan đến việc tăng cường độ mưa do tăng sạt trượt

Nguồn: Jasper Cook, ReCAP¹; ADB 2011; Ebinger và Vandycke 2015; Ngân hàng Thế giới 2017.

Các phương án thích ứng và Chi phí

Trong bối cảnh cụ thể của Việt Nam, các biện pháp can thiệp thích ứng có thể được mô tả rộng rãi là kết hợp các biện pháp sau đây:

1. *Gia cố mặt đường*: Đường chưa rải nhựa, làm bằng đất và sỏi dễ bị xuống cấp nhanh chóng do độ ẩm bão hòa trong đất do thừa nước. Do đó, các phương án gia cố mặt đường nhằm tạo ra bề mặt đường bền hơn, có khả năng chống chịu khí hậu bằng cách đầu tư rải bitum hoặc lát bê tông, tăng cường độ và bảo vệ các lớp nền đường để ngăn chặn bão hòa đất. Cần bảo trì mặt đường định kỳ để duy trì các đặc tính gia cố để ngăn chặn đất bão hòa độ ẩm. *Biện pháp can thiệp này bảo vệ đường bộ, tránh sự cố do lũ lụt.*

2. *Tăng cường hệ thống thoát nước mặt đường*: Để tránh sự cố do nước và trầm tích trên đường (hoặc trên cầu), phương án đầu tư này nhằm mục đích cải thiện độ dốc ngang mặt đường, đặt thêm cống thoát nước, cống lấy nước và kiểm tra mức độ xói lở mặt đường. Cần bảo trì định kỳ để dọn sạch cống và ngăn ngừa xói lở. *Biện pháp can thiệp này bảo vệ đường bộ, tránh sự cố do lũ lụt.*
3. *Bảo vệ các hạng mục đào đắp*: Để tránh hư hỏng cấu trúc công tác đất tại mái dốc, phương án đầu tư này áp dụng các biện pháp gia cố mái dốc, giúp chống chịu các hiện tượng khí hậu khác nhau, bao gồm các tiêu chuẩn đá học xây (ADB 2011) để gia cố mái dốc nền đắp và nền đào. Cần bảo trì mái dốc định kỳ để loại bỏ các vật liệu lỏng. *Biện pháp can thiệp này bảo vệ đường bộ, tránh sự cố do sạt lở đất.*
4. *Bảo vệ mái dốc*: Nhằm mục đích tăng cường khả năng chống chịu khí hậu của kết cấu mái dốc, phương án này bao gồm thi công rọ đá, khối ốp mặt, trồng thảm thực vật theo kỹ thuật sinh học để gia cố mái dốc (ICEM 2017b) và cải thiện hệ thống thoát nước mặt chống tràn do lũ trên sông. Đầu tư gia cố mái dốc có thể kết hợp với bảo trì định kỳ. *Biện pháp can thiệp này bảo vệ đường bộ, tránh sự cố do sạt lở đất.*
5. *Cải thiện hệ thống thoát nước ngang (cống thoát nước)*: Phương án đầu tư này xây dựng nhiều loại cống thoát nước có khả năng chống chịu khí hậu hơn và/hoặc nâng cao kích thước và tiêu chuẩn bảo vệ của các cống hiện có (dòng chảy và góc thoát), để ứng phó với sự gia tăng cường độ lũ do biến đổi khí hậu. Cần bảo trì định kỳ các cống thoát nước để loại bỏ mảnh vụn và trầm tích bên trong, tránh xói lở. Mức độ dễ bị tổn thương của hệ thống cống rãnh do lũ lụt ở Việt Nam là một vấn đề lớn, trong đó có một số trường hợp vỡ cống và cầu nhỏ được ghi nhận trong các sự kiện lũ lụt lớn (CSCNDPC 2017). *Biện pháp can thiệp này bảo vệ đường bộ, tránh sự cố do lũ lụt.*

Việc thực hiện các phương án trên giúp hình thành hệ thống đường chống chịu biến đổi khí hậu, được bảo vệ chống lại tất cả các loại rủi ro thiên tai. Do đó, nghiên cứu cho thấy cần phải có thiết kế đường chống chịu biến đổi khí hậu, kết hợp các phương án mô tả ở trên. Nói một cách đơn giản, nghiên cứu này cho thấy việc xây dựng hệ thống đường bộ có khả năng chống chịu biến đổi khí hậu ở Việt Nam đòi hỏi phải thực hiện một hoặc nhiều phương án nâng cấp mặt đường, tăng cường thoát nước mặt đường, thi công mái dốc nền đắp và nền đào, tăng độ ổn định mái dốc bằng các biện pháp khác nhau và cải thiện khả năng thoát nước ngang bằng cách xây thêm cống.

Đối với mục đích của nghiên cứu này, phân tích khái quát một tập hợp các phương án thích ứng cố định trên các con đường, tùy thuộc vào:

- *Loại đường*, tiêu chuẩn đường cấp quốc gia có khả năng chống chịu biến đổi khí hậu hay tiêu chuẩn đường cấp quận huyện có khả năng chống chịu biến đổi khí hậu
- *Địa hình đường*, thiết kế đường mẫu cho địa hình đồng bằng hay đồi núi.
- *Cầu*, thiết kế đường mẫu cho bất kỳ loại cầu nào ở Việt Nam.²

Để tăng cường khả năng chống chịu với biến đổi khí hậu của đường bộ, nghiên cứu lựa chọn *bốn thiết kế nguyên mẫu đường chống chịu khí hậu*: *Đường miền núi quốc gia, đường đồng bằng quốc gia, đường đồng bằng quận huyện và cầu*, xác định mọi con đường có nguy cơ liên quan đến một trong những thiết kế nguyên mẫu này.

Đối với mỗi con đường nguyên mẫu, nghiên cứu đã thiết kế một đoạn 100 mét có khả năng chống chịu khí hậu bằng cách xây dựng bảng tiên lượng, trong đó đưa ra khối lượng và đơn giá cần thiết để nâng cao khả năng chống chịu khí hậu của các con đường hiện có. Kết quả giả định thiết kế chống chịu khí hậu của nghiên cứu được tóm tắt trong Bảng 4.2 có xét đến chi phí đầu tư (CI) tính bằng triệu US\$ mỗi chiều dài để nâng cấp đường quốc gia và đường quận huyện hiện tại lên tiêu chuẩn đường chống chịu khí hậu.

Bảng 4.2. Tóm tắt chi phí đầu tư thích ứng ban đầu để xây dựng nguyên mẫu Đường chống chịu biến đổi khí hậu ở Việt Nam

Đường nguyên mẫu	Địa hình	Chi phí đầu tư thích ứng (CI) (triệu US\$/km)
Đường cấp quốc gia • Hai làn, rộng 22,5 m	Đồng bằng	1.535.000
	Miền núi	1.828.500
Đường cấp quận huyện • Một làn, rộng 6,5 m	Đồng bằng	808.000
	Miền núi	1.439.000
Cầu	Tất cả	10.179.000

Nguồn: Tính toán của Ngân hàng Thế giới, với thông tin đầu vào của Tiến sĩ Jasper Cook, Nghiên cứu về Quan hệ đối tác tiếp cận cộng đồng (Tóm tắt): <http://research4cap.org>.

Kết quả Phân tích Thích ứng

Khi ước tính các tham số tính toán giá trị hiện tại thuần (NPV) cho phương án thích ứng, nghiên cứu đã giả định như sau:

- Tất cả các mô hình kịch bản nguy cơ khí hậu ước tính mức độ quan trọng của thiên tai cho đến năm 2050.² Theo đó, nghiên cứu xem xét mốc thời gian 35 năm cho bất kỳ phương án can thiệp thích ứng nào, từ năm 2016 đến năm 2050.
- Nghiên cứu giả định tỷ lệ chiết khấu là 12%, dựa trên giả định công cụ phân tích lợi ích/chi phí trong Hệ thống quản lý tài sản đường bộ Việt Nam (VRAMS).
- Nghiên cứu giả định rằng các phương án thích ứng đã được thực hiện trên toàn bộ chiều dài các liên kết mạng lưới giao thông bị ảnh hưởng bởi thiên tai. Ví dụ: nếu 10 % một liên kết mạng lưới đường bộ bị ảnh hưởng bởi thiên tai thì chi phí được ước tính cho phần 10 % đó.
- Nghiên cứu giả định rằng lưu lượng hàng hóa trên mạng lưới giao thông sẽ tăng theo dự báo tăng trưởng GDP 6,5% cho Việt Nam của Quỹ Tiền tệ Quốc tế (IMF).³ Do đó, nghiên cứu giả định rằng các tác động kinh tế sẽ tăng 6,5% mỗi năm theo dòng thời gian phân tích phương án thích ứng.

Đối với mỗi mạng lưới đường đang được xem xét, nghiên cứu thực hiện phân tích thích ứng trên từng liên kết theo từng mô hình thiên tai được giả định cho nghiên cứu. Do đó, nếu một liên kết trong mạng lưới đường bộ có nguy cơ chịu tác động của bão lũ, lũ trên sông và sạt lở đất, nghiên cứu ước tính chi phí và lợi ích của các phương án thích ứng cho từng loại rủi ro theo từng kịch bản

mô hình (hiện tại hoặc biến đổi khí hậu RCP4.5 và RCP8.5, với khoảng thời gian xác định). Ví dụ, nếu một tuyến đường quốc lộ dài 1 km chịu ảnh hưởng do lũ trên sông nghiêm trọng từ 100 đến 500 m chiều dài tuyến, tùy thuộc vào thời gian lũ rút, nghiên cứu ước tính chi phí và lợi ích của phương án thích ứng có thiết kế chống chịu khí hậu đã chọn cho 500 m đường này. Nếu cũng con đường đó chịu ảnh hưởng do bão gây ngập lụt trên 100 đến 200 m chiều dài tuyến, tùy thuộc vào cường độ bão, nghiên cứu ước tính chi phí và lợi ích để xây dựng khả năng chống chịu khí hậu trên 200 m đường. Do đó, nghiên cứu ước tính nhiều thiết kế chống chịu khí hậu cho cùng một con đường, tùy thuộc vào mức độ ảnh hưởng và rủi ro thiên tai. Bảng 4.3 liệt kê tổng số các kịch bản mức độ ảnh hưởng của thiên tai và phương án thích ứng cho từng loại mạng lưới đường bộ.

Bảng 4.3. Số lượng kịch bản sự cố liên kết riêng lẻ và mức độ ảnh hưởng của thiên tai/phương án thích ứng được đánh giá cho Mạng lưới giao thông ở Việt Nam

Mạng lưới giao thông đã chọn	Kịch bản một liên kết mạng lưới bị hư hỏng	Kịch bản mức độ ảnh hưởng của thiên tai/phương án thích ứng
Hệ thống đường quốc gia	968	6.010
Tỉnh lộ Lào Cai	1.299	5.049
Hệ thống đường bộ tại tỉnh Bình Định	11.042	14.397
Hệ thống đường bộ tại tỉnh Thanh Hóa	26.852	38.449

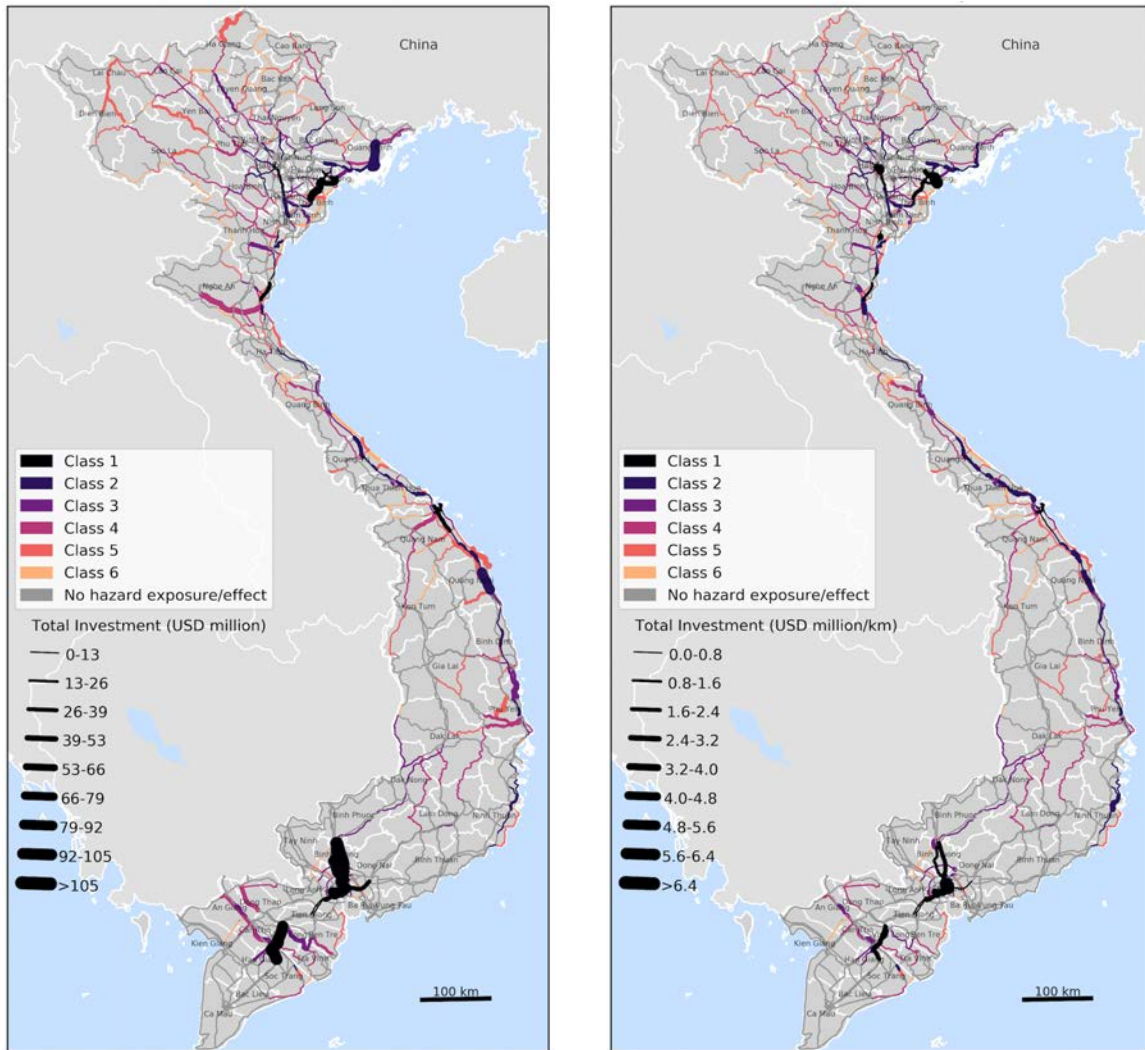
Chi phí và lợi ích của phương án thích ứng cho mạng lưới đường bộ quốc gia

Phần này trình bày một số kết quả ở cấp mạng lưới đường bộ quốc gia, thảo luận về các số liệu thích ứng được mô tả trong các phần trước.

Hình 4.1A thể hiện các khoản đầu tư ban đầu tối đa (tính bằng triệu US\$) cần thiết cho các liên kết đường bộ riêng lẻ để tăng cường khả năng chống chịu với mức độ nguy hiểm nhất của các hiện tượng thiên tai. Các ước tính này phụ thuộc vào chiều dài và chiều rộng của liên kết đường bộ chịu ảnh hưởng của thiên tai, cho thấy một số con đường cần đầu tư lớn hơn vì mức độ ảnh hưởng của thiên tai rất lớn. Kết quả cho thấy các tuyến đường cụ thể gần TP. Hồ Chí Minh có thể yêu cầu đầu tư 55 triệu US\$ để đảm bảo khả năng chống chịu khí hậu. Khi cộng thêm chi phí bảo trì vào các khoản đầu tư thích ứng ban đầu, kết quả cũng cho thấy các liên kết đường bộ cụ thể gần Hồ Chí Minh có thể yêu cầu đầu tư tới 105 triệu US\$ trong 35 năm để duy trì khả năng chống chịu khí hậu.

Hình 4.1B thể hiện chi phí đầu tư thích ứng trên mỗi km, thể hiện so sánh về mức độ đầu tư cần thiết để nâng cấp đường bộ từ các tiêu chuẩn hiện tại lên các tiêu chuẩn chống chịu khí hậu. Phân tích không gian cho thấy chi phí đầu tư cho mỗi km đường quốc lộ có thể lên tới 3,4 triệu US\$ cho các khoản đầu tư ban đầu và 6,4 triệu US\$ cho các khoản đầu tư theo thời gian. Do nghiên cứu giả định các phương án đã chọn theo các tiêu chuẩn thiết kế rất cao nhằm tránh mọi sự cố, các khoản đầu tư này so với việc xây dựng đường cao tốc mới,

Hình 4.1. Tổng mức đầu tư trong 35 năm để tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu của hạ tầng các tuyến đường bộ mục tiêu tại Việt Nam



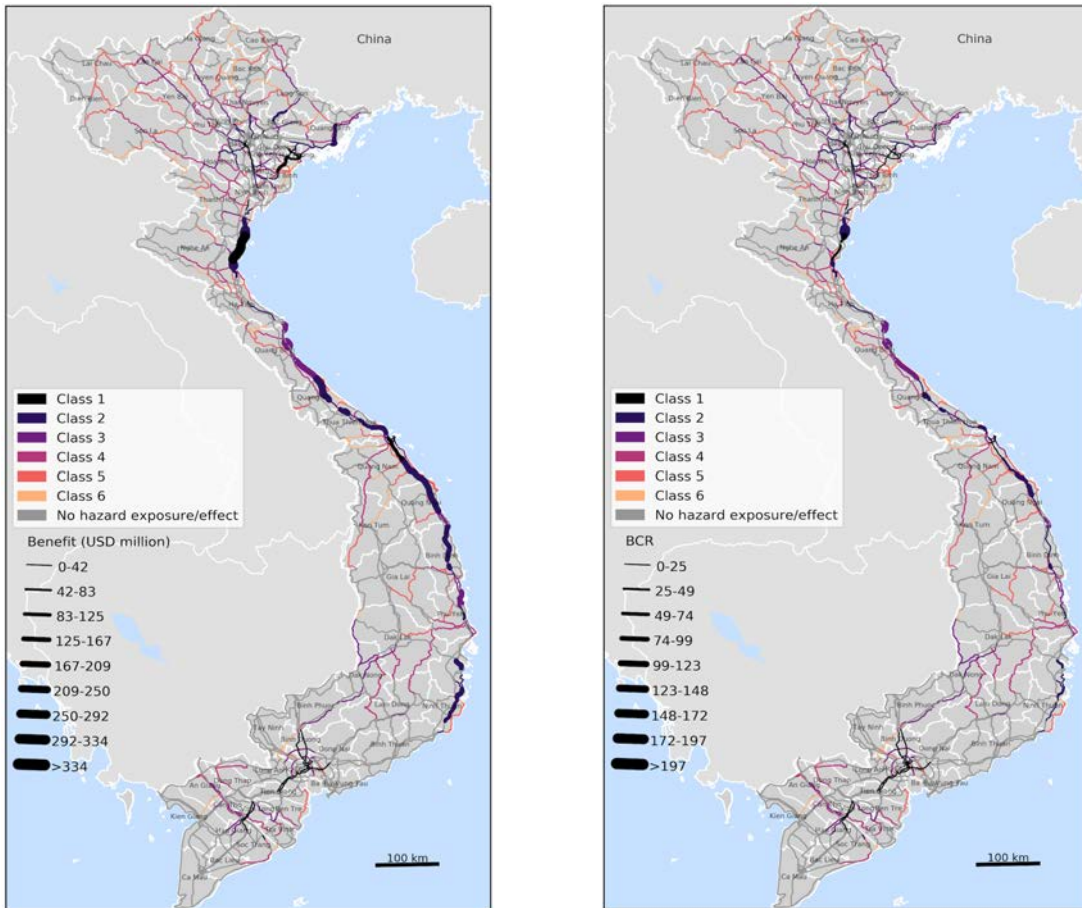
A. Mức đầu tư tối đa theo đoạn tuyến

B. Tổng mức đầu tư tối đa trên 1 km

Hình 4.2A ước tính giá trị lợi ích tối đa từ tổng mức đầu tư trong 35 năm để tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu của hạ tầng các tuyến đường bộ tại Việt Nam. Những lợi ích này bao gồm tổng chi phí cải tạo dự kiến tránh được hàng năm theo thời gian với các tuyến đường riêng lẻ cũng như các tổn thất kinh tế hàng năm ước tính theo thời gian từ các sự cố gián đoạn giao thông khoảng 10 ngày trở lên do hư hỏng hạ tầng các tuyến đường bộ riêng lẻ. Kết quả thể hiện hiệu lợi ích nổi bật của việc đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu, đặc biệt dọc theo các tuyến đường cao tốc từ bắc vào nam.

Hình 4.2B thể hiện tỷ lệ lợi ích - chi phí tối đa của các hoạt động đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với tất cả các tuyến đường bộ mục tiêu, dựa trên kết quả phân tích tại các Hình 4.1A và 4.2A. Kết quả đánh giá lợi ích - chi phí thể hiện rõ khu vực ưu tiên thực hiện các khoản đầu tư này - với các tuyến đường có tỉ lệ lợi ích - chi phí ở mức cao. Kết quả phân tích cho thấy tuyến đường cao tốc nối Nghệ An - Thanh Hóa có tỉ lệ lợi ích - chi phí cao nhất (197) và là tuyến được ưu tiên đầu tư tăng cường khả năng chống chịu.

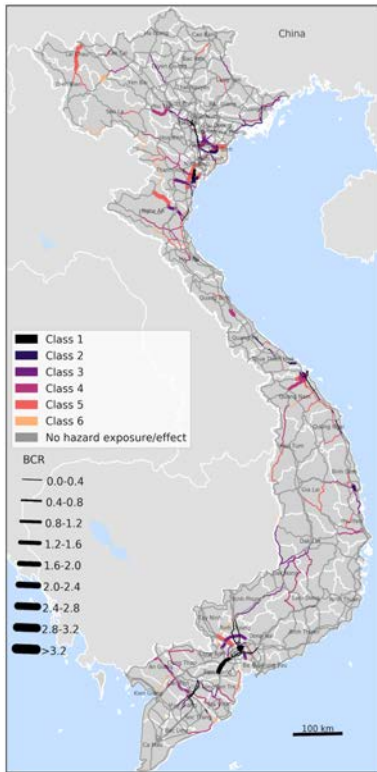
Hình 4.2. Tổng lợi ích ước tính trong 35 năm và tỉ lệ lợi ích - chi phí tối đa của các giải pháp tăng cường khả năng thích ứng trên các tuyến đường bộ mục tiêu tại Việt Nam



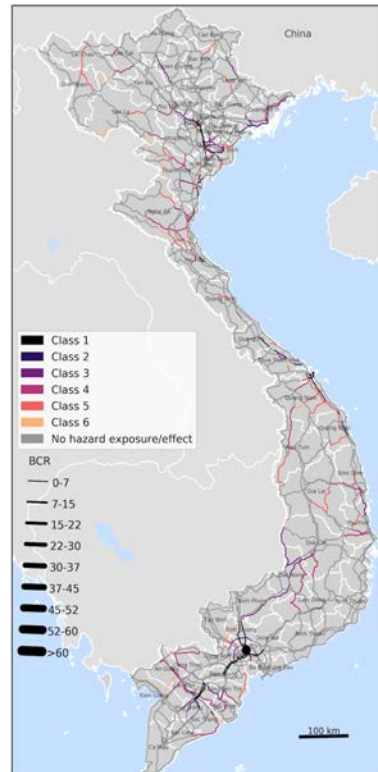
A. Lợi ích tối đa qua thời gian

B. Tỉ lệ lợi ích - chi phí tối đa

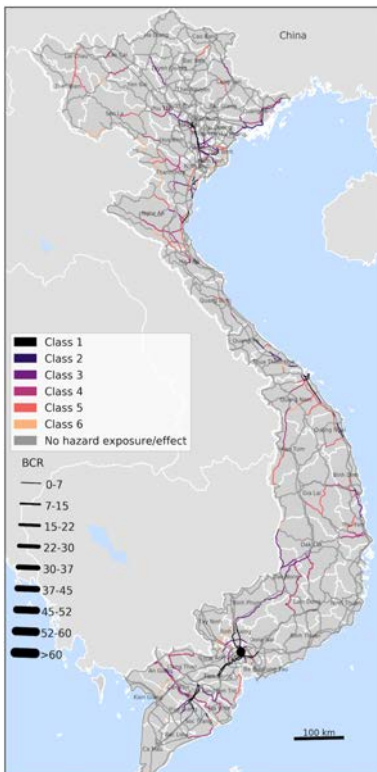
Hình 4.3. So sánh tỉ lệ lợi ích-chi phí của các giải pháp thích ứng với các tuyến đường bộ trong mạng lưới giao thông quốc gia



A. Mức độ ngập lụt hiện tại (2016)



B. Mức độ ngập lụt tương lai (2030) theo kịch bản phát thải RCP 4.5



C. Mức độ ngập lụt tương lai (2030) theo kịch bản phát thải RCP 8.5

Quá trình phân tích các giải pháp thích ứng cũng đánh giá mức độ thay đổi trong tỉ lệ lợi ích - chi phí theo các kịch bản biến đổi khí hậu hiện tại và tương lai. Kết quả đánh giá giúp chủ động các phương án đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với các hiện tượng thời tiết cực đoan trong tương lai, thay vì lập kế hoạch ứng phó với các nguy cơ rủi ro thiên tai trong hiện tại. Đối với các tuyến giao thông trong mạng lưới đường bộ quốc gia, việc đối sánh hiệu quả đầu tư được thực hiện giữa các kịch bản ngập lụt hiện tại và tương lai (RCP 4.5 và RCP 8.5). Hình 4.3A thể hiện tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa với mức độ ngập lụt hiện tại, trong khi Hình 4.3B và 4.3C thể hiện tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa dựa trên dự báo mức độ ngập lụt trong tương lai ứng với các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Tỉ lệ lợi ích-chi phí tăng đáng kể trong các kịch bản rủi ro thiên tai, qua đó khuyến khích đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu dựa trên dự báo các rủi ro thiên tai tương lai tại Việt Nam. Tỉ lệ lợi ích-chi phí gia tăng chủ yếu là do mức độ rủi ro ngập lụt tăng lên trong tương lai với cả hai kịch bản phát thải; điều đó chứng minh lợi ích lớn hơn nếu đầu tư tăng cường khả năng thích ứng để hạn chế những tổn thất trong tương lai.

