



CIEM



DOE



UNITED NATIONS
UNIVERSITY

UNU-WIDER

World Institute for Development
Economics Research

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI TĂNG TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN KINH TẾ Ở VIỆT NAM

IMPLICATIONS OF CLIMATE CHANGE FOR ECONOMIC GROWTH AND DEVELOPMENT IN VIETNAM



NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ
HÀ NỘI - 2012

**NHÓM NGHIÊN CỨU KINH TẾ PHÁT TRIỂN
KHOA KINH TẾ
ĐẠI HỌC TỔNG HỢP COPENHAGEN
VIỆN NGHIÊN CỨU QUẢN LÝ KINH TẾ TRUNG ƯƠNG
VÀ
VIỆN NGHIÊN CỨU KINH TẾ PHÁT TRIỂN THẾ GIỚI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC LIÊN HỢP QUỐC**

**TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
TỚI TĂNG TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN KINH TẾ
Ở VIỆT NAM ĐẾN NĂM 2050**



**NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ
THÁNG 8 NĂM 2012**

Lời nói đầu

Báo cáo về: “Tác động của biến đổi khí hậu tới tăng trưởng và phát triển kinh tế ở Việt Nam” được chuẩn bị trong khuôn khổ pha IV của Dự án giảm nghèo do Danida tài trợ về “Nâng cao năng lực nghiên cứu và phân tích chính sách phát triển của Viện Nghiên cứu quản lý kinh tế trung ương”. Dự án này hỗ trợ hợp tác nghiên cứu và nâng cao năng lực giữa Viện Nghiên cứu quản lý kinh tế trung ương (NCQLKTTW) và Nhóm Nghiên cứu kinh tế phát triển (DERG) của trường Đại học tổng hợp Copenhagen. Quá trình chuẩn bị báo cáo nghiên cứu này còn có sự hợp tác và trao đổi với nhóm nghiên cứu của Viện Nghiên cứu kinh tế phát triển thế giới của Đại học Liên hợp quốc (UNU-WIDER), mà nghiên cứu của họ sẽ thể hiện trong các báo cáo nghiên cứu của tổ chức này và dự kiến công bố trên các tạp chí quốc tế trong thời gian tới.

Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn sự chỉ đạo và hỗ trợ của PGS.TS. Lê Xuân Bá, Viện trưởng và bà Vũ Xuân Nguyệt Hồng, Phó Viện trưởng, Viện NCQLKTTW trong suốt quá trình nghiên cứu. Chúng tôi cũng xin trân trọng cảm ơn ngài John Nielsen, Đại sứ Đan Mạch tại Việt Nam và cán bộ sứ quán đã nhiệt tình ủng hộ, khích lệ và giúp đỡ chúng tôi hoàn thành nghiên cứu này. Chúng tôi chân thành cảm ơn Danida đã tài trợ cho nghiên cứu.

Biến đổi khí hậu là hiện tượng phức tạp và liên ngành, vì vậy, rất nhiều chuyên gia thuộc các lĩnh vực khác nhau đã tham gia thực hiện nghiên cứu này. Nghiên cứu được dẫn dắt về mặt chuyên môn bởi GS. Channing Arndt, Paul Chinowsky, Kenneth Strzepek và TS. James Thurlow. GS. Finn Tarp, điều phối nhóm Nghiên cứu kinh tế phát triển, giám sát và chỉ đạo sự tham gia của nhóm cũng như đóng góp trong các giai đoạn nghiên cứu và Simon McCoy, chuyên gia của trường Đại học Tổng hợp Copenhagen, đóng tại Viện Nghiên cứu Quản lý kinh tế Trung ương (NCQLKTTW) giúp điều phối các hoạt động của nghiên cứu.

Những chuyên gia đóng góp cho báo cáo nghiên cứu này còn có Charles Fant, Kerry Emanuel, Yohannes Gebretsadik, Lindsay C. Ludwig, James Neumann, Sai Ravela, Amy Schweikert, Niko Strzepek, Caroleen Verly, Len Wright và Nguyễn Mạnh Hải, Hồ Công Hòa.

Chúng tôi xin cảm ơn những ý kiến đóng góp của các chuyên gia bình luận cũng như đại biểu tại hai buổi tọa đàm tổ chức tại Viện NCQLKTTW. Chúng tôi cũng xin cảm ơn TS. Hoàng Minh Tuyên của Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường đã tổ chức buổi họp nhóm nghiên cứu tại Viện.

Cuối cùng, Jean Marc Mayotte, Nguyễn Hương và Travis Hobbs đã hỗ trợ tích cực cho nghiên cứu.

Tất cả những sai sót trong báo cáo thuộc trách nhiệm của nhóm tác giả.

MỤC LỤC

Lời nói đầu	iii
Tóm tắt	1
1. Giới thiệu.....	15
2. Các kịch bản biến đổi khí hậu	17
3. Nông nghiệp: Tác động của biến đổi khí hậu đến sản lượng trồng trọt và nhu cầu thủy lợi	25
3.1. Phương pháp.....	27
3.2. Kết quả.....	28
3.2.1. Kịch bản gốc.....	28
3.2.2. Các kịch bản trong tương lai	30
3.3. Kết luận.....	31
4. Tài nguyên nước bao gồm thủy điện	32
4.1. Tổng quan lưu vực sông và thủy điện	32
4.1.1. Phân loại tiểu lưu vực sông	32
4.1.2. Lượng mưa	33
4.1.3. Nhiệt độ	36
4.1.4. Dòng chảy trong quá khứ	37
4.2. Mô hình hóa dòng chảy bề mặt - CLIRUN	37
4.2.1. Phương pháp.....	37
4.2.2. Ước tính từ số liệu dòng chảy quan sát được và dòng chảy GRDC	38
4.2.3. Ước tính từ bộ số liệu GRDC.....	39
4.2.4. Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy	41
4.3. Phân tích nguồn nước: mô hình WEAP	45
4.3.1. Phương pháp và mô hình hóa hệ thống	45
4.3.2. Giả định và đơn giản hóa mô hình.....	45
4.4. Nhu cầu nước	46
4.4.1. Nhu cầu thủy lợi.....	46
4.4.2. Thủy điện.....	50
4.4.3. Nhu cầu về nước công nghiệp và nước sinh hoạt	52
4.5. Kết quả phân tích nguồn nước	53
4.5.1. Tác động đến thủy lợi	53
4.5.2. Tác động đến thủy điện	55
4.6. Chính sách thích ứng	56
4.6.1. Tiểu lưu vực sông miền Bắc.....	56
4.6.2. Tiểu lưu vực sông miền Trung và miền Nam	56
5. Đường giao thông	57
5.1. Đường giao thông và tăng trưởng kinh tế	57
5.2. Đường giao thông và biến đổi khí hậu	58
5.3. Phương pháp.....	60
5.3.1. Các tham số trong nghiên cứu.....	61

5.3.2. Khí hậu và yếu tố quyết định của hệ thống đường	61
5.4. Các hàm tác động.....	63
5.4.1. Phân tích ảnh hưởng khí hậu GCM: Lũ lụt, lượng mưa và nhiệt độ	63
5.4.2. Phương pháp xem xét tác động của nước biển dâng	63
5.5. Đơn vị đo tác động.....	64
5.6. Các kết quả nghiên cứu	65
5.6.1. Các kết quả nhiệt độ, lượng mưa và lũ lụt.....	68
5.6.2. Kết quả nước biển dâng.....	70
5.6.3. Các kết quả theo vùng	71
5.7. Các hạn chế	75
5.8. Thảo luận và kết luận.....	75
6. Vùng duyên hải, nước biển dâng và bão	77
6.1. Tổng quan: Bão lụt ven biển ở Việt Nam.....	77
6.2. Các phương pháp	81
6.2.1. Tạo bão	82
6.2.2. Mô hình “ Biển, hồ và nước dâng vào đất liền do bão”	83
6.2.3. NBD và ảnh hưởng thời gian quay trở lại của bão	84
6.3. Các kết quả	85
6.4. Các tác động kinh tế	87
6.5. Thảo luận.....	90
7. Tác động đến nền kinh tế.....	91
7.1. Mô hình kinh tế đa ngành.....	91
7.2. Kết quả: Tác động của biến đổi khí hậu	93
7.2.1. Kịch bản gốc.....	93
7.2.2. Tác động đến nền kinh tế.....	93
8. Kết luận	100
9. Tài liệu tham khảo.....	102

DANH MỤC ĐỒ THỊ

Đồ thị 2-1: Độ tập trung CO ₂ được dự báo bởi các kịch bản SRES (IPCC, 2007)	18
Đồ thị 2-2: Thay đổi nhiệt độ trong những năm 2040 so với kịch bản gốc.	19
Đồ thị 2-3: Thay đổi về lượng mưa trong những năm 2040 so với kịch bản gốc.	20
Đồ thị 2-4: Thay đổi về lượng nước bốc hơi so với kịch bản gốc.....	21
Đồ thị 2-5: Thay đổi về chỉ số độ ẩm tương đối so với kịch bản gốc.	22
Đồ thị 2-6: Thay đổi nhiệt độ so với kịch bản gốc (2011-2050).	23
Đồ thị 2-7: Thay đổi lượng mưa trung bình cho vùng phía Bắc.	24
Đồ thị 2-8: Thay đổi lượng mưa trung bình cho khu vực miền Trung.....	24
Đồ thị 2-9: Thay đổi lượng mưa trung bình cho phía Nam.....	25
Đồ thị 3-1: Vùng của Việt Nam	26
Đồ thị 3-2: Thay đổi hệ số sản lượng trung bình 2041-2050 so với kịch bản gốc.....	30
Đồ thị 3-3: Thay đổi về nhu cầu thủy lợi trung bình của Việt Nam giai đoạn 2041-2050 so với kịch bản gốc.....	31
Đồ thị 4-1: Phân loại cấp 4 tiểu lưu vực theo bộ ảnh dữ liệu địa hình SRTM - DEM toàn cầu với độ phân giải 90 mét	33
Đồ thị 4-2: Lượng mưa hàng năm của các tiểu lưu vực chính.....	34
Đồ thị 4-3: Lượng mưa hàng tháng của tiểu lưu vực sông phía Bắc	35
Đồ thị 4-4: Lượng mưa hàng tháng của tiểu lưu vực sông miền Trung.....	35
Đồ thị 4-5: Lượng mưa hàng tháng của tiểu lưu vực sông phía Nam.	36
Đồ thị 4-6: Phân bố nhiệt độ theo không gian (độ C).	36
Đồ thị 4-7: Xu hướng nhiệt độ dự báo đến 2050.....	37
Đồ thị 4-8: Số liệu quá khứ và kết quả mô phỏng từ mô hình CliRun-II.....	40
Đồ thị 4-9: So sánh dòng chảy trung bình hàng tháng giữa kịch bản gốc và 56 kịch bản GCM (2041-2050).	42
Đồ thị 4-10: So sánh dòng chảy hàng tháng của kịch bản gốc với kết quả dòng chảy cao nhất và thấp nhất từ mô hình CLIRUN.	42
Đồ thị 4-11: So sánh kết quả dòng chảy theo không gian của kịch bản khô và ẩm ướt.	43
Đồ thị 4-12: Số lần kết quả kịch bản về dòng chảy thấp hơn kịch bản gốc.	44
Đồ thị 4-13: Sự khác biệt của dòng chảy trung bình hàng năm của các kịch bản so với kịch bản gốc (mm).	44
Đồ thị 4-14: Phác thảo nguồn nước trong mô hình WEAP của tiểu lưu vực sông Đồng Nai.....	46
Đồ thị 4-15: Mật độ trồng lúa từ bộ số liệu SPAM.	48
Đồ thị 4-16: Phân bố diện tích được thủy lợi theo loại cây trồng từ số liệu SPAM.	48
Đồ thị 4-17: Nhu cầu về nước cho thủy lợi hàng năm theo giá trị tuyệt đối và kịch bản gốc (đường đỏ).....	49
Đồ thị 4-18: Nhu cầu cung ứng thủy lợi hàng năm so với kịch bản gốc.....	49
Đồ thị 4-19: Tăng dân số và dự báo nhu cầu nước sinh hoạt và nước công nghiệp hàng năm.....	53
Đồ thị 4-20: Nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng so với kịch bản gốc.	54
Đồ thị 4-21: Nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng so với kịch bản gốc của 3 vùng đến năm 2050.....	54

Đồ thị 4-22: Công suất phát thủy điện so với kịch bản gốc (%)	55
Đồ thị 4-23: Độ bền của một số nhà máy thủy điện.....	56
Đồ thị 5-1: Tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu đến đường giao thông đến năm 2050.	66
Đồ thị 5-2: Tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu đến đường giao thông đến năm 2050.	66
Đồ thị 5-3: Tác động của biến đổi khí hậu (lượng mưa và nhiệt độ) đến đường giao thông đến năm 2050 – % GCMs với các kết quả tương ứng.....	68
Đồ thị 5-4: Tác động của biến đổi khí hậu (lượng mưa và nhiệt độ) lên đường giao thông đến năm 2050- Tỷ lệ phần trăm của GCMs với các kết quả tác động tương ứng.....	68
Đồ thị 5-5: Tổng % và tổng chi phí thiệt hại ước tính cho một mét NBD theo tỉnh và vùng	71
Đồ thị 5-6: Tổng chi phí thiệt hại ở cấp tỉnh (triệu USD) theo kịch bản nóng nhất.....	72
Đồ thị 5-7: Tổng chi phí thiệt hại ở cấp tỉnh (triệu USD) theo kịch bản nóng trung bình.	73
Đồ thị 6-1: Vùng nghiên cứu đồng bằng sông Hồng.	78
Đồ thị 6-2: Dân số nằm ở vùng thấp ở đồng bằng sông Hồng.	79
Đồ thị 6-3: Các đường đi của bão.	85
Đồ thị 6-4: Tốc độ gió và ước tính thời gian quay lại.	86
Đồ thị 6-5: Đường cong dâng bão từ kết quả của mô hình SLOSH trường hợp có và không có thay đổi về mực nước biển.....	86
Đồ thị 6-6: Ước tính thời gian quay trở lại của các cơn bão xuất hiện có tần suất 100 năm với các kịch bản NBD.	87
Đồ thị 6-7: Các vùng bị ảnh hưởng bởi nước biển dâng và dâng bão đến năm 2050.	88
Đồ thị 7-1: Mức GDP thực tế theo giá sản xuất (trung bình từ 2046 đến 2050).....	94
Đồ thị 7-2: Tỷ trọng nông nghiệp trong GDP (trung bình giai đoạn 2046-2050).....	94
Đồ thị 7-3: Chỉ số độ dài hệ thống đường so với kịch bản gốc (trung bình giai đoạn 2046-2050).	95
Đồ thị 7-4: Thiệt hại biên đối với vốn do Bão và nước biển dâng.	96
Đồ thị 7-5: Giảm GDP thực tế so với kịch bản gốc (trung bình 2046-2050).....	97
Đồ thị 7-6: Tác động của biến đổi khí hậu đến tốc độ tăng trưởng GDP trình quân hàng năm.....	98
Đồ thị 7-7: Giá trị hiện tại ròng của thiệt hại do biến đổi khí hậu.	98
Đồ thị 7-8: Giá trị hiện tại thuần của thiệt hại do biến đổi khí hậu theo thập kỷ trong kịch bản Bão (tỷ USD năm 2007).....	99

DANH MỤC BẢNG

Bảng 3-1: Hệ số sản lượng cho kịch bản gốc của Việt Nam.....	29
Bảng 3-2: Thiếu hụt nước trung bình (mm/chu kỳ) cho kịch bản gốc của Việt Nam.....	29
Bảng 4-1: Phân loại và diện tích tiêu lưu vực	34
Bảng 4-2: Tham số của mô hình CLURUN-II.....	38
Bảng 4-3: Kết quả ước tính của lưu vực trạm dòng chảy có thể quan sát được.....	39
Bảng 4-4: Ước tính số liệu dòng chảy của mô hình dựa vào bộ số liệu GRDC.....	41
Bảng 4-5: Kết quả dòng chảy theo khu vực của ba kịch bản cho kết quả cao nhất và thấp nhất.	43
Bảng 4-6: Xu hướng nhu cầu về nước cho nông nghiệp và các ngành kinh tế khác (1990- 2010).	47
Bảng 4-7: Khả năng sản xuất thủy điện hiện nay (đến năm 2011).	50
Bảng 4-8: Nhà máy thủy điện hiện tại: Công suất phát điện và địa điểm.	51
Bảng 4-9: Nhà máy thủy điện đang được xây dựng theo các tiêu lưu vực sông.....	51
Bảng 4-10: Nhà máy thủy điện hiện tại đang được xây dựng.....	52
Bảng 4-11: Nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng trung bình 10 năm của một số kịch bản biến đổi khí hậu (đơn vị triệu mét khối).....	55
Bảng 5-1: Chi phí làm lại đường khi hệ thống đường cũ bị ngập do nước biển dâng lên 1 mét.	64
Bảng 5-2: Chi phí thích ứng và không thích ứng và lợi ích thích ứng của tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ, lũ lụt).	67
Bảng 5-3: Chi phí thích ứng và không thích ứng và lợi ích thích ứng của tác động biến đổi thời tiết lên đường giao thông (lượng mưa, nhiệt độ, lũ lụt).....	69
Bảng 5-4: Chi phí thích ứng và không thích ứng và lợi ích thích ứng đối với tác động của lũ lụt lên đường xá.	70
Bảng 5-5: Tổng thiệt hại do NBD dưới 1 mét. Quy về chi phí năm 2010 với tỷ lệ chiết khấu 5%.....	70
Bảng 5-6: Phân tích vùng (kịch bản khí hậu nóng nhất)	72
Bảng 5-7: Phân tích vùng (kịch bản khí hậu nóng trung bình).	73
Bảng 6-1: Lịch sử các cơn bão nhiệt đới gây thiệt hại ở đồng bằng sông Hồng trong giai đoạn 1990 - 2008.	80
Bảng 6-2: Diện tích đất sử dụng - tổng hiện tại và diện tích chịu rủi ro bởi NBD và dâng bão trước năm 2050.	89
Bảng 6-3: Thiệt hại GDP hàng năm do NBD và dâng bão đến năm 2050.....	90

CÁC CHỮ VIẾT TẮT

CLICROP	: Mô hình trồng trọt
CLIROAD	: Mô hình cơ sở hạ tầng
CLIRUN	: Mô hình lưu vực sông
CMI	: Chỉ số đo độ ẩm
DCGE	: Mô hình cân bằng tổng thể động
ET	: Chỉ số đo lượng nước bốc hơi thực tế
EVN	: Tập đoàn điện lực Việt Nam
GCM	: Mô hình tuần hoàn tổng thể
IFPRI	: Viện Nghiên cứu Chính sách nông nghiệp quốc tế
IMPEND	: Mô hình thủy điện
IPCC	: Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu
NBD	: Nước biển dâng
NHTG	: Ngân hàng thế giới
PET	: Chỉ số đo lượng nước bốc hơi tiềm năng
UNU-WIDER	: Viện Nghiên cứu Kinh tế phát triển thế giới của Đại học Liên hợp quốc
WEAP	: Mô hình nguồn nước

Tóm tắt

Giới thiệu

Giống như ở các nước khác, tác động của biến đổi khí hậu đang rất được quan tâm ở Việt Nam. Nghiên cứu này phân tích một cách tổng hợp nhất tác động của biến đổi khí hậu đối với Việt Nam đến năm 2050. Các phân tích trong nghiên cứu có ba đặc điểm quan trọng. *Thứ nhất*, nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận cấu trúc từ dưới lên. Các phân tích trong nghiên cứu dựa vào các mô hình cấu trúc kết nối kịch bản khí hậu với các kết quả kinh tế. *Thứ hai*, cách tiếp cận về phân tích tác động ở nghiên cứu này tương đối tổng hợp so với các nghiên cứu tác động khác, theo 6 kênh: năng suất cây trồng, sự sẵn có của nguồn nước cho thủy lợi, thủy điện, hệ thống đường giao thông, nước biển dâng và bão. *Cuối cùng*, nghiên cứu lồng ghép kết quả dự báo về biến đổi khí hậu của 56 kịch bản theo mô hình Tuần hoàn tổng thể (GCM) được sử dụng trong Báo cáo tác động lần thứ tư của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC). Sự kết hợp ba đặc điểm này là đặc trưng của báo cáo, giúp xem xét một cách rất chi tiết về tác động của biến đổi khí hậu đối với Việt Nam. Việc sử dụng nhiều kịch bản của mô hình dự báo về biến đổi khí hậu đặc biệt quan trọng bởi vì tác động của biến đổi khí hậu có thể thay đổi rất nhiều theo các kịch bản dự báo khác nhau. Như vậy, việc lựa chọn kết quả dự báo của một số kịch bản nhất định thay vì các kết quả khác có thể ảnh hưởng không nhỏ đến các kết luận. Ở đây, toàn bộ kết quả của 56 kịch bản biến đổi khí hậu đều được xem xét.

Khí hậu Việt Nam nóng hơn và có thể khô hơn trong tương lai

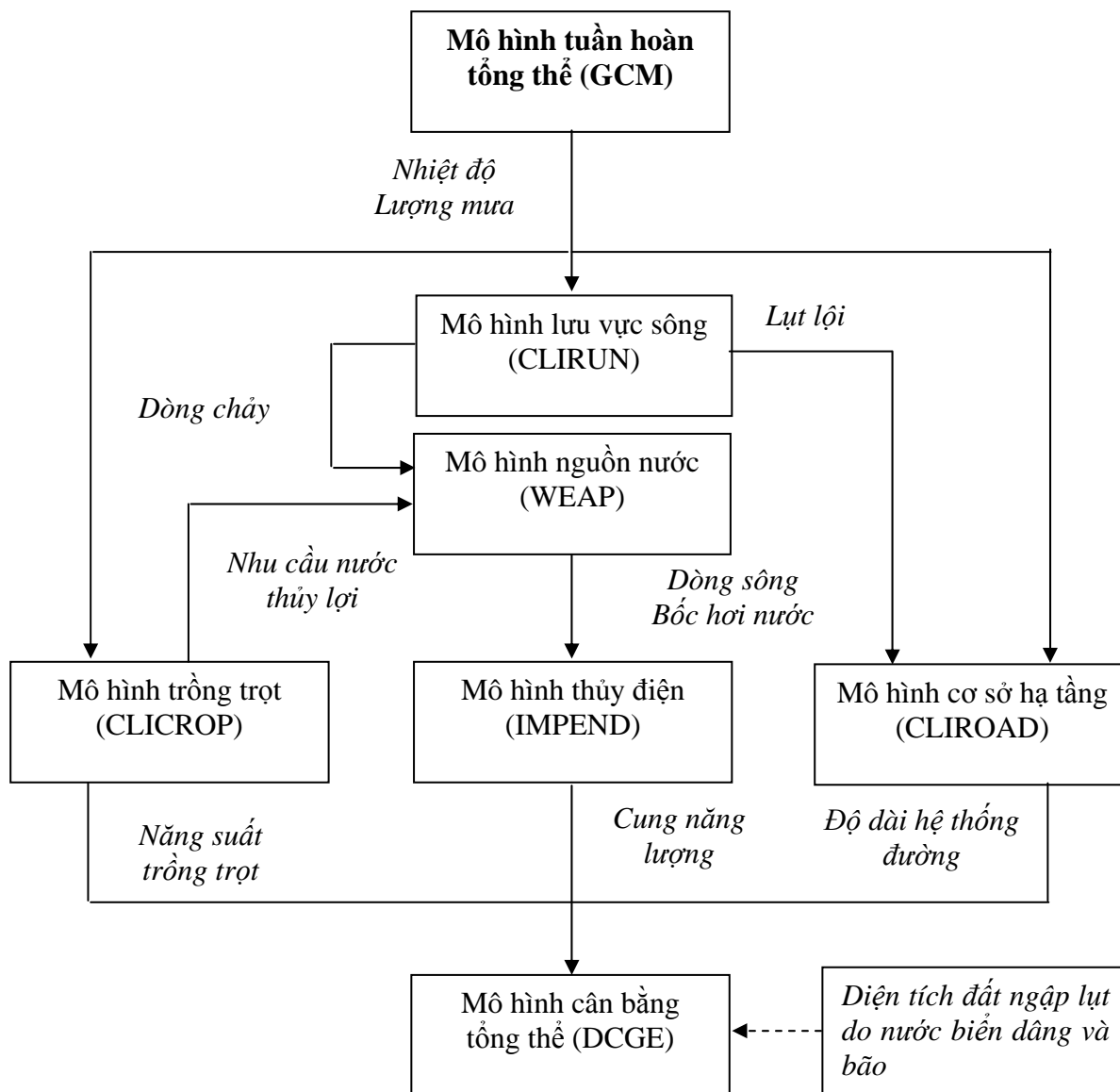
Nhiệt độ trung bình của Việt Nam dự báo sẽ tăng lên khoảng trên dưới 1,5 độ C với hầu hết các kết quả đều gần giá trị trung vị. Đối với tất cả các khu vực ở Việt Nam, nhiệt độ tăng trong khoảng từ tối thiểu dưới 1 độ C đến tối đa là hơn 2 độ C. Dự báo về lượng mưa mang tính không chắc chắn nhiều hơn so với dự báo về nhiệt độ. Việt Nam được dự báo sẽ có lượng mưa giảm nhẹ, theo đó những thay đổi lượng mưa trung vị đều mang giá trị âm trong tất cả 56 kịch bản khí hậu tương lai. Tuy nhiên, độ ẩm của cả nước và ở tất cả các khu vực trong một chừng mực nào đó có thể có xu hướng giảm nhiều hơn là tăng. Đối với tất cả các tỉnh và các kịch bản dự báo, kết quả dự báo trong khoảng tứ vị phân (25% đến 75%) cho kết quả hoặc tăng hoặc giảm về lượng mưa. Giá trị tối đa và tối thiểu nằm trong khoảng tăng 10%-20% và giảm 10%-15%. Về tổng thể, do lượng nước bốc hơi tăng và lượng mưa trung bình giảm nhẹ, điều kiện khí hậu của Việt Nam sẽ có xu hướng khô hơn mặc dù thay đổi của giá trị trung vị không lớn.