Bảng 4.4 liệt kê các tuyến đường bộ trong mạng lưới giao thông quốc gia dựa trên tỉ lệ chi phí-lợi ích thích ứng. Danh sách này liệt kê 20 tuyến đường có tỉ lệ chi phí-lợi ích cao nhất, đồng thời cũng thể hiện giá trị tỉ lệ chi phí-lợi ích tối thiểu. Nếu tỉ lệ chi phí-lợi ích tối thiểu và tối đa đều lớn hơn 1, phương án đầu tư vào những tuyến đường này khá khả thi bởi các kịch bản dự báo rủi ro đều thể hiện rằng đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu sẽ mang lại nhiều lợi ích hơn so với các chi phí thích ứng. Tất cả 20 tuyến đường được liệt kê đều là các lựa chọn khả thi để đầu tư tăng cường khả năng thích ứng. Phân tích cho thấy, đối với 20 tuyến đường này, chi phí đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng sẽ lên tới khoảng 95 triệu đô la Mỹ; sau 35 năm, chi phí đầu tư sẽ lên đến khoảng 153 triệu đô la Mỹ. Tuy nhiên, nếu ước tính bằng cách cộng tổng các lợi ích thu được từ các tuyến đường riêng lẻ, lợi ích tích lũy của các khoản đầu tư này sau 35 năm sẽ tương đối lớn, dao động trong khoảng từ 651 đến 3.656 triệu đô la Mỹ. Cần lưu ý rằng, lợi ích gộp của các khoản đầu tư được triển khai đồng thời trên tất cả các tuyến đường không nhất thiết là tổng lợi ích từ các tuyến đường riêng lẻ vì các tổn thất kinh tế tránh được không thể cộng tính mà phụ thuộc vào tác động kinh tế ước tính đối với mạng lưới giao thông.

Bảng 4.4. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần

Đường quốc lộ	Tên tuyến	Cấp đường	Huyện	Tỉnh	Chiều dài tối đa (mét) có nguy cơ ảnh hưởng thiên tai	Đầu tư ban đầu (triệu US\$)	Tổng mức đầu tư (triệu US\$)	Lợi ích (triệu US\$)		BCR	
								Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Tĩnh Gia	Thanh Hóa	1.285	2,49	4,04	32,57	315,87	8	197
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	3	Bố Trạch	Quảng Bình	1.943	3,00	4,73	36,33	320,16	8	149
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Tĩnh Gia	Thanh Hóa	4.178	8,07	13,10	85,70	333,83	7	128
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Đông Hà	Quảng Trị	1.414	2,74	4,45	50,30	203,75	11	119
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	1	Tĩnh Gia	Thanh Hóa	796	1,79	2,98	29,07	319,61	10	107
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	3	Kỳ Anh	Hà Tĩnh	2.303	3,56	5,61	11,21	137,31	2	104
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	3	Quảng Trạch	Quảng Bình	3.189	4,93	7,77	12,84	206,74	2	94
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Lệ Thủy	Quảng Bình	2.688	5,19	8,43	23,44	171,94	3	85
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	3	Quảng Ninh	Quảng Bình	1.019	1,59	2,50	71,82	192,87	29	77
1	Đường biên TTH-DNG tới đường biên - KHA-NTN	2	Núi Thành	Quảng Nam	1.445	2,80	4,54	44,28	133,13	10	76
ĐBVĐ	Đường bộ ven biển	2	Đức Phổ	Quảng Ngãi	3.721	7,18	11,67	23,77	169,72	2	75
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Diễn Châu	Nghệ An	9.609	18,53	30,12	82,20	189,73	3	72
1	Đường biên TTH-DNG tới đường biên KHA-NTN	2	Bình Sơn	Quảng Ngãi	1.298	2,52	4,08	16,15	131,75	4	70
1	Đường biên TTH-DNG tới đường biên KHA-NTN	2	Bình Sơn	Quảng Ngãi	1.849	3,57	5,80	9,33	127,84	2	62
1	Đường biên TTH-DNG tới đường biên KHA-NTN	2	Núi Thành	Quảng Nam	2.746	5,30	8,61	23,68	170,44	3	62
1	Đường biên TTH-DNG tới đường biên KHA-NTN	3	Phù Cát	Bình Định	6.414	9,90	15,62	35,78	113,90	2	61
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	1	Quảng Xương	Thanh Hóa	55	0,15	0,23	6,50	13,68	28	60
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Thanh Hóa	Thanh Hóa	1.080	2,10	3,40	11,02	159,09	3	57
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Tĩnh Gia	Thanh Hóa	4.055	7,84	12,72	31,62	134,68	2	55
1	Đường biên NBH-THA tới đường biên TTH-DNG	2	Đông Hà	Quảng Trị	1.052	2,05	3,32	14,14	110,81	4	55
		Tổng				95,30	153,72	651,76	3.656,85		

Chi phí và lợi ích thích ứng với mạng lưới tỉnh lộ

Nghiên cứu cũng tiến hành phân tích khả năng thích ứng của từng mạng lưới đường bộ cấp tỉnh. Trong tất cả các số liệu bản đồ dưới đây, chúng tôi đã phân tích khả năng thích ứng với từng tuyến đường được bôi đen hoặc đỏ - thể hiện mức độ rủi ro thiên tai. Như đã thể hiện trong các bản đồ này, các đường bôi đen là những đường không thể tiếp cận và cũng không có tuyến giao thông thay thế đến các trung tâm xã gần đó, gây ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế. Các đường màu đỏ là những đường không thể tiếp cận nhưng có tuyến giao thông thay thế, đảm bảo khả năng tiếp cận các trung tâm xã gần nhất.

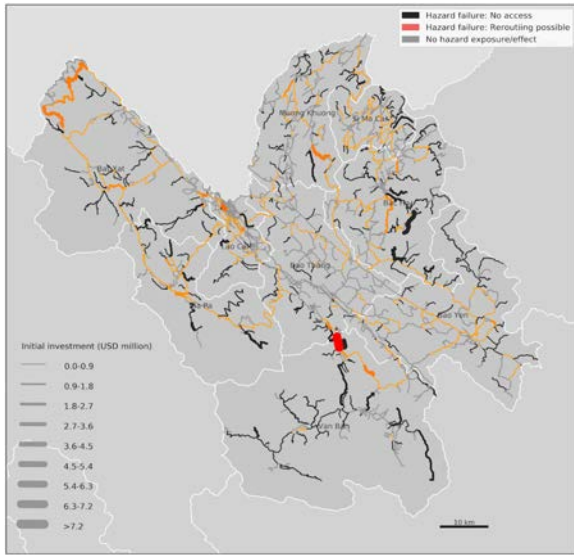
Ở phạm vi cấp tỉnh, việc xác định một số tuyến đường có tỉ lệ lợi ích-chi phí cao sẽ giúp hiểu rõ các hệ thống đường (đường quốc lộ, tỉnh lộ, đường huyện, đường xã) hoặc cầu có vai trò quan trọng nhất với các hoạt động kinh tế ở địa phương. Các phần dưới đây liệt kê các tuyến đường cụ thể - trong đó thể hiện hệ thống đường, tên huyện, xã tuyến đường chạy qua, chiều dài tuyến đường tối đa có thể chịu tác động của rủi ro thiên tai, chi phí đầu tư ban đầu và tổng chi phí đầu tư cần thiết để tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu cũng như lợi ích, tỉ lệ lợi ích-chi phí tối thiểu và tối đa khi đầu tư vào những tuyến đường này.

Mạng lưới tỉnh lộ tại Lào Cai

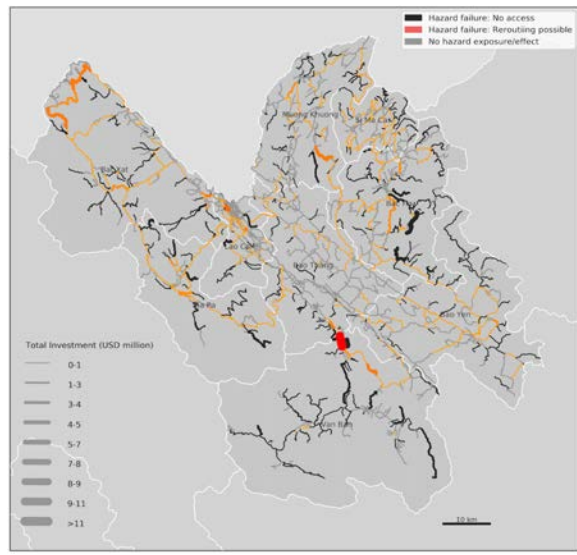
Hình 4.4A đến 4.4D thể hiện tương ứng chi phí đầu tư tối đa ban đầu, chi phí đầu tư tối đa trong 35 năm, ước tính giá trị lợi ích tối đa sau 35 năm và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa với tất cả các tuyến đường được dự báo chịu tác động của rủi ro thiên tai. Kết quả phân tích đã xác định được một số tuyến đường bộ trong tỉnh có tiềm năng để thực hiện đầu tư; các trung tâm xã và các hoạt động kinh tế sẽ hoàn toàn bị cô lập nếu các tuyến đường này bị chia cắt. Theo Hình 4.4D, một số tuyến đường như vậy nằm ở phía nam của tỉnh có tỉ lệ lợi ích-chi phí > 1 và bao gồm các điểm giao thông quan trọng trong mạng lưới (có thể là cầu) với tỉ lệ lợi ích-chi phí đạt giá trị cao nhất.

Bảng 4.5 liệt kê các tuyến đường bộ cụ thể dựa trên tỉ lệ chi phí-lợi ích thích ứng. Danh sách này liệt kê 20 tuyến đường có tỉ lệ chi phí-lợi ích cao nhất, đồng thời cũng thể hiện giá trị tỉ lệ chi phí-lợi ích tối thiểu. \ Kết quả phân tích cho thấy, một số tuyến đường và hệ thống cầu địa phương (cấp xã hoặc huyện) ở các tỉnh nghiên cứu có tỉ lệ lợi ích-chi phí đạt giá trị cao nhất, thể hiện vai trò của các tuyến giao thông này với các hoạt động kinh tế; do đó, đây chính là mục tiêu ưu tiên khi tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu trong lĩnh vực giao thông. Ngoài ra, một số tuyến đường bộ ở Lào Cai có vai trò hỗ trợ tiếp cận các hoạt động kinh tế cũng có thể là đối tượng ưu tiên để đầu tư tăng cường khả năng thích ứng. Phân tích cho thấy, đối với 20 tuyến đường này, chi phí đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng sẽ lên tới khoảng 9 triệu đô la Mỹ; sau 35 năm, tổng chi phí đầu tư sẽ lên đến khoảng 12,9 triệu đô la Mỹ. Khi ước tính bằng cách cộng tổng các lợi ích thu được từ các tuyến đường riêng lẻ, lợi ích tích lũy của các khoản đầu tư này sau 35 năm sẽ dao động trong khoảng từ 16,4 đến 22,5 triệu đô la Mỹ.

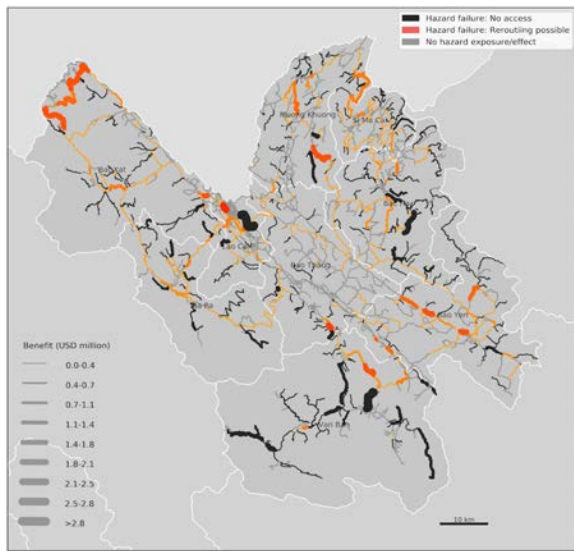
Hình 4.4. Chi phí đầu tư, lợi ích và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các tuyến đường bộ mục tiêu tại tỉnh Lào Cai



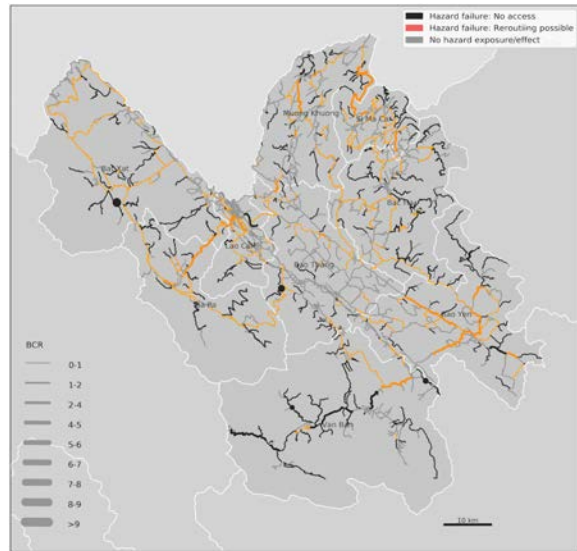
A. Chi phí đầu tư tối đa ban đầu



B. Chi phí đầu tư tối đa theo thời gian



C. Lợi ích tối đa theo thời gian



D. Tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa

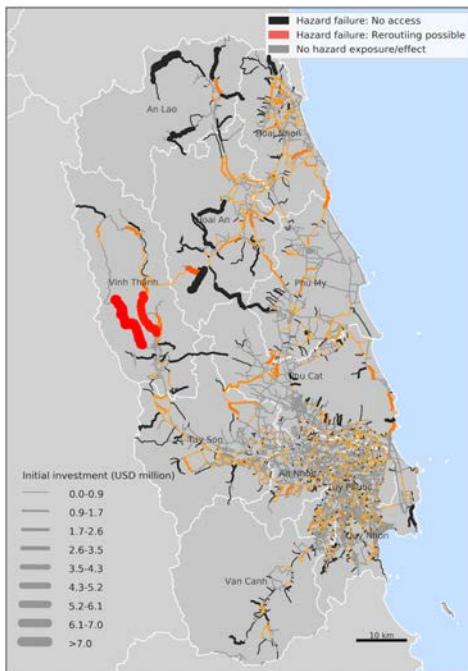
Bảng 4.5. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần tại tỉnh Lào Cai

Loại tài sản	Tên xã	Tên huyện	Chiều dài tối đa (mét) có nguy cơ ảnh hưởng thiên tai	Đầu tư ban đầu (US\$)	Tổng mức đầu tư (US\$)	Lợi ích (US\$)		BCR	
						Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa
Cầu	Nậm Pung	Bát Xát	15	50.122	59.824	524.009	565.302	8,8	9,4
Đường dân sinh	Gia Phú	Bảo Thắng	93	161.241	222.337	392.406	1.758.052	1,8	7,9
Cầu	Tân An	Văn Bàn	28	90.263	110.696	543.361	712.690	4,9	6,4
Đường dân sinh	Dân Thắng	Văn Bàn	32	60.139	81.388	87.584	431.644	1,1	5,3
Đường cao tốc	Tân An	Văn Bàn	100	365.277	570.972	1.156.642	1.342.008	2,0	2,4
Đường dân sinh	Gia Phú	Bảo Thắng	146	249.353	345.176	231.463	766.128	0,7	2,2
Đường dân sinh	Văn Hòa	Lào Cai	593	999.203	1.388.596	654.402	2.827.630	0,5	2,0
Đường cấp quốc gia	Sơn Thủy	Văn Bàn	653	957.339	1.387.381	1.815.881	2.668.361	1,3	1,9
Đường dân sinh	Khánh Yên Hà	Văn Bàn	90	155.697	214.609	139.489	375.268	0,6	1,7
Cầu	Bản Liên	Bắc Hà	24	77.235	92.928	48.905	140.403	0,5	1,5
Cầu	Nậm Pung	Bát Xát	15	50.847	60.709	55.871	80.054	0,9	1,3
Đường cấp quốc gia	Hòa Mạc	Văn Bàn	483	710.312	1.028.267	1.326.067	1.337.024	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Minh Lương	Văn Bàn	566	827.091	1.199.299	1.551.401	1.555.555	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Thượng Hà	Bảo Yên	553	809.385	1.173.367	1.516.086	1.518.548	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Phố Ràng	Bảo Yên	530	776.177	1.124.731	1.451.507	1.451.825	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Mường Khương	Mường Khương	151	228.832	328.453	421.722	423.483	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Xuân Hòa	Bảo Yên	394	578.966	838.576	1.081.134	1.081.185	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Nam Xe	Văn Bàn	392	575.960	834.174	1.075.350	1.075.376	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Thanh Bình	Mường Khương	493	724.721	1.049.370	1.352.037	1.352.103	1,3	1,3
Đường cấp quốc gia	Mường Khương	Mường Khương	368	541.065	783.067	1.007.730	1.007.735	1,3	1,3
Tổng				8.989.225	12.893.921	16.433.046	22.470.373		

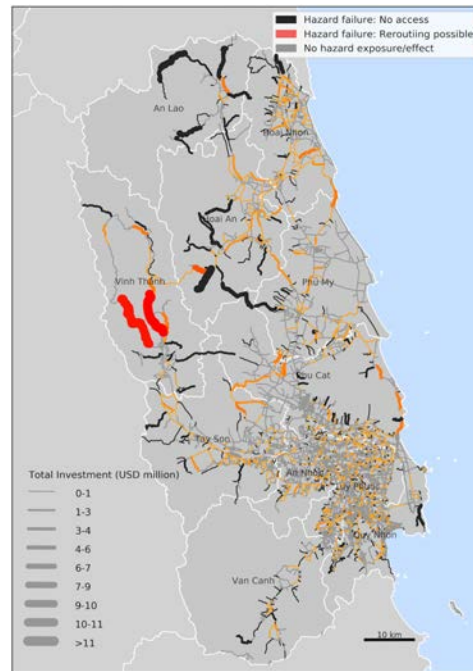
Hệ thống đường bộ tại tỉnh Bình Định

Phân tích cho thấy, đối với 20 tuyến đường ưu tiên, chi phí đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng sẽ lên tới khoảng 1,2 triệu đô la Mỹ; sau 35 năm, tổng chi phí đầu tư sẽ lên đến khoảng 1,6 triệu đô la Mỹ (Hình 4.5). Khi ước tính bằng cách cộng tổng các lợi ích thu được từ các tuyến đường riêng lẻ, lợi ích tích lũy của các khoản đầu tư này sau 35 năm sẽ dao động trong khoảng từ 14,2 đến 31,4 triệu đô la Mỹ (Hình 4.6).

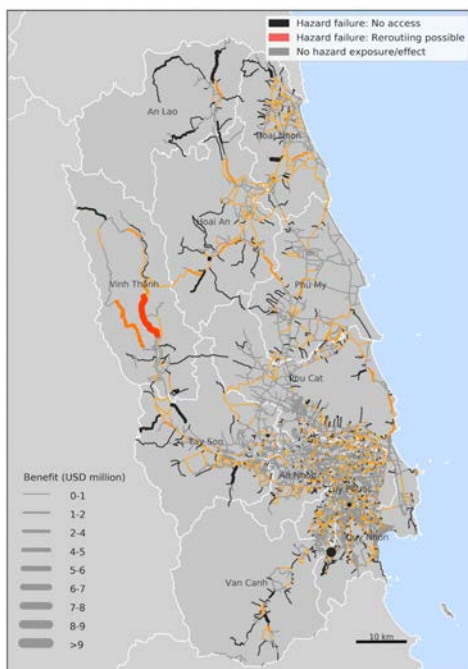
Hình 4.5. Chi phí đầu tư, lợi ích và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các tuyến đường bộ mục tiêu tại tỉnh Bình Định



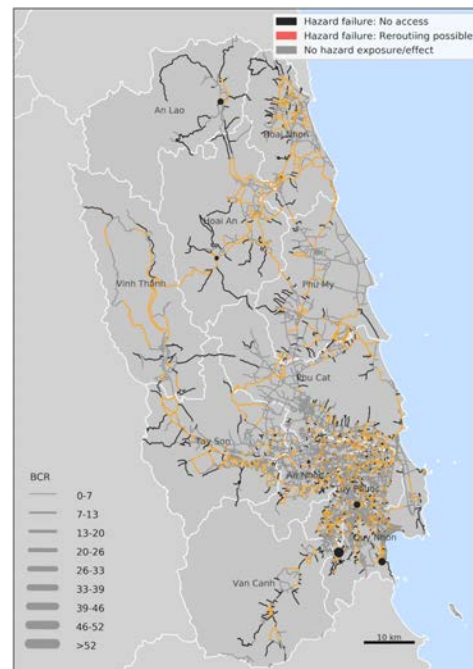
A. Chi phí đầu tư tối đa ban đầu



B. Chi phí đầu tư tối đa theo thời gian



C. Lợi ích tối đa theo thời gian



D. Tỉ suất lợi ích/chi phí

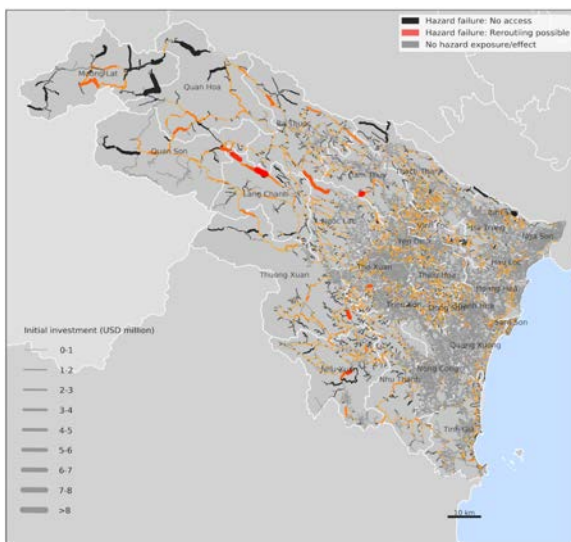
Bảng 4.6. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần tại tỉnh Bình Định

Loại tài sản	Tên xã	Tên huyện	Chiều dài tối đa (mét) có nguy cơ ảnh hưởng thiên tai	Đầu tư ban đầu (US\$)	Tổng mức đầu tư (US\$)	Lợi ích (US\$)		BCR	
						Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa
Đường dân sinh	Phước Mỹ	Quy Nhơn	108	114.594	179.470	2.670.602	9.413.243	15	52
Đường cấp quốc gia	Ghềnh Ráng	Quy Nhơn	8	8.917	10.436	124.418	428.047	12	41
Cầu	An Tân	An Lão	8	29.163	34.232	683.481	1.203.717	20	35
Đường dân sinh	Tuy Phước	Tuy Phước	63	69.542	107.448	3.496.164	3.629.342	33	34
Đường dân sinh	An Nghĩa	Hoài Ân	122	128.485	201.678	1.271.253	4.114.864	6	20
Đường dân sinh	Nhon Hậu	An Nhơn	7	13.555	17.944	95.993	325.041	5	18
Cầu	Hoài Sơn	Hoài Nhơn	11	39.739	47.145	232.847	771.422	5	16
Cầu	Hoài Tân	Hoài Nhơn	45	139.971	169.528	2.487.608	2.753.177	15	16
Cầu	Phước Mỹ	Quy Nhơn	20	66.165	79.412	368.444	1.260.278	5	16
Cầu	Tây Xuân	Tây Sơn	11	38.456	45.579	203.829	640.231	4	14
Cầu	Ân Hảo Tây	Hoài Ân	13	45.480	54.155	383.299	708.861	7	13
Cầu	Nhon Hậu	An Nhơn	5	22.483	26.076	98.772	327.819	4	13
Đường dân sinh	Tây Xuân	Tây Sơn	31	37.516	56.250	204.282	640.684	4	11
Cầu	Phước Quang	Tuy Phước	6	24.850	28.967	97.273	324.475	3	11
Đường cấp quốc gia	Ghềnh Ráng	Quy Nhơn	81	40.850	56.983	188.705	523.325	3	9
Đường dân sinh	Tây An	Tây Sơn	168	173.697	273.955	918.272	2.462.332	3	9
Cầu	Tây Giang	Tây Sơn	18	60.388	73.557	288.159	609.252	4	8
Đường dân sinh	Cát Chánh	Phú Cát	56	62.045	95.463	222.854	708.369	2	7
Cầu	Bình Nghi	Tây Sơn	5	21.950	25.425	55.223	168.167	2	7
Đường dân sinh	Phước Thuận	Tuy Phước	36	42.295	63.890	139.776	416.993	2	7
Tổng				1.180.139	1.647.594	14.231.253	31.429.640		

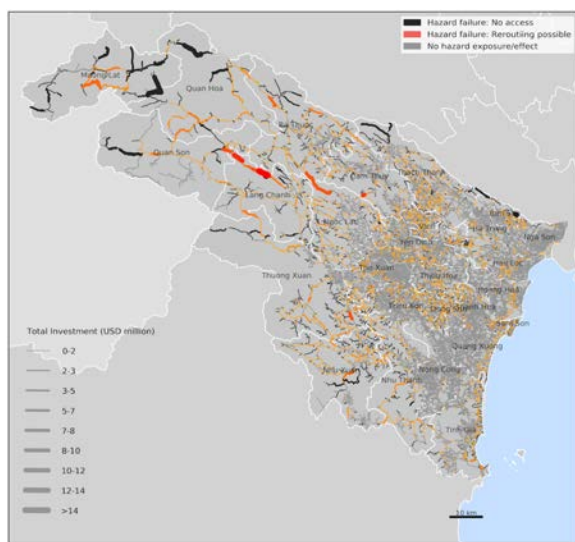
Hệ thống đường bộ tại tỉnh Thanh Hóa

Theo minh hoạt tại Hình 4.6, Bảng 4.7 liệt kê 20 tuyến đường theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng. Tất cả các tuyến đường này có tỉ lệ lợi ích-chi phí tối thiểu và tối đa > 1, do đó đều có thể trở thành đối tượng ưu tiên khi đầu tư tăng cường khả năng thích ứng. Đối với 20 tuyến đường này, chi phí đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng sẽ lên tới khoảng 1,5 triệu đô la Mỹ; sau 35 năm, tổng chi phí đầu tư sẽ lên đến khoảng 2,3 triệu đô la Mỹ. Khi ước tính bằng cách cộng tổng các lợi ích thu được từ các tuyến đường riêng lẻ, lợi ích tích lũy của các khoản đầu tư này sau 35 năm sẽ dao động trong khoảng từ 7,8 đến 23,4 triệu đô la Mỹ.

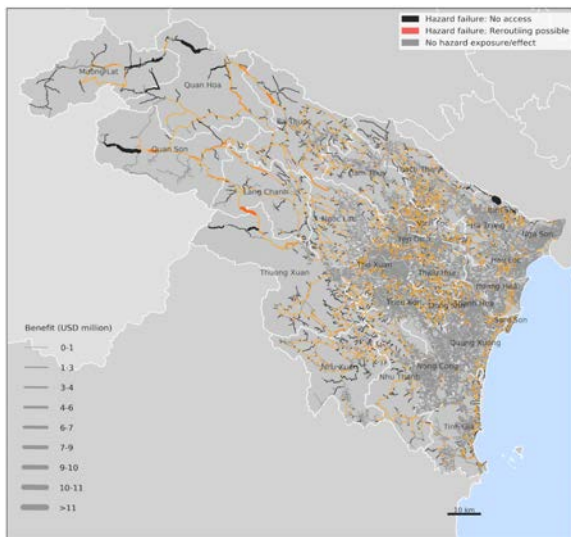
Hình 4.6. Chi phí đầu tư, lợi ích và tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các tuyến đường bộ mục tiêu tại tỉnh Thanh Hóa



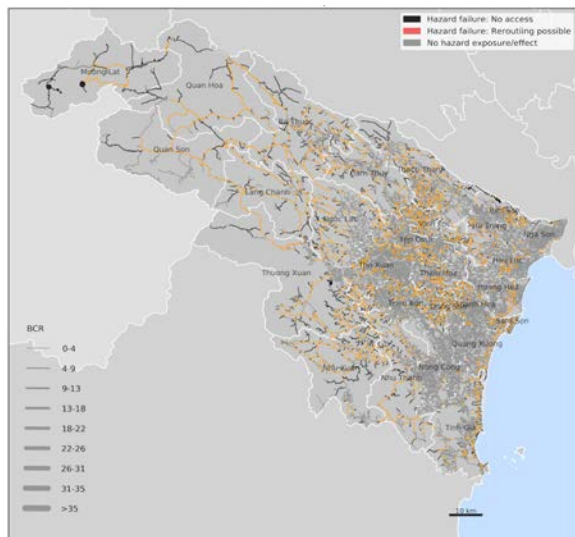
A. Chi phí đầu tư tối đa ban đầu



B. Chi phí đầu tư tối đa theo thời gian



C. Lợi ích tối đa theo thời gian



D. Tỉ lệ lợi ích-chi phí

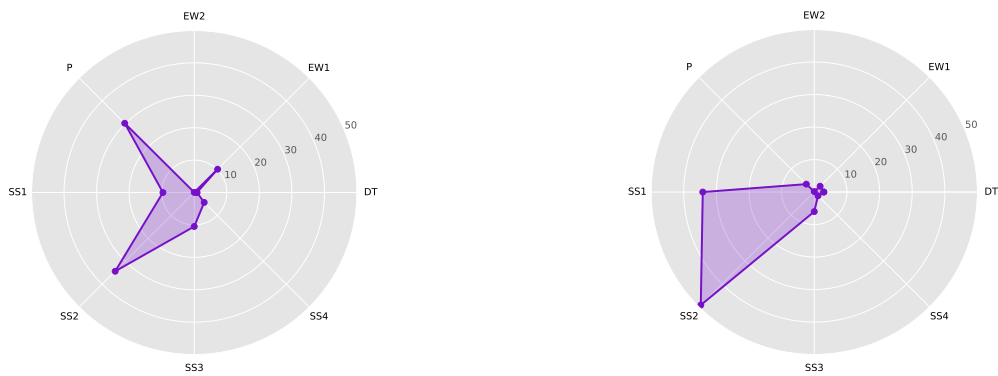
Bảng 4.7. Danh sách 20 tuyến đường bộ theo tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tối đa giảm dần tại tỉnh Thanh Hóa

Loại tài sản	Tên xã	Tên huyện	Chiều dài tối đa (mét) có nguy cơ ảnh hưởng thiên tai	Đầu tư ban đầu (US\$)	Tổng mức đầu tư (US\$)	Lợi ích (US\$)		BCR	
						Tối thiểu	Tối đa	Tối thiểu	Tối đa
Đường dân sinh	Pu Nhi	Mường Lát	44	50.062	76.306	771.381	2.678.809	10	35
Cầu	Quảng Chiếu	Mường Lát	2	12.265	13.600	135.066	451.068	10	33
Cầu	Xuân Cao	Thượng Xuân	6	23.849	27.744	162.858	576.843	6	21
Cầu	Pu Nhi	Mường Lát	2	12.182	13.499	74.402	257.194	6	19
Cầu	Quảng Chiếu	Mường Lát	6	23.790	27.673	131.301	444.398	5	16
Đường dân sinh	Nga Điền	Nga Sơn	26	31.724	46.990	164.642	559.082	4	12
Cầu	Mường Lý	Mường Lát	7	28.290	33.167	176.400	364.716	5	11
Đường dân sinh	Quảng Chiếu	Mường Lát	27	32.997	49.026	159.503	514.015	3	10
Đường dân sinh	Bắc Sơn	Bim Sơn	712	724.512	1.150.046	3.981.353	11.480.906	3	10
Cầu	Quảng Chiếu	Mường Lát	5	22.011	25.500	75.491	251.168	3	10
Cầu	Hải Vân	Như Thành	29	91.084	109.837	261.960	864.780	2	8
Đường dân sinh	Nga Điền	Nga Sơn	42	48.101	73.172	170.467	564.906	2	8
Cầu	Quảng Chiếu	Mường Lát	54	165.715	200.961	483.486	1.501.439	2	7
Đường đô thị	Trung Sơn	Quan Hoa	20	51.807	81.247	393.965	522.847	5	6
Đường dân sinh	Xuân Khang	Như Thành	37	42.854	64.783	133.467	411.658	2	6
Đường dân sinh	Luân Thành	Thượng Xuân	32	37.903	56.869	105.024	355.646	2	6
Cầu	Quảng Chiếu	Mường Lát	9	33.924	40.046	76.539	244.625	2	6
Đường dân sinh	Thanh Tân	Như Thành	52	57.897	88.832	154.620	502.973	2	6
Đường dân sinh	Xuân Khang	Như Thành	11	16.947	23.368	38.255	122.988	2	5
Đường dân sinh	Hải Vân	Như Thành	40	46.325	70.332	109.882	356.369	2	5
Tổng				1.554.239	2.272.999	7.760.062	23.026.429		

Ra quyết định trong môi trường rủi ro: Độ nhạy chi phí thích ứng

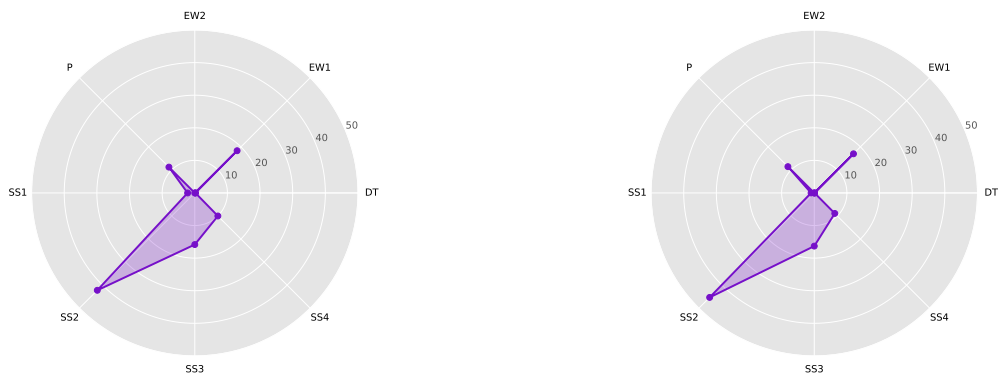
Phân tích độ nhạy tổng thể như Hình 4.7 cho thấy, mức độ biến thiên trong ước tính chi phí đầu tư ban đầu với hệ thống đường quốc gia phụ thuộc nhiều nhất vào chi phí nâng cấp mặt đường và ổn định mái dốc nền đường thông qua biện pháp thi công kè rọ đá (Hình 4.7A). Chi phí đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng tại các khu vực miền núi Lào Cai (Hình 4.7B) phụ thuộc nhiều nhất vào chi phí đầu tư bảo vệ và nâng cấp nền đường, trong khi chi phí đó ở Bình Định (Hình 4.7C) và Thanh Hóa (Hình 4.7D) phụ thuộc nhiều nhất vào chi phí đầu tư để ổn định mái dốc nền đường thông qua biện pháp cải tạo nền đường, xây dựng kè và nâng cấp mặt đường. Số liệu trong Hình 4.7 thể hiện tỷ lệ chi phí thay đổi theo các hình thức đầu tư khác nhau.

Hình 4.7. Độ nhạy thông số với hệ thống đường quốc gia



A. Độ nhạy thông số với hệ thống đường quốc gia

B. Độ nhạy thông số với tỉnh Lào Cai



C. Độ nhạy thông số với tỉnh Bình Định

D. Độ nhạy thông số với tỉnh Thanh Hóa

Mã	Tiêu chí	Mã	Tiêu chí	Mã	Tiêu chí
P	Sỏi	DT	Line Drain L & R	SS3	Mặt bê tông/khối
	Bịt kín	EW1	Thi công Kè	SS4	Bờ sông
	Bê tông	EW2	Thông tin mái dốc nền đào;		
	Bê tông FW	SS1	Cắt dốc chân Gabions		
SS2	Kè giữ chân Gabions	SS6	Kỹ thuật sinh học		

Phạm vi và mức độ rủi ro khi ước tính chi phí, lợi ích thích ứng

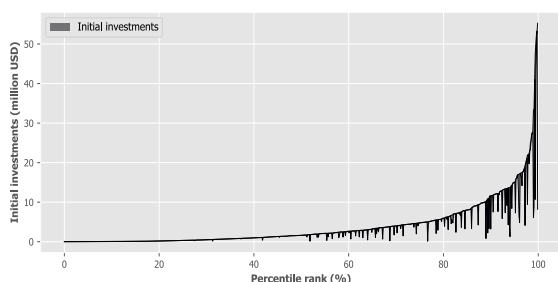
Hệ thống đường quốc gia

Phần này thảo luận về phạm vi và mức độ rủi ro khi ước tính các chi phí, lợi ích thích ứng. Hình 4.8A đến 4.8D thể hiện thông tin phân tích liên quan đến các tuyến giao thông riêng lẻ trong mạng lưới đường bộ quốc gia theo thứ tự: (a) chi phí đầu tư ban đầu, (b) giá trị hiện tại ròng của tổng chi phí đầu tư trong thời hạn lập kế hoạch 35 năm; (c) giá trị hiện tại ròng của các lợi ích thích ứng dựa trên các chi phí tổn thất tránh được trong thời gian lập kế hoạch 35 năm và (d) tỉ lệ lợi ích-chi phí.

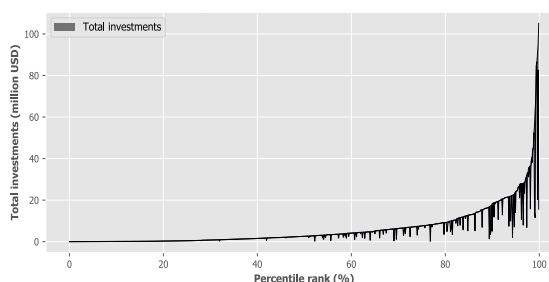
Sự biến thiên trong ước tính chi phí với các tuyến đường mục tiêu đã được thể hiện rõ trong Hình 4.8A và 4.8B do các tuyến giao thông này được dự báo sẽ chịu tác động của nhiều rủi ro thiên tai; do đó, quá trình phân tích đã ước tính chi phí tùy thuộc vào phạm vi tác động với mỗi rủi ro thiên tai. Như đã thảo luận trong phần trước, sự biến thiên trong giá trị ước tính của chi phí đầu tư ban đầu chủ yếu do các chi phí nâng cấp mặt đường và ổn định mái dốc nền đường thông qua biện pháp thi công kè rọ đá. Tổng chi phí đầu tư theo thời gian thay đổi khi các chi phí bảo trì mặt đường tăng lên; trong mô hình phân tích, hầu hết các chi phí bảo trì mặt đường đều lớn hơn nhiều so với các chi phí bảo trì khác. Kết quả cho thấy, chi phí đầu tư ước tính ban đầu khi tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới đường bộ quốc gia dao động tối đa từ 52 đến 55 triệu đô la Mỹ, trong đó giá trị hiện tại ròng của tổng chi phí đầu tư theo thời gian tăng từ 87 đến 105 triệu đô la Mỹ. Tuy nhiên, những khoản đầu tư này không nhất thiết phải thực hiện với cùng một nhóm tuyến đường giao thông.

Giá trị hiện tại ròng của các lợi ích thích ứng có mức độ biến thiên nhất định như mô tả trong Hình 4.8C dựa trên những tổn thất kinh tế tránh được và trong một số trường hợp là chi phí cải tạo. Đối với các tuyến đường có giá trị hiện tại ròng ở mức rất cao, phần lớn lợi ích chính là giá trị các tổn thất kinh tế tránh được. Vị trí của các tuyến đường này trong mạng lưới giao thông ở quy mô rộng hơn càng thuyết phục phương án đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu. Phân tích cho thấy, giá trị hiện tại ròng cao nhất của các lợi ích thích ứng dao động trong khoảng 118 đến 334 triệu đô la Mỹ, lớn hơn rất nhiều so với giá trị hiện tại ròng của tổng chi phí đầu tư. Theo mô tả trong Hình 4.8D, đối với một số tuyến đường, điều đó đảm bảo tỷ lệ lợi ích-chi phí ở mức cao ($>> 1$). Đặc biệt, kết quả phân tích cũng cho thấy, từ thứ hạng phần trăm thứ 60 trở đi, tỷ lệ lợi ích-chi phí tối thiểu và tối đa của một số tuyến đường đều lớn hơn 1; điều này cũng có nghĩa, trong mọi kịch bản cảnh báo rủi ro thời tiết cực đoan, hoạt động đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu vào nhiều tuyến đường trong mạng lưới giao thông quốc gia sẽ mang lại nhiều lợi ích.

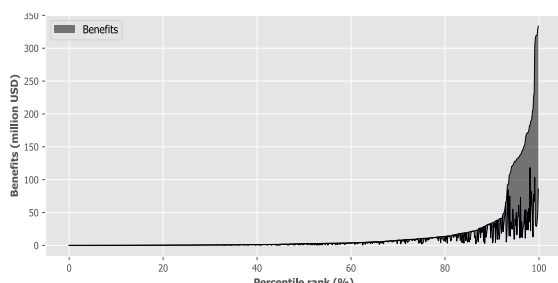
Hình 4.8: Kết quả phân tích chi phí, lợi ích thích ứng của mạng lưới đường quốc gia tại Việt Nam



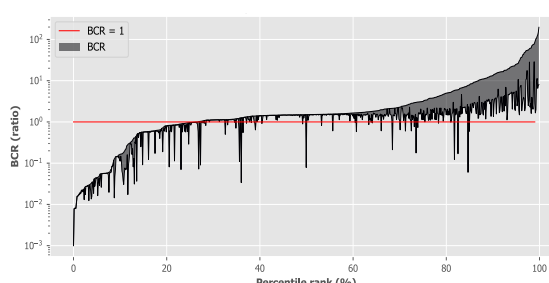
A. Đầu tư ban đầu vào hoạt động thích ứng



B. Tổng đầu tư vào hoạt động thích ứng



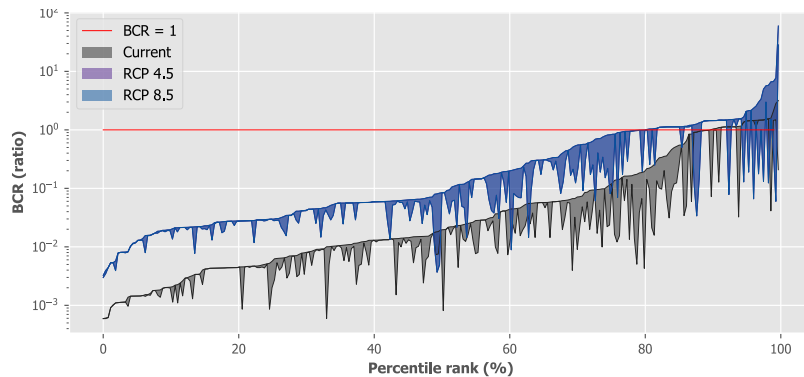
C. Lợi ích thích ứng



D. Tỷ lệ lợi ích-chi phí thích ứng

Kết quả so sánh tỷ lệ lợi ích-chi phí thích ứng trong các kịch bản khác nhau của cùng một hình thức rủi ro thiên tai cho thấy mức độ rủi ro thiên tai ảnh hưởng đến kết quả phân tích khả năng thích ứng. Quá trình đối sánh này được thực hiện để phân tích các rủi ro với mạng lưới đường bộ quốc gia do tác động của hiện tượng ngập lụt trong điều kiện hiện tại và tương lai theo các kịch bản phát thải RCP4.5 và RCP8.5 như mô tả trong Hình 4.9. Kết quả cho thấy, tỷ lệ lợi ích-chi phí thích ứng tăng lên đáng kể nếu các khoản đầu tư tăng cường khả năng thích ứng được thực hiện để hạn chế rủi ro do hiện tượng ngập lụt trong tương lai. Kết quả phân tích hầu như thể hiện sự sai khác giữa các tỷ lệ lợi ích-chi phí thích ứng khi được đánh giá dựa trên dự báo rủi ro ngập lụt theo kịch bản phát thải RCP4.5 và RCP8.5; điều này được thể hiện thông qua sự chồng lấp hoàn toàn giữa các đường cong tỷ lệ trong hai kịch bản phát thải này. Khi so sánh với các kịch bản hiện tại, phần lớn các tuyến đường bộ đều có tỷ lệ lợi ích-chi phí > 1 trong các kịch bản thích ứng với biến đổi khí hậu trong tương lai. *Kết quả này là cơ sở để chứng minh rằng, Việt Nam cần lên kế hoạch đầu tư, tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu dựa trên các nguy cơ rủi ro thiên tai trong tương lai bởi mức độ rủi ro và lợi ích từ việc kiểm soát những rủi ro đó sẽ lớn hơn nhiều.*

Hình 4.9. Tỷ lệ lợi ích-chi phí thích ứng trong mạng lưới đường quốc gia tại Việt Nam, đánh giá theo các kịch bản ngập lụt hiện tại và tương lai



Hệ thống tỉnh lộ

Các phân tích ở cấp tỉnh cho thấy, so với hầu hết hạ tầng tại các tuyến đường bộ, chỉ một phần tương đối nhỏ các tuyến tỉnh lộ có chi phí thích ứng cao hơn đáng kể. Các khoản đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng của các tuyến đường bộ riêng lẻ lớn hơn 2 triệu đô la Mỹ với 1) các tuyến đường trong khoảng bách phân vị thứ 10 ở Lào Cai; và 2) các tuyến đường trong khoảng bách phân vị thứ 2-3 ở Bình Định và Thanh Hóa. Một số tuyến đường có giá trị kinh tế cao trong số này có thể mang lại nhiều lợi ích; do đó, chi phí đầu tư thích ứng sẽ đảm bảo tính hiệu quả. Các phân tích thể hiện mức độ biến thiên rất nhỏ trong chi phí đầu tư ban đầu và tổng chi phí đầu tư ở cả Lào Cai và Bình Định, trong khi khoảng biến động rộng hơn ở Thanh Hóa. Khoảng biến thiên hẹp đối với tỉnh Lào Cai và Bình Định do chiều dài tuyến đường bộ chịu tác động của các rủi ro thiên tai được dự báo khá tương đương giữa 2 tỉnh này; do đó, các chi phí thích ứng, vốn phụ thuộc vào độ dài tuyến đường bộ chịu tác động, cũng tương đương tại 2 tỉnh. Như đã thảo luận trong phần trước, độ nhạy chi phí đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng ở mỗi tỉnh như sau: a) Lào Cai có địa hình đồi núi và chi phí ban đầu phụ thuộc nhiều nhất vào chi phí đầu tư bảo vệ và nâng cấp nền đường; và b) với Bình Định và Thanh Hóa, chi phí ban đầu phụ thuộc nhiều nhất vào chi phí đầu tư để ổn định mái dốc nền đường thông qua biện pháp cải tạo nền đường, xây dựng kè và nâng cấp mặt đường.¹

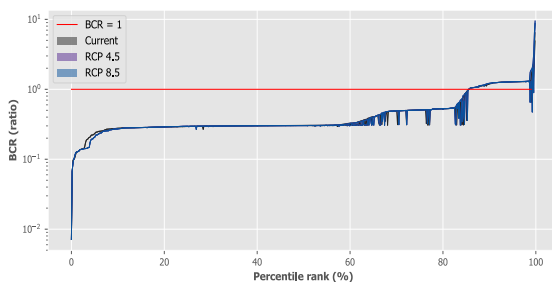
Khoảng lợi ích thích ứng theo kết quả phân tích tại 3 tỉnh cũng cho thấy rằng, một phần tương đối nhỏ các tuyến tỉnh lộ, lợi ích thích ứng cao hơn nhiều so với các chi phí của hệ thống đường bộ. Các khoản đầu tư ban đầu để tăng cường khả năng thích ứng của các tuyến đường bộ riêng lẻ lớn hơn 2 triệu đô la Mỹ với a) các tuyến đường trong khoảng bách phân vị thứ 5 ở Lào Cai; và b) các tuyến đường trong khoảng bách phân vị thứ 2-3 ở Bình Định và Thanh Hóa. Mức độ biến thiên trong khoảng lợi ích thích ứng theo kết quả phân tích tại 3 tỉnh chủ yếu phụ thuộc vào mức độ thay đổi trong tổn thất kinh tế tránh được từ việc gián đoạn vận tải. Đối với những tuyến đường này, định hướng đầu tư tăng cường khả năng thích ứng là khá khả thi bởi lợi ích lớn hơn nhiều so với chi phí đầu tư như đã phân tích về tỷ lệ lợi ích-chi phí tại 3 tỉnh.

¹

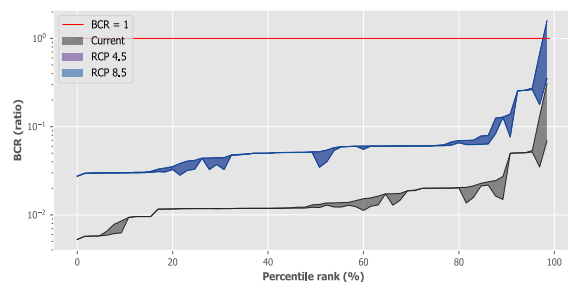
Hình 4.10D cho thấy, ở Lào Cai, các tuyến đường trong khoảng bách phân vị thứ 15 và được dự báo sẽ chịu tác động của rủi ro thiên tai (khoảng 190 tuyến trong mạng lưới tỉnh lộ ở Lào Cai) có tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa > 1. Ở Bình Định (Hình 4.10C), các tuyến đường trong khoảng bách phân vị thứ 2-3 có tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa > 1, tương đương với khoảng 220 đến 330 tuyến ở Bình Định và 530 đến 800 tuyến ở Thanh Hóa. Mặc dù chiếm tỷ lệ tương đối nhỏ, những tuyến đường này nên được coi là mục tiêu khi ưu tiên đầu tư tăng cường khả năng thích ứng. Phần tiếp theo cung cấp thêm dữ liệu về vị trí và các tuyến đường có thể được tập trung ưu tiên, dựa trên việc xác định vị trí và loại đường cụ thể.