Kết nối biến đổi khí hậu với kết quả hoạt động kinh tế

Đánh giá tác động kinh tế của các kịch bản biến đổi khí hậu được thực hiện bằng một loạt các mô hình chuyên ngành. Sơ đồ 1 mô tả dòng thông tin qua các mô hình nguồn nước và lưu vực sông kết nối với 3 mô hình ngành ước lượng tác động đến nông nghiệp, năng lượng và cơ sở hạ tầng. Mô hình lưu vực sông quyết định dòng chảy trong mô hình nguồn nước sau đó ước lượng được lượng nước cho mô hình thủy điện. Mô hình lưu vực sông dự báo tần suất và mức độ lụt lội và cùng với lượng mưa và nhiệt độ quyết định mức độ phá hủy đường sá trong mô hình hạ tầng cơ sở. Dự báo về khí hậu trực tiếp tác động đến sản xuất nông nghiệp trong mô hình trồng trọt. Cuối cùng, kết

quả tác động trên được chuyển vào mô hình kinh tế đa ngành để ước lượng tác động của biến đổi khí hậu đối với nền kinh tế. Chúng tôi cũng lồng ghép một kênh tác động thứ tư là tác động của mất đất do nước biển dâng và bão.

Sơ đồ 1: Khung khổ mô hình tích hợp



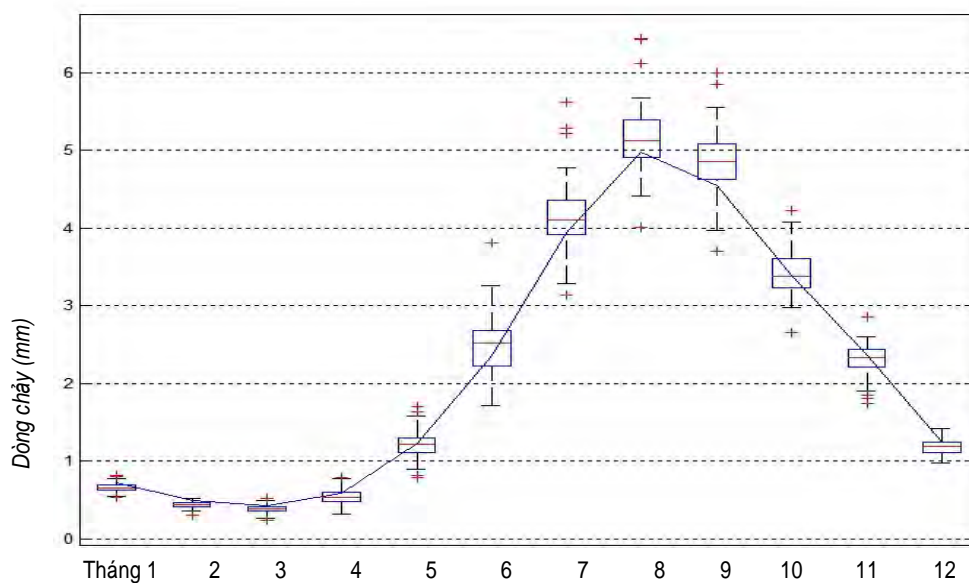
Nguồn: Nhóm tác giả.

Nguồn nước và thủy điện

Mô hình lưu vực sông “CLIRUN” là mô hình mở rộng của hệ mô hình thủy học được xây dựng nhằm phân tích tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy. Nước được đưa vào mô hình CLIRUN thông qua lượng mưa và thoát ra bằng bốc hơi và dòng chảy. Sự khác biệt giữa dòng chảy vào và ra là sự thay đổi về trữ nước và nước ngầm. Tổng số 22 tiểu lưu vực sông, với diện tích từ 1.500 đến 45.000 km² được xác định trong mô hình. Mô hình hóa sự lưu chuyển qua biên giới giữa các lưu vực sông là rất quan trọng bởi vì tất cả các sông chính ở Việt Nam đều chạy qua các nước khác trước khi vào Việt Nam.

Đồ thị 2 thể hiện dòng chảy theo tháng của những năm 2040 cho phương án gốc và cho 56 kịch bản dự báo khí hậu sẽ được xem xét trong tương lai. Dòng chảy của 56 dự báo khí hậu được trình bày dưới dạng hộp và điểm. Trong đó, điểm màu đỏ thể hiện sự thay đổi dòng chảy trung vị; hộp thể hiện kết quả trong khoảng 25%-75% (tứ phân vị), các điểm ở mép thể hiện giá trị lớn nhất và nhỏ nhất đã loại bỏ những giá trị ngoại vi. Những giá trị ngoại vi được thể hiện bằng dấu cộng (+). Về mặt tổng thể, ở tầm quốc gia, vào thời gian trước những năm 2040, tính mùa vụ của dòng chảy và mức độ của dòng chảy có xu hướng không thay đổi nhiều.

Đồ thị 2: Dòng chảy trung bình hàng tháng so với kịch bản gốc và kết quả dòng chảy của 56 kịch bản GCM (2041-2050)



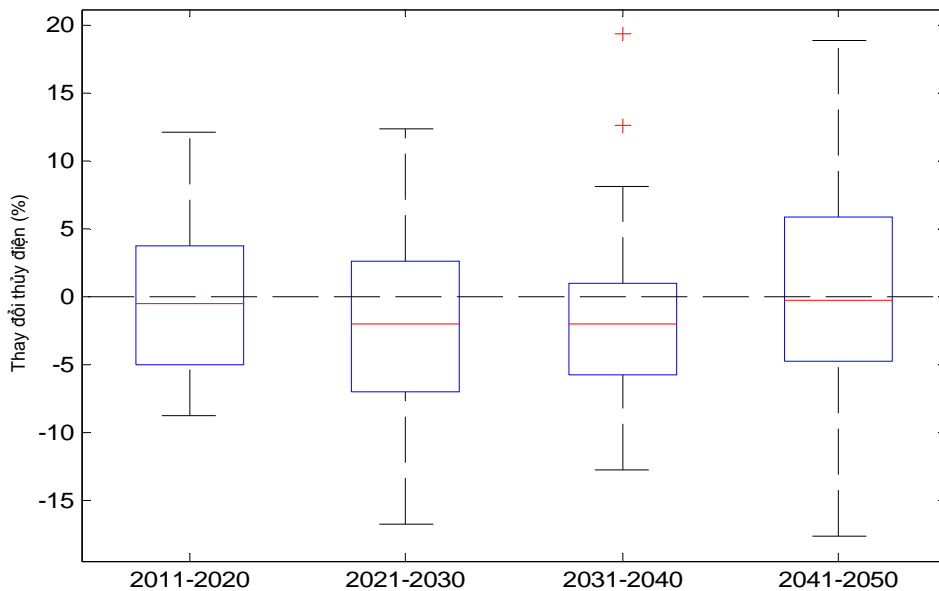
Ở vị trí hạ lưu với dòng chảy mạnh nhất làm cho Việt Nam trở nên dễ bị tổn thương trước những thay đổi ở đầu nguồn. Vì vậy, dòng chảy ước lượng được từ mô hình CLIRUN được chuyển sang mô hình nguồn nước (WEAP), mô hình mô phỏng sự quản lý nguồn nước từ tất cả các lưu vực sông xuyên biên giới trong lãnh thổ Việt Nam và ở vùng đầu nguồn (thượng lưu). Nước cho các ngành và sử dụng cho sinh hoạt được quyết định bên ngoài mô hình WEAP, sau đó mô hình ước lượng giá trị tối ưu về sử dụng nước cho thủy lợi và khả năng dự trữ để tối đa hóa lợi ích ròng.

Sản xuất thủy điện dựa vào sự kết hợp của dòng chảy và độ cao so với mực nước biển để sản xuất điện nhờ quay các tuốc bin. Có 14 nhà máy thủy điện lớn ở Việt Nam. Chúng tôi sử dụng mô hình thủy điện có tên gọi là “IMPEND”, bắt nguồn từ mô hình xây dựng cho Ethiopia (Block và Strzepek, 2010). IMPEND là mô hình tối ưu và hạch toán nguồn nước sử dụng thông tin đầu vào về dòng chảy, sự thoát hơi nước và hồ chứa sẽ quyết định lượng điện sản xuất và chi phí liên quan. Thêm vào đó 14 dự án thủy điện có quy mô trung bình lớn đang được xây dựng và được tính đến trong các phân tích ở đây. Tổng sản lượng điện sản xuất trong dài hạn từ các nhà máy thủy điện này được ước tính là khoảng 22.656 GWH. Trong kịch bản gốc, các tham số của IMPEND được ước tính theo công suất hiện nay và quy hoạch phát triển giai đoạn 2010-2050 cũng như kết quả về dòng chảy và nước bốc hơi từ kết quả mô hình CLIRUN và WEAP. IMPEND sau đó được chạy

theo 56 kịch bản biến đổi khí hậu, với giả định không có sự thay đổi trong quy hoạch thủy điện (nghĩa là sự thay đổi trong sản lượng điện sản xuất là do những biến đổi khí hậu chứ không phải do xây dựng thêm đập ngăn).

Đồ thị 3 minh họa thay đổi về sản xuất thủy điện so với kịch bản gốc trong các thập kỷ. Trung bình, sản lượng thủy điện có xu hướng giảm chút ít trong tất cả các thập kỷ. Tuy nhiên, sản lượng thủy điện cũng rất có thể tăng. Mức độ dao động của sản lượng điện có xu hướng tăng theo thời gian (trừ những năm 2030). Đến năm 2050, sản lượng thủy điện có thể bị ảnh hưởng trong khoảng trên dưới 18%. Tuy nhiên, khoảng một nửa các kết quả kịch bản về sản lượng điện có thể nằm trong khoảng trên dưới 5%. Thêm vào đó, trong khi ở kịch bản gốc, sản lượng thủy điện chiếm hơn 35% tổng sản lượng điện sản xuất thì tỷ trọng này có xu hướng giảm xuống 8% trước năm 2050. Như vậy, việc thay đổi về sản lượng thủy điện ít quan trọng hơn đối với nền kinh tế theo thời gian.

Đồ thị 3: Tác động của biến đổi khí hậu đến sản xuất thủy điện (phần trăm thay đổi so với kịch bản gốc)



Cơ sở hạ tầng

Nhiều nghiên cứu khẳng định sự quan trọng của đường giao thông đến tăng trưởng kinh tế. Cả lý thuyết và kinh nghiệm thực tế cho thấy cơ sở hạ tầng là một yếu tố quan trọng tác động đến tăng trưởng kinh tế và giảm đói nghèo. Ở hầu hết các nước đang phát triển, đầu tư cho xây dựng đường chiếm phần lớn ngân sách công và tổng đầu tư. Nếu đầu tư công nói chung và đầu tư cho hệ thống đường nói riêng có ý nghĩa quan trọng đối với tăng trưởng kinh tế và giảm đói nghèo thì sự suy giảm của chúng cũng có tác động không nhỏ. Biến đổi khí hậu có thể tác động đến hệ thống giao thông; quá trình vận hành; và nhu cầu dịch vụ giao thông. Chinowsky và cộng sự (2011a) ghi nhận chi phí dự tính của biến đổi khí hậu đến hệ thống đường trong 10 nước có nền kinh tế và vị trí địa lý khác nhau. Nhóm tác giả minh họa chi phí cơ hội của việc thay đổi hệ thống đường để ứng phó với biến đổi khí hậu.

Những mối quan hệ được phát hiện trong nghiên cứu của Chinowsky và cộng sự (2011a) được thể hiện trong mô hình mô phỏng hệ thống đường động có tên gọi là “CliRoad”. Mô hình mô phỏng hệ thống đường bị phá hủy theo tuổi kể từ khi được xây dựng (hoặc tuổi thọ 20 năm), loại đường (cấp 1, cấp 2 và cấp 3), kiểu đường (nhựa, sỏi hay đất) và khu vực cho mỗi năm trong giai đoạn mô phỏng là 2007-2050. Trong khi các yếu tố khác được mô phỏng như nhau giữa các vùng thì những yếu tố về khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ và lũ lụt) được thay đổi theo vùng. CliRoad được lồng ghép vào mô hình cân bằng tổng thể động trong phân tích kinh tế. Vì vậy, kết quả mô hình CliRoad sẽ được mô tả ở phần sau cùng với những tác động kinh tế khác.

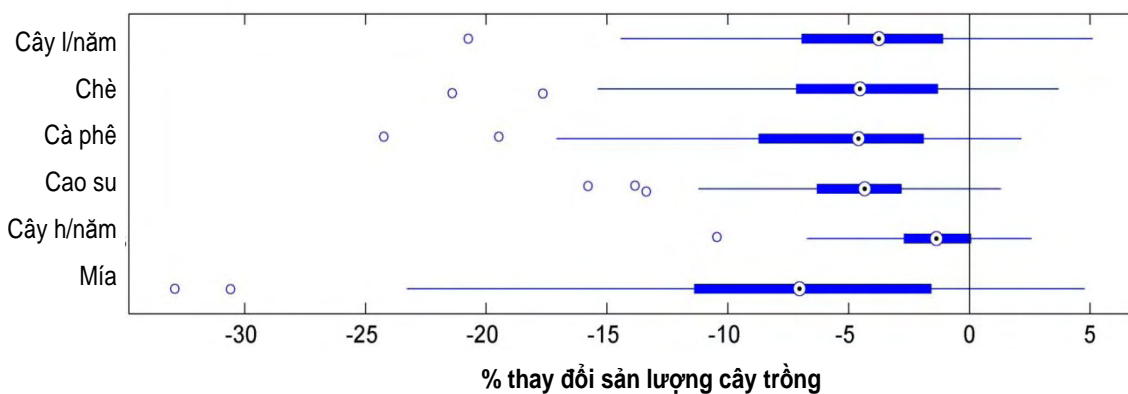
Nông nghiệp

Nông nghiệp là một trong những khu vực quan trọng của Việt Nam, chiếm 16% thu nhập quốc dân. Chúng tôi sử dụng mô hình trồng trọt có tên gọi là ‘CliCrop’ để mô phỏng tác động của kịch bản gốc và các kịch bản biến đổi khí hậu đến sản lượng cây trồng được tưới tiêu và lên nhu cầu nước cho thủy lợi. Phiên bản đặc biệt của mô hình CliCrop được xây dựng riêng cho lúa. CliCrop được thiết kế đặc biệt để nắm bắt được những tác động của biến đổi khí hậu.

Đồ thị 4 minh họa sự thay đổi về sản lượng của các vụ chính. Những kết quả này dựa trên các giả định lượng nước đáp ứng được nhu cầu về thủy lợi. Với giả định như vậy, đến năm 2050, biến đổi khí hậu làm giảm sản lượng cây trồng nhưng không nhiều. Đối với hầu hết các mùa vụ, giảm sản lượng trung vị khoảng dưới 5%. Sản lượng có thể tăng nhưng không tăng đối với tất cả các loại cây trồng. Việc giảm sản lượng nhiều, hơn 10% cũng có thể xảy ra cho tất cả các loại cây nhưng những kết quả như vậy chỉ ở một vài kịch bản biến đổi khí hậu. Mía là trường hợp ngoại lệ, sản lượng trung bình giảm khoảng 7% và có khả năng sụt giảm đến hơn 20%.

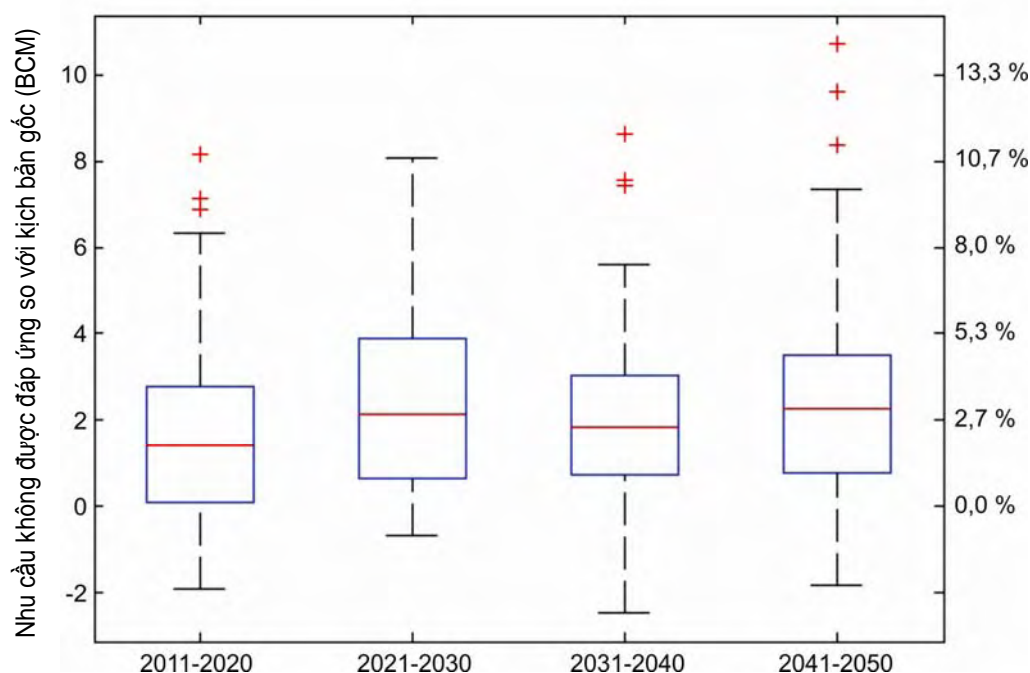
Để cân bằng cung cầu về nước cho thủy lợi, nguồn cung nước từ mô hình WEAP được so sánh với cầu về nước thủy lợi từ mô hình Clicrop. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nhìn chung, nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng có thể gia tăng. Hộp trong Đồ thị 5 thể hiện thiếu hụt về nước cho thủy lợi của 56 kịch bản biến đổi khí hậu tương đối so với kịch bản gốc. Giá trị trung vị đạt khoảng 2,1 tỷ mét khối nước đến năm 2050. Trường hợp xấu nhất, mức nước thiếu hụt tối đa khoảng 7 tỷ mét khối. Hay lượng nước thiếu hụt trung vị tăng khoảng 3%. Đối với lúa, sản lượng thay đổi chủ yếu do thay đổi về khả năng đáp ứng nhu cầu nước tưới tiêu.

Đồ thị 4: Phần trăm thay đổi sản lượng từ mô hình CliCrop cho nông nghiệp



Chú thích: Cây l/năm: Cây lâu năm khác; Cây h/năm: Cây hàng năm khác.

Đồ thị 5: Thiếu hụt nước tưới tiêu so với kịch bản gốc



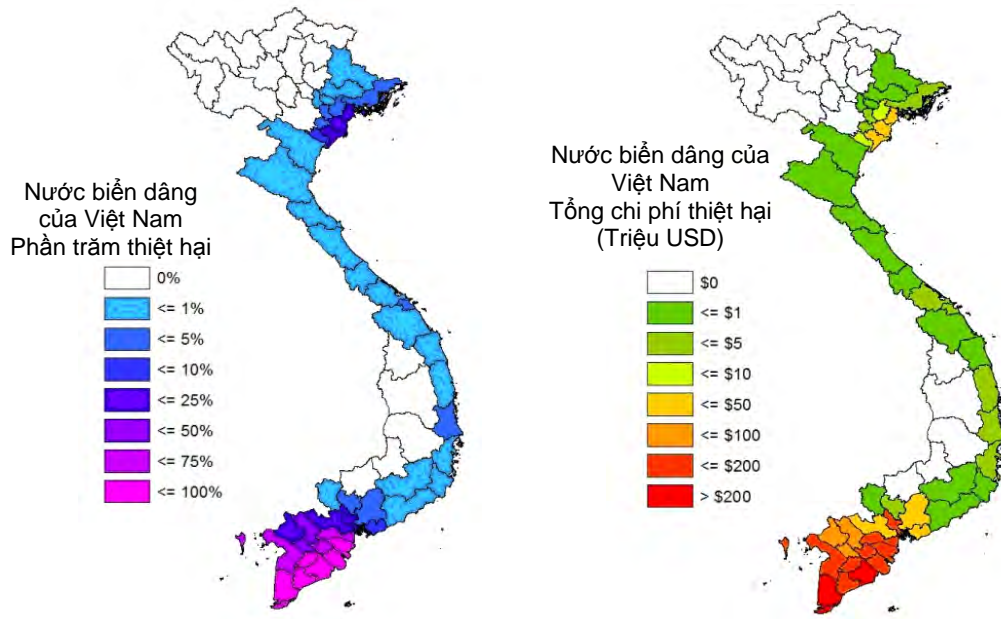
Vùng duyên hải, nước biển dâng và bão

Những dự báo về mực nước biển sẽ dâng thường không chắc chắn và có biên độ dao động rất lớn. Một số nghiên cứu gần đây dự báo mực nước biển sẽ dâng cao hơn 1 mét trước năm 2100 (Nichols và Cazenave, 2010). Báo cáo đánh giá lần thứ 4 của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) xuất bản năm 2007 dự báo mức tăng trung bình là 60cm trước năm 2100. Trước 2050, nước biển có thể dâng tối thiểu là 16 cm và tối đa là 38 cm.

Phân tích nước biển dâng cho Việt Nam bị hạn chế bởi chất lượng số liệu về độ cao so với mực nước biển. Đối với khu vực thấp, nhóm nghiên cứu chỉ có thể lấy thông tin về độ cao so với mực nước biển với thước đo có tỷ lệ một mét. Để xem xét tác động của những độ cao này trong các kịch bản nước biển dâng trong phạm vi số liệu sẵn có, một số giả định đã được đưa ra. Đặc biệt, chúng tôi giả định phân bố về đất nông nghiệp và đường giao thông giống nhau ở các khu vực hành chính. Vì vậy, nếu một nửa diện tích dự báo bị ngập do nước biển dâng thì một nửa đất nông nghiệp và hệ thống đường trong khu vực đó được ước tính sẽ bị phá hủy.

Đồ thị 6 thể hiện tỷ lệ diện tích ước tính có độ cao so với mực nước biển thấp hơn 1m và bên phải thể hiện giá trị của hệ thống đường có trong diện tích đó. Khu vực đồng bằng sông Cửu Long là mối quan tâm đặc biệt bởi tỷ trọng vùng đất có độ cao so với mực nước biển dưới 1 mét rất lớn. Khu vực đồng bằng sông Hồng cũng cần được quan tâm mặc dù với mức độ ít hơn.

Đồ thị 6: Tỷ lệ diện tích bị ngập đối với khu vực có độ cao so với mực nước biển dưới 1m và giá trị của hệ thống đường ước tính nằm trong khu vực đó



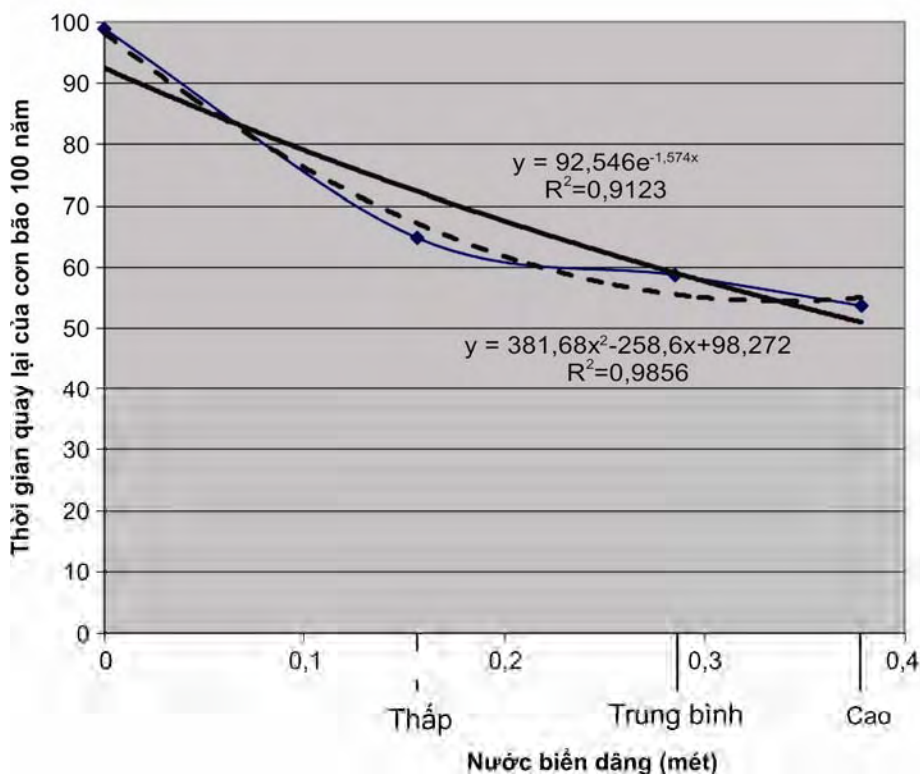
Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

Phân tích chi tiết kết hợp giữa nước biển dâng và dâng bão do bão được thực hiện cho đồng bằng sông Hồng. Tác động của biến đổi khí hậu đến bão có thể bao gồm thay đổi về cường độ, tần suất và đường đi của các cơn bão. Thay đổi về nhiệt độ là yếu tố quan trọng trong thay đổi của bão nhưng bởi vì bão là hiện tượng tương đối hiếm, sự khác biệt trong các hoạt động tạo bão có thể có đến năm 2050 khó có thể phân biệt được với phương pháp hiện nay. Do đó, chúng tôi giả định tần suất và cường độ của bão là cố định.

Nước biển dâng có thể có tác động quan trọng qua việc gia tăng sự phá hủy của bão. Nước biển cao hơn tạo ra các cơn bão có nước biển dâng cao hơn và làm tăng mức độ và độ sâu của nước dâng bão trong các khu vực vốn đã dễ bị tổn thương đối với lốc vùng duyên hải. Hơn thế nữa, dự báo về nước biển dâng đến năm 2050 mặc dù bất định nhưng thường vẫn đáng tin cậy hơn so với dự báo bão. Nhìn chung, mức dâng của nước biển có thể làm các cơn bão hiện nay trở lên nguy hiểm hơn đáng kể.

Sự kết hợp giữa dâng bão và nước biển dâng được xem xét cho đồng bằng sông Hồng. Đồ thị 7 cung cấp ước lượng thay đổi thời gian quay lại của dâng bão có tần suất 100 năm hiện nay do kết quả của nước biển dâng. Hiện tượng thiên tai có chu kỳ 100 năm hiện nay ở Hà Nội có thể xảy ra với tần suất cao hơn trong kịch bản nước biển dâng. Đến năm 2050, thay vì thiên tai xảy ra 100 năm một lần thì có thể xảy ra 65 năm một lần trong kịch bản nước biển dâng thấp và 54 năm trong kịch bản nước biển dâng cao. Tương tự đối với thời gian quay lại của các cơn bão khác. Sự thay đổi thời gian quay trở lại này có ý nghĩa tương đối quan trọng. Thiên tai xảy ra trong vòng 100 năm là trình diễn của dâng bão khoảng 5 mét. Khoảng 42,5% GDP của đồng bằng sông Hồng được ước tính nằm ở độ cao dưới 5 mét so với mực nước biển. Con số này cho cả Việt Nam vào khoảng 9% GDP. Xem xét vấn đề này trong nghiên cứu của chúng tôi là phù hợp bởi vì Noy (2009) chỉ ra rằng thiệt hại do thiên tai có mối quan hệ chặt chẽ với tăng trưởng kinh tế giai đoạn hậu thiên tai.

Đồ thị 7: Thay đổi về thời gian quay lại của các cơn bão tần suất 100 năm do nước biển dâng



Mô hình kinh tế vĩ mô đa ngành

Kết quả của các mô hình ở trên được chuyển sang mô hình cân bằng tổng thể của Việt Nam để ước tính tác động kinh tế của kịch bản gốc và các kịch bản biến đổi khí hậu, bao gồm tác động từ bốn lĩnh vực quan trọng đến toàn bộ nền kinh tế (nghĩa là mối liên hệ gián tiếp hoặc các mối liên kết trong toàn bộ nền kinh tế). Các quyết định kinh tế trong mô hình cân bằng tổng thể động là kết quả của quá trình tối ưu hóa phi tập trung của nhà sản xuất và người tiêu dùng trong một nền kinh tế có các mối quan hệ chặt chẽ. Để thích ứng với biến đổi khí hậu, các cơ chế thay thế được diễn ra để đáp lại những thay đổi tương đối về giá, bao gồm cả sự thay thế giữa các nhân tố sản xuất, giữa hàng nhập khẩu và sản xuất trong nước, giữa xuất khẩu và tiêu dùng nội địa. Mô hình của Việt Nam có 8 vùng, 30 ngành, bao gồm cả ngành sản xuất điện, dịch vụ vận tải và 10 ngành nông nghiệp. Ba mươi bảy yếu tố sản xuất bao gồm: ba loại lao động (phân theo trình độ cấp tiểu học, cơ sở và trung học sau đó được phân tổ tiếp theo nông thôn và thành thị), vốn, đất nông nghiệp, vốn nông nghiệp, gia cầm và thủy sản. Vốn nông nghiệp, đất nông nghiệp, gia cầm và thủy sản được chia ra theo 8 vùng. Việc phân chia chi tiết theo vùng và ngành giúp phản ánh kết cấu của nền kinh tế và ảnh hưởng đến kết quả của mô hình.

Biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến tăng trưởng kinh tế và phúc lợi trong mô hình cân bằng tổng thể động (DCGE) qua bốn nhóm yếu tố. Thứ nhất, năng suất thay đổi trong nông nghiệp được lấy từ mô hình CliCrop/WEAP và sau đó mô hình cân bằng tổng thể động quyết định nguồn lực phân bổ cho mỗi loại cây trồng dựa vào khả năng sinh lợi tương đối của nó so với các ngành khác (nghĩa là điều chỉnh nội sinh). Thứ hai, mô hình DCGE trực tiếp lồng ghép sự thay đổi trong sản xuất thủy điện từ IMPEND. Thứ ba, CliRoad được lồng ghép trực tiếp vào mô hình DCGE. Độ dài của hệ

thông đường giao thông từ CLIROAD được sử dụng trong mô hình DCGE để giúp quyết định tăng trưởng năng suất. Hệ thống đường ngắn hơn sẽ làm giảm năng suất vận tải và tăng chi phí vận chuyển hàng hóa từ nơi sản xuất đến người tiêu dùng. Cuối cùng, mô hình DCGE xem xét tác động của nước biển dâng bằng cách giảm diện tích đất canh tác và hệ thống đường giao thông ở mỗi khu vực bởi diện tích đất bị ngập lụt ước tính như đã trình bày ở trên. Thêm vào đó, tác động của bão cũng được xem xét. Những kênh tác động khác được ghi nhận nhưng chưa được xem xét chính thức ví dụ như ảnh hưởng về sức khỏe, du lịch.

Tác động của biến đổi khí hậu sẽ diễn ra trong thời gian dài vì vậy việc xem xét quá trình động là hết sức quan trọng. Tính chất động độ quy của mô hình DCGE cho phép mô hình nắm bắt được thay đổi hàng năm về tỷ lệ tích tụ vốn vật chất và vốn con người và thay đổi công nghệ. Vì vậy, ví dụ nếu biến đổi khí hậu giảm sản lượng nông nghiệp hoặc sản lượng thủy điện trong một năm nào đó, nó cũng sẽ giảm thu nhập, và kéo theo là tiết kiệm. Những sự giảm tiết kiệm đó dẫn đến giảm đầu tư và giảm sản xuất tiềm năng. Tương tự như vậy, chi phí duy trì đường cao hơn làm giảm đầu tư cơ sở hạ tầng và giảm độ dài của hệ thống đường hiện tại và tương lai. Những sự kiện bất thường, như lũ lụt do bão, cũng phá hủy cơ sở hạ tầng gây ra những tác động lâu dài. Nhìn chung, thậm chí sự khác biệt nhỏ nhưng được tích lại cũng gây ảnh hưởng lớn đến kết quả kinh tế trong dài hạn. Mô hình DCGE của chúng tôi được thiết kế phù hợp để nắm bắt được những ảnh hưởng này.

Tác động của biến đổi khí hậu đến tăng trưởng kinh tế

Để ước tính chi phí kinh tế của biến đổi khí hậu cho Việt Nam, điều đầu tiên là cần xây dựng được kịch bản gốc, thể hiện xu hướng phát triển, chính sách và những định hướng ưu tiên trong trường hợp không có biến đổi khí hậu. Kịch bản gốc cung cấp hướng tăng trưởng và thay đổi cơ cấu của nền kinh tế giai đoạn 2007-2050 và làm cơ sở để so sánh. Với các giả định ở kịch bản gốc, kinh tế Việt Nam tăng khoảng 5,4% hàng năm với tỷ trọng nông nghiệp trong GDP giảm từ 16% xuống 7,6% giai đoạn 2007-2050. GDP bình quân đầu người tăng liên tục dẫn đến phúc lợi hộ gia đình bình quân được cải thiện đáng kể.

Để nhận định tác động của biến đổi khí hậu đối với tăng trưởng và phát triển kinh tế, các kênh tác động nêu trên được xem xét lần lượt. Tổng thể 6 kênh được xem xét dưới đây dưới tiêu đề là tên của các kịch bản.

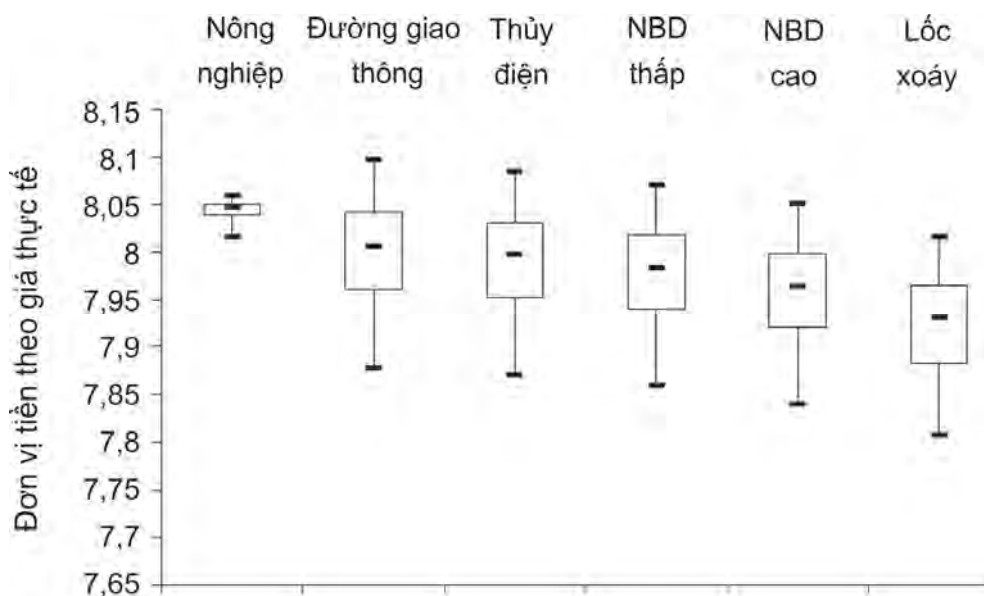
1. Nông nghiệp. Tác động của thay đổi nhiệt độ và lượng mưa đến sản lượng cây trồng được chia theo khu vực có kết hợp với nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng.
2. Đường giao thông. Tác động của biến đổi khí hậu từ mô hình CliRoad.
3. Thủy điện. Phần trăm thay đổi trong sản xuất thủy điện được mô phỏng.
4. Nước biển dâng thấp. Đến năm 2050, nước biển giả định tăng khoảng 16 cm. Gia tăng này tuyến tính theo giai đoạn mô phỏng.
5. Nước biển dâng cao. Nước biển giả định tăng 38 cm đến năm 2050 và được mô phỏng giống như kịch bản nước biển dâng thấp.
6. Bão. Xác suất của các cơn bão được mô phỏng cho 56 kịch bản và chỉ xem xét tác động biên của nước biển dâng.

Những kịch bản này được mô phỏng theo cách tăng dần. Do đó kịch bản Đường giao thông bao gồm cả các cú sốc trong kịch bản Nông nghiệp và cú sốc trong kịch bản Đường giao thông. Kịch bản cuối cùng, Bão, bao gồm cả các cú sốc của 3 kịch bản đầu và kịch bản Nước biển dâng cao. Với kịch bản Nước biển dâng thấp, tác động của bão do dâng bão nhỏ và không trình bày.

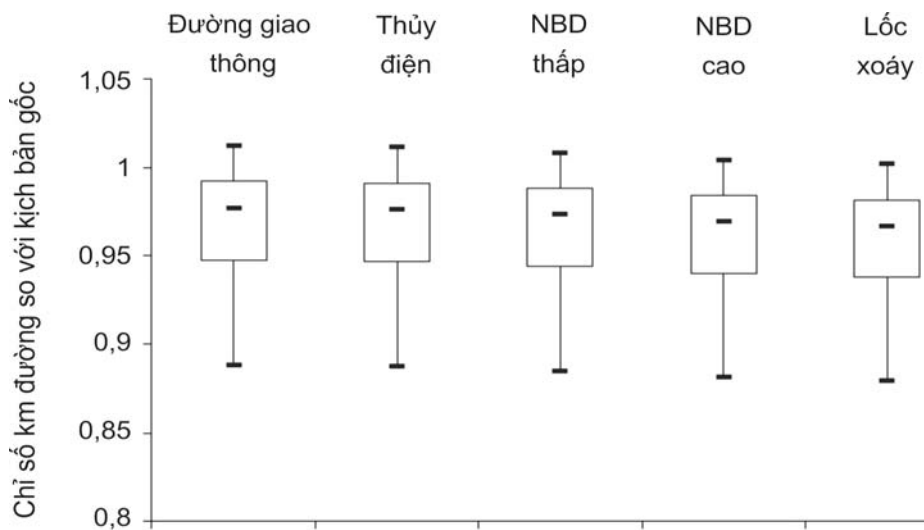
Đồ thị 8 trình bày giá trị GDP thực trung bình của giai đoạn 2046-2050 của tất cả các kịch bản. Giá trị trung bình được xem xét để tránh tác động của các cú sốc vào từng năm cụ thể. Bắt đầu với kịch bản Nông nghiệp, tác động của biến đổi khí hậu tương đối nhẹ khi chưa tính đến ảnh hưởng của nước biển dâng. Hay nói cách khác, trong kịch bản này, chỉ có tác động qua ảnh hưởng đến năng suất cây trồng tó m tấ t trong Đồ thị 4 và thiếu cung nước cho thủy lợi tó m tấ t trong Đồ thị 5 được tính đến. Tác động của những cú sốc này đối với nền kinh tế và tăng trưởng là tương đối thấp bởi hai lý do. Thứ nhất, bản thân các cú sốc không lớn xét trên mọi khía cạnh. Thứ hai và quan trọng là tỷ trọng nông nghiệp trong GDP giai đoạn 2046-2050 không lớn. Tỷ trọng này chỉ dao động ở khoảng 7% đến 8% GDP cho tất cả các kịch bản. Bởi vì tỷ trọng nông nghiệp giảm (đây là xu hướng thực tế), những thay đổi hoặc suy giảm trong nông nghiệp sẽ có ảnh hưởng không đáng kể đến nền kinh tế và tốc độ tăng trưởng chung.

Đối với kịch bản Đường giao thông ở Đồ thị 8, tác động của biến đổi khí hậu trở lên mạnh hơn và cũng có thể tích cực nhưng có khả năng tác động tiêu cực nhiều hơn ở tầm quốc gia. Những tác động này được truyền từ mô hình CliRoad (không bao gồm tác động lên hệ thống đường do nước biển dâng). Đồ thị 9 cung cấp phân bổ độ dài hệ thống đường so với kịch bản gốc không có biến đổi khí hậu. Như đã đề cập ở trên, CliRoad được lồng ghép trực tiếp vào mô hình DCGE. Độ dài hệ thống đường ảnh hưởng đến tốc độ tăng năng suất các yếu tố tổng hợp trong mô hình. Thêm vào đó, đầu tư vào hệ thống đường được giả định tỷ lệ thuận với tốc độ tăng chi tiêu chính phủ. Kết quả của các tương tác này là độ dài hệ thống đường khác nhau trong các kịch bản.

Đồ thị 8: GDP thực theo giá sản xuất (trung bình giai đoạn 2046-2050)



Đồ thị 9: Chỉ số độ dài hệ thống đường so với kịch bản gốc (trung bình giai đoạn 2046-2050).



Trong một số kịch bản, hệ thống đường dài hơn so với kịch bản gốc. Các kịch bản khô hơn có xu hướng thuận lợi hơn cho độ dài hệ thống đường do không bị lũ và mưa làm xói mòn. Tuy nhiên, hầu hết các kịch bản làm giảm độ dài của hệ thống đường. Điều này do 3 nguyên nhân. Thứ nhất, tất cả các kịch bản biến đổi khí hậu GCM đều làm nhiệt độ tăng. Nhiệt độ tối đa càng cao càng nâng cao tốc độ xuống cấp của đường trừ khi đường được thiết kế có thể chống chịu được với nhiệt độ cao. Trong mô hình, thiết kế này không được xem xét do đó nhiệt độ tăng làm tăng chi phí duy tu đường, giảm đầu tư xây đường mới. Thứ hai, mặc dù lượng mưa trên cả nước giảm nhẹ nhưng cường độ mưa có xu hướng tăng lên dẫn đến tăng tốc độ xói mòn đường giao thông, đặc biệt là đường đất. Thứ ba, gia tăng cường độ mưa trong hầu hết các kịch bản dẫn đến tăng nhẹ tàn suất và cường độ lũ lụt. Trong một vài kịch bản GCM, lũ lụt với quy mô lớn trở lên thường xuyên hơn dẫn đến giảm hệ thống đường.

Xuống cấp hay phá hủy cơ sở hạ tầng khác với tác động nông nghiệp bởi vì những tác động này diễn ra trong thời gian dài. Một khi đường bị cuốn trôi, tác động tiêu cực của nó vẫn còn đến tận lúc đường được làm lại. Tuy nhiên, với nguồn lực cho đường giao thông là cố định, việc làm lại đường do lũ cuốn trôi làm giảm nguồn lực cho việc xây đường mới hoặc sửa chữa duy tu hệ thống đường hiện có. Vì vậy, đối với đường giao thông, biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến hệ thống đường hiện có và do đó ảnh hưởng đến tốc độ tăng năng suất của các ngành sản xuất. Do tác động đó có tính cộng dồn nên càng lớn theo thời gian. Ngược lại, trong nông nghiệp, biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến sản xuất trong một thời gian nhất định nhưng không nhất thiết ảnh hưởng đến tốc độ tăng của tiềm năng sản xuất theo thời gian. Nếu điều kiện tăng trưởng không thuận lợi, sản xuất giảm, và điều kiện thuận lợi thì sản xuất tăng.

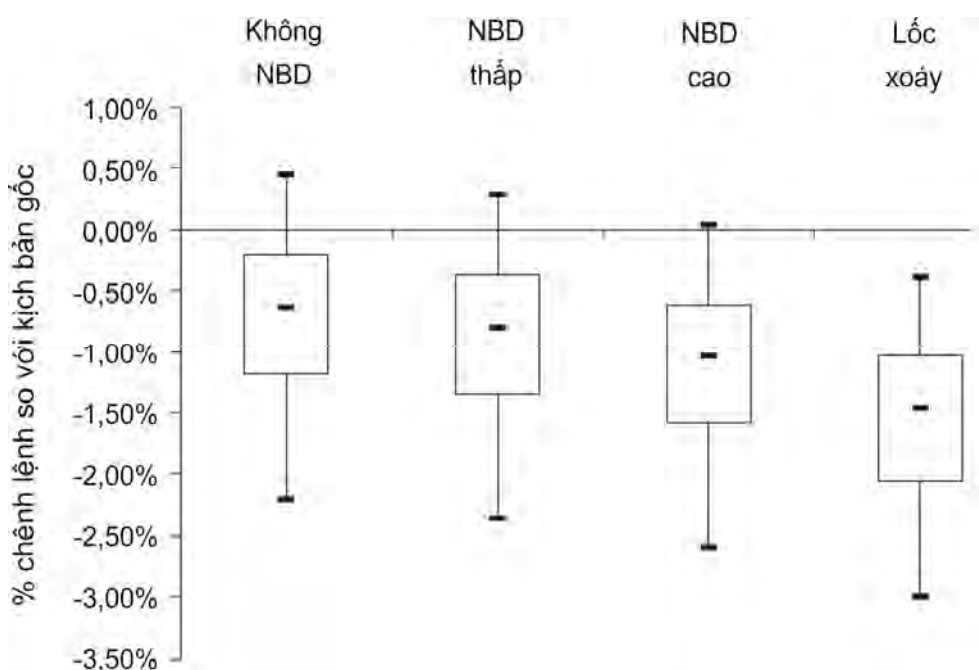
Kịch bản thứ ba được diễn tả trong Đồ thị 8, bổ sung thêm cú sốc liên quan đến thủy điện. Như đã trình bày trong Đồ thị 3, tác động đến thủy điện về cơ bản ở xung quanh giá trị 0 trong những năm 2040. Tuy nhiên, trong những năm 2020 và 2030 khi thủy điện chiếm tỷ trọng lớn trong nguồn điện, tác động có thể tiêu cực. Những ảnh hưởng này làm giảm nhẹ tốc độ tăng trưởng trong giai đoạn và dẫn đến giảm nhẹ GDP bình quân giai đoạn 2046-2050 ở tất cả các kịch bản.

Tác động của nước biển dâng như chỉ ra trong Đồ thị 8 tiêu cực ở tất cả các kịch bản, làm GDP giảm. Nước biển dâng không liên quan tới kịch bản GCM lựa chọn. Vì vậy, cú sốc nước biển dâng như nhau được mô phỏng cho tất cả các kịch bản. Có hai yếu tố chi phối thiệt hại từ nước biển dâng là thiệt hại đất nông nghiệp và thiệt hại hệ thống đường giao thông. Như đã nhấn mạnh ở trên, số liệu về độ cao so với mặt nước biển được đo bằng mét trong khi biến đổi khí hậu làm cho nước biển dâng khoảng 38 cm trước năm 2050 (có thể lớn hơn nhiều tới năm 2100). Kết quả là không thể phân tích tác động chính xác của nước biển dâng nếu không có thêm các giả định. Chúng tôi, giả định rằng với 38 cm nước biển dâng, 38% diện tích ngập khoảng 1 mét so với mực nước biển sẽ không thể sản xuất được. Chúng tôi cũng giả định rằng diện tích này bao gồm cấu thành cơ bản của đất nông nghiệp và hệ thống đường giao thông. Các loại vốn khác như máy móc, nhà cửa bị ảnh hưởng trong kịch bản Bảo sẽ được trình bày ngay dưới đây.

Kịch bản Bảo xem xét tác động kết hợp của bão và nước biển dâng so với kịch bản gốc. Như đã thảo luận, chúng tôi giả định không có sự thay đổi về tần suất và cường độ của các cơn bão. Hầu hết các phá hủy của bão là do tốc độ gió, tuy nhiên, yếu tố này được giữ cố định cho cả kịch bản gốc và các kịch bản khác. Như vậy, tác động của bão do biến đổi khí hậu sẽ là tác động kết hợp giữa dâng bão và nước biển dâng. Nước biển dâng 38 cm làm dâng bão ảnh hưởng sâu hơn nữa vào đất liền và tăng đất ngập lụt trong vùng bị ảnh hưởng.

Tuy nhiên, tổng tác động kinh tế không quá lớn. Đồ thị 10 cho thấy phần trăm suy giảm của GDP giai đoạn 2046-2050. Kịch bản Không có nước biển dâng là kịch bản Thủy điện (nghĩa là kết hợp của kịch bản Nông nghiệp, Đường giao thông và Thủy điện). Kịch bản nước biển dâng thấp gây tác động ít nhất trong các kịch bản. GDP trong giai đoạn đó nằm trong khoảng +, - 0,25 và - 2,5% với hầu hết các kết quả rơi vào khoảng -0,5 đến -1,5%. Với kịch bản Nước biển dâng cao và Bảo, GDP trong giai đoạn 2046-2050 thấp hơn từ 0,5 đến 3,0%.

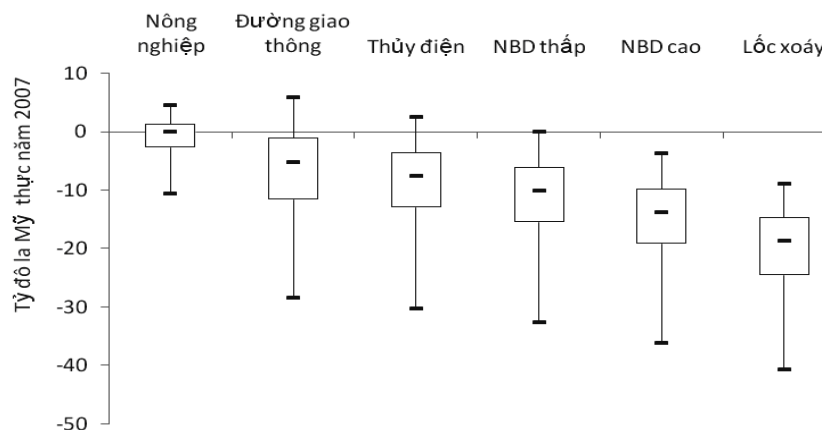
Đồ thị 10: Giảm GDP thực so với kịch bản gốc (trung bình giai đoạn 2046-2050)



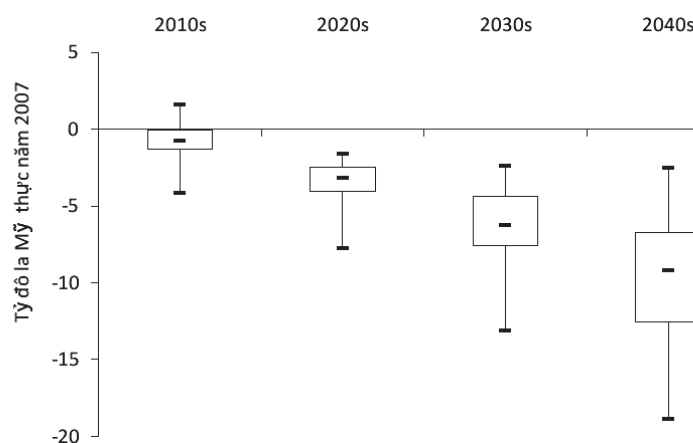
Bởi vì tăng trưởng là một quá trình, những suy giảm GDP nói trên dẫn đến giảm sút nhỏ tốc độ tăng trưởng trung bình hàng năm trong giai đoạn mô phỏng (2007-2050). Trong kịch bản Bão, tốc độ tăng GDP bình quân giảm từ 0,01 điểm phần trăm đến 0,08 điểm phần trăm. Hay nói một cách khác, nếu tốc độ tăng trưởng bình quân hàng năm của kịch bản gốc không có biến đổi khí hậu là 5,4% thì tốc độ tăng trưởng cho kịch bản có biến đổi khí hậu dao động trong khoảng 5,32 đến 5,39%.

Trong khi biến đổi khí hậu không làm suy giảm nhiều tốc độ tăng trưởng kinh tế bình quân trong 40 năm tới thì tác động của nó không hề nhỏ. Thêm vào đó, phân tích cho thấy biến đổi khí hậu gây cản trở nền kinh tế và đến năm 2040 trở lên tương đối lớn. Giá trị hiện tại thuần của thiệt hại theo kịch bản được minh họa trong Đồ thị 11 và theo thập kỷ của kịch bản Bão trong Đồ thị 12. Giá trị hiện tại ròng của thiệt hại có thể lên đến khoảng 40 tỷ USD năm 2007 trong trường hợp xấu nhất. Thiệt hại ước tính trong khoảng từ 8 đến 21 tỷ USD. Mặc dù có trường hợp có những tác động tích cực khi không có nước biển dâng, các kịch bản khi bao gồm tất cả các tác động (kịch bản Nước biển dâng thấp, Nước biển dâng cao và Bão) đều tạo ra giá trị hiện tại thuần âm. Đồ thị 12 nhấn mạnh rằng mặc dù tỷ lệ chiết khấu chỉ có 5%, giá trị hiện tại thuần của các tác động của biến đổi khí hậu tăng theo thời gian và cao nhất vào những năm 2040. Điều này là do tác động tất yếu của nước biển dâng.

Đồ thị 11: Giá trị hiện tại thuần của thiệt hại theo kịch bản (2008-2050).



Đồ thị 12: Giá trị thiệt hại hiện tại thuần theo thập kỷ của kịch bản Bão.



Chú thích: Tỷ lệ chiết khấu 5% cho cả 2 đồ thị 11 và 12.