Kết quả cho thấy, tỉ lệ lợi ích-chi phí tăng lên ở Lào Cai khi so sánh các kịch bản ngập lụt hiện tại và tương lai như trong Hình 4.10B, trong đó tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa chỉ lớn hơn 1 trong kịch bản ngập lụt sâu. Tại Bình Định và Thanh Hóa, số lượng tuyến đường có tỉ lệ lợi ích-chi phí tối đa > 1 cũng tăng lên trong các kịch bản ngập lụt trong tương lai. Như đã trình bày trước đó trong báo cáo này, tỉ lệ lợi ích-chi phí gia tăng chủ yếu là do mức độ rủi ro ngập lụt tăng lên trong tương lai, qua đó hạn chế những tổn thất kinh tế. Nguy cơ sạt lở đất ở Lào Cai được xác định là rủi ro thiên tai lớn nhất trong tỉnh; theo đó, dữ liệu cơ sở về rủi ro thiên tai đã cung cấp một số thông tin theo các kịch bản biến đổi khí hậu. Trong trường hợp không có bất kỳ thông tin xác suất nào về nguy cơ sạt lở đất, phần lớn các giải pháp thích ứng theo các kịch bản hiện tại và tương lai đều sẽ có chung kết quả. Nhưng cũng cần lưu ý, một số tuyến đường có tỉ lệ lợi ích-chi phí > 1 là những mục tiêu tiềm năng khi đầu tư tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu.

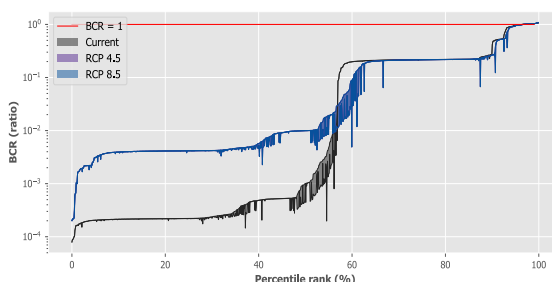
Hình 4.10. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với mạng lưới tỉnh lộ



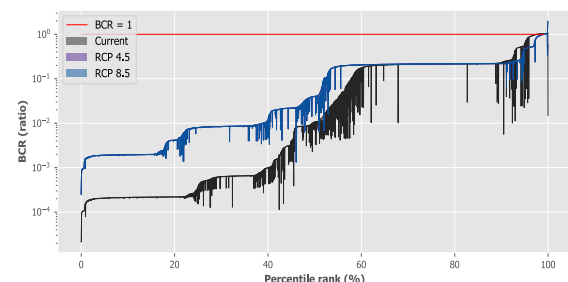
A. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các rủi ro sạt lở đất (Lào Cai)



B. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các rủi ro ngập lụt (Lào Cai)



C. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các rủi ro ngập lụt (Bình Định)



D. Tỉ lệ lợi ích-chi phí thích ứng với các rủi ro ngập lụt (Thanh Hóa)

Ghi chú

1. Tiến sĩ Jasper Cook, một kỹ sư xây dựng, làm quản lý nghiên cứu hạ tầng tại Chương trình nghiên cứu tiếp cận cộng đồng châu Phi (AfCAP) và Chương trình nghiên cứu tiếp cận cộng đồng châu Á (ASCAP) - 2 chương trình được UKAid hỗ trợ thông qua Chương trình Nghiên cứu tiếp cận cộng đồng (ReCAP). Để biết thêm thông tin, vui lòng truy cập: <http://research4cap.org>.
2. Ước tính chi phí cho hệ thống cầu có tính rủi ro rất cao và phụ thuộc nhiều vào hệ thống cầu cụ thể đang được nghiên cứu. Do đó, nghiên cứu này không đảm bảo rằng, các chi phí phát triển hệ thống cầu được phân tích trong báo cáo này có thể áp dụng tại các địa phương khác ở Việt Nam. Các chi phí thể hiện rõ hơn yêu cầu các hạng mục đầu tư cần thiết khi phát triển hệ thống cầu.
3. Các mô hình GLOFRIS ước tính độ sâu nước lũ tối đa trung bình từ năm 2010 đến 2049, được sử dụng làm dữ liệu đại diện cho kịch bản năm 2030. Tuy nhiên, các mô hình này về bản chất chỉ dự báo các kịch bản rủi ro thiên tai đến năm 2049.
4. Dữ liệu truy cập thông qua thư viện DataMapper của Quỹ tiền tệ quốc tế: http://www.imf.org/external/datamapper/NGDP_RPCH@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/VNM.

Tài liệu tham khảo

- ADB (Ngân hàng Phát triển Châu Á). 2011. *Hướng dẫn Đầu tư Luận điểm khí hậu trong lĩnh vực giao thông vận tải: Dự án Cải thiện Kết cấu Hạ tầng Đường bộ Thành phố Mandaluyong, Philippines*: Ngân hàng Phát triển Châu Á. <https://www.adb.org/documents/guidelines-climate-proofing-investment-transport-sector-road-infrastructure-projects>.
- CSCNDPC (Ban chỉ đạo trung ương phòng chống thiên tai). 2017. *Thảm họa thiên nhiên ở Việt Nam năm 2017*. Được tài trợ bởi UNDP.
- CSIR (Hội đồng nghiên cứu khoa học và công nghiệp), Paige-Green Consulting (Pty) Ltd và St Helens Consulting Ltd. 2018. *Thích ứng khí hậu: Quản lý rủi ro và tối ưu hóa khả năng chống chịu để tiếp cận tuyến đường dễ bị tổn thương ở châu Phi, Cẩm nang thích ứng khí hậu*. Dự án Đối tác tiếp cận cộng đồng châu Phi (AfCAP) GEN2014C. Luân Đôn: Nghiên cứu về Quan hệ đối tác tiếp cận cộng đồng (ReCAP) cho Bộ Phát triển quốc tế (DFID). <http://research4cap.org/L Library / CSIR-Cortortium-2018-ClimateAdaptation-Handbook-AfCAP-GEN2014C-181130.pdf>.
- Ebinger, Jane Olga và Nancy Vandycke. 2015. "Moving Toward Climate-Resilient Transport: Kinh nghiệm của Ngân hàng Thế giới từ việc xây dựng sự thích ứng trong các chương trình." Ngân hàng Thế giới, Washington, DC. <https://openledeledge.worldbank.org/handle/10986/23685>.
- ICEM (Trung tâm quản lý môi trường quốc tế). 2017a. *Báo cáo Kỹ thuật 14: Kiểm toán hiệu quả mô phỏng*. Thúc đẩy khả năng chống chịu khí hậu của cơ sở hạ tầng nông thôn trong loạt báo cáo tại miền Bắc Việt Nam. Chuẩn bị cho Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn và Ngân hàng Phát triển Châu Á, Hà Nội, Việt Nam. <http://icem.com.au/port portfolio-items/promote-climate-resilient-rural-infr Hạ tầng-in-nắc-Việt Nam-report-series />
- . 2017b. *Báo cáo Kỹ thuật 18: Thiết kế và thông số kỹ thuật bảo vệ mái dốc*. Thúc đẩy khả năng chống chịu khí hậu của cơ sở hạ tầng nông thôn trong loạt báo cáo tại miền Bắc Việt Nam. Chuẩn bị cho Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn và Ngân hàng Phát triển Châu Á, Hà Nội,

Việt Nam. <http://icem.com.au/port-portfolio-items/promote-climate-resilient-rural-infr> Hạ tầng-in-nắc-Việt Nam-report-series /

———. 2017c. *Báo cáo Kỹ thuật 17: Hướng dẫn Yếu tố sinh học về Bảo vệ mái dốc*. Thúc đẩy khả năng chống chịu khí hậu của cơ sở hạ tầng nông thôn trong loạt báo cáo tại miền Bắc Việt Nam. Chuẩn bị cho Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn và Ngân hàng Phát triển Châu Á, Hà Nội, Việt Nam. <http://icem.com.au/port-portfolio-items/promote-climate-resilient-rural-infr> Hạ tầng-in-nắc-Việt Nam-report-series /

MPWT (Bộ Công chính và Giao thông vận tải, Lào). 2008. *Hướng dẫn quy định độ dốc*. Vientiane: Chính phủ CHDCND Lào.

GITEC. 2018. Nghiên cứu chuẩn bị dự án (PPS) cho Chương trình cơ sở hạ tầng nông thôn giai đoạn VI (PPS RIP 6): Hướng dẫn thích ứng khí hậu đối với đường nông thôn RIP, Lào và Việt Nam.

Henning, Theun Frederick Phillip, Susan Tighe, Ian Douglas Greenwood và Christopher R. Bennett. 2017. *Tích hợp biến đổi khí hậu vào quản lý tài sản đường bộ*: Báo cáo Kỹ thuật 2017. Washington, DC: Ngân hàng thế giới. <http://documents.worldbank.org/curated/en/981831493278252684/Technical-report-2017>.

Chương 5: Tìm kiếm các giải pháp vận tải đa phương thức trên phạm vi toàn quốc

Chương này trình bày quá trình xây dựng một hệ thống vận tải đa phương thức trong nghiên cứu này. Tiếp theo đó, chương này đánh giá vai trò của hình thức vận tải đa phương thức trong trường hợp hạ tầng đường bộ hư hỏng bằng cách phân tích lựa chọn chuyển đổi vận tải từ đường bộ sang đường sắt.

Theo kết quả phân tích được trình bày trước đó, mỗi phương thức vận tải đã được đánh giá riêng để hiểu rõ vai trò của từng phương thức trong trường hợp hạ tầng đường bộ hư hỏng. Trong thực tế, khi hạ tầng đường bộ hư hỏng, chúng ta sẽ cân nhắc các phương án vận tải khác để duy trì tính liên tục của dịch vụ vận tải. Dữ liệu cơ sở của nghiên cứu này cho thấy các giải pháp chuyển đổi đa phương thức chưa được phân tích kỹ ở Việt Nam. Do đó, chương này sẽ đánh giá những thay đổi trong hệ thống vận tải nếu giả định rằng, các giải pháp vận tải đa phương thức luôn được tính toán phù hợp để khắc phục sự cố trên mỗi phương thức vận tải.

Chương này tìm câu trả lời cho các vấn đề chính sau đây:

- Các giải pháp vận tải đa phương thức nào hiện đang được áp dụng để đảm bảo dịch vụ liên tục nếu các phương thức vận tải riêng lẻ bị hư hỏng hoặc gián đoạn do tác động của các sự cố tự nhiên bên ngoài?
- Việc áp dụng các giải pháp đa phương thức có mang lại lợi ích nào không, xét về khả năng giảm tổn thất?

Chuyển đổi từ phương thức này sang phương thức khác thông qua kết nối đa phương thức vận tải là một giải pháp thích ứng tiềm năng; trong trường hợp thực hiện giải pháp ưu tiên này, cần đối sánh lợi ích thu được với các chi phí liên quan khi hỗ trợ, cải tạo các tuyến giao thông đa phương thức và nâng cấp phương thức vận tải. Kết quả phân tích được trình bày ở đây đưa ra những lợi ích của vận tải đa phương thức để hỗ trợ cung cấp thông tin cho quá trình ra quyết định.

Quá trình phân tích lượng hóa tác động của vận tải đa phương thức thông qua hai chỉ số:

- *Chỉ số tác động kinh tế tổng thể*: Mức độ quan trọng tổng thể về kinh tế của các tuyến đường trong mạng lưới, được đo lường bằng tổng thiệt hại kinh tế vĩ mô với các chi phí phân phối lại hàng hóa tăng lên do sự cố gián đoạn giao thông
- *Chuyển đổi lưu lượng vận tải trung bình giữa các phương thức*: Tổng lưu lượng chuyển đổi từ một phương thức bị gián đoạn giao thông sang các phương thức khác trong hệ thống vận tải đa phương thức

Các bước thực hiện chính khi phân tích hệ thống đa phương thức bao gồm:

- Xác định và xây dựng các tuyến liên kết tại tất cả các địa điểm có thể chuyển đổi vận tải đa phương thức
- Ước tính chi phí chuyển đổi vận tải trong hệ thống đa phương thức

- Tiến hành phân tích sự cố, như đã nêu trong phần phân tích mức độ rủi ro, để xây dựng và triển khai các mạng lưới vận tải đa phương thức nhằm chuyển đổi tuyến đường vận tải khi cần thiết
- Ước tính các chỉ số vận tải đa phương thức

Kết quả phân tích hệ thống đa phương thức được trình bày ở đây chỉ xem xét các kịch bản sự cố với hệ thống đường bộ và đường sắt quốc gia.

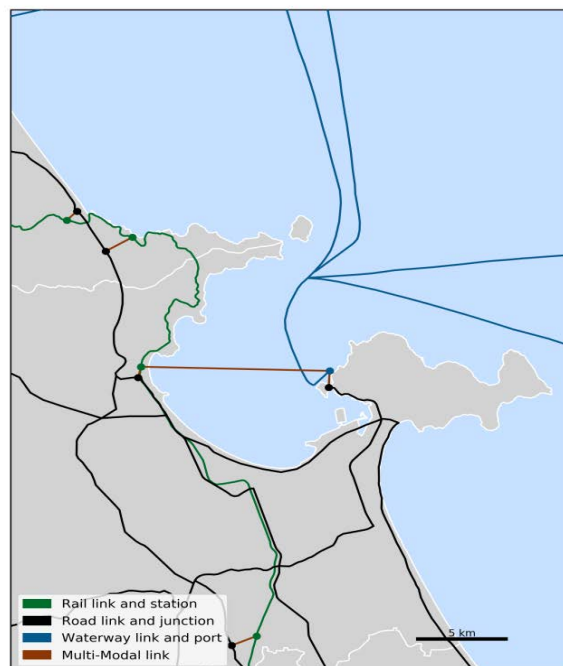
Các tuyến liên kết và chi phí vận tải đa phương thức

Nghiên cứu đã xây dựng sơ đồ vật lý cho mạng lưới đa phương thức để phân tích trên quy mô quốc gia, trong đó sử dụng mô hình đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa và đường biển. Nghiên cứu giả định các nội dung dưới đây khi xây dựng các tuyến liên kết trong hệ thống đa phương thức:

- Để tạo các tuyến liên kết đường bộ - cảng và đường sắt - cảng, tất cả các cảng nội địa và cảng biển được xác định là một điểm trong mạng lưới đa phương thức và được kết nối với các nút đường bộ và đường sắt gần nhất.
- Để tạo các tuyến liên kết đa phương thức giữa đường sắt và đường bộ, tất cả các ga đường sắt đã được chọn là một điểm trong mạng lưới đa phương thức và được kết nối với các nút đường bộ gần nhất.
- Để xây dựng bản đồ không gian cho phù hợp với thực tế, chỉ những tuyến liên kết đa phương thức có chiều dài <3 km mới được chọn.

Các tuyến liên kết trong mạng lưới đa phương thức thể hiện tăng cường đáng kể sự kết nối giữa các phương thức vận tải, đặc biệt là các điểm tiếp cận gần nhất để chuyển đổi từ phương thức này sang một phương thức vận tải khác. Tập trung vào một vị trí cụ thể trong mạng lưới, một sơ đồ mẫu được mô tả trong Hình 5.1.

Hình 5.1. Các tuyến liên kết đa phương thức trong mô hình mạng lưới



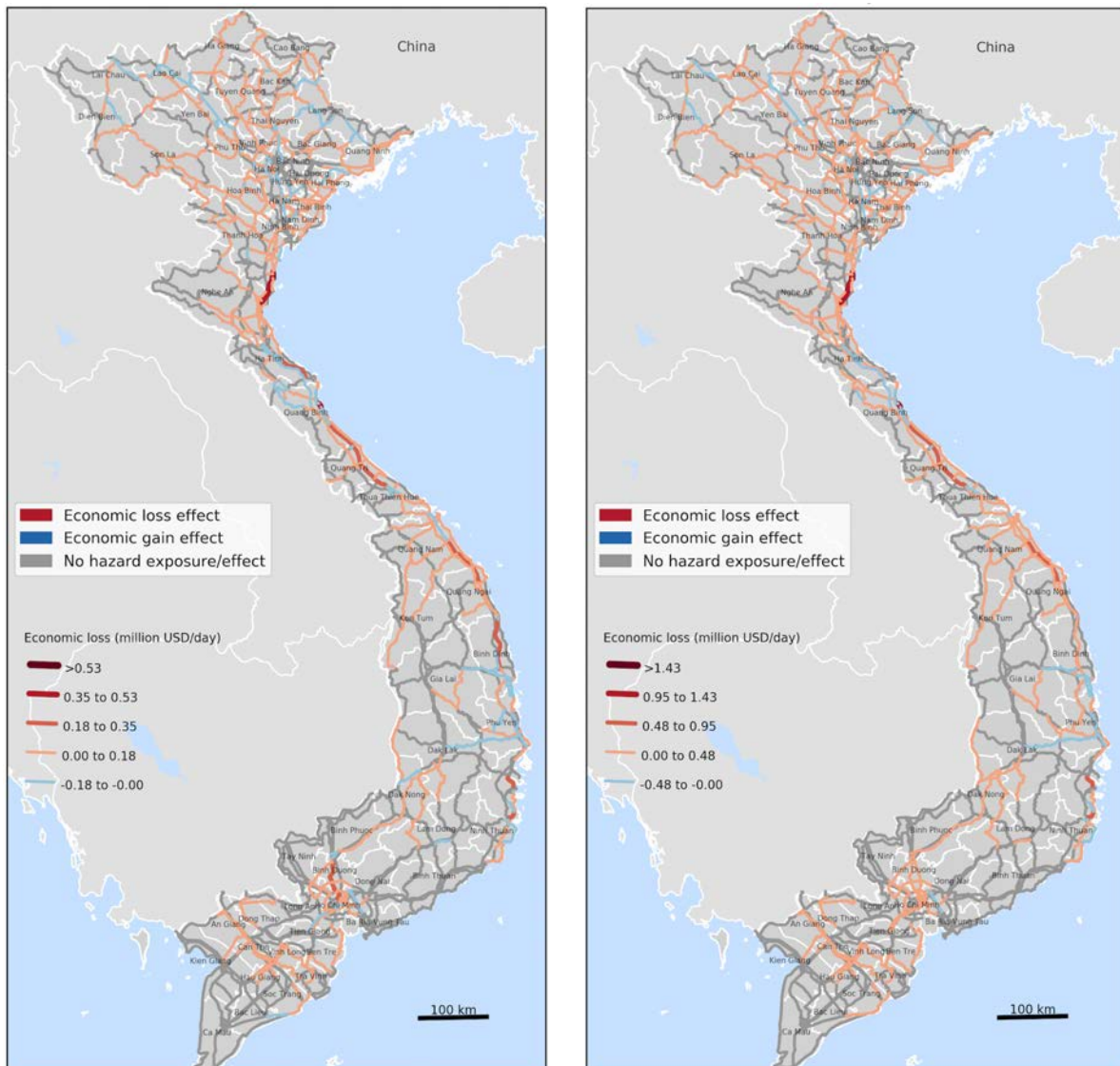
Kết quả chuyển đổi một phần lưu lượng vận tải giữa các phương thức trong phân tích rủi ro đường bộ

Tổng cộng 968 sự cố đường bộ được xác định trong phân tích mức độ rủi ro đường bộ đã được thử nghiệm đưa vào trong mạng lưới đa phương thức. Đối với mỗi kịch bản sự cố, quá trình phân tích đã ước tính tần suất gián đoạn trong hoạt động vận tải, thiệt hại kinh tế vĩ mô, thiệt hại khi cần chuyển đổi tuyến vận tải và các tác động chung về kinh tế. Theo các kết quả phân tích, tác động lớn nhất của mô hình vận tải đa phương thức là thay đổi trong các chi phí phân phối lại hàng hóa vì hầu hết các sự cố vận tải do sử dụng duy nhất một phương thức đã được loại trừ. Do đó, dựa trên các tác động kinh tế ròng và thay đổi trong chi phí chuyển đổi tuyến vận tải, các kết quả chính được trình bày như dưới đây.

Phương án chuyển đổi vận tải hoàn toàn từ đường bộ sang các phương thức khác thông qua các tuyến liên kết đa phương thức rõ ràng không đảm bảo tính thực tế, bởi các mạng lưới giao thông khác, ví dụ như đường sắt, không thể đáp ứng khối lượng vận tải lớn của hệ thống đường bộ. Để khả thi và thực tế hơn, quá trình phân tích đã tập trung vào các trường hợp, phương án chuyển đổi một phần nhỏ lưu lượng vận tải từ đường bộ (do bị gián đoạn) sang các phương thức khác trong mạng lưới đa phương thức, đồng thời chuyển khối lượng hàng hóa còn lại sang các tuyến đường bộ không gặp sự cố. Khi thảo luận giải pháp này, nghiên cứu giả định rằng, với mỗi kịch bản sự cố đường bộ, 90 % hàng hóa được chuyển hướng vận tải sang các tuyến đường bộ khác và 10 % còn lại được định tuyến sang một phương thức vận tải có chi phí thấp nhất trong hệ thống đa phương thức — tất nhiên vẫn có thể là nằm trong mạng lưới đường bộ.

Kết quả trong Hình 5.2 cho thấy, 10 % lưu lượng vận tải được chuyển đổi sang phương thức khác cũng có thể giúp giảm tác động kinh tế từ các sự cố đường bộ. Ví dụ: do áp dụng hình thức chuyển đổi phương thức vận tải, một số tuyến đường đạt giá trị kinh tế cao hơn, dao động từ 0,18 đến 0,47 triệu đô la Mỹ mỗi ngày. Ngoài ra, trong các kịch bản luồng vận tải tối thiểu và tối đa, mức độ thiệt hại kinh tế cao nhất với các tuyến có luồng vận tải lớn nhất đã giảm xuống còn 0,53 - 1,43 triệu đô la Mỹ mỗi ngày, so với giá trị tổn thất từ 0,67 - 1,9 triệu đô la Mỹ mỗi ngày trong trường hợp không chuyển tuyến và phương thức vận tải. Đặc biệt, khi chuyển đổi 10 % lưu lượng vận tải từ đường bộ sang các phương thức khác, thiệt hại kinh tế cũng giảm khoảng 20 đến 25%.

Hình 5.2. Tác động kinh tế tổng thể khi chuyển hướng vận tải 90% hàng hóa sang các tuyến đường bộ khác và 10% còn lại sang các phương thức khác thông qua các tuyến vận tải đa phương thức để xử lý sự cố đường bộ



A. Tác động kinh tế tối thiểu

B. Tác động kinh tế tối đa

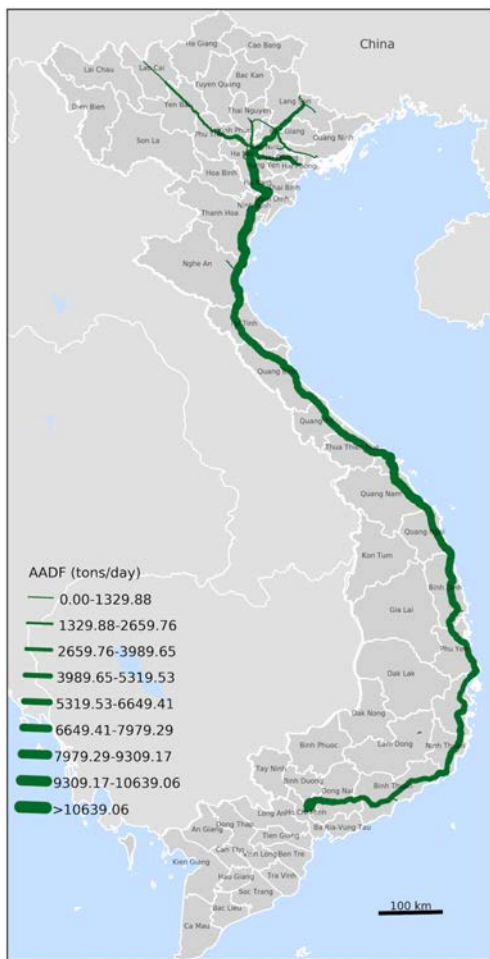
Trong phần tiếp theo của chương này, tác giả sẽ trình bày các tác động kinh tế (lợi ích và thiệt hại) của hệ thống đa phương thức, đồng thời xác định địa điểm để thực hiện hệ thống này. Hình 5.3 mô tả tác động gộp của việc phân phối lại 10% lưu lượng hàng hóa từ hệ thống đường bộ quốc gia sang các phương thức khác như đường sắt, đường thủy nội địa và đường biển. Trong mỗi hình, bản đồ A thể hiện kết quả phân phối lại lưu lượng hàng hóa sang hệ thống đường sắt; bản đồ B thể hiện kết quả gộp phân phối lại sang hệ thống đường thủy nội địa và đường biển. Kết quả cho thấy, đa phần các sự cố gián đoạn trong vận tải đường bộ thường có xu hướng chuyển tuyến sang phương thức đường sắt do đây là phương án tiết kiệm chi phí nhất và gần nhất với các tuyến đường có lưu lượng vận tải lớn. Nghiên cứu VITRANSS đã ước tính rằng chi phí vận chuyển đường sắt tại Việt Nam thấp hơn so với vận tải đường bộ (JICA và các cơ quan liên quan, 2000); kết quả này được áp dụng trong nghiên cứu này. Do đó, nếu chỉ phân luồng vận chuyển dựa trên chi phí vận chuyển, đường sắt chắc chắn là phương án ưu tiên hơn đường bộ. Đối với các kịch bản luồng vận tải tối thiểu và tối đa, hệ thống đường sắt có thể vận tải tối đa thêm khoảng 8,5 đến 10,600 tấn hàng hóa mỗi ngày nếu cần đáp ứng nhu cầu chuyển tuyến và phương thức vận tải. Điều này có thể giúp tăng gấp đôi khối lượng vận tải đường sắt, dựa trên khối lượng vận chuyển ước tính trong nghiên cứu này. Theo phân tích hiện tại (Systra 2018), hầu hết các tuyến đường sắt hiện đang hoạt động dưới công suất, ví dụ:

- Dọc theo tuyến đường sắt từ Hà Nội đến Hồ Chí Minh, khối lượng vận tải hàng hóa chỉ sử dụng 35 - 41 % tổng công suất vận hành của mạng lưới và công suất vận tải còn lại ước tính từ 0 đến 29 phần trăm, trong đó hệ thống đường sắt xung quanh Sài Gòn đã hoạt động theo công suất tối đa.
- Với theo các tuyến đường sắt còn lại ở phía bắc (kết nối với Hà Nội), vận tải hàng hóa chỉ sử dụng 11 đến 30 % công suất mạng lưới và công suất vận tải còn lại ước tính từ 48 đến 85 %.