Tóm tắt và kết luận

Tính đến năm 2050, những biến đổi về khí hậu có thể xảy ra là: nhiệt độ tăng 1 đến 2 độ C; lượng mưa có xu hướng giảm nhẹ và lượng nước bốc hơi tăng nhẹ. Sự kết hợp giữa giảm nhẹ lượng mưa với tăng nhẹ nước bốc hơi dẫn đến thời tiết sẽ khô hơn. Dòng nước cũng có sự thay đổi nhẹ, khả năng tăng và giảm là như nhau (giá trị trung vị giảm nhẹ). Những thay đổi này không đủ mạnh để tạo ra sụt giảm lớn về sản lượng nông nghiệp và cũng không gia tăng mạnh các hiện tượng thời tiết cực đoan ví dụ như lụt lội, có thể đe dọa đến cơ sở hạ tầng. Hơn thế nữa, sản xuất thủy điện có xu hướng bị ảnh hưởng tiêu cực nhưng không lớn để có thể gây ra một cú phanh gấp cho tăng trưởng kinh tế.

Nước biển dâng có thể tạo nên tác động mạnh nhất, đặc biệt khi nước biển dâng cao và khi kết hợp với bão. Đồng bằng sông Cửu Long đặc biệt dễ bị tổn thương với tỷ lệ đất bị ngập đến năm 2050 là lớn trong kịch bản nước biển dâng cao. Nhìn tổng thể, đến năm 2050 biến đổi khí hậu tác động tiêu cực đến tăng trưởng kinh tế của Việt Nam. Tuy nhiên, dưới góc độ kinh tế vĩ mô, những tác động đến khoảng trước năm 2040 không lớn. Những yếu tố khác có thể đóng vai trò quyết định hơn đối với tăng trưởng kinh tế của Việt Nam trong vòng mấy thập kỷ tới.

Các số liệu ước tính về giá trị thiệt hại hiện tại thuận cho thấy tác động của biến đổi khí hậu có thể đáng quan tâm và nên có chính sách điều chỉnh kịp thời. Những hành động chính sách bao gồm:

- Đầu tư vào hệ thống thông tin để theo dõi tác động của biến đổi khí hậu, bao gồm nâng cấp hệ thống thông tin địa lý, tập trung vào dữ liệu độ cao so với mặt nước biển đối với những tỉnh có độ cao thấp, ven sông và theo dõi dự báo quốc tế về nước biển dâng;
- Phát triển và đa dạng hóa cây trồng chịu nhiệt;
- Nâng cao hiệu quả sử dụng nước;
- Thay đổi tiêu chuẩn thiết kế cơ sở hạ tầng để đối phó với sự thay đổi thường xuyên của khí hậu và thời tiết nóng lên ví dụ như thiết kế đường giao thông.

Mối quan tâm chính sách lớn nhất là tác động của nước biển dâng kết hợp với bão. Về cơ bản, có hai lựa chọn chủ động. Thứ nhất, chính phủ Việt Nam có thể hướng các hoạt động kinh tế đầu tư đến các địa điểm cao. Thứ hai, chính phủ đầu tư chuẩn bị cơ sở hạ tầng hạn chế những tác động tiêu cực của nước biển dâng trong tương lai. Những lựa chọn này không loại trừ nhau và các quyết định ứng phó với biến đổi khí hậu không nhất thiết phải ban hành ngay lập tức. Tuy nhiên, trong khi cần có thêm các nghiên cứu khác, kết quả nghiên cứu hiện nay cho thấy hướng các hoạt động vào vùng đất cao hơn có thể có hiệu quả kinh tế và chắc chắn đỡ rủi ro hơn. Lý do để phản đối đầu tư cho cơ sở hạ tầng là vấn đề về vốn đầu tư. Cả chi phí của việc xây đê bao cũng như vốn đổ vào đó đều có thể phải đối mặt với rủi ro là khu vực đó nằm trong vùng ảnh hưởng đáng kể của bão. Vì vậy, lựa chọn đầu tư cơ sở hạ tầng để ứng phó với biến đổi khí hậu luôn có chịu rủi ro là tổn thất rất lớn. Đối với chiến lược chuyển dần các hoạt động sản xuất lên vùng đất cao, các hoạt động được thực hiện dần dần do đó có hiệu quả nhưng cần được triển khai sớm, trong vòng 10 năm tới, đặc biệt trong trường hợp nếu dự báo về kịch bản nước biển dâng cao trở thành hiện thực.

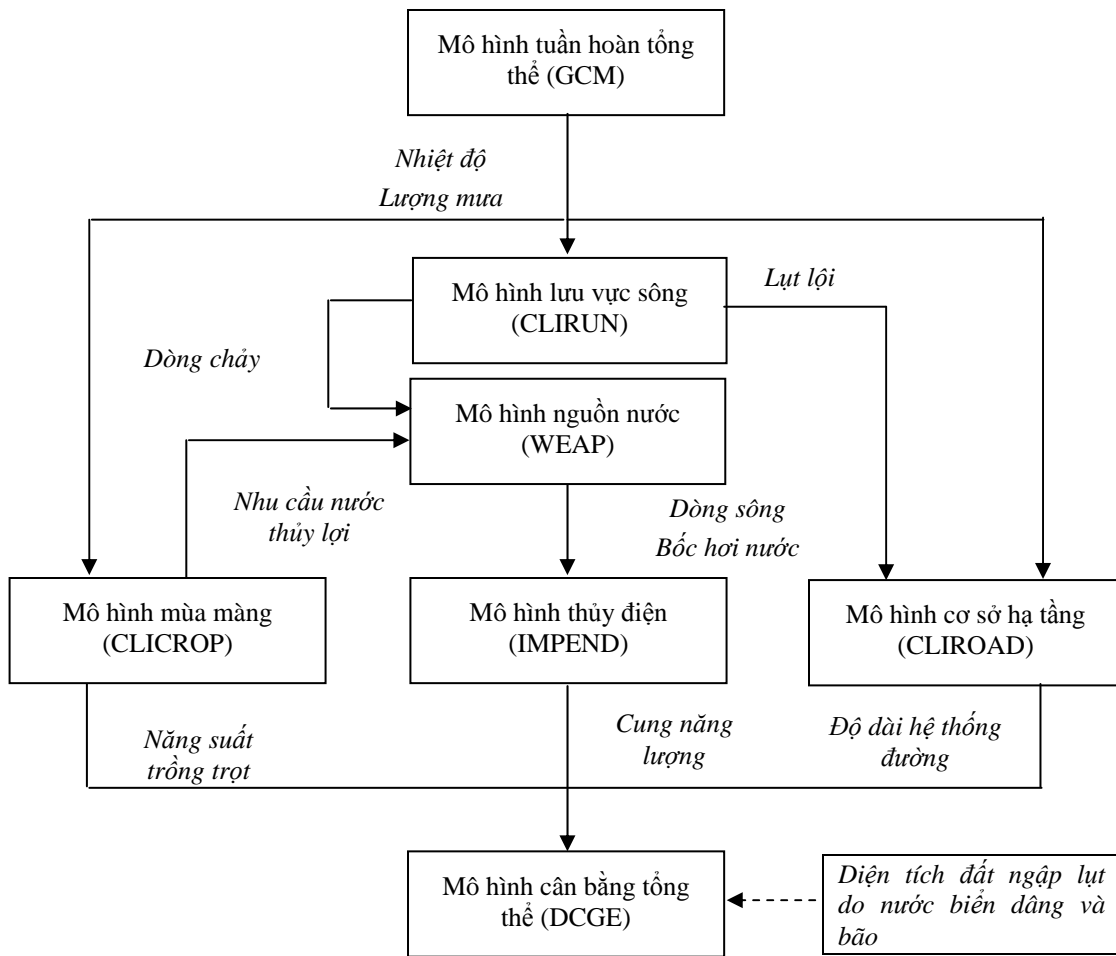
TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN TĂNG TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN KINH TẾ CỦA VIỆT NAM

1. Giới thiệu

Giống như ở nhiều nước, Việt Nam quan tâm đến tác động của biến đổi khí hậu đến tăng trưởng và phát triển kinh tế. Báo cáo này trình bày phân tích tổng hợp về tác động của biến đổi khí hậu cho Việt Nam. Báo cáo tập trung phân tích tác động đến năm 2050. Ba yếu tố trong phân tích cần được đề cập ở đây. Thứ nhất, cách tiếp cận cấu trúc từ dưới lên được áp dụng ở nghiên cứu này. Các phân tích dựa vào hàng loạt mô hình cấu trúc nối những kịch bản biến đổi khí hậu với kết quả về kinh tế. Thứ hai, so với các phân tích tác động khác, cách tiếp cận trong báo cáo này tương đối tổng hợp, xem xét 6 kênh tác động quan trọng: sản lượng cây trồng, nước cho thủy lợi, sản xuất thủy điện, hệ thống đường giao thông, nước biển dâng và bão. Cuối cùng, phân tích xem xét dự báo khí hậu của 56 kịch bản của mô hình tuần hoàn tổng thể (GCM), sử dụng trong Báo cáo đánh giá lần thứ tư của IPCC. Sự kết hợp giữa 3 yếu tố trên làm cho báo cáo mang nét đặc trưng riêng biệt và cho phép những phân tích chi tiết về tác động của biến đổi khí hậu cho Việt Nam. Việc sử dụng nhiều kịch bản biến đổi khí hậu đặc biệt quan trọng. Kết quả biến đổi khí hậu rất khác nhau qua các kịch bản. Do đó, việc lựa chọn một số kịch bản biến đổi khí hậu thay vì lựa chọn các kịch bản khác có thể ảnh hưởng lớn đến các kết luận đưa ra. Ở đây, các kết quả về biến đổi khí hậu của 56 kịch bản được sử dụng.

Cách tiếp cận được trình bày trong Đồ thị 1-1. Đồ thị chỉ ra các dòng thông tin trong hệ thống phân tích. Như được trình bày trong đồ thị, dự báo về khí hậu cho kịch bản gốc và kịch bản biến đổi khí hậu khác được chuyển tải sang tác động kinh tế qua các mô hình chuyên dụng. Đó là mô hình về lưu vực sông và nguồn nước, 3 mô hình ngành xem xét tác động biến đổi khí hậu đến nông nghiệp, năng lượng và cơ sở hạ tầng. Mô hình lưu vực sông quyết định dòng chảy trong mô hình nguồn nước, sau đó mô hình này ước lượng lượng nước cho sản xuất thủy điện và đáp ứng nhu cầu thủy lợi. Mô hình lưu vực sông cũng dự đoán tần suất và cường độ lũ, cùng với lượng mưa và nhiệt độ quyết định giá trị đường bị phá hủy trong mô hình cơ sở hạ tầng đường. Xem xét tác động của biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến nông nghiệp trong mô hình trồng trọt. Cuối cùng, kết quả của các mô hình trên được chuyển tải sang mô hình kinh tế đa ngành để ước tính tác động kinh tế của biến đổi khí hậu. Chúng tôi, cũng xem xét kênh tác động ngành thứ tư quyết định thiệt hại về đất, cơ sở hạ tầng và vốn từ nước biển dâng cũng như kết hợp giữa nước biển dâng và bão.

Đồ thị 1-1: Khung mô hình tích hợp.



Nguồn: Nhóm tác giả

Phân tích sâu trình bày trong báo cáo được xuất phát từ những vấn đề đáng được quan tâm đề cập trong các nghiên cứu. Dasgupta và cộng sự (2007) chỉ ra tính dễ bị tổn thương trong trường hợp nước biển dâng. Adger (1999) đề cập đến tổn thương xã hội, tập trung vào vùng duyên hải của Việt Nam. Gần đây nhất, Yu và cộng sự (2010) cho rằng “Việt Nam có thể là một trong những nước bị tác động mạnh nhất của biến đổi khí hậu” thông qua nghiên cứu tập trung hoàn toàn vào khu vực nông nghiệp. Ngân hàng thế giới (2010c) trình bày nỗ lực đầu tiên trong đánh giá tác động đến tăng trưởng trong tương lai. Nghiên cứu cho thấy biến đổi khí hậu sẽ tác động đáng kể tới một số khu vực và một số ngành; tuy nhiên, tác động kinh tế vĩ mô có thể tương đối thấp, ít nhất là đến năm 2050. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ sử dụng ba kịch bản biến đổi khí hậu và xem xét một số ít kênh tác động.

Báo cáo này có cấu trúc như sau: Phần 2 tóm tắt các kịch bản biến đổi khí hậu qua 56 vòng chạy của GCM. Mục 3 đến 6 tóm tắt cách thức xem xét tác động kinh tế của các kịch bản biến đổi khí hậu. Mục 7 trình bày kết quả tập trung vào tăng trưởng kinh tế đến năm 2050. Mục 8 tóm tắt và kết luận. Chúng tôi phát hiện rằng GDP giai đoạn 2046-2050 có thể cao hơn khoảng 0,25% và thấp hơn khoảng 3,0%, trong đó hầu hết các kịch bản rơi vào khoảng -0,5 đến - 2,0%. Bởi vì tăng trưởng là một quá trình, vì vậy mức sụt giảm đó chiếm tỷ trọng nhỏ trong tốc độ tăng trưởng hàng

năm trung bình giai đoạn mô phỏng (2007-1050). Trong kịch bản Báo, tốc độ tăng trưởng trung bình hàng năm giảm khoảng từ 0,012 đến 0,08 điểm phần trăm.

Trong khi biến đổi khí hậu không gây ra sự suy giảm nhiều trong tốc độ tăng trưởng kinh tế trung bình của 40 năm tới, ý nghĩa của nó không nhỏ. Thêm vào đó, phân tích chỉ ra rằng biến đổi khí hậu gây cản trở đến nền kinh tế ngày càng mạnh hơn và đặc biệt lớn trước những năm 2040. Giá trị thiệt hại hiện tại ròng (với chiết khấu 5%) trong trường hợp xấu nhất lên tới 40 tỷ USD (giá năm 2007). Mức thiệt hại trung bình nằm trong khoảng 8 đến 21 tỷ USD. Hơn thế nữa, mặc dù với tỷ lệ chiết khấu 5%, giá trị thiệt hại hiện tại ròng do biến đổi khí hậu tăng dần theo thời gian và lên đến đỉnh điểm vào những năm 2040. Hậu quả là, đặc biệt trong trường hợp thiếu vắng chính sách giảm thiểu toàn cầu, tác động lớn hơn nhiều có thể xảy ra trong nửa cuối thế kỷ 21 với sự kết hợp của kịch bản nước biển dâng và bão gây ra thảm họa lớn.

2. Các kịch bản biến đổi khí hậu

Biến đổi khí hậu trong tương lai rất khó định đoán do sự phức tạp của hệ thống khí quyển trái đất và do các yếu tố tác động của loài người. Các mô hình tuần hoàn tổng thể (GCM) hiện nay phỏng đoán nhiều kịch bản biến đổi khí hậu, đặc biệt ở tầm quốc gia (xem Solomon và cộng sự, 2007). Điều này do sự khác biệt trong khoa học mô hình hóa hệ thống khí hậu toàn cầu và do sự không chắc chắn trong việc nền kinh tế toàn cầu sẽ vận hành như thế nào trong nhiều thập kỷ tới. Sự không chắc chắn đó ngụ ý rằng các mô hình GCM phải được sử dụng để dự báo biến đổi khí hậu trong tương lai cho nhiều kịch bản phát thải có thể dựa trên các giả định khác nhau về dân số trong tương lai, tiến bộ công nghệ, hiệp định toàn cầu về giảm thải các bon.

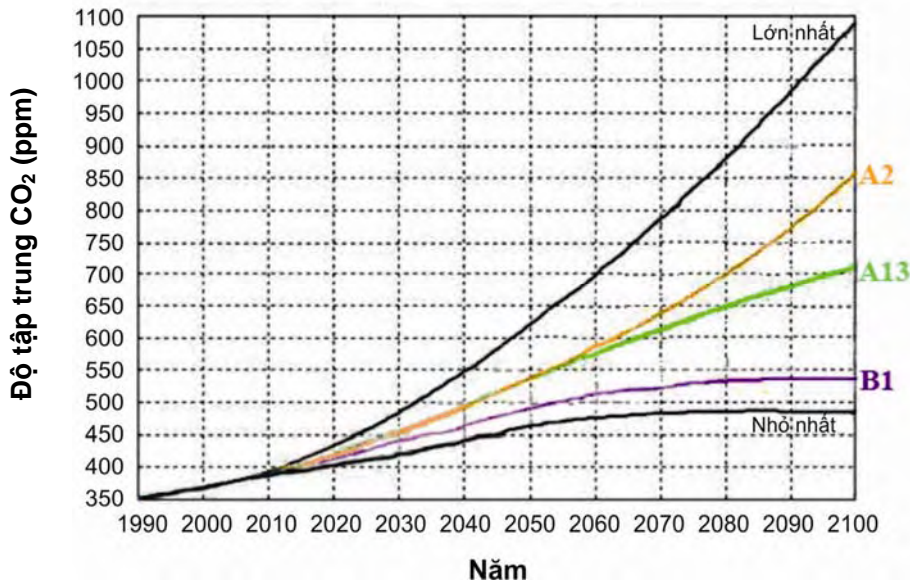
Được trình bày lần đầu tiên tại Báo cáo đặc biệt về kịch bản phát thải của Ủy ban liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) (2000), kịch bản phát thải A2, A1B, và B1 đại diện ba kịch bản của thế kỷ 21 với 2 giả định về tác động của con người tới biến đổi khí hậu. Trong kịch bản A2, toàn cầu hóa tiến triển không nhanh lắm, chủ yếu là hội nhập trong từng khu vực, tăng dân số tương đối nhanh, tăng trưởng GDP tăng tương tự như kịch bản gốc, sử dụng năng lượng toàn cầu tương đối lớn, sử dụng đất bao hàm duy trì tốc độ hiện nay và có nhiều sự thay đổi, nguồn năng lượng sẵn có không nhiều, thay đổi công nghệ để tăng cường tiết kiệm năng lượng rất chậm và đặc biệt không tập trung vào các giải pháp để giảm thiểu nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu.

Kịch bản A1 mô phỏng thế kỷ 21 với tốc độ toàn cầu hóa nhanh hơn, kinh tế khu vực hội nhập với nền kinh tế toàn cầu làm giảm mạnh khoảng cách GDP bình quân đầu người giữa các khu vực. Kịch bản A1B mô phỏng thế kỷ 21 với nền kinh tế toàn cầu hóa cân bằng giữa tiến bộ công nghệ gia tăng hiệu quả sử dụng năng lượng hóa thạch và phát triển công nghệ năng lượng tái tạo. Trong kịch bản này, GDP bình quân đầu người của khu vực kém phát triển tăng để bắt kịp với các nền kinh tế phát triển, tỷ lệ sinh đẻ giảm trên toàn cầu cùng giảm xuống một mức khá thấp. Tốc độ tăng GDP toàn cầu nhanh dẫn đến mức sử dụng năng lượng rất cao trong khi đó tốc độ thay đổi công nghệ nhanh, tập trung vào công nghệ sử dụng năng lượng hiệu quả, giảm thiểu phát thải khí nhà kính. Thay đổi sử dụng đất trong kịch bản này rất ít và nguồn nhiên liệu vẫn trong khả năng đáp ứng như ở nửa cuối thế kỷ 20.

Kịch bản B2 là kịch bản gốc. Tốc độ tăng dân số, tăng GDP, sử dụng năng lượng, sử dụng đất nguồn năng lượng sẵn có và thay đổi công nghệ liên quan đến năng lượng trong thế kỷ 21 vẫn diễn ra bình thường, duy trì tốc độ của nó như nửa cuối thế kỷ 20.

Trong phân tích này, kịch bản A2, B1, và A1B được lựa chọn để thể hiện tương ứng các trường hợp bi quan, lạc quan và trường hợp trung bình. Lượng phát thải CO₂ cộng dồn toàn cầu (GtC) từ 1990 đến 2100 cho những trường hợp này trình bày trong Đồ thị 2-1.

Đồ thị 2-1: Độ tập trung CO₂ được dự báo bởi các kịch bản SRES (IPCC, 2007)

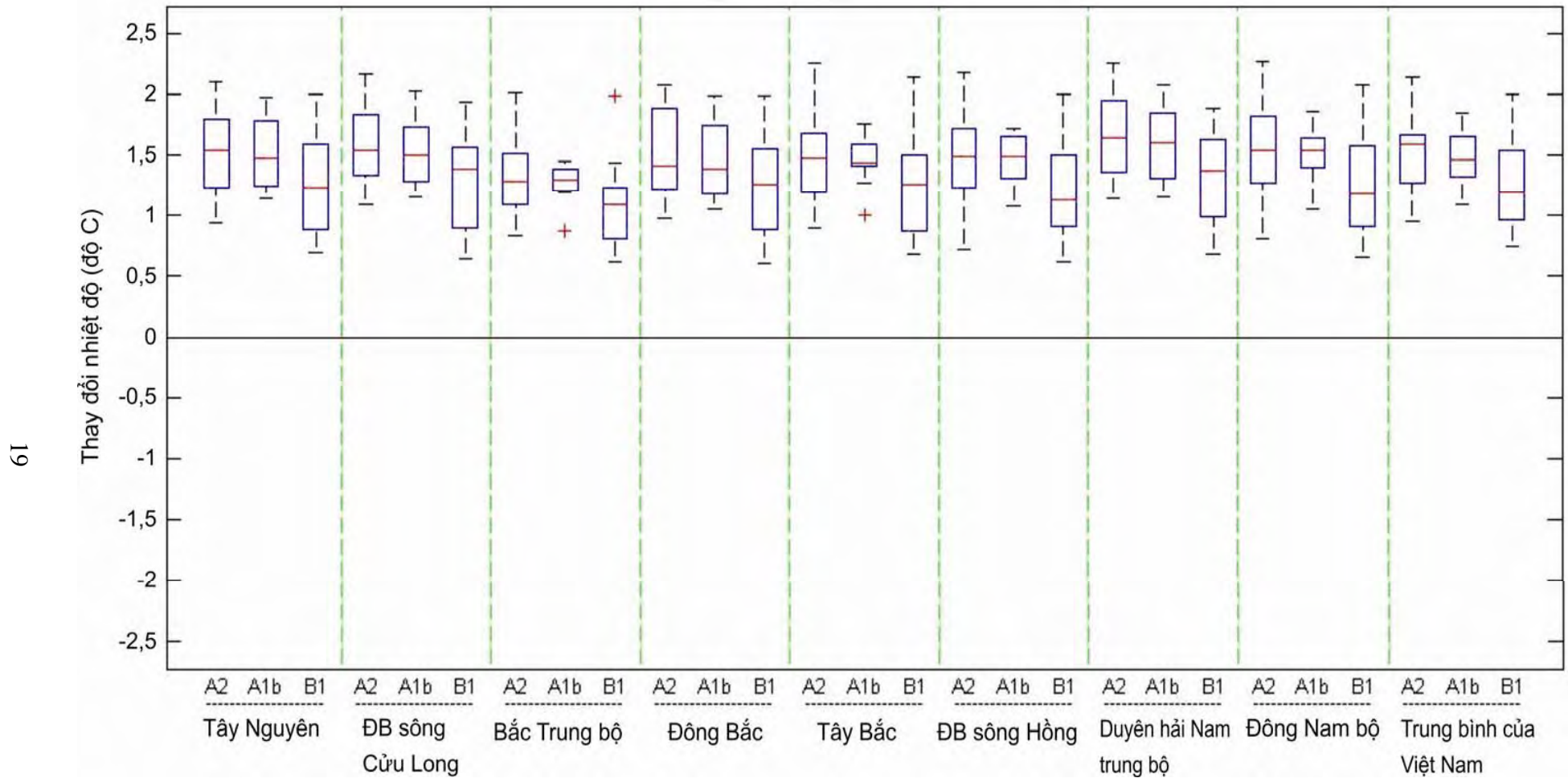


Để bao phủ hết các khả năng biến đổi khí hậu có thể xảy ra, báo cáo này sử dụng kết quả từ 22 mô hình tuần hoàn tổng thể (GCM) cho 3 kịch bản trong báo cáo đặc biệt về phát thải (SRESs) nói trên. Như vậy, báo cáo sử dụng tất cả 56 kịch bản khí hậu trong tương lai, đại diện cho tập hợp kịch bản được xem xét tại Báo cáo đánh giá lần thứ 4 (AR4) (không phải tất cả các kịch bản kết hợp GCM-SRES được xem xét trong AR4).

Kết quả của các mô hình này cho Việt Nam được tóm tắt trong Đồ thị 2-2 đến Đồ thị 2-5 dưới dạng hộp và điểm. Đồ thị 2-2 thể hiện sự gia tăng của nhiệt độ trong cả 3 kịch bản, SRESs (A2, A1B, and B1) và theo khu vực của Việt Nam. Dựa vào những mô hình này, nhiệt độ trung vị bình quân đến năm 2050 tăng khoảng nhỏ hơn 1,5 độ C, với các kết quả hội tụ xung quanh trung vị. Đối với tất cả các khu vực của Việt Nam, nhiệt độ tăng tối thiểu từ dưới 1 độ C đến tối đa là hơn 2 độ C.