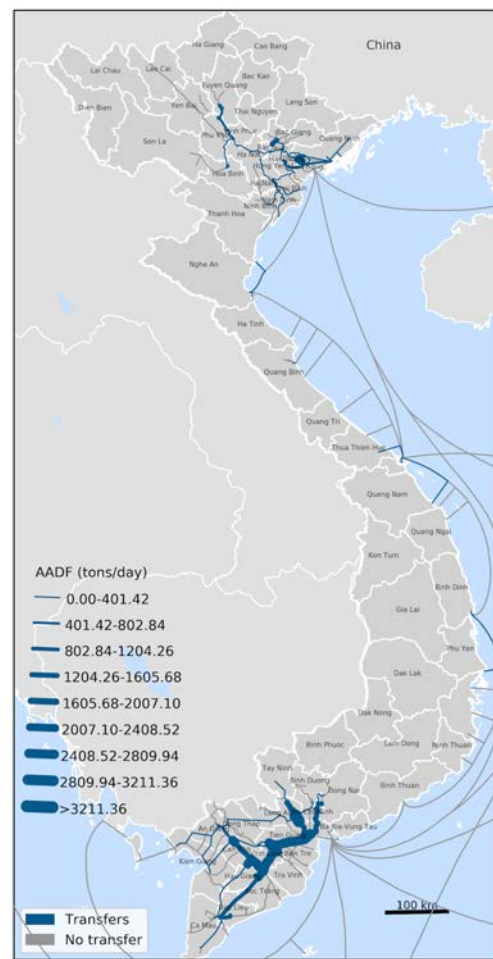
Trên cơ sở này, phương án phân phối lại hàng hóa từ đường bộ sang đường sắt là khá khả thi, đặc biệt dọc theo các tuyến đường sắt ở phía bắc. Hơn nữa, kết quả Hình 5.2 cũng cho thấy lợi ích từ việc chuyển đổi dù là 10 phần trăm lưu lượng hàng hóa từ các tuyến đường bộ bị gián đoạn sang đường sắt dọc theo tuyến Hà Nội - Lào Cai.

Khi so sánh giữa đường sắt và đường thủy, phương án ưu tiên vẫn nghiêng về đường sắt, ngoại trừ tại một phần nhỏ khu vực phía bắc và phần lớn khu vực phía Nam do chưa phát triển mạng lưới đường sắt. Với khối lượng lớn hàng hóa được vận chuyển trên các tuyến đường thủy khu vực phía nam, lưu lượng vận tải tính toán trong nghiên cứu này có thể được chuyển đổi sang phương thức vận tải phù hợp với từng khu vực mà vẫn đảm bảo nằm trong công suất vận hành.

Hình 5.3. Phân phối lại tối đa 10% lưu lượng hàng hóa sang mạng lưới đường sắt và đường thủy do sự cố trên các tuyến đường bộ



A. Lưu lượng chuyển đổi tối đa từ hệ thống đường bộ (đường sắt)



B. Lưu lượng chuyển đổi tối đa từ hệ thống đường bộ (đường thủy và đường biển)

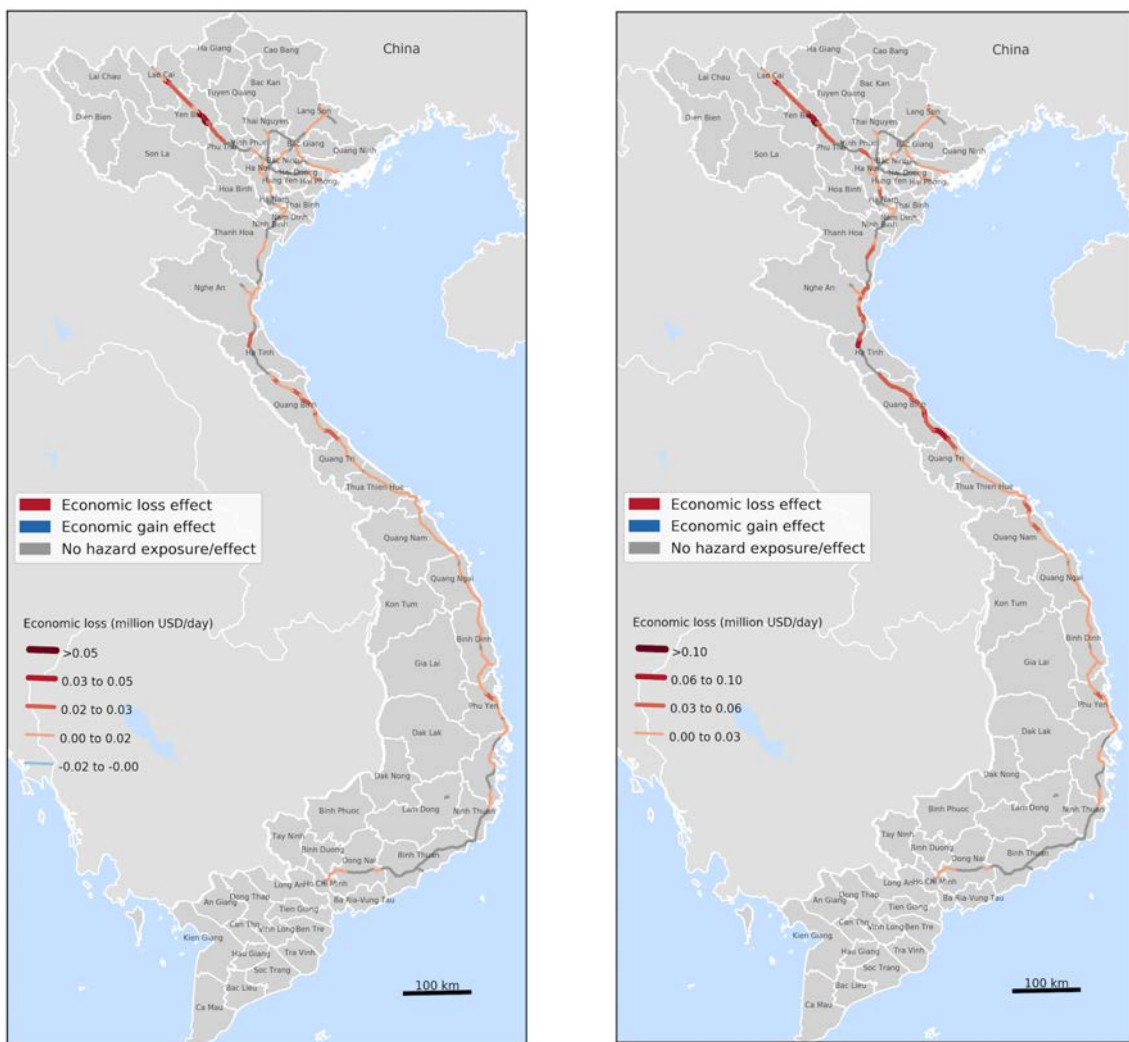
Kết quả phân tích rủi ro đường sắt

Tổng cộng 164 sự cố đường sắt được xác định trong phân tích mức độ rủi ro đường sắt cũng đã được tính toán thử nghiệm; trong mỗi kịch bản rủi ro, nghiên cứu đã ước tính mức độ gián đoạn vận tải, thiệt hại kinh tế vĩ mô, thiệt hại khi cần chuyển đổi tuyến vận tải và các tác động chung về kinh tế. Kết quả phân tích lại chỉ ra rằng, tác động lớn nhất của mô hình vận tải đa phương thức là thay đổi trong các chi phí phân phối lại hàng hóa vì hầu hết các sự cố vận tải do sử dụng duy nhất một phương thức đã được loại trừ. Mô hình không phát hiện bất kỳ trường hợp thiệt hại kinh tế vĩ mô đáng kể nào. Theo đó, kết quả phân tích đã thể hiện các tác động kinh tế rỗng, chủ yếu là do thay đổi chi phí chuyển đổi tuyến vận tải.

Hình 5.4 thể hiện các tác động kinh tế từ sự cố các tuyến đường sắt tương ứng với lưu lượng vận tải tối thiểu, tối đa và các kịch bản chi phí tổng thể, trong đó các tác động kinh tế với mỗi tuyến đường sắt được tính toán cụ thể cho duy nhất tuyến đường sắt đó. So với kết quả trong Hình 3.2, sự khác biệt lớn nhất khi loại bỏ tất cả các kịch bản sự cố vận tải do sử dụng duy nhất một phương thức là giảm được các thiệt hại kinh tế. Ngoài ra, trong nhiều đoạn tuyến đường sắt ở phía nam trên hành

trình Hà Nội - Hồ Chí Minh, một số đoạn được tính toán sẽ mang lại lợi ích kinh tế khi áp dụng hệ thống đa phương thức, được thể hiện bằng các giá trị âm và bôi màu xanh lam trên bản đồ. Cụ thể, lợi ích kinh tế có thể đạt từ 0,02 đến 0,06 triệu đô la Mỹ mỗi ngày, dựa trên các kịch bản lưu lượng hàng hóa tối thiểu và tối đa. Ngoài ra, thiệt hại kinh tế tối đa cũng giảm từ 0,05 đến 0,10 triệu đô la Mỹ mỗi ngày; kết quả này khá tương phản với kết quả trong Hình 3.2, trong đó mức độ thiệt hại kinh tế của các tuyến vận tải này trong khoảng 2,3 đến 2,6 triệu đô la Mỹ mỗi ngày với cùng các kịch bản rủi ro tương tự. Tuy nhiên, như đã mô tả trong Hình 5.2, đường sắt là một phương án vận tải tiết kiệm chi phí hơn so với đường bộ, việc chuyển đổi từ vận tải đường sắt sang các phương thức khác dọc theo tuyến đường sắt Hà Nội - Lào Cai sẽ dẫn đến thiệt hại kinh tế.

Hình 5.4. Tác động kinh tế tổng thể của các giải pháp chuyển đổi tuyến vận tải từ đường sắt sang đường bộ, đường thủy nội địa và đường biển thông qua các tuyến vận tải đa phương thức



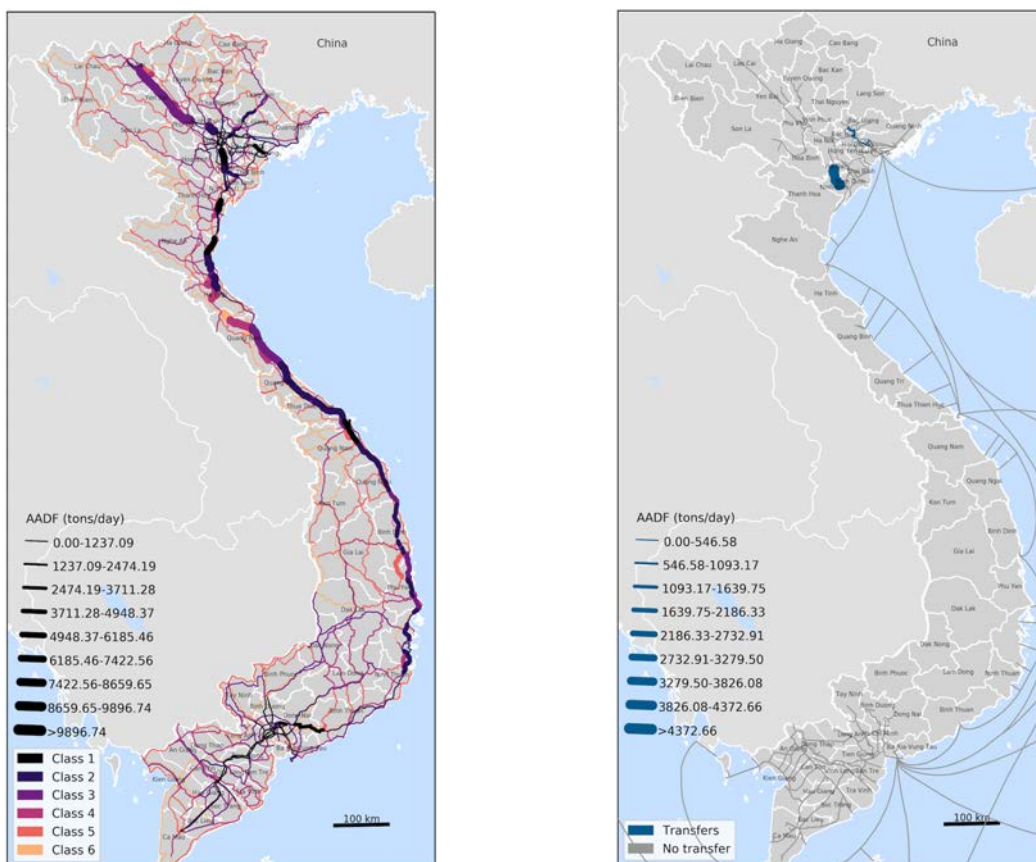
A. Tác động kinh tế tối thiểu

B. Tác động kinh tế tối đa

Hình 5.5 mô tả tác động gộp của việc phân phối lại lưu lượng hàng hóa từ hệ thống đường sắt và đường bộ sang các phương thức khác như đường bộ, đường thủy nội địa và đường biển. Trong mỗi hình, bản đồ A thể hiện kết quả phân phối lại lưu lượng hàng hóa sang hệ thống đường bộ quốc gia; bản đồ B thể hiện kết quả gộp phân phối lại sang hệ thống đường thủy nội địa và đường biển. Kết quả cho thấy, đa phần các sự cố gián đoạn trong vận tải đường sắt thường có xu hướng chuyển tuyến sang phương thức đường bộ do đây là phương án gần nhất với các tuyến đường sắt có lưu lượng vận tải lớn. Các tuyến đường bộ quốc gia có thể vận tải tối đa thêm khoảng 8.300 - 9.900 tấn hàng hóa mỗi ngày để đáp ứng nhu cầu chuyển tuyến và phương thức vận tải theo các kịch bản luồng hàng hóa tối thiểu và tối đa, phần lớn là do chuyển đổi phương thức dọc theo tuyến Hà Nội - Lào Cai. Các tuyến đường thủy có thể vận tải tối đa thêm khoảng 3.200 - 4.300 tấn hàng hóa mỗi ngày để đáp ứng nhu cầu chuyển tuyến và phương thức vận tải theo các kịch bản luồng hàng hóa tối thiểu và tối đa, chủ yếu là do chuyển đổi phương thức tại các tỉnh phía bắc.

Do lưu lượng vận tải đường sắt thấp hơn nhiều so với đường bộ, các phương thức vận tải khác có thể đáp ứng được nhu cầu vận tải của hệ thống đường sắt khi cần chuyển đổi phương thức. Mặc dù việc chuyển đổi phương thức từ đường sắt sang các phương thức khác làm giảm mức độ tổn thất, việc tắc nghẽn giao thông thường xuyên trên các tuyến đường bộ thay thế có thể làm phát sinh thêm chi phí. Kết quả phân tích rủi ro vận tải đường bộ đã chứng minh lợi ích đầu tư vào một tuyến đường sắt trọng điểm cũng như các phương án vận tải đa phương thức phù hợp hơn, thay vì chỉ phụ thuộc vào vận tải đường bộ.

Hình 5.5. Phân phối lại lưu lượng vận tải tối đa sang hệ thống đường bộ và đường thủy (đường thủy nội địa và đường biển) do các sự cố gây gián đoạn hệ thống đường sắt



A. Lưu lượng phân phối lại tối đa (đường bộ quốc gia)

B. Lưu lượng phân phối lại tối đa (đường thủy nội địa và đường biển)

Tài liệu tham khảo

JICA (Cơ quan Hợp tác Quốc tế Nhật Bản), Bộ Giao thông Vận tải, Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải. 2000. *Nghiên cứu về chiến lược phát triển giao thông vận tải quốc gia tại Việt Nam (VITRANSS) - Báo cáo kỹ thuật số 3: Chi phí và giá cước vận tải tại Việt Nam*. Tokyo, Nhật Bản: JICA, Tập đoàn ALMEC và Công ty tư vấn quốc tế Thái Bình Dương.

[Http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11596814.pdf](http://open_jicareport.jica.go.jp/pdf/11596814.pdf).

Systra. 2018. Strengthening of the Railway Sector in Vietnam. | Phát triển ngành đường sắt tại Việt Nam. Báo cáo 3.2: Phân tích nhu cầu vận chuyển hàng hóa bằng đường sắt. Việt Nam.

Chương 6: Kết luận và Khuyến nghị về chính sách

Như đã đề cập trước đó, báo cáo này nhằm xây dựng khung phương pháp luận để tính toán, phân tích các rủi ro vận tải tại Việt Nam. Thông qua việc mô phỏng khung phương pháp luận, nghiên cứu đã đưa ra một công cụ phân tích, ưu tiên các phương án tăng cường khả năng thích ứng trong hoạt động vận chuyển dựa trên phạm vi không gian, rủi ro và lợi ích thích ứng. *Do đó, mục tiêu chính của báo cáo này là khuyến nghị các cơ quan liên quan tại Việt Nam áp dụng công cụ phân tích rủi ro không gian địa lý, đồng thời dựa trên các kiến thức, thông tin cũ và mới được tổng hợp qua dự án này để xác định vai trò, giá trị đầu tư vào các hoạt động tăng cường khả năng thích ứng.*

Dựa trên kết quả phân tích và kinh nghiệm thực hiện dự án này, nghiên cứu đưa ra một số khuyến nghị với các bên liên quan như dưới đây:

Gia tăng mức độ tổn thương do biến đổi khí hậu

Khuyến nghị: Ngành vận tải tại Việt Nam cần sẵn sàng thích ứng với cường độ và tần suất rủi ro thiên tai ngày càng gia tăng do tác động của biến đổi khí hậu.

Kết quả phân tích đã chứng minh rằng, với lĩnh vực giao thông vận tải ở Việt Nam, các hiện tượng thời tiết cực đoan và các rủi ro thiên tai tương tự tính trên cùng một quy mô không gian sẽ gia tăng theo các kịch bản biến đổi khí hậu. Tổng số km tối đa của tuyến đường bộ quốc gia và đường sắt cùng với mạng lưới tỉnh lộ dễ bị ảnh hưởng bởi các hiện tượng khí hậu cực đoan sẽ tăng lên trong tất cả các kịch bản biến đổi khí hậu. Tất cả các cảng nội địa, cảng biển và cảng hàng không lớn đều trở thành đối tượng dễ bị tổn thương do hiện tượng ngập lụt sẽ xuất hiện với tần suất ngày càng tăng, đặc biệt khi mực nước cực trị trong các trận lũ lụt theo chu kỳ lặp lại 1.000 năm có thể xuất hiện trong các trận lũ theo chu kỳ lặp lại 5 năm.

Ưu tiên tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới giao thông nhằm tối đa lợi ích kinh tế

Khuyến nghị: Kiến thức hệ thống về các vị trí mà sự cố gây nên rủi ro kinh tế cao hơn đặt ra bài toán kinh tế cấp thiết về việc đầu tư nâng cao khả năng chống chịu của mạng lưới giao thông của Việt Nam trước những hiện tượng cực đoan khí hậu.

Mô hình và kết quả phân tích thể hiện rõ các nguy cơ mang tính hệ thống và những vị trí có rủi ro cao trong mạng lưới liên quan đến từng loại thiên tai cụ thể; đây là các địa điểm ưu tiên khi cần phân tích chi tiết hơn về khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu. Kết quả mô hình cho thấy các vị trí của mạng lưới đường bộ mà nếu phát sinh sự cố có thể dẫn đến thiệt hại rất cao lên tới 1,9 triệu US\$ mỗi ngày trong khi sự cố đường sắt có thể dẫn đến thiệt hại lên tới 2,6 triệu US\$ mỗi ngày. Các thiệt hại kinh tế vĩ mô do gián đoạn trong hệ thống vận tải có ý nghĩa quan trọng khi phân tích thiệt hại tổng thể. Nhìn chung, các phân tích hệ thống vận tải thường bỏ qua các rủi ro đó, dẫn đến việc đánh giá chưa đầy đủ các tác động của gián đoạn hệ thống vận tải.

So sánh các rủi ro hiện tại và tương lai cho thấy bài toán cấp thiết cần đầu tư xây dựng các tuyến đường bộ và đường sắt quốc gia có khả năng chống chịu khí hậu tại Việt Nam. Ngoài ra, các phân tích so sánh này cũng chỉ ra rằng khả năng tiếp cận cơ hội kinh tế của một số tỉnh sẽ bị ảnh hưởng

nghiêm trọng nếu không đầu tư xây dựng các tuyến đường có thể thích ứng với biến đổi khí hậu. Thiệt hại kinh tế hàng năm dự kiến - một chỉ số đo lường rủi ro - do sự cố vận tải bắt nguồn từ tình trạng lũ lụt dưới tác động của biến đổi khí hậu trong tương lai có thể tăng đáng kể ít nhất 100% trên các tuyến đường bộ, đường sắt quốc gia và mạng lưới tỉnh lộ. Toàn bộ các tuyến đường chính trong hệ thống đều thể hiện xu hướng tăng này.

Khuyến khích đầu tư để tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới vận tải

Khuyến nghị: Mạng lưới đường bộ của Việt Nam cần được đầu tư để đại tu các tài sản đường bộ hiện có theo tiêu chuẩn thiết kế chống chịu khí hậu cao hơn. Mặc dù tốn kém nhưng lợi ích mà các khoản đầu tư như vậy mang lại vượt xa chi phí bỏ ra cho các tài sản mạng lưới ưu tiên, giúp đảm bảo tính bền vững kinh tế lâu dài.

Phân tích cho thấy các mạng lưới đường bộ quy mô quốc gia và quy mô tỉnh đều cần lập kế hoạch thích ứng để bảo vệ trước các mối nguy liên quan đến khí hậu trong tương lai. Trong bối cảnh cụ thể tại Việt Nam, các giải pháp can thiệp thích ứng với mạng lưới đường bộ được xem xét trong nghiên cứu này bao gồm:

- Gia cố mặt đường;
- Cải thiện năng lực tiêu, thoát nước mặt đường;
- Bảo vệ nền đường;
- Ổn định mái dốc nền đường; và
- Cải thiện hệ thống thoát nước chéo (hệ thống cống). Nghiên cứu này đề xuất thiết kế hệ thống đường có thể thích ứng với biến đổi khí hậu, bao gồm kết hợp tất cả các giải pháp trên.

Các ưu tiên đầu tư tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới vận tải cần dựa trên kết quả đánh giá các chi phí đầu tư vào mạng lưới giao thông cũng như lợi ích đầu tư do tránh được các sự cố gián đoạn. Việc phân tích chi phí và lợi ích của các giải pháp can thiệp trong hệ thống vận tải phải dựa trên các rủi ro đánh giá; nói cách khác, cần xem xét xác suất và hệ quả các sự cố trong mạng lưới vận tải. Nghiên cứu này đã cung cấp bằng chứng về tất cả các bước thực hiện này, bao gồm các bằng chứng cần thiết để xác định các giải pháp can thiệp ưu tiên.

Phân tích cho thấy Tỷ suất lợi ích chi phí (BCR) của các khoản đầu tư nhằm tăng cường khả năng thích ứng của các tuyến đường bộ quốc gia đa phần đều lớn hơn 1. Kết quả phân tích cho thấy, đối với một số tuyến đường bộ quốc gia, chi phí nâng cấp hạ tầng để thích ứng với biến đổi khí hậu có thể lên tới 3,4 triệu đô la Mỹ/ km, so với chi phí xây dựng 1,0 triệu đô la Mỹ mỗi km đường bộ theo các tiêu chuẩn hiện nay. Tuy vậy, lợi ích kinh tế cao mà các khoản đầu tư này mang lại cho thấy chi phí đầu tư cao là hoàn toàn xứng đáng. Tương tự, trong mạng lưới tỉnh lộ, một số hạ tầng giao thông trong số này bao gồm hệ thống cầu và đường dân sinh, vốn có vai trò quan trọng trong việc tiếp cận địa điểm thực hiện các hoạt động kinh tế. Đối với các mạng lưới đường bộ, tỉ lệ lợi ích-chi phí lớn hơn trong các kịch bản rủi ro thiên tai trong tương lai là bằng chứng thuyết phục phương án đầu tư tăng cường khả năng thích ứng để hạn chế các rủi ro thiên tai.

Tuy nhiên, trong một số trường hợp, các phương án thích ứng đã được lựa chọn và phân tích có thể không phải là giải pháp tốt nhất để tăng cường khả năng thích ứng; do đó, cần phải nghiên cứu thêm một số công nghệ phù hợp nhằm tăng cường khả năng thích ứng của cơ sở hạ tầng giao thông với các rủi ro thiên tai. Trong một số trường hợp, các giải pháp được đề xuất với một địa điểm cụ thể. Ví dụ: hai giải pháp thích ứng cần xem xét bao gồm:

1. Bảo vệ chống xói lở với móng và móng trụ cầu, và
2. Các hệ thống dự báo và cảnh báo, giúp hạn chế tai nạn giao thông và các sự cố lật tàu - vốn là các nguyên nhân gây gián đoạn giao thông vận tải.

Báo cáo này đã trình bày hướng xem xét, đánh giá lợi ích của các giải pháp thích ứng; trên cơ sở đó, có thể áp dụng quy trình tương tự khi đánh giá các giải pháp khác không được đề cập trong nghiên cứu này. Ví dụ như, ngoài các giải pháp đầu tư trực tiếp và các công nghệ ứng phó với biến đổi khí hậu, cần áp dụng các cơ chế vận hành phù hợp để đảm bảo hiệu quả bền vững. Các chi phí vận hành cần được tính toán kết hợp với chi phí vòng đời của hạ tầng giao thông, đảm bảo đánh giá chi phí-lợi ích hiệu quả các giải pháp thích ứng.

Khuyến khích tăng cường liên kết vận tải đa phương thức và tính hiệu quả của các phương thức vận tải

Khuyến nghị: Mạng lưới giao thông vận tải của Việt Nam cần vận hành như một hệ thống đa phương tiện tích hợp bằng cách tăng cường các liên kết vận tải đa phương thức hiện có cũng như xây dựng các liên kết mới.

Nghiên cứu này đã chứng minh rằng, các tác động kinh tế do các sự cố gián đoạn có thể giảm đi bằng cách mở rộng tính kết nối trong vận tải đa phương thức. Một số ý kiến có thể đánh giá giải pháp này là lãng phí và không hiệu quả; tuy nhiên, việc mở rộng tính kết nối và tối ưu hóa công suất vận tải sẽ hỗ trợ vận tải hàng hóa và hành khách cũng như mang đến nhiều phương án chuyển đổi tuyến vận tải khi phát sinh các sự cố gián đoạn quy mô lớn.

Nghiên cứu này đã thể hiện rõ ràng các lợi ích phân phối lại lưu lượng hàng hóa từ mạng lưới đường bộ sang đường sắt, đường thủy nội địa và đường biển. Việc phân phối lại hàng hóa vận tải, dù chỉ là 10% tổng lưu lượng, từ đường bộ sang các phương thức khác, đặc biệt là đường sắt, có thể giảm 20-25 % thiệt hại kinh tế. Việc tăng cường hiệu quả vận tải đường sắt và đường thủy có thể hạn chế các rủi ro của hệ thống đường bộ (vốn thường xuyên xảy ra tình trạng tắc nghẽn), đồng thời tận dụng công suất dư thừa của hệ thống đường sắt khi cần chuyển đổi lưu lượng hàng hóa từ vận tải đường bộ. Các giải pháp đa phương tiện có thể hạn chế đáng kể các rủi ro với hệ thống đường sắt và cần được xem xét cụ thể hơn trong tương lai.

Khắc phục hạn chế về dữ liệu cho các nghiên cứu tiếp theo

Khuyến nghị: Trong nghiên cứu này, việc phân tích rủi ro của toàn bộ hệ thống giao thông vận tải đã chứng minh có thể hỗ trợ lập kế hoạch tăng cường năng lực thích ứng của hoạt động vận tải. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy, các bên liên quan cần tăng cường năng lực, phối hợp hiệu quả để thực hiện các nghiên cứu trong tương lai và tiếp tục cải thiện chất lượng các dữ liệu cơ sở.

Như đã nêu trong báo cáo, nghiên cứu này gặp nhiều khó khăn về dữ liệu cơ sở. Một số hạn chế liên quan đến việc thu thập, chuẩn hóa các nguồn dữ liệu sau:

- Dữ liệu mô tả hình học các mạng lưới hạ tầng, bao gồm các tham số phù hợp
- Lưu lượng vận tải theo các điều kiện và xu hướng vận tải mới nhất
- Phân bổ chi phí giao thông vận tải theo các điều kiện hiện tại
- Dòng chảy dữ liệu cho thấy cấu trúc hiện tại của kinh tế trong nước và khu vực
- Các rủi ro thiên tai cho cùng phạm vi không gian và theo các kịch bản biến đổi khí hậu tại Việt Nam
- Dữ liệu về tính thời vụ của các rủi ro thiên tai và lưu lượng vận tải
- Thông tin về thời gian gián đoạn vận tải và giải pháp khắc phục
- Chi phí các giải pháp thích ứng phù hợp với Việt Nam

nghiên cứu khuyến nghị khắc phục các hạn chế về các nguồn dữ liệu cơ sở này để hỗ trợ thực hiện các nghiên cứu tiếp theo, đồng thời tiếp tục đầu tư phát triển mạng lưới giao thông vận tải.

Để tăng cường năng lực chuẩn hóa và chia sẻ dữ liệu, nghiên cứu khuyến nghị các bên liên quan cần tăng cường phối hợp, trong đó bao gồm: Bộ GTVT, Tổng cục đường bộ, Sở GTVT, Cục Hàng không Việt Nam, Cục Hàng hải Việt Nam, Cục Đường thủy Nội địa Việt Nam, Viện Chiến lược và Phát triển Giao thông vận tải, Bộ NN&PTNT, Bộ TN&MT, Tổng cục thống kê và các đơn vị khác.

Nhóm nghiên cứu đã xây dựng quy trình khắc phục những hạn chế này bằng cách công bố công khai các kết quả nghiên cứu (<https://github.com/oi-analytics/vietnam-transport>), và xây dựng một tài liệu người dùng, trong đó bao gồm các yêu cầu chuẩn hóa dữ liệu (<https://vietnam-transport-risk-analysis.readthedocs.io/en/latest/>). Việt Nam sẽ cần phát triển đội ngũ chuyên môn để phát huy lợi ích từ các giải pháp sáng tạo này.

Mô hình xây dựng trong nghiên cứu này có độ mở cần thiết để có thể điều chỉnh trong tương lai. Nghiên cứu chỉ tập trung vào một số khía cạnh kinh tế-xã hội của hạ tầng giao thông. Đặc biệt, nghiên cứu chưa đánh giá vai trò của hạ tầng giao thông trong việc thúc đẩy vận tải hành khách (đến nơi làm việc hoặc các mục đích khác) cũng như trong thị trường lao động. Các nghiên cứu tiếp theo có thể tập trung vào các nội dung này và những lợi ích kinh tế, xã hội khác của hạ tầng giao thông. Nghiên cứu đã khuyến nghị ưu tiên đầu tư để tăng cường khả năng thích ứng của mạng lưới giao thông vận tải, trong đó cần tính toán các chi phí, tính hiệu quả của các giải pháp can thiệp thay thế. Các nghiên cứu tiếp theo có thể căn cứ vào kết quả đánh giá rủi ro trong mạng lưới vận tải như đã được trình bày trong báo cáo này.

Phụ lục A: Phương pháp luận cho Đánh giá rủi ro vận tải và khả năng thích ứng

Khung phương pháp và Cấu trúc triển khai

Hình A.1 đưa ra một cái nhìn tổng quan bằng đồ hoạ về cách tiếp cận hệ thống tổng thể, bao gồm các hợp phần được giải thích dưới đây. Các chương của báo cáo trình bày chi tiết về các dữ liệu và mô hình cho các hợp phần sau:

A. **Tổng hợp các loại thiên tai:** (A-1) Tổng hợp các bộ dữ liệu về thiên tai trong hiện tại và tương lai theo phạm vi không gian, cường độ và chu kỳ lặp lại (hoặc xác suất), và xác định các loại thiên tai có giá trị vượt ngưỡng nhất định.

B. **Tổng hợp các mạng lưới vận tải đa phương thức:** Mục đích là tổng hợp các hệ thống vận tải đa phương thức. Các bước để thiết lập hệ thống tổng thể này bao gồm (B-1) Thu thập dữ liệu Hệ thống thông tin địa lý (GIS) và xây dựng các mô hình mạng lưới kết nối từ các dữ liệu này; (B-2) Xác định các địa điểm trên mạng lưới và gán các đặc tính (ví dụ: điều kiện đường xá, loại cảng, ga xe lửa ...); (B-3) Xác định các nút giao thông chính cho vận tải hàng hoá (điểm đi và điểm đến); (B-4) Thu thập dữ liệu về vận tải hàng hoá và tích hợp vào các địa điểm mạng lưới; (B-5) Tổng hợp thông tin về các lựa chọn phân chia phương thức vận tải và xây dựng các biện pháp đo lường hiệu suất dựa trên chi phí cho mạng lưới đa phương thức; (B-6) Gán lưu lượng vận chuyển tuyến cố định (điểm đi - điểm đến) trên mạng lưới dựa trên chi phí thấp nhất để xây dựng các ước tính lưu lượng vận tải hàng hoá trung bình mỗi ngày hàng năm (AADF); (B-7) Ở quy mô cấp tỉnh, xác định các khu vực tập trung dân cư cho các tuyến mục tiêu trên mạng lưới đường bộ.

C. **Phân tích sự cố và gián đoạn luồng giao thông:** Tiếp theo các bước A và B, phân tích gián đoạn luồng giao thông bao gồm: (C-1) Liên kết các thiên tai với mạng lưới để xác định các điều kiện dẫn đến sự cố mạng lưới; (C-2) Tìm các tuyến đường OD (điểm đi-đến) bị gián đoạn hiện tại; (C-3) Xác định các phương án chuyển đổi tuyến đường và chuyển hướng lưu lượng vận tải sang các tuyến đường thay thế; (C-4) Ước tính tổn thất trọng tải hàng hoá hoặc lượt hành khách do gián đoạn khi không có các phương án chuyển đổi tuyến đường; (C-5) Ước tính các thay đổi về đo lường hiệu suất như thay đổi chi phí vận tải hàng hoá hay thay đổi khả năng tiếp cận với các địa điểm quan trọng trong các tỉnh.

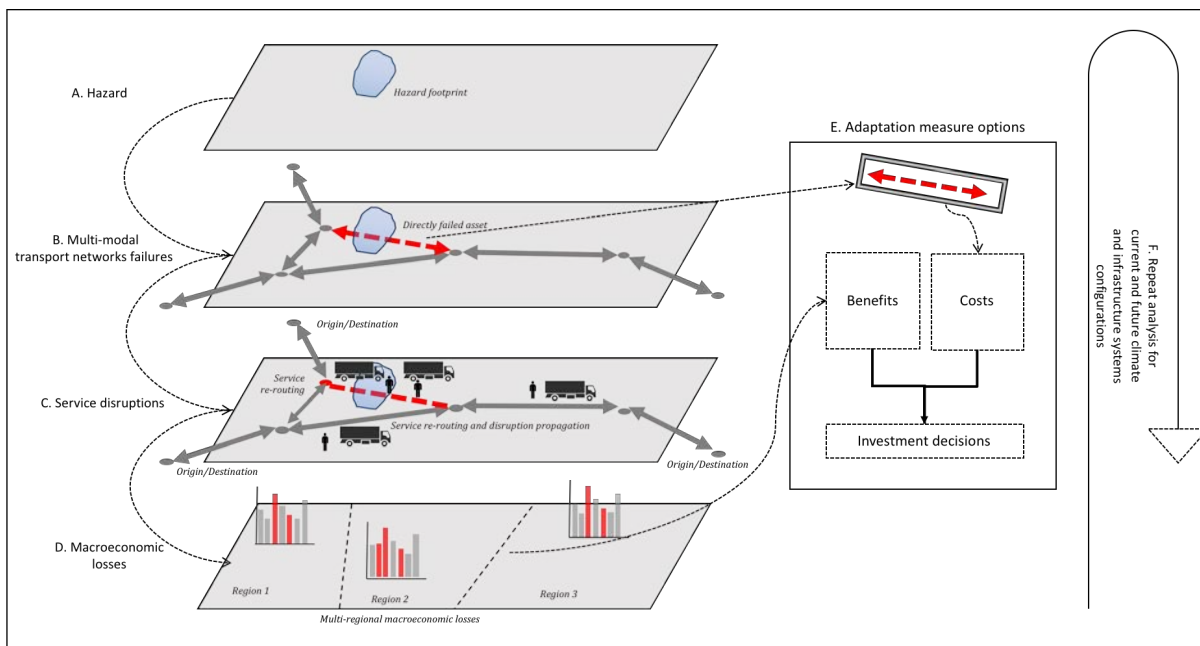
D. **Phân tích tổn thất về kinh tế vĩ mô:** Tiếp theo bước C, phân tích tổn thất về kinh tế vĩ mô bao gồm (D-1) Tổng hợp các bộ dữ liệu đầu vào-đầu ra (IO) để lập bản đồ về quan hệ giao thương giữa các tỉnh; (D-2) Chuyển đổi tổn thất trọng tải hàng hoá sang tổn thất dòng chảy kinh tế theo US\$/ngày (tổn thất cung trực tiếp và tổn thất cầu trực tiếp); (D-3) Ước tính tổn thất kinh tế gián tiếp trên hệ thống đa vùng.

E. **Phân tích các phương án thích ứng:** Tiếp theo bước D, ước tính Giá trị hiện tại ròng (NPV) của phương án thích ứng bao gồm (E-1) Xây dựng các chiến lược đầu tư nhằm tăng cường khả năng thích ứng; (E-2) Tổng hợp dữ liệu các chi phí tổn thất tài sản, chi phí một lần và chi phí bảo trì định kỳ theo các phương án thích ứng khác nhau; (E-3) Tổng hợp các ước tính về tỷ lệ chiết khấu và thời gian thực hiện các kế hoạch thích ứng; (E-4) Tính toán Giá trị hiện tại ròng (BRC) theo các Công thức từ (3) đến (6).

F. **Xây dựng các kịch bản tương lai:** Để xác định khả năng tổn thất và sự cố trong tương lai, các bước phân tích bao gồm (F-1) Tổng hợp số liệu thống kê về các kịch bản tăng trưởng các tuyến OD trong tương lai dựa trên tăng trưởng dự kiến về Tổng sản phẩm quốc nội (GDP) của quốc gia hoặc khu vực; (F-2) Tích hợp các thay đổi cấu trúc vào mạng lưới (nếu khả thi) liên quan đến điều kiện thay đổi về các kết nối giao thông (ví dụ: xây thêm đường rải nhựa, nâng cấp tuyến xe lửa); (F-3) Tổng hợp số liệu thống kê và ước tính các thay đổi về đo lường hiệu suất để xác định các hàm chi phí tổng quát trong tương lai; (F-4) Xây dựng các tùy chọn phương thức cho các phân luồng vận tải mới. Để nắm bắt một cách có hệ thống bản chất của các tổn thất và gián đoạn, phân tích được lặp lại vài lần đối với các sự kiện thiên tai khác nhau. Phân tích cũng có thể được cập nhật cho các cấu hình mạng lưới hạ tầng giao thông hiện có và tương lai cũng như các sự kiện thiên tai do biến đổi khí hậu để thực hiện đánh giá tính dễ bị tổn thương, rủi ro và khả năng thích ứng.

Khung phương pháp luận nêu trên nhất quán với các khung phương pháp luận từng được áp dụng ở Cộng hòa Tanzania (Pant và cộng sự 2018b) và Anh (Thacker và cộng sự 2017a), để cung cấp đầu vào cho đánh giá tính dễ bị tổn thương của hạ tầng giao thông cũng như đánh giá rủi ro thiên tai cục bộ ở quy mô khu vực (Pant và cộng sự 2018b) và quốc gia (Thacker và cộng sự 2017b).

Hình A.1 Trình bày đồ họa Khung đánh giá rủi ro hệ thống tổng thể hạ tầng giao thông



Các định nghĩa quan trọng

Khuôn khổ sẽ trình bày các loại đánh giá hệ thống tổng thể khác nhau có thể giúp ích cho quá trình ra quyết định:

- **Đánh giá mức độ quan trọng:** *Mức độ quan trọng là thước đo về vai trò của kết nối giao thông và gây tác động gián đoạn đến phần còn lại của kết cấu hạ tầng giao thông* (Pant và cộng sự 2015). Kết quả xếp hạng các tài sản mạng lưới trong đánh giá mức độ quan trọng được dựa trên tác động tương đối của chúng lên khả năng cung cấp dịch vụ của mạng lưới giao thông vận tải (Arga Jafino 2017).
- **Đánh giá tính dễ bị tổn thương:** *Tính dễ bị tổn thương là thước đo về hậu quả tiêu cực từ sự cố gián đoạn kết nối giao thông do những cú sốc bên ngoài* (Pant và cộng sự 2016). Đánh giá tính dễ bị tổn thương được thực hiện trong bối cảnh thiên tai và giúp hiểu được tác động tương đối của thiên tai đối với khả năng hoạt động liên tục của hệ thống giao thông vận tải.
- **Đánh giá rủi ro:** *Rủi ro là sản phẩm của tính toán xác suất xảy ra thiên tai và hậu quả của sự cố kết nối giao thông*. Đánh giá rủi ro giúp nắm bắt được tác động so sánh lên tần suất xảy ra các hiểm hoạ khác nhau và gán điểm tổng hợp cho hầu hết các kết nối giao thông bị gián đoạn.
- **Kế hoạch thích ứng:** Kế hoạch thích ứng bao gồm các biện pháp kỹ thuật nhằm giảm thiểu rủi ro. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, *kế hoạch thích ứng là để tận dụng các cơ hội liên quan đến biến đổi khí hậu* (Füssel 2007). Đối với các hệ thống giao thông vận tải, việc lập kế hoạch thích ứng có nghĩa là tìm cách xác định các tài sản và địa điểm cần được ưu tiên đầu tư nhằm tối đa hoá lợi ích trong việc giảm thiểu rủi ro.

Tất cả các đánh giá ở trên được thực hiện để tìm hiểu tác động của của gián đoạn lưu lượng dịch vụ mạng lưới giao thông do thiên tai. *Lưu lượng dịch vụ mạng lưới được hiểu là thước đo tổng thể về lưu lượng di chuyển giữa các địa điểm mạng lưới trong một khung thời gian lựa chọn*. Các địa điểm mà giữa chúng lưu lượng dịch vụ được đo lường được gọi là các tuyến vận tải gồm 2 điểm đi-đến, với lưu lượng được định hướng từ điểm đi tới điểm đến. Trong nghiên cứu này, lưu lượng mạng lưới được mô hình hoá và đo lường theo:

- *Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm (AADF):* Trọng lượng vận tải hàng hóa ước tính được vận chuyển vào một ngày bình thường giữa các địa điểm khác nhau trong mỗi mạng lưới. Các thước đo này được rút ra từ một mô hình.
- *Lưu lượng xe trung bình hàng năm (AADT):* Ước tính số lượng xe thương mại di chuyển vào một ngày bình thường giữa các địa điểm mạng lưới đường bộ khác nhau. Các thước đo này được rút ra từ dữ liệu quan sát được.¹
- *Chỉ số doanh thu thuần:* Ước tính doanh thu thuần hàng ngày của các hàng hóa và dịch vụ tiếp cận một vị trí quan trọng thông qua mạng lưới giao thông. Những chỉ số này được ước tính để đánh giá khả năng tiếp cận các địa điểm quan trọng thông qua mạng lưới đường bộ ở cấp tỉnh.

Các ước tính về lưu lượng mạng lưới được dựa trên các thước đo hiệu suất cho phép định lượng các tiêu chí được sử dụng để gán lưu lượng trên mạng lưới. Trong nghiên cứu này, các thước đo chính về hiệu suất mạng lưới để gán lưu lượng vận tải hàng hoá và doanh thu thuần phụ thuộc vào:

- Việc xác định các địa điểm quan trọng và hiểu biết về phạm vi phân bố không gian của vận tải hàng hoá, ví dụ như việc lập bản đồ và theo dõi các tuyến vận tải hàng hoá giữa các tỉnh.
- Các lựa chọn phân chia phương thức về vận tải hàng hoá;
- *Chi phí tổng thể*, là thước đo tổng hợp về chi phí vận tải (tính bằng US\$), được biểu thị bằng hàm số của thời gian di chuyển, cước phí vận tải và tính sẵn có của dịch vụ.

Ước tính về gián đoạn lưu lượng mạng lưới được thực hiện thông qua phân tích sự cố. *Sự cố được định nghĩa là điều kiện trong đó một nút mạng lưới hoặc kết nối bị mất hoàn toàn chức năng. Nghiên cứu này không xem xét trường hợp các nút hoặc kết nối mạng lưới gặp sự cố có thể hoạt động một phần.* Lý do cho việc chỉ xem xét các tình huống mất hoàn toàn chức năng là: a) Mục tiêu chính là hiểu được tầm quan trọng của việc không bị gián đoạn chức năng của từng kết nối đối với phần còn lại của mạng lưới; và b) Mối quan tâm ở đây là việc mô phỏng các điều kiện của sự kiện thảm hoạ trong đó có những trường hợp bị mất hoàn toàn chức năng mạng lưới dọc các nút hoặc kết nối bị ảnh hưởng.

Nghiên cứu này thực hiện các phân tích sự cố dựa trên các thiên tai giao nhau về mặt không gian với các nút mạng lưới hoặc kết nối, để suy ra phạm vi chịu tác động của thiên tai. *Thiên tai biểu thị một cú sốc bên ngoài có thể dẫn đến sự cố trong mạng lưới giao thông vận tải.* Để xác định các tiêu chí về sự cố tài sản do ảnh hưởng của thiên tai, cần có các mô hình dựa trên quy trình vật lý chi tiết của các đường cong mức độ tổn hại² của tài sản cho các mức độ thiên tai nhất định, tuy nhiên điều này thường không thể thực hiện được. Ví dụ, mức độ tổn hại do lũ lụt của một con đường sẽ phụ thuộc vào kích thước vật lý của con đường đó, tiêu chuẩn xây dựng, loại vật liệu, cường độ của dòng lũ... *Để lựa chọn các nút mạng lưới và kết nối bị mất chức năng, các tiêu chí được đơn giản hoá, trong đó mức độ thiên tai vượt ngưỡng thảm hoạ đủ để gây ra sự cố.*

Đặc tính của các sự cố trong mạng lưới giao thông vận tải ảnh hưởng đến đặc tính của các gián đoạn đối với lưu lượng mạng lưới. *Gián đoạn được hiểu là sự thay đổi trong lưu lượng mạng lưới và thước đo hiệu suất do sự cố gián đoạn kết nối trong mạng lưới.* Ước tính về gián đoạn bao gồm các bước sau: a) Mỗi tuyến OD (điểm đi-điểm đến) qua các kết nối gặp sự cố sẽ được xem là không còn khả dụng; b) Lựa chọn phương án chuyển đổi tuyến đường lưu lượng cho tuyến OD bị gián đoạn theo tiêu chí phương án định tuyến tốt nhất tiếp theo với ước tính chi phí thấp nhất; c) So sánh lưu lượng phân phối lại và các thước đo hiệu suất mới với các giá trị trước khi bị gián đoạn.

Trong một số trường hợp, không có phương án chuyển đổi tuyến đường do tuyến OD đi qua các kết nối gặp sự cố là lựa chọn khả thi duy nhất. Những trường hợp này được gọi là *kịch bản sự cố gián đoạn hoàn toàn*, và mỗi kết nối dẫn đến kịch bản như vậy được gọi là *điểm sự cố đơn nhất*. *Điểm sự cố là một địa điểm trên các tuyến vận tải mà trong trường hợp sự cố có thể tác động đáng kể đến lưu lượng của các dịch vụ thiết yếu.* Trong nghiên cứu này, tác động gián đoạn của các điểm sự cố được đo lường như sau: a) tổn thất lưu lượng AADF; và b) tổn thất doanh thu thuần hàng ngày.

Trong các trường hợp có sẵn phương án chuyển đổi tuyến đường lưu lượng, tác động gián đoạn được đo lường bằng *chi phí phân bố lại lưu lượng vận tải*, hoặc chênh lệch giữa ước tính chi phí tổng thể sau phân bố lại và trước phân bố lại lưu lượng các tuyến OD. Nghiên cứu giả định rằng các phương án chuyển đổi tuyến đường được tận dụng đầy đủ mặc dù có thể kèm theo sự gia tăng về khoảng cách, thời gian và chi phí chuyển đổi tuyến đường.

Đối với các phân tích ở quy mô quốc gia, các điểm sự cố có thể dẫn đến *tổn thất dòng chảy kinh tế vĩ mô*, do tổn thất lưu lượng AADF. Tổn thất kinh tế vĩ mô được ước tính dựa trên bộ dữ liệu đầu vào-

đầu ra của kinh tế đa khu vực (MRIO) đối với các ước tính tổn thất do thảm hoạ (Koks và Thissen 2016). Bằng cách theo dõi loại lưu lượng và loại ngành công nghiệp liên quan ở từng tuyến OD bị gián đoạn, tổn thất kinh tế do tổn thất lưu lượng AADF dẫn đến:

- *Tổn thất cung ở cấp độ kinh tế vĩ mô* xảy ra khi năng lực sản xuất của các ngành công nghiệp bị giảm do thiếu hụt hàng hoá cần thiết cho hoạt động sản xuất.
- *Tổn thất cầu ở cấp độ kinh tế vĩ mô* xảy ra khi giảm nhu cầu đối với hàng hoá của các ngành công nghiệp bị gián đoạn do không thể tiếp cận được với thị trường.