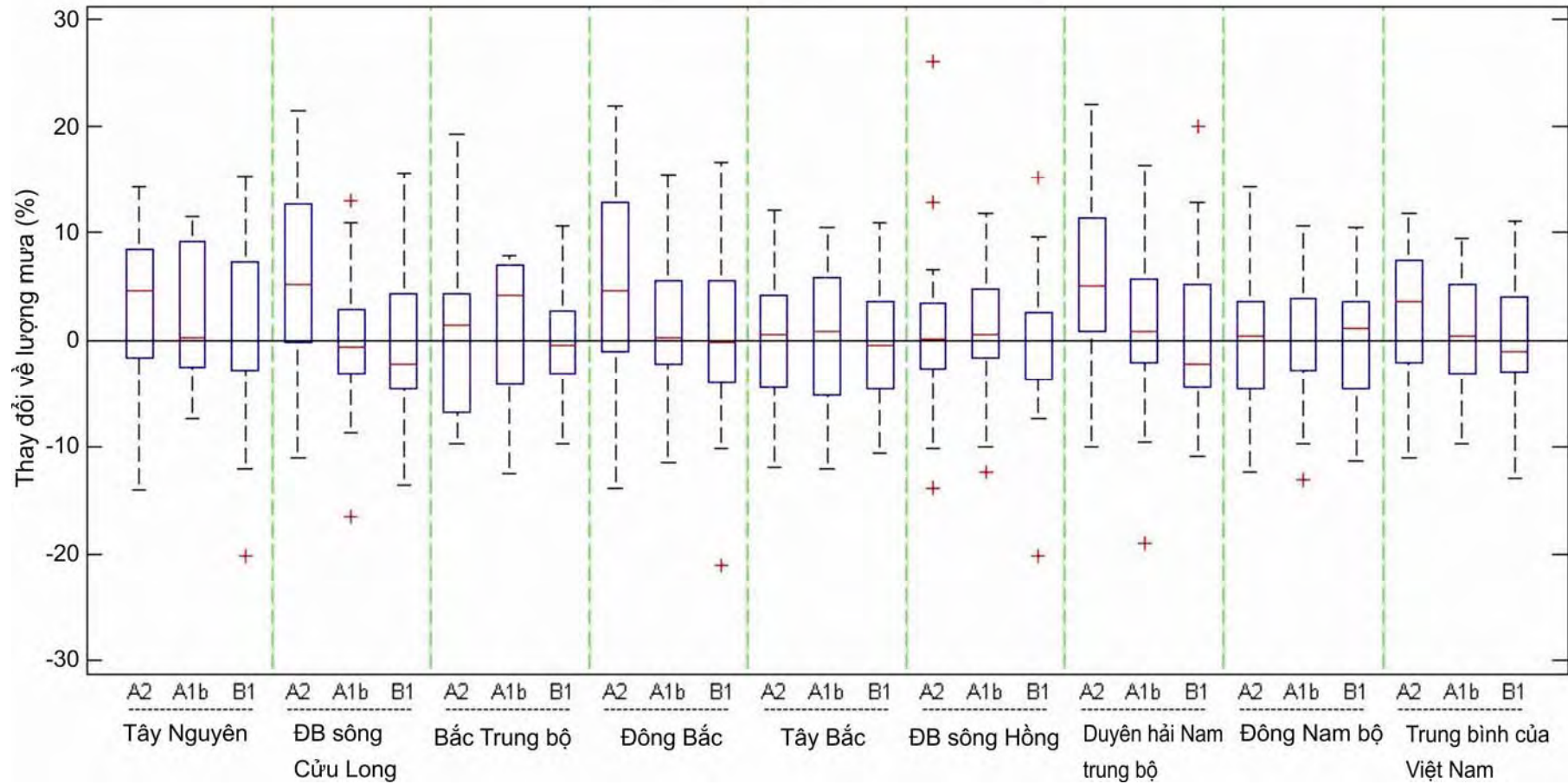
Như Đồ thị 2-3 cho thấy dự báo về lượng mưa không chắc chắn như dự báo về nhiệt độ. Về tổng thể, Việt Nam có khả năng có lượng mưa giảm nhẹ, thay đổi của giá trị trung vị mang dấu âm đối cho tất cả các kịch bản khí hậu. Tuy nhiên, điều kiện khí hậu khô hơn chỉ có khả năng xảy ra nhiều hơn một chút so với khí hậu ẩm hơn ở tầm quốc gia. Sự không chắc chắn này tương tự cho tất cả các vùng. Đối với tất cả các tỉnh và kịch bản SRES, giá trị thay đổi trong khoảng tứ phân vị (thể hiện trong khoảng hộp trong Đồ thị) có cả giá trị tăng và giảm về lượng mưa. Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất nằm trong khoảng rất lớn (kể cả khi loại trừ trường hợp ngoại vi), với giá trị tăng chiếm khoảng 10-20% và giảm chiếm khoảng 10-15%. Nếu xem xét cả điểm ngoại vi (dấu + trong Đồ thị) thì khoảng này càng rộng hơn.

Đồ thị 2-2: Thay đổi nhiệt độ trong những năm 2040 so với kịch bản gốc



Chú thích: Đường kẻ đồ thể hiện thay đổi nhiệt độ trung vị. Hộp minh họa các kết quả trong khoảng giá trị 25-75% kết quả (khoảng tứ phân vị) và các điểm miêu tả giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, ngoại trừ những điểm ngoại vi. Những điểm ngoại vi được thể hiện bằng dấu +.

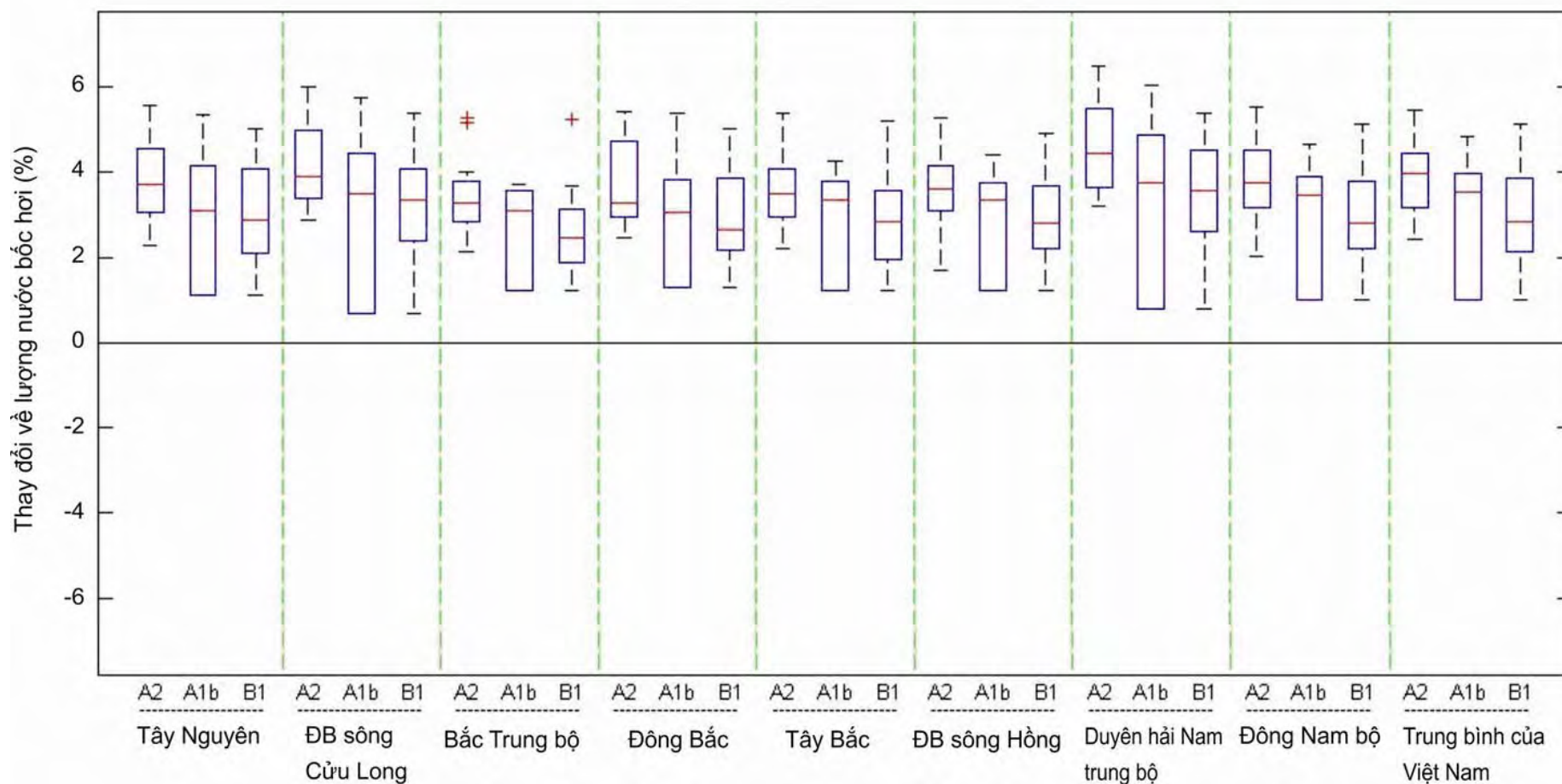
Đồ thị 2-3: Thay đổi về lượng mưa trong những năm 2040 so với kịch bản gốc



20

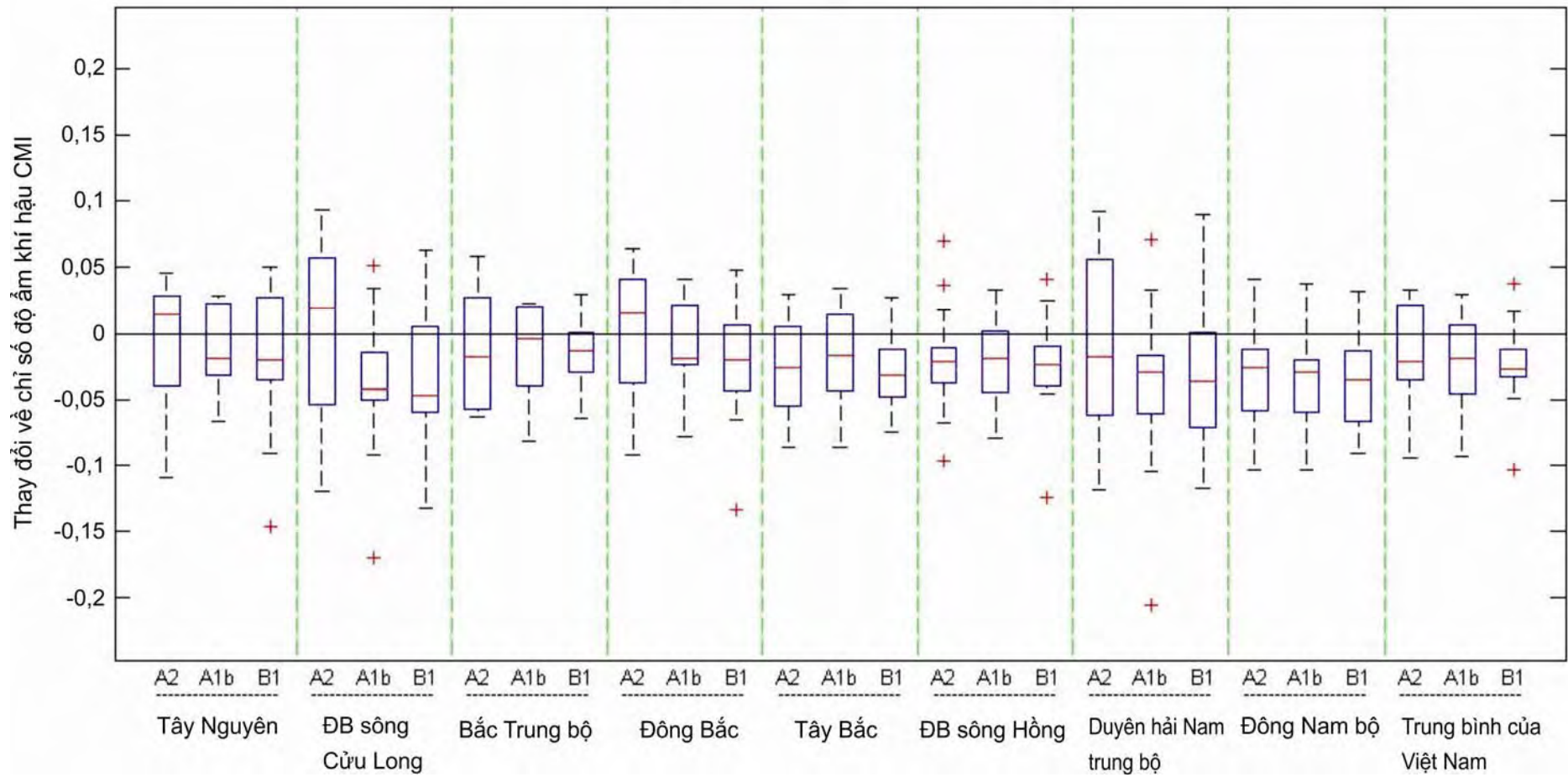
Chú thích: Đường kẻ đồ thể hiện thay đổi lượng mưa trung vị. Hộp minh họa các kết quả trong khoảng giá trị 25-75% kết quả (khoảng tứ phân vị) và các điểm miêu tả giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, ngoại trừ những điểm ngoại vi. Những điểm ngoại vi được thể hiện bằng dấu +.

Đồ thị 2-4: Thay đổi về lượng nước bốc hơi so với kịch bản gốc



Chú thích: Đường kẻ đồ thể hiện thay đổi lượng nước bốc hơi trung vị. Hộp minh họa các kết quả trong khoảng giá trị 25-75% kết quả (khoảng tứ phân vị) và các điểm miêu tả giá trị lớn nhất và nhỏ nhất, ngoại trừ những điểm ngoại vi. Những điểm ngoại vi được thể hiện bằng dấu +.

Đồ thị 2-5: Thay đổi về chỉ số độ ẩm tương đối so với kịch bản gốc



Đồ thị 2-4 và Đồ thị 2-5 mô phỏng những thay đổi về lượng nước bốc hơi tiềm năng (PET) và chỉ số độ ẩm (CMI). Hai chỉ số này kết hợp với các chỉ số về nhiệt độ và độ ẩm ướt để cho ra một chỉ số tổng hợp thuận. PET miêu tả thay đổi về tỷ lệ bốc hơi nước. PET bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và độ ẩm. Chỉ số độ ẩm (CMI) (Willmott and Feddema 1992) là chỉ số đo mức độ khô khan của khu vực. CMI phụ thuộc vào lượng mưa trung bình hàng năm (P) và lượng nước bốc hơi (PET). Khí hậu được chia thành tương đối khô (hoặc tương đối ẩm) và khô (ẩm) bởi vì PET tăng (giảm) theo lượng mưa. CMI được xác định như sau:

$$\text{CMI} = -1 + P/\text{PET} \quad \text{nếu } \text{PET} > P$$

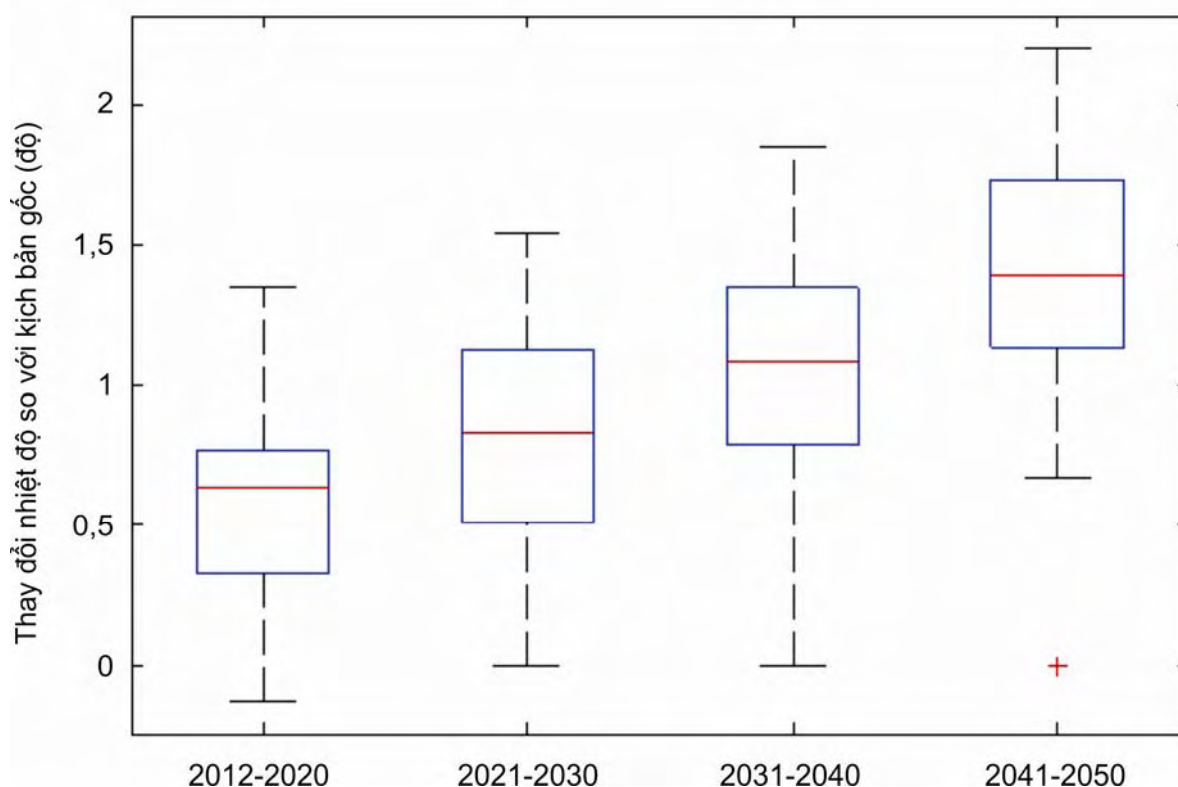
$$\text{CMI} = 0 \quad \text{nếu } \text{PET} = P$$

$$\text{CMI} = 1 - (\text{PET}/P) \quad \text{nếu } \text{PET} < P$$

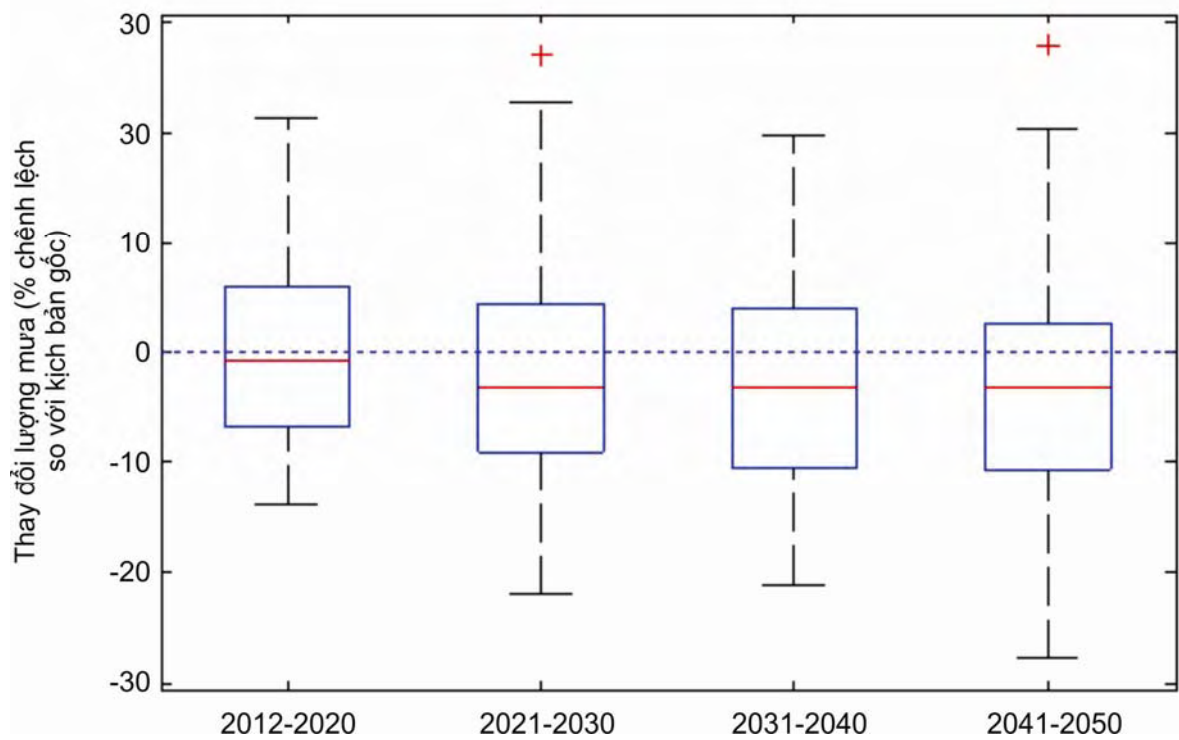
CMI có giá trị -1 là rất khô và +1 là rất ẩm ướt. Trong trường hợp Việt Nam, độ ẩm rất cao nên hạn chế sự thay đổi của PET. Tuy nhiên, PET có xu hướng tăng nhiều hơn so với lượng mưa ở hầu hết các khu vực. Kết quả là theo CMI điều kiện khí hậu ở Việt Nam có xu hướng trở lên khô hơn. Như vậy, một lần nữa, giá trị CMI của Việt Nam trong tương lai tương đối không chắc chắn, đặc biệt đối với các vùng.

Theo xu hướng qua các thập kỷ, thay đổi trung bình về nhiệt độ với so với kịch bản gốc của 56 mô hình GCM được trình bày trong đồ thị 2-6. Xu hướng thập kỷ đối với lượng mưa theo khu vực được trình bày trong Đồ thị 2-7, Đồ thị 2-8 và Đồ thị 2-9.

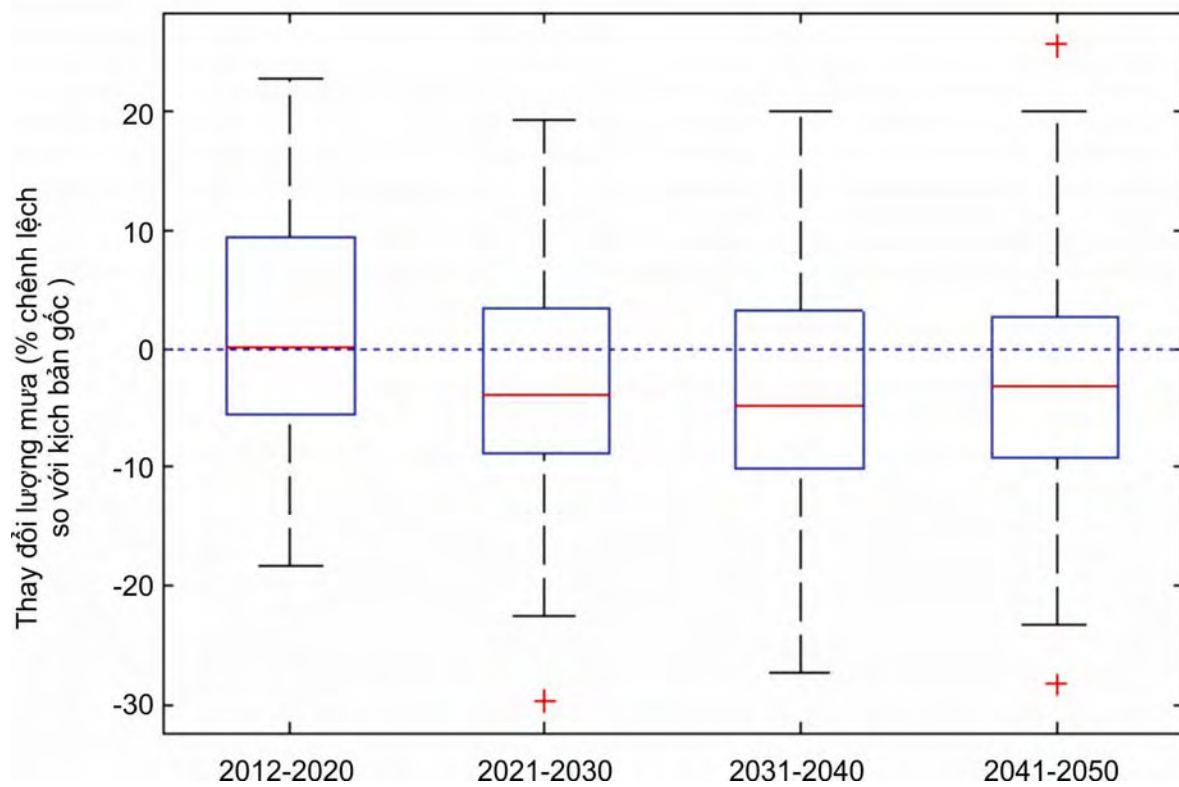
Đồ thị 2-6: Thay đổi nhiệt độ so với kịch bản gốc (2011-2050)



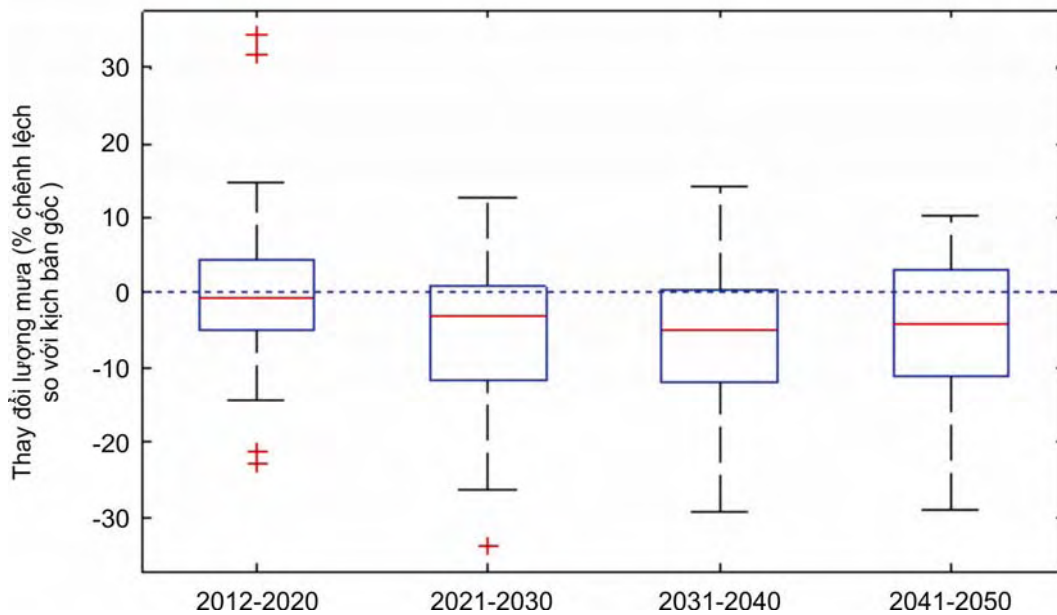
Đồ thị 2-7: Thay đổi lượng mưa trung bình cho vùng phía Bắc



Đồ thị 2-8: Thay đổi lượng mưa trung bình cho khu vực miền Trung



Đồ thị 2-9: Thay đổi lượng mưa trung bình cho phía Nam



Mô hình GCM dự báo rất tốt xu hướng khí hậu nhưng khó có thể cho biết sự thay đổi thời tiết theo từng ngày. Tương tự như các nghiên cứu của Yates và Strzepek (1998), Gleick (1991), Hulme (1989) và Arndt và cộng sự (2011), nghiên cứu này sử dụng cách tiếp cận “delta” để ước lượng lượng mưa và nhiệt độ trong tương lai. Theo cách tiếp cận này, kết quả đầu ra về các biến khí hậu trong mô hình GCM như thay đổi nhiệt độ và lượng mưa được áp vào dữ liệu khí tượng thủy văn quan sát được trong quá khứ của kịch bản cơ sở để xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu. Phương pháp tiếp cận “delta” này được áp dụng vào các biến thời tiết trong chuỗi các quan sát về khí hậu trong quá khứ để tạo ra điều kiện về nhiệt độ và lượng mưa trong tương lai.