Các tổn thất dòng chảy kinh tế nêu trên được xem là các *tổn thất trực tiếp* và có thể được mô tả như những tổn thất dòng chảy kinh tế xảy ra đối với các ngành công nghiệp bị ảnh hưởng trực tiếp do gián đoạn lưu lượng vận tải. Trong một hệ thống kinh tế đầu vào-đầu ra, các ngành công nghiệp này có liên quan tới nhiều ngành công nghiệp khác trong và giữa các khu vực mà kết hợp lại tạo thành một hệ thống kinh tế đa khu vực. Mối quan hệ giao thương này tạo thành các kết nối qua lại (cung và cầu) mà có thể bị gián đoạn do các tổn thất trực tiếp. Điều này dẫn đến các tổn thất gián tiếp mà có thể được hiểu là ảnh hưởng toàn hệ thống đến các doanh nghiệp và các ngành công nghiệp khác thông qua các kết nối qua lại, và trở thành hiệu ứng gợn sóng của tổn thất trực tiếp ban đầu (Okuyama và Santos 2014). Trong nghiên cứu này, các tổn thất kinh tế trực tiếp và gián tiếp của các điểm sự cố được ước tính bằng đô la Mỹ mỗi ngày và biểu thị tác động của tổn thất lưu lượng hàng hoá vận chuyển AADF.

Ước tính các phương án thích ứng

Phương án thích ứng là tập hợp các chiến lược và biện pháp khả dụng và phù hợp để giải quyết nhu cầu thích ứng (CSIR và cộng sự 2016). Tốt nhất chúng ta nên xem xét nhiều loại biện pháp thích ứng, bao gồm các thích ứng về cấu trúc, thể chế, thay đổi xã hội ... Trong nghiên cứu này, các phương án thích ứng liên quan đến các hoạt động đầu tư nhằm cải thiện độ tin cậy về mặt kết cấu của các kết nối giao thông. Tính hiệu quả của các phương án thích ứng khác nhau được đánh giá và so sánh thông qua phân tích chi phí-lợi ích (CBA), một kỹ thuật hiệu quả để so sánh giữa chi phí và lợi ích của một phương án (OECD 2006). Khi các phương án đòi hỏi hoạt động đầu tư để cải thiện độ tin cậy về kết cấu của các kết nối giao thông, thì:

1. Lợi ích của việc thích ứng được đo lường bằng tổng của Thiệt hại hàng năm dự kiến (EAD) và Tổn thất kinh tế hàng năm dự kiến (EAEL) đã tránh được. EAD biểu thị cho chi phí thiệt hại trực tiếp do các kết nối giao thông bị hư hỏng, trong khi EAEL biểu thị cho chi phí phát sinh do gián đoạn lưu lượng giao thông như được mô tả ở phần trước.
2. Chi phí thích ứng bằng tổng của chi phí vốn, CI , của một hoạt động đầu tư ban đầu để triển khai phương án được chọn, CP , để bảo đảm chất lượng của tài sản trong suốt vòng đời.
3. Giá trị ước tính của phương án thích ứng là chênh lệch giữa lợi ích và chi phí.
4. Lợi ích của phương án thích ứng được giả định là sẽ được duy trì trong thời gian dài, giá trị thực tế của một phương án thích ứng được ước tính trên thước đo thời gian hàng năm t_0, \dots, t_T , bắt đầu từ t_0 khi phương án được triển khai và tiếp tục trong khoảng thời gian dự kiến T . Từ đó, Giá trị hiện tại ròng (NPV) của phương án thích ứng là:

$$NPV = \sum_{j=0}^T TEADt_j + EAELt_j - CPt_j + r_j - CI t_0 \quad (3)$$

Trong đó EAD_{tj} là thiệt hại hàng năm dự kiến cho năm tj , $EAEL_{tj}$ là tổn thất kinh tế hàng năm dự kiến cho năm tj , Cl_{t0} là khoản đầu tư cho phương án thích ứng được thực hiện vào năm khởi động t_0 , CPT_{tj} là khoản đầu tư định kỳ cần thiết,³ r là tỷ lệ chiết khấu, và j là tổng số năm mà giá trị thích ứng được đánh giá.

5. Tỷ suất lợi ích/chi phí (BCR) có thể được ước tính tương tự để đánh giá tính hiệu quả của phương án thích ứng:

$$BCR = \frac{\sum_{j=0}^n (EAD_{tj} + EAEL_{tj} + rj) - TC_{PTj}}{\sum_{j=0}^n (1+r)^j} + Cl_{t0} \quad (4)$$

Các bước ước tính Giá trị hiện tại ròng (NPV) của phương án thích ứng bao gồm:

- Xây dựng một mẫu các sự kiện rủi ro theo xác suất;
- Lấy dữ liệu về chi phí thiệt hại tài sản, chi phí một lần của phương án thích ứng, và chi phí bảo dưỡng định kỳ;
- Ước tính các tổn thất kinh tế do sự cố kết nối giao thông theo hai cách, tùy thuộc vào quy mô của phân tích. Trong cả hai trường hợp, tổn thất kinh tế là các số liệu ước tính hàng ngày, sau đó được nhân với thời gian gián đoạn giả định:
 - a. Đối với phân tích mạng lưới quy mô quốc gia, tổn thất kinh tế bằng tổn thất kinh tế vĩ mô hàng ngày cộng với tổng chi phí chuyển đổi tuyến đường.
 - b. Đối với phân tích mạng lưới quy mô tỉnh, tổn thất kinh tế bằng tổn thất doanh thu thuận hàng ngày cộng với tổng chi phí chuyển đổi tuyến đường.

Quy trình ước tính NPV (hay BCR) của một phương án thích ứng được thực hiện cho tất cả các kết nối giao thông gặp sự cố, sau đó các ước tính NPV (và BCR) sẽ được xếp hạng. Các kết nối có giá trị BCR cao nhất cần được ưu tiên cho đầu tư, do lợi ích đem lại là cao nhất để duy trì độ tin cậy của hệ thống.

Quy trình tương tự có thể được lặp lại cho nhiều tập hợp phương án thích ứng, do nên xem xét vài phương án khả thi khác nhau. Như vậy, chúng ta có thể so sánh NPV trên tất cả các tài sản và tất cả các phương án thích ứng để chọn ra những giải pháp mang lại lợi ích cao nhất cho hệ thống. Khi xem xét vấn đề biến đổi khí hậu, chúng ta có thể tiếp tục so sánh hiệu quả của cùng một tập hợp phương án thích ứng giữa các kịch bản thiên tai hiện tại và kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai.

Phân tích sự không chắc chắn

Ở các phần trước, chúng tôi đã đề cập đến một số nguồn dẫn đến sự không chắc chắn trong toàn bộ quá trình đánh giá mức độ quan trọng, tính dễ bị tổn thương, rủi ro và khả năng thích ứng. Các nguồn này có thể bao gồm:

- Sự không chắc chắn đi cùng với ước tính về các thiên tai dự kiến dưới các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau.
- Sự không chắc chắn mang tính may rủi (Bae và cộng sự 2004) trong cấu trúc mô hình mạng do thiếu dữ liệu mạng lưới thích hợp;

- Sự không chắc chắn thuộc về tri thức⁴ trong các mô hình ước tính lưu lượng giao thông, do thông tin không chính xác về tốc độ mạng lưới, chi phí và trọng lượng;
- Sự không chắc chắn trong ước tính chi phí thiệt hại tài sản, chi phí của phương án thích ứng và chi phí bảo trì định kỳ.

Để vượt qua những thách thức về sự không chắc chắn này, nghiên cứu này áp dụng một cách tiếp cận vững chắc để hỗ trợ việc ra quyết định bằng cách mô phỏng hàng trăm đến hàng nghìn sự cố gián đoạn kết nối giao thông khác nhau do thiên tai, cả hiện tại và trong tương lai, để mô tả cách áp dụng các phương án thích ứng theo nhiều kịch bản sự cố khác nhau (Lempert và cộng sự 2013). Ở mỗi bước, độ nhạy của đầu ra mô hình với các thông số đầu vào được phân tích để xác định những thông số nào có ảnh hưởng nhiều nhất đến các ước tính. Cách tiếp cận này phù hợp với các phương pháp Ra quyết định trong những điều kiện bất trắc (DMDU) đang được áp dụng rộng rãi (Hallegatte và cộng sự 2012; Espinet và cộng sự 2018).

Các ước tính chắc chắn về NPV (hoặc BCR) của các phương án thích ứng khác nhau cho các sự cố kết nối giao thông được xây dựng thông qua việc tính toán NPV tối thiểu và tối đa đối với mỗi loại phương án cho mỗi loại kịch bản sự cố.

Để có được các ước tính này, nghiên cứu giả định rằng:

- Đối với mỗi phương án thích ứng, chi phí thích ứng và bảo trì được xác định hoặc ước tính trên một phạm vi rộng;
- Chi phí thiệt hại tài sản được xác định hoặc ước tính trên một phạm vi rộng;
- Tổn thất kinh tế được ước tính dựa trên một phạm vi rộng về trọng lượng, vận tốc, chi phí đi cùng mạng lưới.

Nghiên cứu kết luận rằng các kết nối giao thông với phương án thích ứng cho kết quả $NPV_{min} > 0$ (hoặc $BCR_{min} > 1$) và $NPV_{max} > 0$ (hoặc $BCR_{max} > 1$), cần được xem là các phương án “không hối tiếc” và cần được ưu tiên đầu tư. Việc ưu tiên các kết nối giao thông như vậy có thể được thực hiện bằng cách chấm điểm BCR và chọn ra các giá trị cao nhất do chúng mang lại lợi ích cao nhất về cải thiện độ tin cậy mạng lưới giao thông.

Ghi chú

1. Không có các số liệu đo lường AADT cho các mô hình vận tải khác.
2. Đường cong mức độ tổn hại định lượng xác suất có điều kiện về sự cố của một tài sản đối với một mức độ thiên tai nhất định. Đường cong mức độ tổn hại được rút ra từ phân tích thống kê các dữ liệu sự cố trước đây, trong đó ghi nhận tình trạng của một tài sản và mức độ rủi ro. Các đường cong này có thể được tạo ra bằng cách mô phỏng các tài sản của một hệ thống dựa trên tiêu chuẩn thiết kế và kiểm tra độ chống chịu của tài sản đó dưới các mức độ thiên tai khác nhau.
3. Bảo trì có thể được coi là một phần của lợi ích, nếu chúng ta đang xem xét các sự cố không dẫn đến gián đoạn hoàn toàn. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, bảo trì được hiểu là chi phí để ngăn chặn sự cố thảm khốc của một tài sản.
4. Xem ghi chú 3

Tài liệu tham khảo

- Arga Jafino, Bramka. 2017. *Measuring Freight Transport Network Criticality: A Case Study in Bangladesh*. | *Đánh giá mức độ quan trọng cho Mạng lưới vận tải hàng hóa: Nghiên cứu điển hình ở Bangladesh* Delft, Netherlands: TU Delft (Đại học Công nghệ Delft). <http://resolver.tudelft.nl/uid:0905337b-cdf7-4f6e-9cf6-ac26e4252580>.
- Bae, Ha-rok, Ramana V. Grandhi và Robert A. Canfield. 2004. Các kỹ thuật định lượng không chắc chắn Epistemia không chắc chắn bao gồm cả lý thuyết bằng chứng cho các cấu trúc quy mô lớn. *Máy tính & Cấu trúc* 82 (13-14): 1101-12.
- Espinet, Xavier, Julie Rozenberg, Kulwinder Singh Rao và Satoshi Ogita. 2018. Ban hoa tiêu sử dụng phân tích mạng và ra quyết định trong tình trạng không chắc chắn trong hoạt động vận tải: Chuẩn bị và thẩm định dự án đường giao thông nông thôn ở Mozambique đang thay đổi rủi ro lũ lụt và những bất ổn sâu sắc khác. Tài liệu nghiên cứu chính sách 8490, World Bank, Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/787411529606457222/>.
- Füssel, Hans-Martin. 2007. "Adaptation Planning for Climate Change: Concepts, Assessment Approaches, and Key Lessons." | *Lập kế hoạch thích ứng với biến đổi khí hậu: Khái niệm, phương pháp đánh giá và bài học quan trọng*. *Khoa học bền vững* 2 (2): 265-275. DOI: 10.1007/s11625-007-0032-y.
- Hallegatte, Stephane, Ankur Shah, Robert Lempert, Casey Brown và Stuart Gill. 2012. "Investment Decision Making under Deep Uncertainty: Application to Climate Change." Tài liệu nghiên cứu chính sách 6193, World Bank, Washington, DC. <http://documents.worldbank.org/curated/en/194831468136208564>.
- Koks, Elco E. và Mark Thissen. 2016. "Một mô hình đánh giá tác động đa vùng để phân tích thảm họa." *Nghiên cứu hệ thống kinh tế* 28 (4): 429-449 doi: 10.1080/09535314.2016.1232701.
- Lempert, Robert, Nidhi Kalra, Suzanne Peyraud, Zhimin Mao, Sinh Bach Tan, Dean Cira, và Alexander Iotsch. 2013. "Đảm bảo Quản lý Rủi ro Lũ lụt tại thành phố Hồ Chí Minh. Tài liệu nghiên cứu chính sách 6465, World Bank, Washington, DC. <http://document.worldbank.org/curated/en/749751468322130916>.
- CSIR (Hội đồng nghiên cứu khoa học và công nghiệp), Paige-Green Consulting (Pty) Ltd và St Helens Consulting Ltd. 2016. *Thích ứng khí hậu: Quản lý rủi ro và tối ưu hóa khả năng chống chịu để tiếp cận tuyến đường để bị tổn thương ở châu Phi, Báo cáo các mối đe dọa khí hậu*. Dự án Đối tác tiếp cận cộng đồng châu Phi (AfCAP) GEN2014C. Luân Đôn: Nghiên cứu về Quan hệ đối tác tiếp cận cộng đồng (ReCAP) cho Bộ Phát triển quốc tế Anh (DFID). <http://research4cap.org/L Library / CSIR-Cortortium-2016-ClimateChangeAdaptation-ClimateThapseeReport-AfCAP-GEN2014C-16090.compression.pdf>.
- Okuyama, Yasu leather và Joost R. Santos. 2014. "Tác động của Thảm họa và phân tích Đầu vào-đầu ra." *Nghiên cứu hệ thống kinh tế* 26 (1): 1-12 doi: 10.1080/09535314.2013.871505.
- Pant, Raghav, Jim W. Hall, Simon. P. Blainey và John M. Preston. 2015. "Đánh giá điểm nút quan trọng của mạng lưới giao thông đa phương thức ở quy mô quốc gia." Báo cáo trình bày tại Hội nghị An toàn và Tin cậy của mạng lưới giao thông Châu Âu lần thứ 25, Zurich, Thụy Sĩ, tháng 9 năm 2015. <https://eprints.soton.ac.uk/385456>.

- Pant, Raghav, Jim W. Hall và Simon P. Blainey. 2016. "Vulnerability Assessment Framework for Interdependent Critical Infrastructures: Case Study for Great Britain's Rail Network." | Khung đánh giá khả năng dễ bị ảnh hưởng của các cơ sở hạ tầng quan trọng phụ thuộc lẫn nhau: Nghiên cứu điển hình Mạng lưới đường sắt của Vương quốc Anh. *Tạp chí Nghiên cứu Cơ sở Hạ tầng và Giao thông Châu Âu* 16 (1): 174-194. <https://eprints.soton.ac.uk/385442/>.
- Pant, Raghav, Elco E. Koks, Tom Russell và Jim W. Hall. 2018a. *Phân tích rủi ro vận tải cho Cộng hòa Tanzania: Đánh giá tính dễ bị tổn thương hệ thống của các Mạng lưới giao thông đa phương thức*. Dự thảo Báo cáo Tổng kết Công ty Phân tích Cơ sở Hạ tầng Oxford, Oxford, Vương quốc Anh. doi: 10.13140/RG.2.2.25497.26722
- Pant, Raghav, Scott Thacker, Jim W. Hall, David Alderson và Stuart Barr. 2018b. Đánh giá tác động đối với kết cấu hạ tầng quan trọng do nguy cơ lũ lụt. *Tạp chí Quản lý rủi ro lũ lụt* 11 (1): 22–33 doi: 10.1111/jfr3.12288.
- OECD (Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế) 2006. *Phân tích lợi ích/chi phí và môi trường: Những phát triển gần đây*. Paris: OECD. DOI: 10.1787/9789264010055-en
- Thacker, Scott, Raghav Pant và Jim W. Hall. 2017a. "System-of-Systems Formulation and Disruption Analysis for Multi-Scale Critical National Infrastructures." | Phân tích sự hình thành và sụp đổ của hệ thống các cơ sở hạ tầng quan trọng quốc gia ở nhiều quy mô khác nhau. *Kỹ thuật và An toàn Hệ thống* 167: 30–41. doi: 10.1016/j.ress.2017.04.023.
- Thacker, Scott, Stuart Barr, Raghav Pant, Jim W. Hall và David Alderson. 2017b. "Geographic Hotspots of Critical National Infrastructure." | Các điểm nóng địa lý của cơ sở hạ tầng quan trọng quốc gia. *Phân tích rủi ro* 37 (12): 2490–2505, doi: 10.1111/risa.12840.

Phụ lục B: Tổng quan các Bộ dữ liệu

Mỗi phương thức vận tải trong nghiên cứu này được xem là một mạng lưới, là tập hợp các nút giao thông được nối với nhau bằng một tập hợp các kết nối. Cấu trúc mạng lưới được định nghĩa là một cấu trúc mã hóa các nút giao thông và các kết nối giao thông. Để xây dựng các mô hình mạng lưới giao thông, cần xác định các kết nối giao thông cùng với thông tin về các nút giao thông liên quan, do tính chất không gian địa lý của hệ thống giao thông. Trong trường hợp không có những thông tin này, dữ liệu cơ sở hạ tầng cần được xử lý thêm bằng cách bổ sung dữ liệu hình học hoặc khắc phục các khoảng trống dữ liệu hình học để kết nối các nút giao thông, từ đó hoàn thiện cấu trúc liên kết mạng lưới.

Tất cả các mô hình mạng lưới được tạo từ dữ liệu không gian địa lý cần được xử lý sau đó để khắc phục các khoảng trống trong bộ dữ liệu thô cơ bản (Bảng B.1). Tùy thuộc vào chất lượng của các bộ dữ liệu thô nhận được, các mô hình mạng lưới đại diện cho các thuộc tính vật lý như độ dài, điều kiện và độ rộng của tài sản mạng lưới giao thông được xác định tương ứng với các hệ thống trong thế giới thực.

Bảng B.1. Các bộ dữ liệu thô thu thập từ các nguồn dữ liệu khác nhau để thực hiện Mô hình hoá phân tích rủi ro giao thông ở Việt Nam

Bộ dữ liệu	Phạm vi dữ liệu	Nguồn	Năm
	Cấp xã, huyện và tỉnh	TCTK, WHO	2016
Dữ liệu đầu vào - đầu ra kinh tế	Quy mô quốc gia	TCTK	2012
Đường quốc lộ	Quốc gia, tỉnh (chỉ đường bộ)	TDSI	2018
Đường liên tỉnh		Vietbando	2018
Đường sắt		VITRANSS II và Bộ GTVT	2009-2016
Đường thủy nội địa		Cục ĐTNĐVN	2018
Đường biển		Cảng – VINAMARINE Tuyến – WHO	2018
Sân bay		Sân bay – CAA Tuyến – OIA đã được mô hình hóa	2018
Lưu lượng xe	Điểm đi-đến liên tỉnh	VITRANSS II	2009
	Các địa điểm sản xuất hoa màu	IFPRI	2016
Giao thông vận tải Chi phí	Quốc lộ	Báo cáo của VITRANSS II (Ước tính với giá trị 2016)	2009-2016
Chi phí thích ứng	Đường bộ	Jasper Cook, VRAMS, PMU6	2018

Bộ dữ liệu thiên tai

Bảng B.2 cung cấp danh sách tất cả các bộ dữ liệu tổng hợp về thiên tai được sử dụng cho nghiên cứu này. Từ trái sang phải, bảng cho biết”

- Tên của loại thiên tai;
- Tên mô hình, được lấy từ nguồn dữ liệu hoặc được tạo ra cho nghiên cứu;
- Năm giả định của thiên tai được đại diện bởi mô hình;
- Kích bản khí hậu
- Xác suất xảy ra thiên tai (nếu có);
- Các giá trị được lựa chọn cho bộ dữ liệu thiên tai để lấy mẫu các thiên tai cực đoan;
- Các ngưỡng độ sâu ngập lụt cho tất cả các bộ dữ liệu ngập lụt để lấy mẫu các kịch bản ngập lụt cực đoan;
- Độ phân giải không gian và kích thước lưới tọa độ trong mô hình;
- Các tỉnh được đưa vào bản đồ thiên tai;
- Nguồn các bộ dữ liệu.

Để đánh giá rủi ro thiên tai, bộ dữ liệu thiên tai cần bao gồm tối thiểu các thông tin sau đối với mỗi loại thiên tai: a) phạm vi không gian; b) mức độ quan trọng; c) xác suất. Đáng tiếc là chỉ có các bản đồ cảnh báo ngập lụt được cung cấp cho nghiên cứu này chứa cả ba thuộc tính trên. Bản đồ ngập lụt do bão gây ra chỉ bao gồm phạm vi không gian và cường độ (độ sâu ngập lụt) và không có dữ liệu về xác suất. Các bản đồ cảnh báo lũ quét và sạt lở đất chứa đựng thông tin về khả năng xảy ra lũ quét hoặc sạt lở đất (độ nhạy cao hoặc rất cao) trên các khu vực được đánh giá nhưng không có thông tin xác suất.

Nghiên cứu đã sử dụng một số bản đồ cảnh báo thiên tai, trong đó dự báo diễn tiến biến đổi khí hậu trong tương lai dựa trên kịch bản đường nồng độ khí nhà kính đại diện (RCP) 4.5 và 8.5 (Meinshausen và đồng nghiệp, 2011). Các kịch bản RCP4.5 giả định rằng mức độ phát thải toàn cầu sẽ đạt đỉnh vào khoảng năm 2040 và sau đó giảm dần, trong khi các kịch bản RCP8.5 cho rằng mức độ phát thải toàn cầu sẽ không có xu hướng giảm trong suốt thế kỷ 21. Ngoài ra, nghiên cứu đã phân tích các bản đồ cảnh báo nguy cơ lũ quét và sạt lở đất cho 8 tỉnh khu vực phía bắc dựa trên các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 vào năm 2025 và 2050. Nghiên cứu cũng sử dụng các bản đồ ngập lụt hạ du lưu vực sông trên phạm vi cả nước, trong đó thể hiện tình trạng ngập lụt hiện tại và cảnh báo các khu vực ngập lụt trong tương lai theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 vào năm 2030 cũng như dựa vào mô hình GLOFRIS (Winsemius và đồng nghiệp, 2013). Ngoài ra, nghiên cứu cũng xem xét một mô hình cơ sở EUWATCH trình bày tình trạng ngập lụt hiện nay. Nghiên cứu cũng xem xét đầu ra của các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau liên quan đến tình trạng ngập lụt, sử dụng dữ liệu khí tượng thủy văn trong tương lai cho một nhóm 5 Mô hình khí hậu toàn cầu (Global Climate Models - GCM) trong dự án CMIP5 – GFDL-ESM2M,¹ HadGEM2-ES,² IPSL-CM5A-LR,³ MIROC-ESM-CHEM,⁴ và NorESM1-M.⁵ Tất cả các bản đồ cảnh báo ngập lụt hiện tại và tương lai được lấy bằng cách giảm tỷ lệ các mô hình thủy văn phân bố toàn cầu với độ phân giải $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ (khoảng $50 \text{ m} \times 50 \text{ km}$ ở khu vực xích đạo) xuống còn $1/120^\circ \times 1/120^\circ$ ($900 \text{ m} \times 900 \text{ m}$ xung quanh đường xích đạo) để có được bản đồ tỷ lệ quốc gia. Với việc sử dụng các mô hình này, các bản đồ cảnh báo ngập lụt trong tương lai cho thấy trung bình độ sâu ngập lụt tối đa từ năm 2010 đến 2049. Nghiên cứu này được giả định là đại diện cho các kịch bản lũ lụt năm 2030. Mỗi đầu ra của mô hình cho phép tạo ra chín bản đồ cường độ lũ khác nhau để thể hiện lũ lụt có thể xảy ra mỗi: 2, 5, 10, 25, 50, 100, 250, 500, và 1000 năm.

Bảng B.2. Bộ dữ liệu thiên tai được tổng hợp cho nghiên cứu

Loại rủi ro	Tên mô hình	Năm	Kịch bản khí hậu	Xác suất	Giá trị theo dải	Độ sâu ngập lụt (mét)	Độ phân giải không gian	Phạm vi không gian	Nguồn		
Nguy cơ sạt lở đất	Bộ TN&MT	2016	—	—	3 - cao 4 - rất cao	—	30m×30m	8 tỉnh miền Trung ^a	VIGMR-Bò TN&MT 2014 ^b		
		2016	—					Thanh Hóa ^c	Bộ NN&PTNT, 2017		
		2016	—					—			
	IMHEN	2025	RCP4.5, RCP8.5	—	4 - cao 5 - rất cao	—	30m×30m	15 tỉnh miền Bắc ^d	Bộ NN&PTNT, 2016		
		2050	—								
		2016	—								
Nguy cơ lũ quét	Bộ NN&PTNT Cấp 13 – 16 ^e	2016	—	—	—	—	100m×100m	28 tỉnh ven biển ^g	Bộ NN&PTNT, 2016		
		2016	—					0,01, 0,05, 0,1, 0,2	Thanh Hóa	Bộ NN&PTNT 2012 ^h	
		2016	—						—	—	
	MIROC-ESM-CHEM	2030	RCP4.5, RCP8.5	—	0,001, 0,002, 0,004, 0,01, 0,02, 0,04, 0,1, 0,2, 0,5	—	—	900m×900m	Cả nước	GLOFRIS ⁱ	
											MIROC-ESM-CHEM
											GFDL-ESM2M
NorESM1-M	2030	RCP4.5, RCP8.5	—	0,001, 0,002, 0,004, 0,01, 0,02, 0,04, 0,1, 0,2, 0,5	—	—	900m×900m	Cả nước	GLOFRIS ⁱ		
										NorESM1-M	
										IPSL-CM5A-LR	
HadGEM2-ES	2030	RCP4.5, RCP8.5	—	0,001, 0,002, 0,004, 0,01, 0,02, 0,04, 0,1, 0,2, 0,5	—	—	900m×900m	Cả nước	GLOFRIS ⁱ		
										IPSL-CM5A-LR	
										HadGEM2-ES	

Ghi chú:

- Các tỉnh Phú Yên, Bình Định, Quảng Nam, Đà Nẵng, Thừa Thiên Huế, Quảng Trị và Quảng Bình.
- Viện Khoa học Địa chất và Khoáng sản, Bộ Tài nguyên và Môi trường thực hiện điều tra sạt lở đất, đánh giá và khoanh vùng các khu vực miền núi để giảm thiểu rủi ro thiên tai trong năm 2014.
- Bộ dữ liệu ban đầu chứa các dải được hóa mã màu dựa trên nguyên tắc sau: (1) Đỏ = Dải 5; và (2) Cam = Dải 4.
- Các tỉnh Lào Cai, Lai Châu, Điện Biên, Yên Bái, Sơn La, Hòa Bình, Phú Thọ, Tuyên Quang, Hà Giang, Cao Bằng, Bắc Cạn, Thái Nguyên, Bắc Giang và Lạng Sơn.
- Năm 2017; Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn xúc tiến Dự án Tăng cường khả năng chống chịu với khí hậu cho cơ sở hạ tầng nông thôn các tỉnh miền Bắc Việt Nam do UNDP và ADB tài trợ.
- Các cấp độ bảo được xác định bởi tốc độ gió dựa trên phân loại Beaufort, cụ thể: (1) 13: 134–149 km/giờ; (2) 14: 150–166 km/giờ; (3) 15: 167–183 km/giờ; (4) 16: 184–201 km/giờ.
- Các tỉnh từ Ninh Thuận đến Quảng Ninh nằm dọc bờ biển Đông.
- Dự án Đánh giá rủi ro thảm họa của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn do Ngân hàng Thế giới tài trợ đã được hoàn thành trong năm 2012.
- Winsemius và cộng sự 2013.

Ghi chú

1. Từ NOAA ở Mỹ: <https://www.gfdl.noaa.gov/earth-system-model/>.
2. Từ Met Office ở Anh: <https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/metoffice-hadley-centre/hadgem2-es>.
3. Từ IPSL ở Pháp: <http://icmc.ipsl.fr/index.php/icmc-projects/icmc-international-projects/international-project-cmip5>.
4. Từ Nhật Bản: Watanabe, Mashahiro, Tatsuo Suzuki, Ryouta O'ishi, Yoshiki Komuro, Shingo Watanabe, Seita Emori, Toshihiko Takemura, Minoru Chikira, Tomoo Ogura, Miho Sekiguchi, Kumiko Takata, Dai Yamazaki, Tokuta Yokohata, Toru Nozawa, Hiroyasu Hasumi, Hiroaki Tatebe, và Masahide Kimoto. 2010. "Improved Climate Simulation by MIROC5: Mean States, Variability, and Climate Sensitivity." *Journal of Climate* 23: 6312-35 doi: 10.1175/2010JCLI3679.1.
5. Từ Na Uy: Bentsen, M., I. Bethke, J. B. Debernard, T. Iversen, A. Kirkevåg, Ø. Seland, H. Drange, C. Roelandt, I. A. Seierstad, C. Hoose, và J. E. Kristjánsson. 2013. "The Norwegian Earth System Model, NorESM1-M—Part 1: Description and Basic Evaluation of the Physical Climate." *Geosci Model Dev* 6 (3): 687-720 doi: 10.5194/gmd-6-687-2013.

Tài liệu tham khảo

- Meinshausen, M., S. J. Smith, K. Calvin, J. S. Daniel, M. L. T. Kainuma, J-F. Lamarque, K. Matsumoto, S. A. Montzka, S. C. B. Raper, K. Riahi, A. Thomson, G. J. M. Velders, D.P. P. van Vuuren. 2011. "The RCP Greenhouse Gas Concentrations and their Extensions from 1765 to 2300. | Mật độ khí nhà kính RCP và diễn biến từ năm 1765 đến 2300." *Biến đổi khí hậu* 109 (1-2): 213-241 doi: 10.1007/s10584-011-0156-z.
- Winsemius, HC, LPH Van Beek, B. Jongman, PJ Ward và A. Bouwman. 2013. "A Framework for Global River Flood Risk Assessments." *Hydrology and Earth System Sciences* 17 (5): 1871-92 doi: 10.5194/hess-17-1871-2013.

Phụ lục C: Kết quả dễ bị tổn thương cho các cảng

Đối với vận tải hàng không, đường thủy nội địa và các lĩnh vực hàng hải, báo cáo trình bày kết quả đánh giá mức độ quan trọng và tính dễ bị tổn thương được thực hiện ở quy mô các cảng lớn là những tài sản quan trọng nhất trong các hệ thống này. Phần tiếp theo trình bày các bảng tóm tắt cho từng lĩnh vực bao gồm tên và vị trí của cảng, lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm tối thiểu và tối đa (AADF) tại cảng có khả năng dễ bị phá vỡ, loại hình nguy hiểm có thể gây ra sự gián đoạn nói trên, kịch bản khí hậu cho mỗi nguy hiểm và xác suất rủi ro tối thiểu và tối đa của cảng.

Đối với từng ngành, rủi ro tác động của thiên tai do biến đổi khí hậu đều tăng lên. Mỗi bảng cho thấy rằng bất cứ nơi nào nguy cơ thiên tai được xác định với kịch bản có xác suất cao, thì xác suất tác động của thiên tai tối đa theo kịch bản khí hậu lớn hơn tác động của thiên tai hiện tại. Ví dụ, trong Bảng C.1, xác suất cơ ngập lụt tối đa tại cảng Hồ Chí Minh tăng lên 0,2 (5 năm xảy ra 1 lần) theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, so với 0,04 (25 năm xảy ra 1 lần) xác suất hiện nay. Điều này có nghĩa là trong tương lai cảng Hồ Chí Minh sẽ dễ bị ngập lụt thường xuyên hơn gấp 5 lần so với hiện tại. Quan sát cho thấy xu hướng tương tự trong tất cả các cảng chính trong các ngành, bao gồm hàng hải (Bảng C.2) và đường thủy nội địa (Bảng C.3).

Bảng C.1. Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm và Kết quả của kịch bản tác động của thiên tai đối với Sân bay

Tên	Xã	Huyện	Tỉnh	AADF (Tấn/ngày)		Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	
				Tối thiểu	Tối đa			Tối thiểu	Tối đa
Danang	Hòa Thuận Tây	Hải Châu	Đà Nẵng	26,0	28,3	Sạt lở đất	—	—	—
						Bão lũ	—	—	—
Cát Bi	Thành Đô	Hải An	Hải Phòng	5,6	5,8	Bão lũ	—	—	—
Phú Bài	Phú Bài	Hương Thủy	Thừa Thiên Huế	2,8	2,8	Ngập lụt	—	0,001	0,002
							RCP 4.5	0,001	0,01
							RCP 8.5	0,001	0,01
						Sạt lở đất	—	—	—
						Bão lũ	—	—	—

Bảng C.2. Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm và Kết quả của kịch bản tác động của thiên tai đối với cảng biển chính

Tên	Xã	Huyện	Tỉnh	AADF (tấn/ngày)		Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	
				Tối thiểu	Tối đa			Tối thiểu	Tối đa
TP. Hồ Chí Minh	Cát Lái	Quận 2	Hồ Chí Minh	84.050,0	106.425,6	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,2
Hải Phòng	May To	Ngô Quyền	Hải Phòng	80.688,2	101.739,6	Bão lũ	—	—	—
Cần Thơ	Bình Thủy	Bình Thủy	Cần Thơ	68.863,8	86.686,3	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,1
Đồng Nai	Long Bình Tân	Biên Hòa	Đồng Nai	27.534,1	29.102,7	Ngập lụt	—	0,001	0,001
							RCP 4.5	0,1	0,1
Nghi Sơn	Nghi Sơn	Tỉnh Gia	Thanh Hóa	18.140,3	18.822,4	Bão lũ	—	—	—
Quy Nhơn	Hải Cang	Quy Nhơn	Bình Định	4.917,8	5.376,7	Sạt lở đất	—	—	—
Thuận An	Thuận An	Phú Vang	Thừa Thiên Huế	1.105,6	2.893,8	Sạt lở đất	—	—	—
						Bão lũ	—	—	—
Cửa Lò	Nghi Thủy	Cửa Lò	Nghệ An	1.428,6	2.021,0	Bão lũ	—	—	—
Bến Thủy	Nghi Hòa	Cửa Lò	Nghệ An	1.131,2	1.655,5	Bão lũ	—	—	—
Cái Mép	Phước Hòa	Tân Thành	Bà Rịa - Vũng Tàu	416,8	416,8	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,1
							RCP 8.5	0,001	0,1

Bảng C.3. Lưu lượng vận tải hàng hóa trung bình mỗi ngày hàng năm và Kết quả của kịch bản tác động của thiên tai đối với Cảng thủy nội địa chính

Tên	Xã	Huyện	Tỉnh	AADF (tấn/ngày)		Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	
				Tối thiểu	Tối đa			Tối thiểu	Tối đa
Cảng Bình Long	Bình Long	Châu Phú	An Giang	24.681,4	55.018,2	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,1
Cảng Thủy nội địa Hà Hùng Anh	Gia Đức	Thủy Nguyên	Hải Phòng	32.265,7	40.662,7	Bão lũ	—	—	—
Cảng Điện Thái Bình 2	Mỹ Lộc	Thái Thủy	Thái Bình	36.441,7	37.206,7	Bão lũ	—	—	—
Cảng TNĐ Liên hiệp Khoa học Công nghệ Tài nguyên khoáng sản, môi trường và năng lượng	Diên Cống	Uông Bí	Quảng Ninh	33.948,1	34.822,8	Bão lũ	—	—	—
CẢNG LONG BÌNH	Long Bình	Quận 9	Hồ Chí Minh	25.214,8	31.927,5	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,2
Cảng Khuyến Lương	Yên Thế	Hoàng Mai	Hà Nội	18.291,7	18.552,1	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
Cảng Bốc xếp hàng hóa An Giang	Vĩnh Thành Trung	Châu Phú	An Giang	6.174,6	14.637,2	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,1
Cảng Thủy nội địa Long Đức	Long Đức	Trà Vinh	Trà Vinh	3.257,6	14.515,1	Ngập lụt	—	0,001	0,004
							RCP 4.5	0,001	0,04
							RCP 8.5	0,001	0,04
An Hòa	An Hồng	An Dương	Hải Phòng	8.064,4	10.160,4	Bão lũ	—	—	—

Bảng C.3 tiếp tục

Tên	Xã	Huyện	Tỉnh	AADF (tấn/ngày)	Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	Tên	Xã
CẢNG TÑO KHO VẬN MIỀN NAM	Trường Thọ	Thủ Đức	Hồ Chí Minh	7.553,0	9.560,9	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,2
	Phường 5	Vĩnh Long	Vĩnh Long	8.051,3	9.080,0	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,04
							RCP 8.5	0,001	0,04
CẢNG TÑO TÍN NGHĨA	Long Tân	Nhơn Trạch	Đồng Nai	8.320,2	9.022,3	Ngập lụt	—	0,001	0,02
							RCP 4.5	0,001	0,04
							RCP 8.5	0,001	0,1
XÓA TÊN KHỎI DS (CẢNG TÑO VẬN TẢI SÓNADEZI)	An Bình	Biên Hòa	Đồng Nai	8.261,4	8.747,6	Ngập lụt	—	0,001	0,001
							RCP 4.5	0,1	0,1
Cảng Phụng Hoàng	Cẩm Thượng	Hải Dương	Hải Dương	6.186,8	6.226,3	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
CẢNG HÙNG TÀI	Thiên Tân	Vĩnh Cửu	Đồng Nai	5.526,7	5.949,2	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,2
CẢNG TÑO XĂNG DẦU LONG BÌNH TÂN	Long Bình Tân	Biên Hòa	Đồng Nai	5.516,1	5.879,8	Ngập lụt	—	0,001	0,001
							RCP 4.5	0,1	0,1
Cảng Hồng Vân	Hồng Vân	Thường Tín	Hà Nội	4.585,8	4.690,7	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02

Bảng C.3 tiếp tục

Tên	Xã	Huyện	Tỉnh	AADF (tấn/ngày)	Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	Tên	xã
CẢNG TÑO AJINOMOTO	An Bình	Biên Hòa	Đồng Nai	4.402,2	4.651,0	Ngập lụt	—	0,001	0,001
							RCP 4.5	0,1	0,1
Cảng thủy nội địa Vissai Gia Tân	Gia Tân	Gia Viễn	Ninh Bình	3.392,6	3.762,9	Ngập lụt	Không	0,001	0,001
							RCP 4.5	0,001	0,002
							RCP 8.5	0,001	0,004
Cảng thủy nội địa CuBi	Kim Xuyên	Kim Thành	Hải Dương	3.705,2	3.715,1	Ngập lụt	—	0,001	0,001
							RCP 8.5	0,001	0,001
CẢNG TÑO HOÀNG LONG	Thiên Tân	Vĩnh Cửu	Đồng Nai	3.301,7	3.488,7	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,2
CẢNG TÑO BÊ TÔNG LY TÂM LA PHƯƠNG NAM	Lương Bình	Bến Lức	Long An	2.237,7	2.673,5	Ngập lụt	—	0,001	0,02
							RCP 4.5	0,001	0,1
							RCP 8.5	0,001	0,1
Cảng Bình Đoàn 11	Thanh Trì	Hoàng Mai	Hà Nội	2.282,2	2.310,8	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
Cảng thủy nội địa xi măng Xuân Thành	Thanh Nghi	Thanh Liêm	Hà Nam	1.905,3	1.910,0	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
Cảng Thủy Nội Địa Cống Cầu	Ngọc Sơn	Tứ Kỳ	Hải Dương	1.855,1	1.870,9	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02

Bảng C.3 tiếp tục

Tên	Xã	Huyện	Tỉnh	AADF (tấn/ngày)	Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	Tên	xã
Cảng thủy nội địa Vissai Hà Nam	Thanh Thủy	Thanh Liêm	Hà Nam	1.435,2	1.456,7	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
Cảng xi măng Vicem Bút Sơn	Châu Sơn	Phủ Lý	Hà Nam	1.429,5	1.435,6	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
CẢNG TND VIỆT HÓA NÔNG	Phước Dong	Cần Đước	Long An	978,3	1.214,8	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,1
							RCP 8.5	0,001	0,1
Cảng hàng hóa Thành Hưng	Mỹ Khánh	Phong Điền	Cần Thơ	801,1	1.088,8	Ngập lụt	—	0,001	0,02
							RCP 4.5	0,001	0,04
							RCP 8.5	0,001	0,04
Cảng Trường Nguyên	Gia Minh	Thủy Nguyên	Hải Phòng	797,0	1.000,3	Bão lũ	—	—	—
Cảng thủy nội địa Nhà máy xi măng Thành Thắng	Thanh Nghi	Thanh Liêm	Hà Nam	859,0	866,0	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
Cảng thủy nội địa xi măng Hoàng Long	Thanh Nghi	Thanh Liêm	Hà Nam	856,4	856,6	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
CẢNG TND XI MĂNG SÀI GÒN	Long Bình	Quận 9	Hồ Chí Minh	660,9	833,0	Ngập lụt	—	0,001	0,04
							RCP 4.5	0,001	0,2
							RCP 8.5	0,001	0,2
Cảng xuất sét xi măng Vicem Hải Phòng	Sông Khoái	Quảng Yên	Quảng Ninh	682,0	719,4	Bão lũ	—	—	—

Bảng C.3 tiếp tục

Tên	xã	Huyện	Tỉnh	AADF (tấn/ngày)	Loại rủi ro	Kịch bản khí hậu	Xác suất	Tên	xã
Cảng Hoàng Gia	Kim Lương	Kim Thành	Hải Dương	614,2	617,5	Bão lũ	—	—	—
Cảng Hải Nam	Lưu Kỳ	Thủy Nguyên	Hải Phòng	416,0	552,3	Bão lũ	—	—	—
Minh Đức	Đông Hải 1	Hải An	Hải Phòng	388,8	513,4	Bão lũ	—	—	—
Cảng thủy nội địa Châu Sơn	Châu Sơn	Phủ Lý	Hà Nam	303,9	353,6	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
NGỪNG HOẠT ĐỘNG (CẢNG NHÀ MÁY KHÍ ĐIỆN NHƠN TRẠCH 2)	Phước Khánh	Nhơn Trạch	Đồng Nai	62,3	141,3	Ngập lụt	—	0,001	0,02
							RCP 4.5	0,001	0,1
							RCP 8.5	0,001	0,1
Cảng Bến Kiên	An Hồng	An Dương	Hải Phòng	10,9	38,6	Bão lũ	—	—	—
Cảng Kho trung chuyển xăng dầu Thái Bình	Hòa Bình	Vũ Thư	Thái Bình	10,2	30,8	Ngập lụt	—	0,001	0,01
							RCP 4.5	0,001	0,02
							RCP 8.5	0,001	0,02
						Bão lũ	—	—	—

Phụ lục D: Các xã và huyện có mạng lưới đường bộ tiếp xúc với các nguy cơ tự nhiên

Bảng D.1. Hai mươi xã tiếp xúc nhiều nhất với lũ lụt ở tỉnh Lào Cai

Xã	Huyện	Tổng số km	Nhạy cảm với lũ quét			Lũ sông			Nhạy cảm với sạt lở đất		
			Hiện tại (2016)	RCP 4.5 (2025)	RCP 8.5 (2025)	Hiện tại (2016)	RCP 4.5 (2030)	RCP 8.5 (2030)	Hiện tại (2016)	RCP 4.5 (2025)	RCP 8.5 (2025)
Tồng Sành	Bát Xát	9.2	46.0	46.0	20.4	41.6	41.6	41.6	7.8	7.8	19.7
Trung Lèng Hồ	Bát Xát	3.7	30.7	30.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	1.8
Nậm Sài	Sa Pa	6.6	21.2	21.2	21.2	0.0	0.0	0.0	9.3	9.3	16.3
Muong Vi	Bát Xát	13.8	19.0	19.0	19.0	19.5	19.5	19.5	1.6	1.6	9.2
Nậm Khánh	Bắc Hà	15.5	17.6	17.6	17.6	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	0.6
Coc San	Bát Xát	16.2	17.0	17.0	2.4	10.2	10.2	10.2	7.2	7.2	16.2
Sa Pa	Sa Pa	32.3	15.2	15.2	15.2	0.0	0.0	0.0	11.2	11.2	11.2
Bản Cái	Bắc Hà	23.5	14.2	14.2	14.2	0.0	0.0	0.0	3.2	3.2	3.2
Nậm Xé	Văn Bàn	21.8	14.0	14.0	14.0	0.0	0.0	0.0	14.9	14.9	14.9
Dền Sáng	Bát Xát	20.8	12.4	12.4	12.4	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	3.3
Bản Liên	Bắc Hà	49.3	10.9	10.9	10.9	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	1.8
Thấm Dương	Văn Bàn	18.9	10.4	10.4	10.4	0.0	0.0	0.0	4.7	4.6	6.1
Y Tý	Bát Xát	23.4	9.6	9.6	11.2	0.0	0.0	0.0	3.4	3.4	3.4
Nậm Rạng	Văn Bàn	15.2	9.2	9.2	9.2	0.0	0.0	0.0	10.0	10.0	10.0
Dương Quý	Văn Bàn	30.8	9.1	9.1	9.1	0.0	0.0	0.0	2.1	2.1	2.1
Tả Phời	Lào Cai	35.7	8.4	8.4	7.0	16.5	16.5	16.5	11.1	8.6	8.7
Nậm Cang	Sa Pa	6.2	8.3	8.3	8.3	0.0	0.0	0.0	1.8	1.8	4.2
Lao Chải	Sa Pa	11.6	8.3	8.3	8.3	0.0	0.0	0.0	20.8	20.8	20.8
Làng Giàng	Văn Bàn	18.9	7.7	8.0	8.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.3	5.3
Tả Phìn	Sa Pa	20.2	7.2	7.2	7.2	0.0	0.0	0.0	14.3	14.3	14.3

Bảng D.2. Hai mươi xã tiếp xúc nhiều nhất với lũ lụt ở tỉnh Bình Định

Xã	Huyện	Tổng số km	Nhạy cảm với lũ quét			Lũ sông	Nhạy cảm với sạt lở đất
			Hiện tại (2016)	RCP 4.5 (2030)	RCP 8.5 (2030)	Hiện tại (2016)	Hiện tại (2016)
Thị Nại	Quy Nhơn	11.8	87.2	87.2	87.2	0.0	43.2
Nhơn Hoà	An Nhơn	89.4	76.4	80.4	80.4	8.0	15.2
Lý Thường Kiệt	Quy Nhơn	15.7	78.9	78.9	78.9	0.0	0.0
Lê Hồng Phong	Quy Nhơn	16.1	71.6	71.6	71.6	0.0	0.0
Tây Xuân	Tây Sơn	34.7	67.2	67.2	67.2	9.7	0.0
Phước Nghĩa	Tuy Phước	33.5	55.0	55.0	55.0	9.8	14.2
Trần Phú	Quy Nhơn	6.5	60.4	60.4	60.4	0.0	0.0
Phước Hiệp	Tuy Phước	92.3	45.1	45.1	45.1	5.6	14.3
Nhơn Bình	Quy Nhơn	68.6	41.2	41.2	41.2	0.0	20.9
Ân Tường Đông	Hoài Ân	38.5	33.9	33.9	33.9	37.3	0.0
Phước Thành	Tuy Phước	100.8	41.0	41.4	41.4	8.4	0.2
Tây Phú	Tây Sơn	32.4	37.0	37.0	37.0	13.9	0.0
Canh Liên	Vạn Canh	6.3	24.2	24.2	24.2	45.8	0.0
Nhơn Tân	An Nhơn	38.6	35.2	35.2	35.2	8.0	0.0
Nhơn Thọ	An Nhơn	41.8	32.0	32.0	32.0	10.3	2.8
Phước An	Tuy Phước	108.5	27.9	29.3	29.3	16.1	0.1
Vĩnh An	Tây Sơn	5.0	25.8	25.8	25.8	18.5	0.0
Trần Hưng Đạo	Quy Nhơn	6.4	27.6	27.6	27.6	0.0	3.3
Bình Nghi	Tây Sơn	89.6	24.3	24.3	24.3	12.7	0.0
An Dũng	An Lão	8.6	0.0	0.0	0.0	81.8	0.0

Bảng D.3. Hai mươi xã tiếp xúc nhiều nhất với lũ lụt ở tỉnh Thanh Hóa

Xã	Huyện	Tổng số km	Nhạy cảm với lũ quét			Lũ sông	Nhạy cảm với sạt lở đất
			Hiện tại (2016)	RCP 4.5 (2030)	RCP 8.5 (2030)	Hiện tại (2016)	Hiện tại (2016)
Đông Sơn	Bỉm Sơn	47.7	96.9	96.9	96.9	1.7	0.0
Đông Xuân	Đông Sơn	8.3	96.1	96.1	96.1	0.0	0.0
Thịnh Lộc	Hậu Lộc	12.5	94.3	94.3	94.3	0.0	0.0
Hoàng Long	Thanh Hóa	10.4	91.8	91.8	91.8	0.0	0.0
Nga Thạch	Nga Sơn	37.5	87.0	87.0	87.0	0.0	3.1
Hoa Lộc	Hậu Lộc	34.7	87.7	87.7	87.7	0.0	0.0
Đông Tiến	Triệu Sơn	39.3	84.7	84.7	84.7	0.0	0.0
Rừng Thông	Đông Sơn	5.7	82.5	82.5	82.5	0.0	0.0
Định Tăng	Yên Định	51.5	81.3	81.3	81.3	0.3	0.0
Lam Sơn	Bỉm Sơn	22.3	79.7	79.7	79.7	2.2	0.0
Đông Lợi	Triệu Sơn	37.4	78.7	78.7	78.7	2.8	0.0
Hậu Lộc	Hậu Lộc	16.2	79.6	79.6	79.6	0.0	0.0
Xuân Lam	Thọ Xuân	22.7	76.9	76.9	76.9	0.5	0.0
Liên Lộc	Hậu Lộc	28.4	76.5	76.5	76.5	0.0	0.0
Hà Vinh	Hà Trung	57.4	73.1	73.1	73.1	1.3	0.0
Hưng Lộc	Hậu Lộc	36.6	71.5	71.5	71.5	0.0	3.3
Lộc Tân	Hậu Lộc	35.5	72.1	72.1	72.1	0.0	0.0
Nga Nhân	Nga Sơn	19.3	72.0	72.0	72.0	0.0	0.0
Xuân Vinh	Thọ Xuân	42.2	72.0	72.0	72.0	0.0	0.0
Yên Ninh	Yên Định	17.1	70.8	70.8	70.8	0.0	0.0

Với sự hỗ trợ từ:



8 Đào Tấn, quận Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam
Điện thoại: +842437740100
Fax: +842437740111
Website: www.dfat.gov.au



Tầng 8, 63 Lý Thái Tổ, quận Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam
Điện thoại: +842439346600
Fax: +842439346597
Website: www.worldbank.org/vi/country/vietnam