Về tổng thể, các kịch bản khí hậu xem xét những biến động đáng kể theo kịch bản GCM/SRES. Điều này đặc biệt chính xác đối với lượng mưa. Tuy nhiên, xu hướng nhiệt độ cũng thay đổi theo khu vực và theo thập kỷ. Bởi vì sự không chắc chắn của 56 kịch bản là như nhau, vì vậy việc xem xét tất cả đầu ra của 56 kịch bản này sẽ mang lại tính chính xác cao hơn là chỉ xem xét một vài kịch bản. Đây là một trong những bước để tiến tới việc xác định các tác động của biến đổi khí hậu một cách chính xác hơn.

3. Nông nghiệp: Tác động của biến đổi khí hậu đến sản lượng trồng trọt và nhu cầu thủy lợi

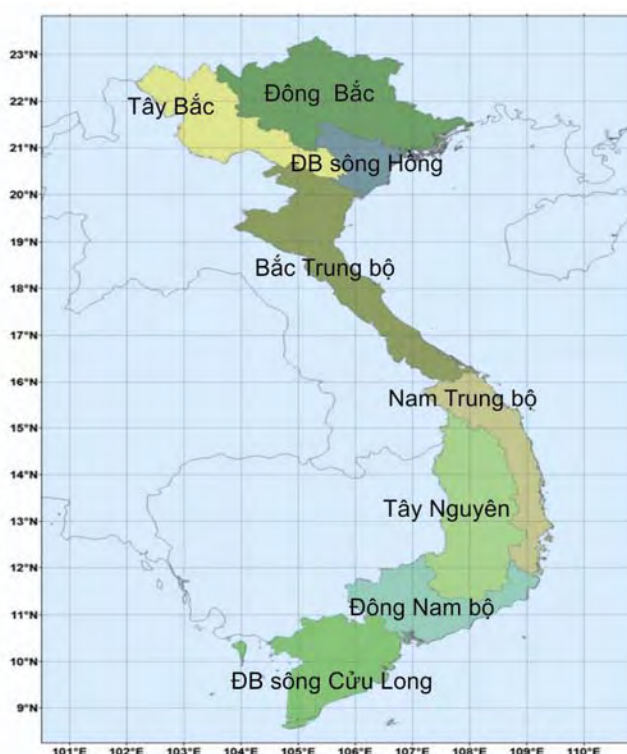
Năm 2005, nông nghiệp và lâm nghiệp chiếm khoảng 16% tổng sản phẩm quốc nội (GDP). Khoảng 60% lực lượng lao động đang tham gia hoạt động trong khu vực nông, lâm, ngư nghiệp. Thay đổi về nhiệt độ, lượng mưa, độ ẩm và độ mặn trung bình đều ảnh hưởng đến trồng trọt, do đó tác động đến kinh tế vĩ mô.

Lúa là cây trồng chính của Việt Nam. Các cây trồng khác bao gồm cà phê, bông, lạc, cao su, đường và chè. Trong nghiên cứu này, lúa, cà phê, cao su, đường, chè, ngô (đại diện cho cây trồng hàng năm) và hạt điều (đại diện cây trồng lâu năm) được mô phỏng đại diện cho nông nghiệp. Việt Nam được chia thành 8 vùng trong phân tích trồng trọt: Miền núi phía Bắc, Đồng bằng sông Cửu

Long, Duyên hải Bắc Trung bộ, Đông Bắc, Tây Bắc, Đồng bằng sông Hồng, Duyên hải Nam trung bộ và Đông Nam bộ.⁽¹⁾ Sản lượng hàng năm và nhu cầu thủy lợi được tính toán cho mỗi vùng và được trình bày trong Đồ thị 3-1 dưới đây.

Các nghiên cứu khác nhau có nhiều dự đoán khác nhau về tác động của biến đổi khí hậu đến trồng trọt nhưng tất cả đều có kết luận chung là khu vực nông nghiệp sẽ bị ảnh hưởng tiêu cực. Zhai và Zhuang (2009) cho thấy biến đổi khí hậu có thể có tác động tiêu cực không nhỏ đến tăng trưởng kinh tế Đông Nam Á. Nghiên cứu này sử dụng kết quả của nghiên cứu của Cline (2007), dự báo biến đổi khí hậu sẽ làm giảm sản lượng trồng trọt xuống khoảng từ 2 đến 15% trước năm 2080. Cline áp dụng kết hợp phương pháp tiếp cận thống kê Ricardian với mô hình trồng trọt vào 6 mô hình Tuần hoàn tổng thể khí hậu (GCM) của IPCC. Yu và cộng sự (2010) kết luận rằng sản xuất lúa sẽ bị “tổn thất nặng nề” do biến đổi khí hậu. Nghiên cứu này sử dụng mô hình trồng trọt WOFOST (Van Diepen và cộng sự, 1989; Boogaard và cộng sự, 1998) kết nối với mô hình thực nghiệm trồng trọt-nguồn nước (Thurlow và cộng sự 2009) để đánh giá tác động của mưa và nhiệt độ đến trồng trọt. Những kết quả này sau đó được nối với mô hình thủy học và mô hình lưu vực sông. Sản xuất lúa ở đồng bằng sông Cửu Long được dự báo sẽ giảm khoảng 13% đến năm 2050 chủ yếu do nước biển dâng. (Yu và cộng sự, 2010). Nghiên cứu giả định nước biển dâng 30cm đến năm 2050. Nghiên cứu sử dụng dự báo khí hậu của 3 mô hình GCM (dự báo ướt, trung bình, khô), bao gồm cả tác động của 30cm nước biển dâng trước 2050, gây ngập lụt và mặn hóa.

Đồ thị 3-1: Vùng của Việt Nam



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

(1) Phân vùng này tương ứng với phân vùng trong nông nghiệp của mô hình cân bằng tổng thể được trình bày trong mục 7.

3.1. Phương pháp

Nghiên cứu này sử dụng mô hình CliCrop (Strzepek và Fant 2009). Mô hình này là nỗ lực cân bằng giữa tính chính xác và tính đơn giản, tập trung vào ước lượng tác động của biến đổi khí hậu đến nhu cầu thủy lợi và sản xuất trồng trọt phụ thuộc vào mưa. CliCrop là mô hình xem xét sự thiếu hụt nước cho trồng trọt, được sử dụng để tính toán tác động của thay đổi lượng mưa đối với sản lượng trồng trọt và nhu cầu tưới tiêu. Mô hình này được phát triển mở rộng của các mô hình trồng trọt hiện nay, sử dụng số liệu lượng mưa trung bình và nhiệt độ hàng tháng để xác định sản lượng cây trồng. Những mô hình này không nắm bắt được tác động của sự thay đổi chế độ mưa, biến số có tác động mạnh đến sản xuất trồng trọt. Ngược lại với các mô hình hiện nay, CliCrop có thể dự đoán thay đổi của sản lượng cây trồng theo thay đổi thời tiết đối với cả cây trồng phụ thuộc vào mưa tự nhiên, phụ thuộc vào điều kiện thủy lợi cũng như những thay đổi về nhu cầu thủy lợi.

CliCrop cũng được xây dựng để phù hợp với yêu cầu tối thiểu về số liệu bởi vì các nghiên cứu thuộc lĩnh vực này có thể bị hạn chế về số liệu. Thông tin đầu vào của CliCrop là thời tiết (nhiệt độ, lượng mưa), tham số đất (năng suất, điểm xói mòn), chất dẫn suất (saturated hydraulic conductivity), và khả năng ngấm nước (saturation capacity), và các tham số phụ thuộc vào loại cây trồng.

Tác động của khí hậu đến sản lượng cây trồng được mô hình hóa gián tiếp thông qua ảnh hưởng đến độ ẩm của đất qua sự bốc hơi, thoát hơi và sự thâm nhập của nước mưa vào các tầng đất. Mô hình sử dụng tính chất của đất và lượng mưa để tính toán độ thâm nhập qua phương pháp số đường cong USDA (Bureau of Reclamation, 1993). Mô hình sau đó tính toán độ ẩm của mỗi tầng đất, tính toán lượng ẩm cho phép thấm vào những tầng đất sâu và tính toán hệ số sản lượng của mùa vụ sau.

Tính toán sản lượng dựa vào tỷ lệ giữa lượng nước bốc hơi thực tế (ET) và lượng nước bốc hơi tiềm năng (PET). Giá trị sản lượng được tính toán cho mỗi trong 4 giai đoạn phát triển và 1 giá trị cho cả mùa vụ. Giá trị nhỏ nhất trong 5 giá trị được coi là sản lượng hạn chế và được coi là giá trị sản lượng ước tính. Mỗi giá trị sản lượng được tính toán sử dụng phương trình sau đây (Allen, và cộng sự, 1998).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = K_y^d \cdot \left(1 - \frac{ETC^d}{ETA^d}\right)$$

$$\%Yield^d = \frac{Y_a}{Y_m}$$

Trong đó: Y_a là sản lượng thực dự báo, Y_m là giá trị sản lượng tối đa; K_y^d là hệ số sản lượng cho giai đoạn phát triển d ; ETC^d là tổng cầu ET hàng ngày cho trồng trọt trong giai đoạn phát triển d ; ETA^d là tổng ET thực hàng ngày cho giai đoạn phát triển d ; $\%Yield^d$ là tỷ lệ sản lượng thực trên sản lượng tối đa, Hệ số sản lượng 'Yield Factor' được tính toán bởi CliCrop (Allen, et al. 1998). Mỗi năm, sau khi sản lượng được tính, nếu có ngập úng xảy ra trong mùa vụ thì sản lượng sẽ giảm được tính theo phương pháp của Sieben (1974).

ET thực được tính là hàm số của lượng mưa, nhiệt độ, PET, độ ẩm của đất, độ sâu của rễ, loại cây trồng, độ hội tụ CO_2 trong khí quyển. Tính toán này được tính cho mỗi ngày, mỗi tầng đất.

CliCrop sử dụng phương trình của Hargreaves có chỉnh sửa để tính PET (Hargreaves và cộng sự, 2003). Độ ẩm của đất được tính bằng cách tương tự như phương pháp sử dụng trong mô hình SWAT (Neitsch et al, 2005), chi tiết được trình bày trong nghiên cứu của Strzepek và Fant (2009). Tham số cây trồng ở đây tương tự như những tham số sử dụng trong CROPWAT (Allen và cộng sự, 1998) được sử dụng trong tính toán này cũng như tính toán cầu về lượng nước bốc hơi (ET) hàng ngày. Độ hội tụ CO₂ tác động đến cầu ET hàng ngày cho trồng trọt theo phương pháp được giải thích trong Rosenzweig và Iglesias (1998). Tham số cây trồng được điều chỉnh theo năm sử dụng phương pháp xây dựng bởi Allen và cộng sự (1998) về điều chỉnh cầu ET cho trồng trọt và Wahaj, Maraux, và Munoz (2007) về điều chỉnh khoảng thời gian trồng trọt, ước tính phản ứng của trồng trọt dao động so với điều kiện thời tiết “trung bình”.

Để mô hình hóa sản xuất lúa ở Việt Nam cần một số thay đổi so với mô hình CliCrop gốc. Trong các giai đoạn trồng lúa, cây lúa bị chìm một phần dưới nước vì vậy cần có thủy lợi. Để mô hình hóa đặc điểm này trong CliCrop, mô hình cần được điều chỉnh để đất vẫn duy trì trạng thái ẩm ướt hoàn toàn trong khi trồng lúa cũng như độ sâu nhất định của nước trên mặt đất. Nếu lượng mưa không đủ để duy trì điều kiện này, mô hình giả định người nông dân sẽ phải làm thủy lợi. Đối với các mùa vụ cần thủy lợi, sự khác nhau giữa lượng nước cần cho trồng cây và lượng nước mưa nhận được được coi là sự thiếu hụt về nước.

Trong nghiên cứu này, mô hình CliCrop cho lúa giả định lượng nước cho tưới tiêu được cung cấp đủ qua thủy lợi. Giả định này làm cho sản lượng cao đồng thời nhu cầu về thủy lợi cao. Trong mục về nguồn nước, nhu cầu thủy lợi sẽ được so sánh với cung. Nếu cầu vượt cung, người nông dân sẽ phải bỏ hoang đất, chỉ làm thủy lợi một phần hoặc trồng lúa dựa vào mưa tự nhiên. Bất kể nông dân quyết định như thế nào trong trường hợp này, sản xuất lúa sẽ giảm. Những loại suy giảm sản xuất như vậy không thể hiện trong sản lượng kết quả của CliCrop trong phần này nhưng được trình bày trong phần 4 và phần phân tích toàn nền kinh tế trong phần 7.

Mô hình được tính với số liệu thời tiết hàng ngày, được lấy từ Nhóm nghiên cứu nước bề mặt của trường đại học Princeton (Sheffield, et al., 2006). Số liệu này có tỷ lệ 1 độ trên 1 độ. Vì vậy, CliCrop cũng được chạy cho tỷ lệ phân bố 1 độ trên 1 độ của Việt Nam (Xem Đồ thị 4-1 về kích cỡ phân bố). Tất cả tham số đất được lấy từ Cơ sở dữ liệu đất của FAO (Batjes, 2002). Tham số cây trồng được sử dụng có thể tìm thấy trong tệp thông tin đầu vào của mô hình CROPWAT và AquaCrop, có trên trang điện tử của FAO (fao.org). Thông tin đầu vào về khí hậu trong tương lai được miêu tả trong mục 2.

3.2. Kết quả

3.2.1. Kịch bản gốc

Bảng 3-1 trình bày hệ số sản lượng trung bình của kịch bản gốc theo khu vực và theo cây trồng trong nghiên cứu này. Hệ số sản lượng này được trình bày dưới dạng phân số, theo đó 1 là sản lượng hoàn hảo (cây trồng đạt sản lượng tiềm năng) và giá trị 0 là không có sản lượng. Sản lượng giảm (bất kỳ giá trị nhỏ hơn 1) bị gây ra bởi lý do căng thẳng về nước dự báo bởi mô hình CliCrop. Như đã chỉ ra, đối với lúa, dạng mô hình CliCrop-thủy lợi được sử dụng, có nghĩa là căng thẳng về nước rất ít khi xảy ra (kết quả là cho hệ số sản lượng tương đối cao). Thay đổi về thiếu hụt nước và nước biển dâng cũng sẽ ảnh hưởng đến sản xuất lúa. Mô hình trồng lúa được mô phỏng

cho 3 thời vụ: vụ chính (giữa tháng 5 và 8); vụ hè - thu (giữa tháng 4 và tháng 6); và vụ đông - xuân (giữa tháng 12 và tháng 2) (Maclean và cộng sự, 2002).

Lượng nước bị thiếu trung bình hàng năm được trình bày trong Bảng 3-2. Lượng nước thiếu được tính theo độ dài của chu kỳ mùa vụ. Ví dụ, mía được trồng cả năm do đó lượng nước thiếu hụt cho thủy lợi (mm/năm) được tính cho cả năm. Thay vào đó, hoa được trồng trong chu kỳ 95 ngày do đó giá trị lượng nước thiếu hụt được tính trong tổng thời gian là 95 ngày. Ngô (ghi là cây hàng năm) có chu kỳ là 135 ngày; cao su là 190 ngày, chè là 265 ngày, điều (là cây lâu năm) là cả năm và lúa là 165 ngày.

Bảng 3-1: Hệ số sản lượng cho kịch bản gốc của Việt Nam

Khu vực	Mía	Cây hàng năm	Cao su	Cà phê	Chè	Cây lâu năm	Lúa vụ chính	Lúa vụ hè - thu	Lúa vụ đông-xuân
Đông Bắc	0,43	0,76	0,84	0,64	0,71	0,72	0,96	0,95	0,96
Tây Bắc	0,39	0,97	0,66	0,47	0,68	0,74	0,99	0,84	0,88
Đồng bằng sông Hồng	0,41	0,79	0,68	0,52	0,68	0,63	0,98	0,85	0,95
Bắc trung bộ	0,44	0,90	0,66	0,47	0,65	0,69	0,92	0,80	0,83
Nam trung bộ	0,38	0,71	0,74	0,56	0,68	0,65	0,99	0,90	0,96
Tây Nguyên	0,40	0,88	0,80	0,57	0,72	0,71	0,98	0,92	0,93
Đông Nam bộ	0,37	0,91	0,62	0,47	0,67	0,64	0,99	0,82	0,90
Đồng bằng sông Cửu Long	0,39	0,68	0,80	0,63	0,66	0,69	0,97	0,95	0,96

Bảng 3-2: Thiếu hụt nước trung bình (mm/chu kỳ) cho kịch bản gốc của Việt Nam

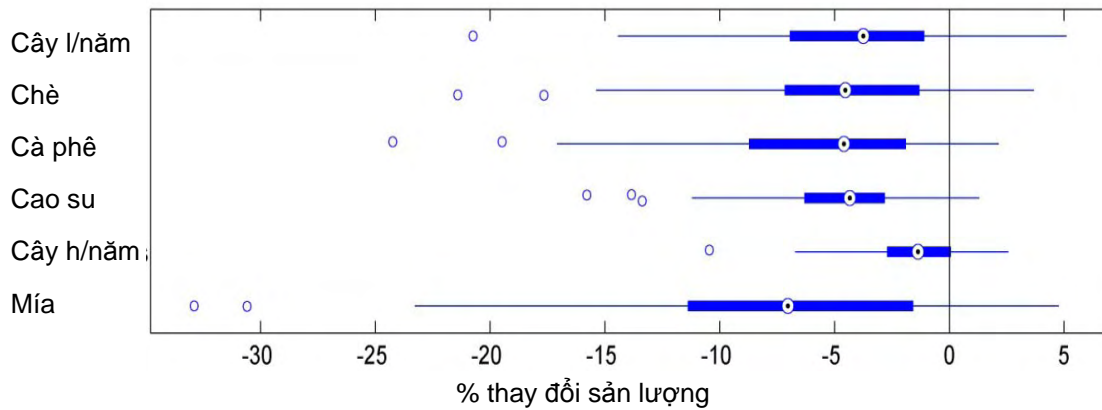
Khu vực	Mía	Cây hàng năm	Cao su	Cà phê	Chè	Cây lâu năm	Lúa vụ chính	Lúa vụ hè - thu	Lúa vụ đông-xuân
Đông Bắc	554	113	114	254	239	119	927	1016	984
Tây Bắc	567	113	126	349	198	155	918	1102	1127
Đồng bằng sông Hồng	465	84	85	217	178	99	862	950	884
Bắc trung bộ	493	44	95	313	161	119	896	1042	1092
Nam trung bộ	534	64	162	395	234	173	877	1040	1058
Tây Nguyên	568	27	139	446	203	154	746	998	1107
Đông Nam bộ	551	7	110	446	171	91	564	880	989
Đồng bằng sông Cửu Long	447	3	87	392	137	81	451	723	834

3.2.2. Các kịch bản trong tương lai

3.2.2.1. Hệ số sản lượng

Thay đổi hệ số sản lượng cho 7 cây trồng được trình bày dưới dạng đồ thị hộp và điểm tương tự như các đồ thị trong nội dung dự báo về biến đổi khí hậu ở phần 2. Mỗi hộp và điểm diễn tả kết quả dự báo của 56 cặp kịch bản GCM. Đồ thị 3-2 trình bày thay đổi hệ số sản lượng trung bình cho Việt Nam dự báo từ mô hình CliCrop.

Đồ thị 3-2: Thay đổi hệ số sản lượng trung bình 2041-2050 so với kịch bản gốc



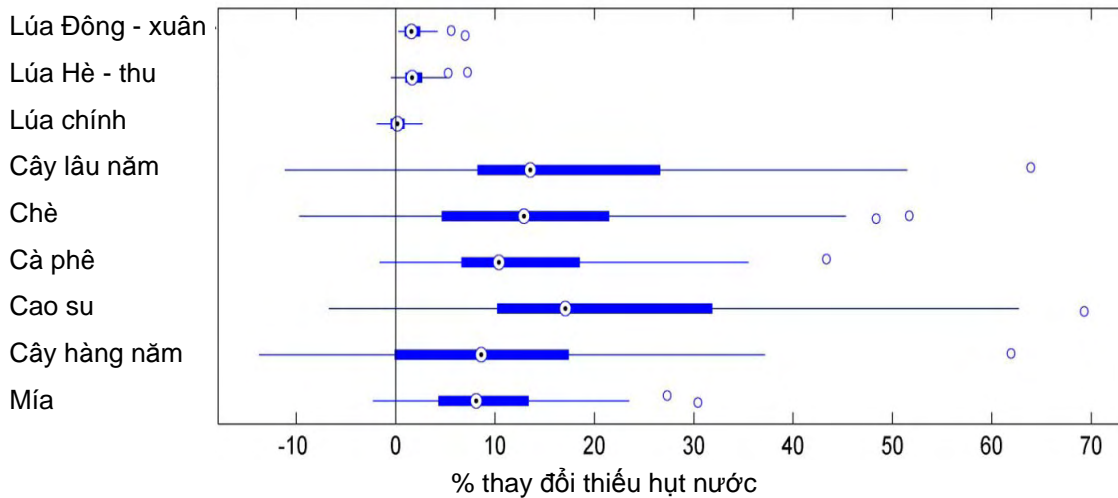
Đồ thị cho thấy kết quả sản lượng có xu hướng thay đổi khác nhau đối với từng loại cây trồng mặc dù hầu hết các kịch bản đều dự đoán suy giảm về sản lượng cho tất cả các loại cây. Kết quả khác nhau của các kịch bản phụ thuộc vào hai yếu tố đầu vào quan trọng. Thứ nhất, tác động của thời tiết đến mùa màng phụ thuộc vào độ dài của mùa vụ và thời gian trong năm của mùa vụ ấy. Dự báo về khí hậu trong tương lai sử dụng trong nghiên cứu này cho thấy khí hậu thay đổi theo mùa vụ. Ví dụ, một số kịch bản GCM dự báo rằng lượng mưa sẽ tăng trong mùa đông nhưng giảm trong những tháng mùa hè. Thứ hai, mỗi loại cây trồng sẽ có 4 mùa trong CliCrop, mà các tham số của từng loại cây trồng trong từng mùa vụ sẽ tác động đến kết quả của mô hình.

Như đã thảo luận ở trên, kết quả sản lượng cho cây lúa không phải là chỉ số chính xác của tác động của khí hậu lên sản lượng bởi vì mô hình CliCrop-Lúa là mô hình cây trồng có lòng sự thiếu hụt nhu cầu nước cho thủy lợi. Thay vào đó, thay đổi nhu cầu thủy lợi cho cây lúa (sẽ được miêu tả trong các trang sau) là chỉ số hữu ích về tác động của biến đổi khí hậu.

3.2.2.2. Thiếu nước

Đồ thị sau cho thấy sự thay đổi trong thiếu hụt nước (là chỉ số về sự thay đổi nhu cầu thủy lợi) đối với 7 loại cây trồng sử dụng đồ thị dạng hộp và điểm. Đồ thị 3-3 trình bày thay đổi về nhu cầu thủy lợi của các kịch bản so với kịch bản gốc theo giá trị trung bình giai đoạn 2041-2050 cho Việt Nam.

Đồ thị 3-3: Thay đổi về nhu cầu thủy lợi trung bình của Việt Nam giai đoạn 2041-2050 so với kịch bản gốc



Như thay đổi về sản lượng, thay đổi về nhu cầu thủy lợi phụ thuộc vào một số tham số. Nhu cầu thủy lợi có xu hướng có mối liên hệ mạnh hơn với thay đổi về khí hậu bởi vì sản lượng được tính theo phương pháp “sản lượng giới hạn”. Theo phương pháp này (được miêu tả trong mục 2.1) vụ mùa mà có hệ số sản lượng thấp nhất được coi là hệ số sản lượng thực tế. Điều này có nghĩa là hệ số sản lượng chỉ phụ thuộc trực tiếp vào mùa vụ mà cho ra kết quả sản lượng thấp nhất. Mặt khác, giá trị nước thiếu hụt là tổng nhu cầu nước của cây trồng (lượng nước cây trồng cần để cho sản lượng tối đa theo lý thuyết) trừ đi tổng lượng nước cây nhận được trên thực tế theo ngày. Vì vậy, chỉ số về nhu cầu thủy lợi nhạy cảm với khí hậu trong chu kỳ tổng thể của cây trồng, trong khi đó hệ số sản lượng có thể chỉ ra thay đổi mang tính mùa vụ.

Kết quả của nghiên cứu này gợi ý rằng nhu cầu thủy lợi sẽ hầu như tăng ở Việt Nam, với chỉ một vài trường hợp ngoại lệ. Điều này được gây ra bởi dự đoán suy giảm độ ẩm của đất (giảm CMI và tăng PET) làm gia tăng lượng nước thiếu hụt.

3.2.2.3. Nước biển dâng và các tác động khác đến mùa màng

Do CliCrop là mô hình xem xét cung nước mùa vụ một chiều nên tác động của nước biển dâng, gia tăng lũ lụt và các hiện tượng khác không liên quan đến thay đổi lượng mưa và nhiệt độ sẽ không được xem xét trong phần này. Nước biển dâng và tần suất dâng bão cao hơn do thay đổi khí hậu có thể tăng độ mặn hóa vùng đất nông nghiệp thấp ven biển. Nếu điều này xảy ra, nhiều cây trồng sẽ giảm sản lượng. Do lúa thường trồng ở loại đất này, vì vậy sản xuất lúa thường dễ tổn thương với việc mặn hóa gây ra bởi nước biển dâng và dâng bão.

3.3. Kết luận

Với kết quả các kịch bản GCM dự báo nhiệt độ tăng, lượng mưa có sự thay đổi nhỏ (cho hầu hết các kịch bản trong tương lai) và độ ẩm của đất giảm, người Việt Nam sẽ phải chuẩn bị cho một điều kiện khí hậu kém thuận lợi hơn với cây trồng. Hơn thế nữa, kết quả của nghiên cứu này dường như gợi ý rằng sản lượng nông nghiệp đến năm 2050 sẽ có thể giảm đối với tất cả các cây trồng

được xem xét. Kết quả này cũng chỉ ra rằng nhu cầu thủy lợi sẽ tăng nhiều hơn đáng kể so với sự suy giảm về sản lượng, tạo nên nhu cầu lớn hơn đối với nước cho thủy lợi. Vì nghiên cứu này là nghiên cứu sử dụng bộ số liệu toàn cầu nghiên cứu chung cho cả nước, trong khi đó sản xuất nông nghiệp là quá trình rất phức tạp, vì vậy cần có nghiên cứu chi tiết hơn về tác động đến trồng trọt trước khi đưa ra quyết định về các biện pháp thích ứng cụ thể.

Do có sự biến động lớn về khí hậu dự báo trong tương lai (gây ra những thay đổi lớn về sản lượng và nhu cầu thủy lợi), những nhà hoạch định chính sách cần chuẩn bị cho trường hợp nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan có thể xảy ra. Những lựa chọn về sử dụng nguồn nước hiệu quả hơn, và chứa nước nhiều hơn nên được cân nhắc. Về sản xuất trồng trọt, phương pháp sản xuất truyền thống cần phải được xem xét lại. Khả năng thay đổi về lượng mưa và nhiệt độ có thể khuyến khích người nông dân thích ứng bằng cách thay đổi cách gieo trồng và vụ thu hoạch. Giống cây trồng chịu nhiệt tốt hơn, chịu thiếu hụt về nước và dư thừa nước nên được nghiên cứu.

4. Tài nguyên nước bao gồm thủy điện

Biến đổi khí hậu trong tương lai sẽ làm thay đổi nhiệt độ, chế độ mưa và băng tan, do đó làm thay đổi chu kỳ thủy văn, chế độ tuần hoàn nước toàn cầu, và các chế độ thời tiết của từng quốc gia. Do những biến đổi này làm thay đổi nguồn và chất lượng nước, dòng chảy, nên sẽ có tác động trực tiếp đến tài nguyên nước và hệ sinh thái nước ngọt. Điều này lại tiếp tục ảnh hưởng đến chức năng và vận hành của cơ sở hạ tầng ngành nước hiện nay cũng như thực tế quản lý nước.

Do sự tương tác phức tạp giữa biến đổi khí hậu với các chu kỳ thủy văn, cùng với sự không chắc chắn liên quan đến dự báo khu vực về sự thay đổi của lượng mưa, đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đối với nguồn nước và dòng chảy vẫn còn là một thách thức. Nỗ lực đánh giá những tác động của biến đổi khí hậu tiềm năng lên dòng chảy đã được thực hiện trong nhiều nghiên cứu khác nhau cho tiểu lưu vực sông quy mô toàn cầu (Yates và Strzepek năm 1998; Gleick 1991; Hulme 1989). Đối với phân tích này, mô hình CLIRUN-II được sử dụng để mô phỏng các quá trình thủy văn và dự đoán dòng chảy tương ứng từ các lưu vực cho mỗi kịch bản. Nghiên cứu cũng xem xét sự sẵn có của nguồn nước cho thủy lợi và khả năng phát điện của thủy điện. Đánh giá tài nguyên nước được thực hiện bằng cách sử dụng mô hình WEAP để phân tích tác động đến nguồn nước tưới tiêu và phát triển thủy điện cho giai đoạn 2011 đến 2050. Đánh giá bao gồm cả phát triển thủy điện hiện có ở các tiểu lưu vực và kế hoạch phát triển thủy điện trong tương lai.

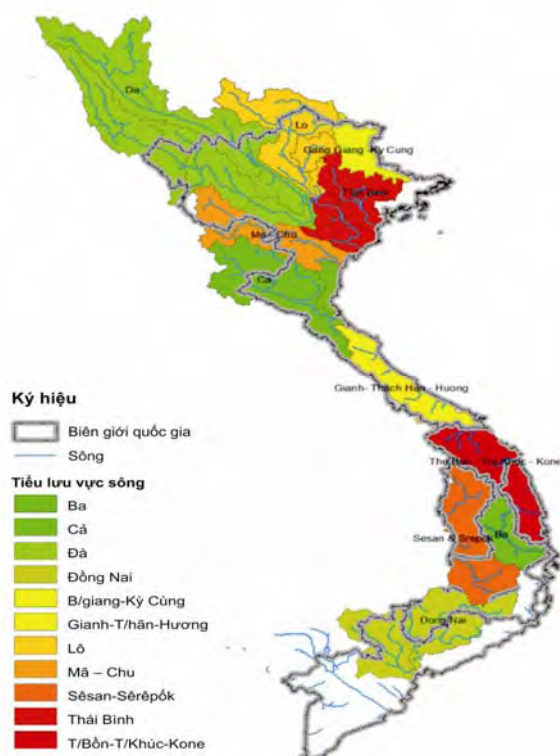
4.1. Tổng quan lưu vực sông và thủy điện

4.1.1. Phân loại tiểu lưu vực sông

Sử dụng bộ ảnh dữ liệu địa hình SRTM – DEM toàn cầu với độ phân giải 90 mét để phân định ranh giới lưu vực và hệ thống mạng lưới sông ngòi. Phiên bản phân loại 4 cấp của cơ quan Khảo sát Địa chất Hoa Kỳ (USGS) xác định có tổng số 22 tiểu lưu vực, với diện tích từ 1.500 đến 45.000km². Đồ thị 4-1 biểu diễn phân loại các tiểu lưu vực được sử dụng trong nghiên cứu này. Một số lưu vực sông có tính chất xuyên quốc gia, ví dụ như các lưu vực sông Đà và sông Lô. Đối với các tiểu lưu vực này, phần thượng nguồn của khu vực nằm ở Trung Quốc cũng được đưa vào trong phân tích.

Miền Bắc Việt Nam thuộc lưu vực hệ thống sông Hồng bao gồm tiểu lưu vực sông Đà, sông Thái Bình, sông Lô, và tiểu lưu vực sông Chu, với tổng diện tích 210.380 km² (số liệu từ USGS). Lưu vực này hiện có một số hồ chứa lớn, cũng như những hồ đang được xây dựng, chẳng hạn như Hòa Bình và Sơn La. Lưu vực miền trung là một phần của vùng ven biển, một dải đất rất hẹp giữa núi và biển. Nó bao gồm nhiều lưu vực nhỏ, riêng biệt được tổng hợp thành các lưu vực lớn hơn để phân tích trong nghiên cứu này. Phần phía Nam bao gồm tiểu lưu vực sông Đồng Nai và Sê san, nhưng không bao gồm phần phía dưới lưu vực sông Mê Kông và tiểu lưu vực sông Cửu Long do thiếu dữ liệu. Diện tích của các tiểu lưu vực trong phân tích này được tóm tắt trong Bảng 4-1.

Đồ thị 4-1: Phân loại cấp 4 tiểu lưu vực theo bộ ảnh dữ liệu địa hình SRTM - DEM toàn cầu với độ phân giải 90 mét



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

4.1.2. Lượng mưa

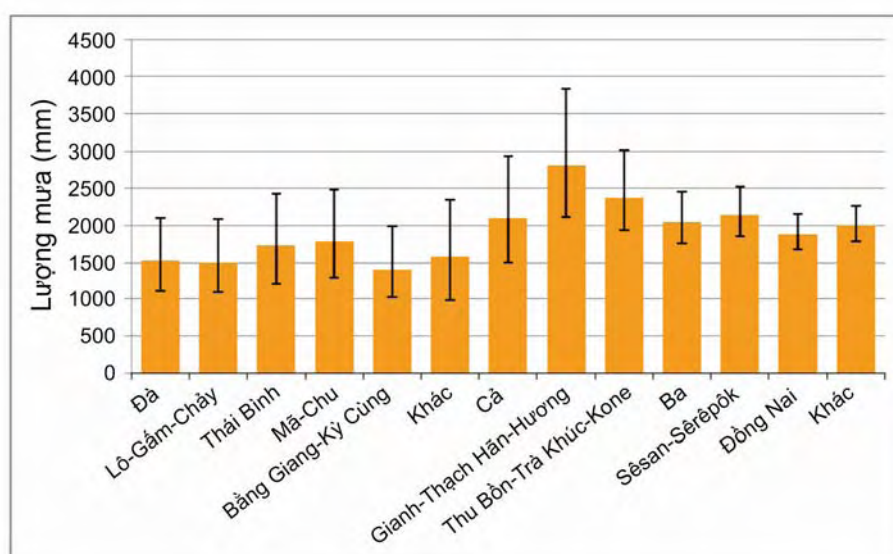
Dữ liệu nhiệt độ và lượng mưa được thu thập từ bộ dữ liệu khí hậu toàn cầu CRU của Cơ quan nghiên cứu khí hậu⁽²⁾, sẵn có tại DDC IPCC. Một bộ dữ liệu về lượng mưa hàng tháng trong quá khứ cho các khu vực trên thế giới từ năm 1901-2000, với hai độ phân giải khác nhau được xây dựng và sẵn có thể sử dụng trong nghiên cứu khoa học (2,5 độ vĩ độ, 3,75 độ kinh độ và 5 độ vĩ độ/kinh độ) (Hulme 1994, Hulme Osborn, và Johns 1998). Bộ dữ liệu 5 độ đã được tải về và tổng hợp từ 22 tiểu lưu vực để có được một chuỗi thời gian về lượng mưa cho từng tiểu lưu vực được lựa chọn trong phân tích này để xây dựng kịch bản cơ sở về lượng mưa.

(2) gu23wld0098.dat (Phiên bản 1.0) được xây dựng và cung cấp bởi Tiến sĩ Mike Hulme tại Cơ quan nghiên cứu khí hậu, Đại học East Anglia, Norwich, Anh. Công việc này được hỗ trợ bởi Bộ Môi trường, Giao thông và vùng của Vương quốc Anh (hợp đồng EPG1/1/48)"

Bảng 4-1: Phân loại và diện tích tiểu lưu vực

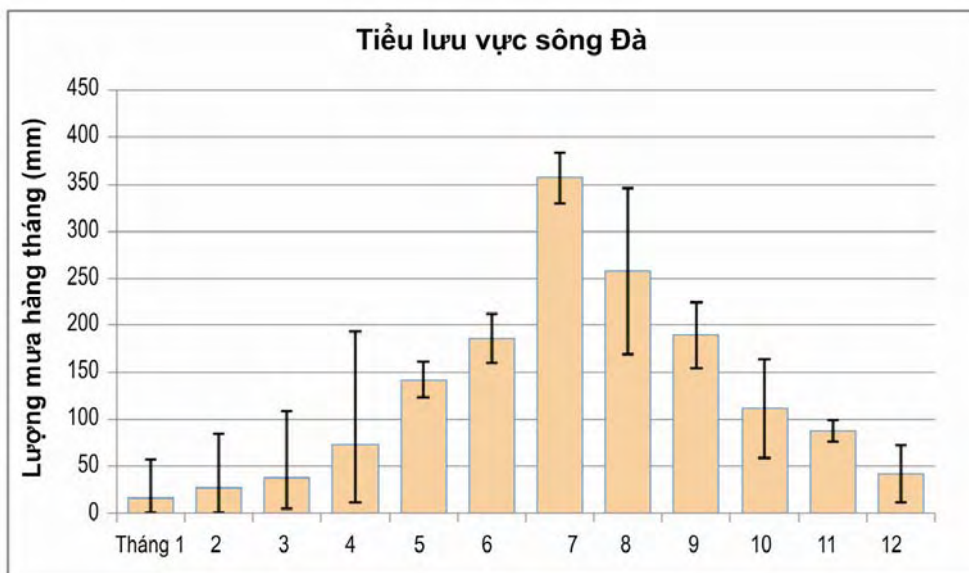
Vị trí	Tiểu lưu vực	Diện tích (Km ²)	Tổng (Km ²)
Các lưu vực miền Bắc	Sông Đà	104.568	210.380
	Sông Lô - Gắm - Chảy	34.423	
	Thái Bình	27.323	
	Mã - Chu	24.184	
	Bằng Giang - Kỳ Cùng	11.849	
	Khác	8.034	
Các lưu vực miền Trung	Sông Cả	37.718	84.053
	Sông Gianh- Thạch Hãn - Hương	20.101	
	Sông Thu Bồn - Trà Khúc - sông Kone	26.233	
Các lưu vực miền Nam	Sông Ba	13.469	105.302
	Sê san & Sê rê pòk	30.143	
	Đồng Nai	42.215	
	Khác	19.474	
Tổng			399.735

Lượng mưa trung bình hàng năm cho các tiểu lưu vực phía Bắc là khoảng 1.588mm, trong đó cao nhất là tại tiểu lưu vực sông Chu - Mã, với lượng mưa đạt 1.785mm. Các tiểu lưu vực miền Trung và miền Nam có lượng mưa tương đối cao hơn, với giá trị trung bình hàng năm tương ứng là 2.431mm và 2.019mm. Phân bố theo không gian của lượng mưa hàng năm được trình bày trong Đồ thị 4-2.

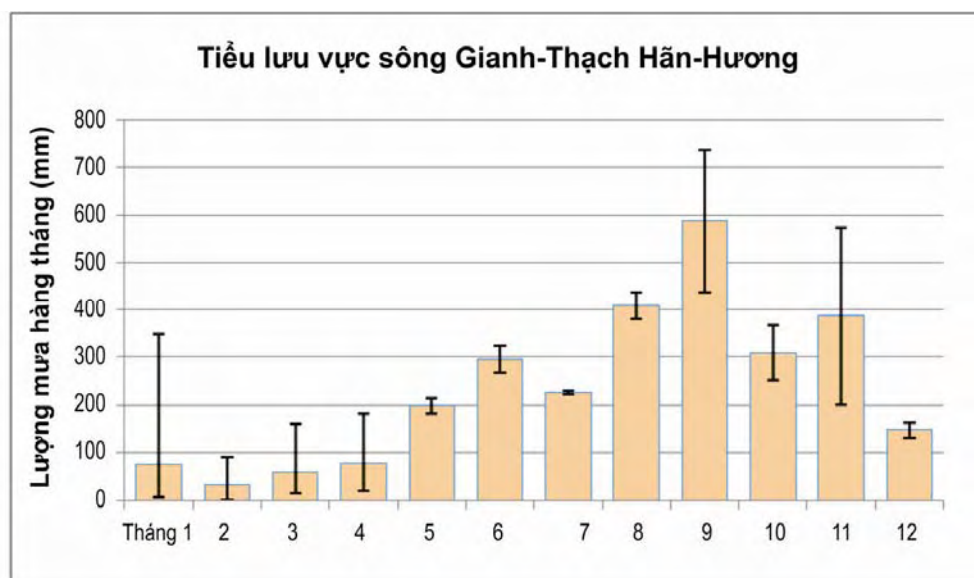
Đồ thị 4-2: Lượng mưa hàng năm của các tiểu lưu vực chính

Giá trị trung bình, tối thiểu, tối đa của lượng mưa hàng tháng trong quá khứ, từ năm 1901 đến 2000, cho các lưu vực đại diện tại miền Bắc, Trung và miền Nam Việt Nam được trình bày trong Đồ thị 4-3, Đồ thị 4-4, và Đồ thị 4-5 tương ứng.

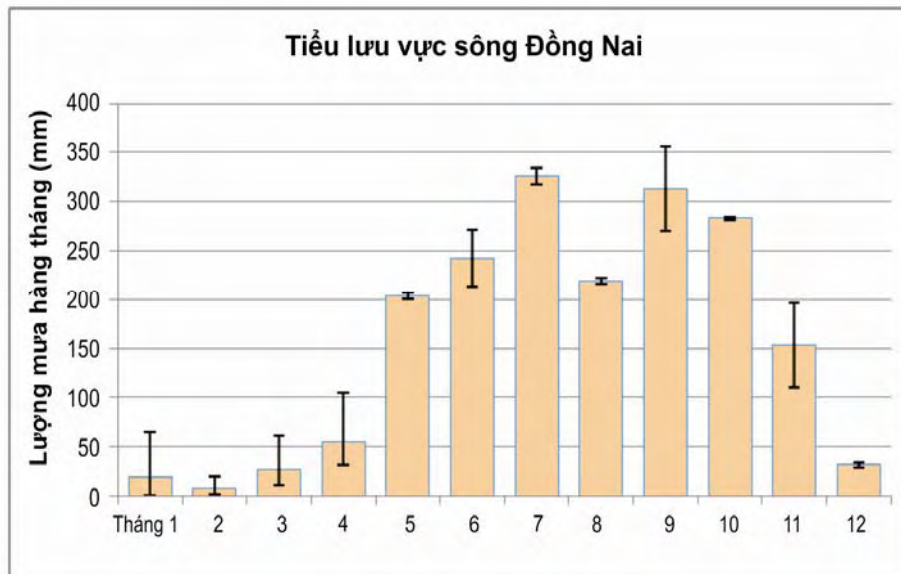
Đồ thị 4-3: Lượng mưa hàng tháng của tiểu lưu vực sông phía Bắc



Đồ thị 4-4: Lượng mưa hàng tháng của tiểu lưu vực sông miền Trung



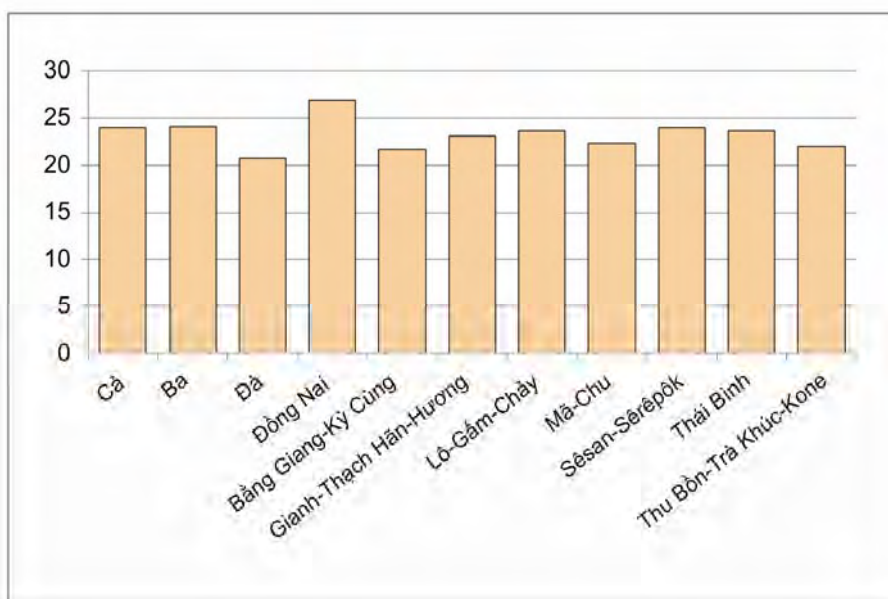
Đồ thị 4-5: Lượng mưa hàng tháng của tiểu lưu vực sông phía Nam



4.1.3. Nhiệt độ

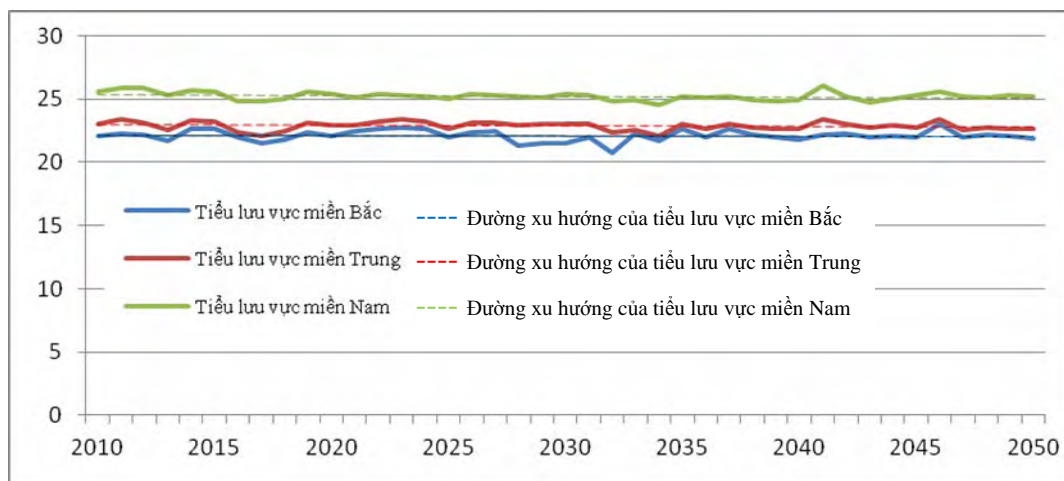
Dữ liệu nhiệt độ cũng được thu thập từ Cơ quan nghiên cứu khí hậu trong khoảng thời gian từ 1901 đến 2000. Các số liệu được tổng hợp cho các tiểu lưu vực. Phân bố nhiệt độ hàng năm khá đồng nhất trên toàn tiểu lưu vực (xem Đồ thị 4-6), với nhiệt độ trung bình là 23,3 độ C. Mặc dù, nhiệt độ có xu hướng tăng lên một chút, nhưng vẫn có thể giả định là đồng nhất. Theo các dữ liệu, nhiệt độ chỉ tăng khoảng 0,3 độ trong vòng 100 năm qua tại Việt Nam.

Đồ thị 4-6: Phân bố nhiệt độ theo không gian (độ C)



Xu hướng nhiệt độ trong quá khứ sử dụng cho kịch bản gốc - “Không có biến đổi khí hậu” cho giai đoạn 2011-2050 được trình bày trong Đồ thị 4-7.

Đồ thị 4-7: Xu hướng nhiệt độ dự báo đến 2050



4.1.4. Dòng chảy trong quá khứ

Số liệu dòng chảy được thu thập từ Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường Việt Nam cho tiểu lưu vực sông Hồng, sông Thái Bình, và sông Đồng Nai. Số liệu dòng chảy hàng tháng này cho tiểu lưu vực sông phía Bắc được thu thập cho 19 địa điểm trong giai đoạn từ 1971 đến 2005. Đối với tiểu lưu vực sông Đồng Nai, số liệu được thu thập cho 23 địa điểm cũng theo thời gian trên. Thêm vào đó, số liệu dòng chảy trung bình hàng tháng theo 0,5 độ trên 0,5 độ được thu thập từ bộ dữ liệu dòng chảy toàn cầu xây dựng bởi Trung tâm Dữ liệu dòng chảy toàn cầu (GRDC). Dữ liệu (gridded dataset) này được tổng hợp lên cho 22 tiểu lưu vực sông đã được xác định.

4.2. Mô hình hóa dòng chảy bề mặt - CLIRUN

4.2.1. Phương pháp

Dòng chảy nước bề mặt được mô hình hóa với mô hình mưa-dòng chảy CLIRUN-II, mô hình cập nhật nhất trong hệ mô hình thủy văn, được xây dựng cho phân tích tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy (Strzepek và cộng sự. 2008). CLIRUN-II mô hình hóa dòng chảy với đầu vào là khí hậu và các đặc tính trung bình của vùng đất, mô phỏng dòng chảy tại khu vực cửa lưu vực. Với phân tích này, thời gian hàng tháng được sử dụng để mô phỏng dòng chảy dựa vào các biến về thời tiết.

CLIRUN-II có mô đun mô phỏng và mô đun ước tính. Quá trình ước tính được dùng để quyết định giá trị các hệ số gắn với lưu vực được xem xét. Dựa trên số liệu quan sát trong quá khứ, mô hình trước hết ước tính các hệ số cho 22 lưu vực dựa vào số liệu 100 năm từ 1900 đến 2000. Quá trình ước tính này xác định được giá trị phù hợp nhất của các hệ số của mỗi tiểu lưu vực dựa vào mục tiêu được đặt trước cho mỗi tiểu lưu vực.

Bảng 4-2: Tham số của mô hình CLIRUN-II

Tham số của mô hình
Hệ số chặn (Intercept)
Mức nhiệt độ cao
Mức nhiệt độ thấp
Giá trị bão hòa (Saturation Value)
Độ dày tầng thấp (Lower Layer Thickness)
Hệ số dòng chảy tầng cao (Upper Layer Runoff Coefficient)
Hệ số dòng chảy tầng thấp (Lower Layer Runoff Coefficient)
Hệ số lọc (Percolation Coefficient)
Hệ số dư thừa dòng chảy do mưa (Excess Precipitation Runoff Coefficient)

Trong nghiên cứu này, hai bước ước tính được sử dụng dựa vào hai nguồn số liệu dòng chảy hiện có. Đối với lưu vực sông Hồng và tiểu lưu vực sông Đồng Nai, số liệu dòng chảy được lấy từ Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường. Tuy nhiên, đối với các tiểu lưu vực còn lại, số liệu dòng chảy của GRDC là nguồn số liệu duy nhất trong quá khứ. Như vậy, số liệu cho lưu vực sông Hồng và tiểu lưu vực sông Đồng Nai sử dụng cả hai bộ số liệu. Các lưu vực khác chỉ sử dụng số liệu của GRDC.

Sau khi ước tính các hệ số, dòng chảy từ kết quả của mô hình cũng được kiểm tra các giá trị không thực tế bằng cách xem xét các giá trị tối thiểu và tối đa. Những hệ số có được từ mô hình ước tính này sau đó được chuyển sang mô đun mô phỏng để tạo ra dòng chảy tương ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu.

4.2.2. Ước tính từ số liệu dòng chảy quan sát được và dòng chảy GRDC

Trong số 22 tiểu lưu vực cấp 4, số liệu dòng chảy của 8 tiểu lưu vực có thể lấy được từ nguồn tin cậy của Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường Việt Nam (IMHEN). Số liệu trong khoảng thời gian từ 1971 đến 2005 là số liệu của các lưu vực sông phía Bắc (Nậm Na, Đà, Gấm và Phó Đáy). Bên cạnh số liệu của các tiểu lưu vực sông thuộc lưu vực sông Hồng và sông Thái Bình, còn có số liệu cho 2 trạm đo dòng chảy cho tiểu lưu vực phía Nam ở Đồng Nai. Tổng thể, chúng tôi có thể lấy được số liệu dòng chảy của 10 trong 22 tiểu lưu vực. 10 tiểu lưu vực sông này được ước tính dựa vào cả hai bộ số liệu, số liệu dòng chảy quan sát được và số liệu dòng chảy toàn cầu GRDC; hệ số tốt nhất được lựa chọn dựa vào R^2 và sai số của mô hình (khác nhau giữa giá trị quan sát được và giá trị mô phỏng). Kết quả tính toán được trình bày trong Bảng 4-3.

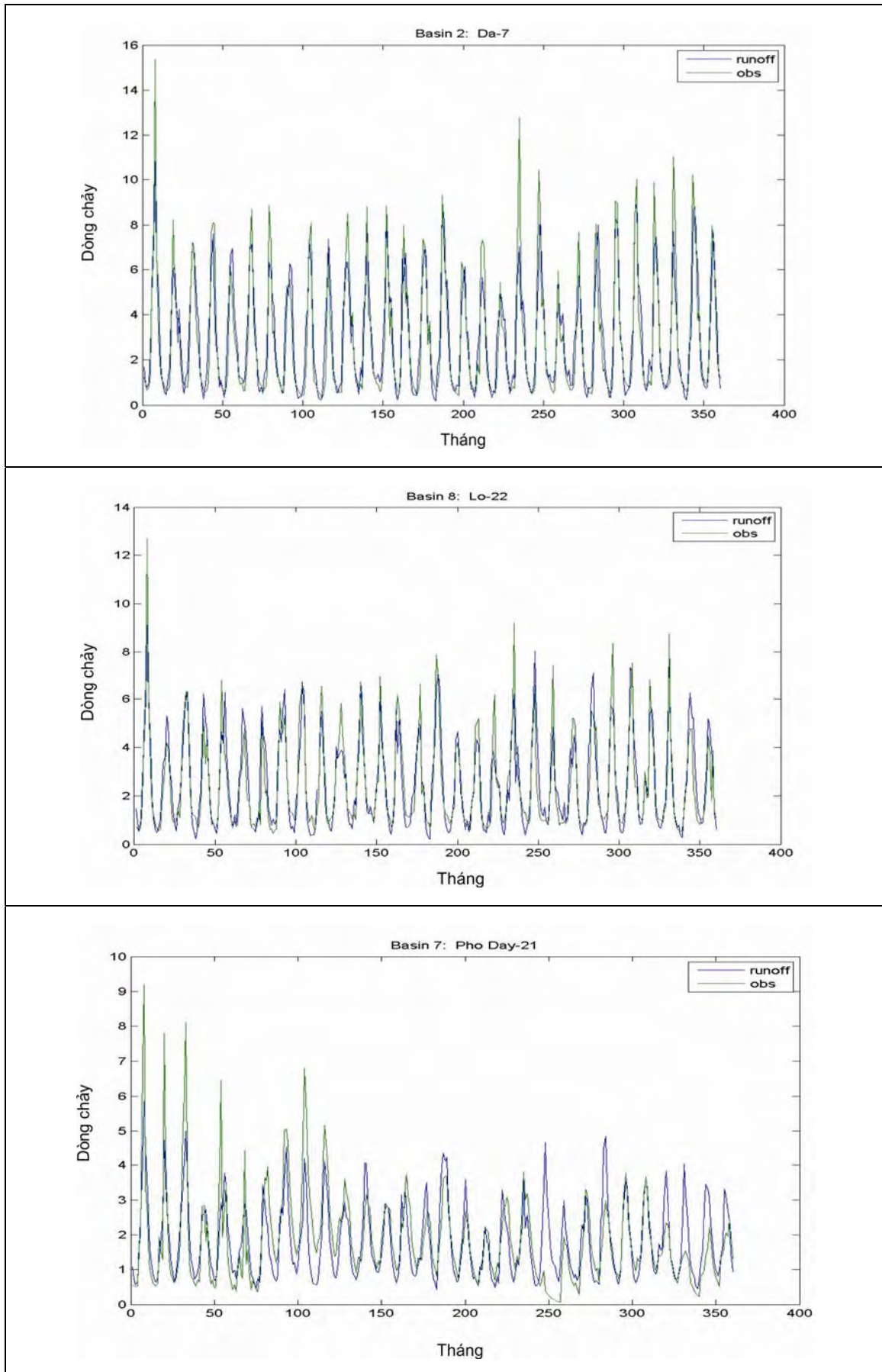
Bảng 4-3: Kết quả ước tính của lưu vực trạm dòng chảy có thể quan sát được

Lưu vực sông	Sai số mô hình	R ²
Nậm Na - 6	-0,012	65,21%
Đà - 7	-0,027	83,01%
Đà - 8	-0,027	57,01%
Thao - 9	-0,024	76,07%
Thao -10	0,001	79,55%
Gấm - 11	-0,012	80,01%
Phó Đáy - 21	-0,377	9,48%
Lô - 22	-0,034	79,36%

4.2.3. Ước tính từ bộ số liệu GRDC

Hầu hết các lưu vực sông đều có số liệu dòng chảy mô phỏng phù hợp với số quan sát được. Số liệu về dòng chảy trung bình hàng tháng mô phỏng và số quan sát được của tiểu lưu vực sông Đà, sông Lô, sông Đòng Nai được trình bày trong Đồ thị 4-8. Bảng 4-4 trình bày kết quả ước tính dựa vào bộ số liệu GRDC.

Đồ thị 4-8: Số liệu quá khứ và kết quả mô phỏng từ mô hình CliRun-II



Bảng 4-4: Ước tính số liệu dòng chảy của mô hình dựa vào bộ số liệu GRDC

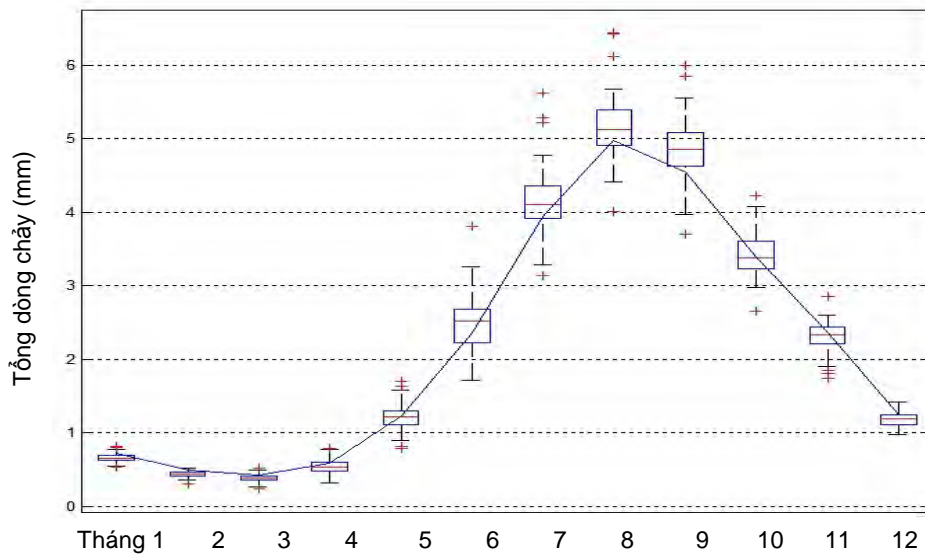
Mã lưu vực sông	Sai số mô hình	R ²	Mã lưu vực sông	Sai số mô hình	R ²
1	-0,037	94,69%	12	0,000	87,88%
Thái Bình - 2	-0,175	76,24%	Thu Bồn	0,083	66,27%
Bằng Giang	0,065	91,98%	Đồng Nai - 14	0,069	89,60%
Sêsan & Sê rêpôk	0,006	75,20%	Đồng Nai - 15	-0,002	93,55%
Thái Bình - 5	-0,105	83,67%	Mã - Chu	-0,015	92,67%
Đà (Nậm Na)	-0,108	82,07%	Cả -17	-0,154	63,46%
Đà - 7	-0,009	94,79%	Cả -18	-0,093	82,81%
Đà - 8	0,094	88,36%	Gianh - Thạch Hãn - 19	-0,046	86,21%
Thao - 9	-0,047	92,94%	Ba - 20	0,022	49,64%
Thao -10	0,003	95,03%	Phố Đáy - 21	-0,103	76,43%
Gấm - 11	-0,012	94,63%	Lô - 22	-0,039	95,18%

4.2.4. Tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy

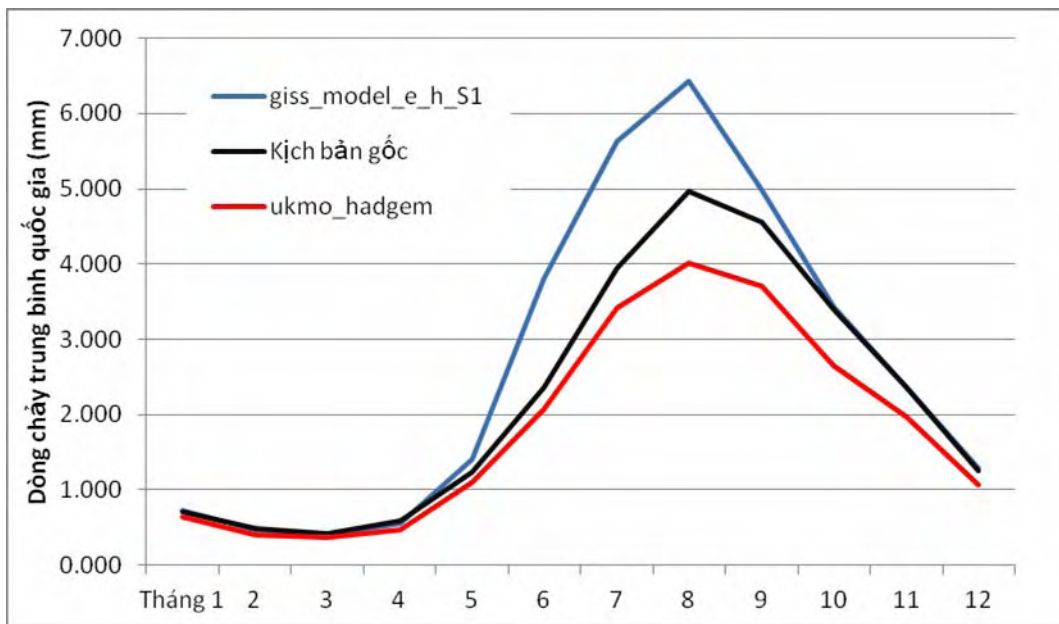
Dòng chảy trung bình quốc gia hàng tháng cho kịch bản gốc (1950-2000) được sử dụng để tính phần trăm thay đổi của dòng chảy cho mỗi lưu vực và mỗi kịch bản trong 56 kịch bản biến đổi khí hậu. Đồ thị dạng hộp về dòng chảy của tất cả các kịch bản biến đổi khí hậu được trình bày trong Đồ thị 4-9. Kết quả cho thấy rằng dòng chảy quốc gia vào mùa khô nhìn chung sẽ bị giảm và giá trị cực đại ở mùa mưa sẽ cao hơn so với kịch bản gốc.

Giá trị dòng chảy hàng năm cao nhất, cao hơn 20% so với kịch bản gốc, và giá trị thấp nhất, thấp hơn 16% so với kịch bản gốc, là của các kịch bản lần lượt là GISS GCM A1 và UKOM HADGEM B1. So sánh kết quả dòng chảy trung bình giai đoạn 2041-2050 được trình bày trong Đồ thị 4-10. Nhìn tổng thể, ở tầm quốc gia, tính mùa vụ của dòng chảy và mức độ của nó có xu hướng không thay đổi nhiều trước những năm 2040.

Đồ thị 4-9: So sánh dòng chảy trung bình hàng tháng giữa kịch bản gốc và 56 kịch bản GCM (2041-2050)

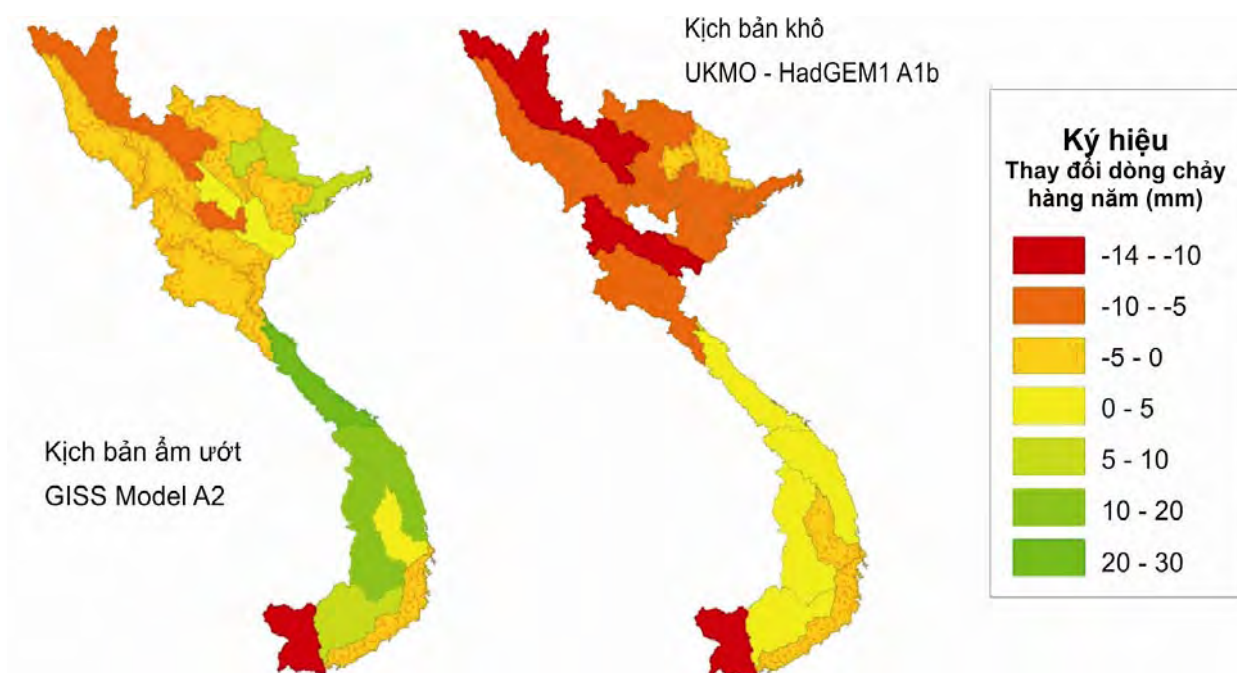


Đồ thị 4-10: So sánh dòng chảy hàng tháng của kịch bản gốc với kết quả dòng chảy cao nhất và thấp nhất từ mô hình CLIRUN



Mặc dù kết quả của một số kịch bản cho thấy dòng chảy trung bình quốc gia cao hơn so với kịch bản gốc, không phải tất cả các tiểu lưu vực đều bị ảnh hưởng như nhau. Ngược lại, dòng chảy của hầu hết các kịch bản GCM cho thấy dòng chảy bị giảm đối với các tiểu lưu vực ở phía Bắc, chủ yếu là lưu vực sông Hồng. Tuy nhiên, đối với miền Trung và một số tiểu lưu vực miền Nam, dòng chảy gia tăng ở hầu hết các trường hợp. Đồ thị 4-11 cho thấy sự thay đổi của dòng chảy theo các khu vực cho các kịch bản GCM khô và ướt. Kết quả cho thấy trong cả hai kịch bản dòng chảy cho các tiểu lưu vực phía Bắc đều có xu hướng giảm.

Đồ thị 4-11: So sánh kết quả dòng chảy theo không gian của kịch bản khô và ẩm ướt



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

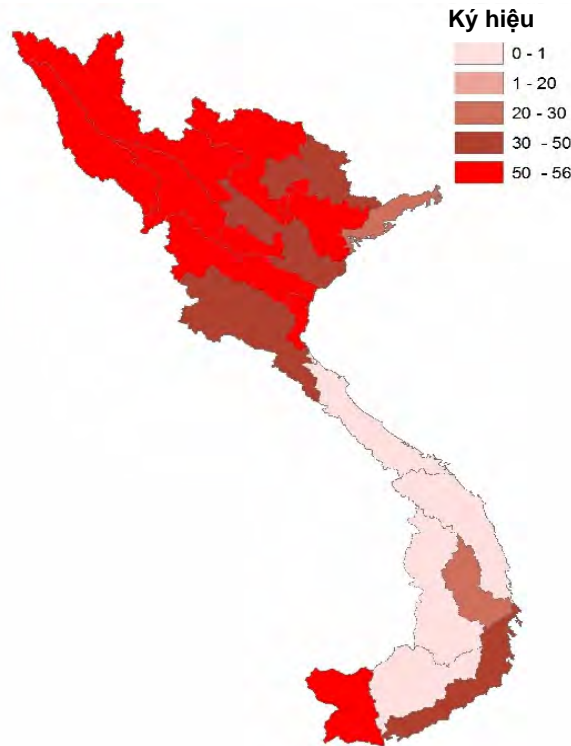
Để so sánh, Bảng 4-5 trình bày kết quả của 3 kịch bản cho kết quả dòng chảy cao nhất ở 3 dòng đầu tiên và 3 kịch bản cho kết quả dòng chảy thấp nhất ở 3 dòng cuối theo khu vực. Kịch bản Ukmo_hadgem1 A1B cho thấy sự sụt giảm của dòng chảy ở tất cả các tiểu lưu vực. Trong khi đó, kịch bản Cccma cgcm31 A1B cho kết quả gia tăng dòng chảy ở tiểu lưu vực miền Trung và miền Nam nhưng sụt giảm ở Miền Bắc.

Bảng 4-5: Kết quả dòng chảy theo khu vực của ba kịch bản cho kết quả cao nhất và thấp nhất

GCM	Tiểu lưu vực		
	Miền Bắc	Miền Trung	Miền Nam
Ukmo_hadgem1 A1B	-15%	-14%	-16%
Ipsl cm4 A1B	-10%	8%	6%
Cnrm cm3_A1B	-9%	3%	6%
Giss model er A1	-2%	5%	8%
Giss model er A1B.	-5%	16%	9%
Cccma cgcm31 A1B	-6%	21%	15%

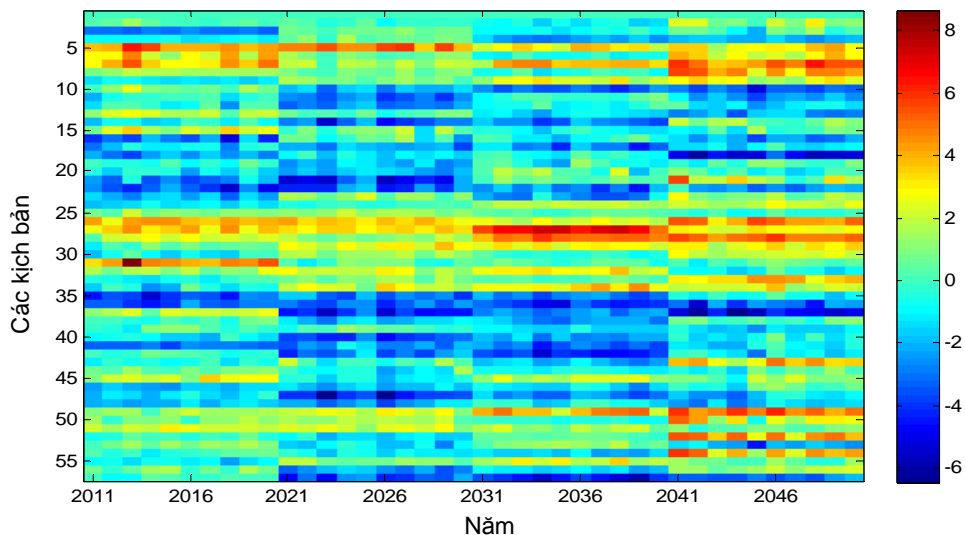
Đồ thị 4-12 trình bày số kịch bản mà có kết quả về dòng chảy nhỏ hơn so với dòng chảy ở kịch bản gốc cho những năm 2040. Đồ thị một lần nữa khẳng định nhận định về sự khô hạn ở miền Bắc. Đồ thị 4-13 khá phức tạp, cho thấy dấu hiệu thay đổi của dòng chảy tương đối so với kịch bản gốc theo năm và theo kịch bản GCM.

Đồ thị 4-12: Số lần kết quả kịch bản về dòng chảy thấp hơn kịch bản gốc



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

Đồ thị 4-13: Sự khác biệt của dòng chảy trung bình hàng năm của các kịch bản so với kịch bản gốc (mm)



4.3. Phân tích nguồn nước: mô hình WEAP

4.3.1. Phương pháp và mô hình hóa hệ thống

Hệ thống Kế hoạch và Đánh giá nguồn Nước (WEAP) là hệ thống hỗ trợ quyết định chạy trên phần mềm window để quản lý nguồn nước tổng hợp và phân tích chính sách. WEAP là công cụ xây dựng mô hình, sử dụng để tạo ra các mô phỏng về cung, cầu nước, dòng chảy, dịch vụ sinh thái, nước ngầm và dự trữ nước, vận hành hồ chứa, ô nhiễm và xử lý ô nhiễm, bốc hơi, chất lượng nước, theo các kịch bản chính sách, thủy văn, khí hậu, sử dụng đất, công nghệ và cả yếu tố kinh tế - xã hội.

Trong phân tích này, mô hình này được sử dụng để đánh giá tác động của thay đổi dòng chảy và cầu về nước cho thủy lợi đến nhu cầu khác nhau về nguồn nước; sử dụng nước cho thủy lợi, thủy điện và công nghiệp và sinh hoạt ngày càng gia tăng. Sản lượng thủy điện và phần trăm nhu cầu không được đáp ứng là hai chỉ số chính sử dụng để đánh giá tác động đến sử dụng nguồn nước.

Bình thường, mô hình WEAP được áp dụng để phác thảo hệ thống để mô phỏng kịch bản gốc (kịch bản không có biến đổi khí hậu), ở đó cung và cầu về nước được xác định qua mô hình. Mô hình từ đó được sử dụng để mô phỏng các kịch bản phù hợp trong tương lai. Số liệu về dòng chảy trong quá khứ trong 40 năm (1951-1991) (được miêu tả ở mục 3.5) cho trường hợp không có biến đổi khí hậu cho kịch bản gốc. Các kịch bản biến đổi khí hậu dựa vào dòng chảy tạo ra từ 56 kịch bản GCM sử dụng mô hình CLIRUN-II, như được trình bày ở mục 3 và yêu cầu nước cho thủy lợi kết quả của mô hình CLICROP cho các mô hình GCM tương ứng.

Số liệu về cơ cấu nguồn nước hiện tại và kế hoạch phát triển nguồn nước trong tương lai cho các lưu vực sông phía Bắc, lưu vực sông Hồng và sông Thái Bình và tiểu lưu vực sông miền Nam, chủ yếu là Đồng Nai được cung cấp bởi Viện Khí tượng, Thủy văn và Môi trường.

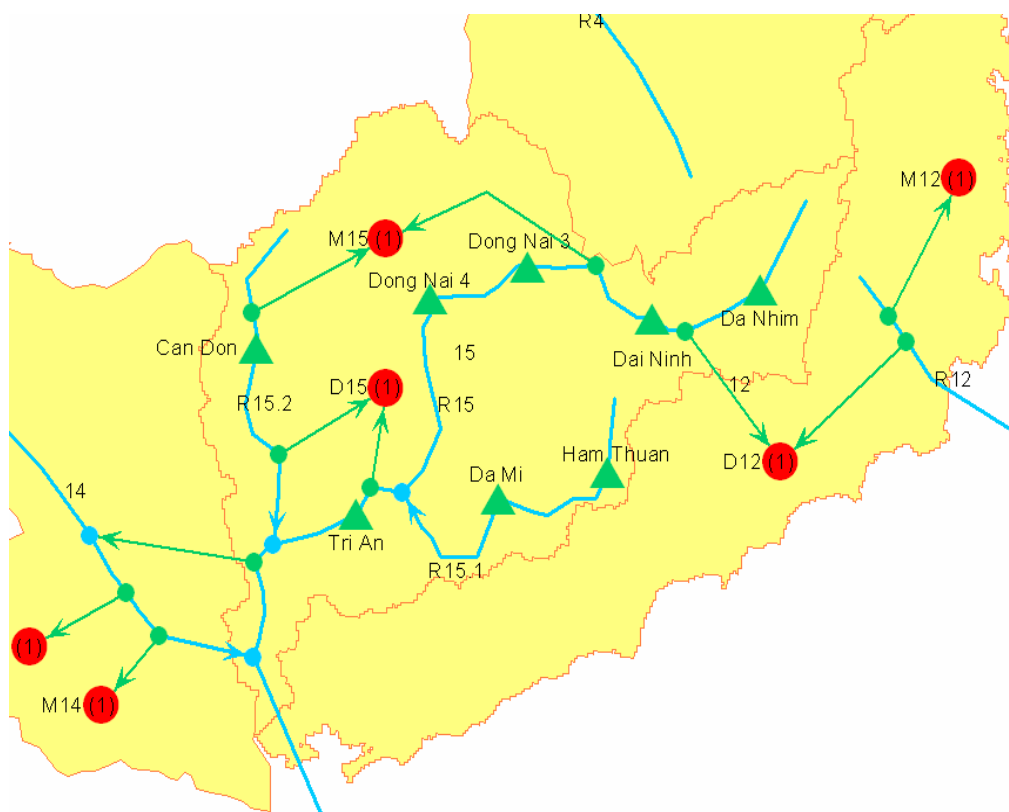
4.3.2. Giả định và đơn giản hóa mô hình

Nhu cầu thủy lợi: Đơn giản hóa liên quan đến các điểm cung về nước cho thủy lợi là giả định các kênh dẫn chuyên nước chỉ nối với các nơi có nhu cầu và các dòng sông ở cùng tiểu lưu vực. Như vậy, kết cấu mô hình theo giả định này không xem xét chu chuyển nước giữa các tiểu lưu vực và do đó đặc biệt cần nhắc các trường hợp sau:

- Kết nối giữa tiểu lưu vực sông Hồng và sông Thái Bình, lưu chuyển khoảng 1/3 lượng dòng chảy từ sông Hồng trước khi vào Hà Nội.
- Sông Dương: Lưu chuyển từ tiểu lưu vực sông Đồng Nai đến lưu vực Đồng Tháp Mười.

Do diện tích được thủy lợi hóa có thể phân bổ theo tiểu lưu vực, nhiều địa điểm cung nước cho nhu cầu thủy lợi được xem xét trong cùng một tiểu lưu vực sông. Điều này có nghĩa là sẽ mô phỏng tác động của cung nước cho thủy lợi ở các địa điểm khác nhau ở trên cùng một tiểu lưu vực sông. Kết cấu này cho phép mô hình phân bổ nguồn nước một cách tốt nhất cho thủy lợi. Đồ thị 4-14 là ví dụ minh họa nguồn nước ở tiểu lưu vực sông Đồng Nai.

Đồ thị 4-14: Phác thảo nguồn nước trong mô hình WEAP của tiểu lưu vực sông Đồng Nai



Liên quan đến nước cho thủy điện, WEAP tính toán lượng thủy điện phát ra thông qua dòng nước chảy qua tuốc bin, dựa vào lượng nước chảy từ hồ chứa và bị hạn chế bởi công suất tối đa của tuốc bin. Đối với hồ chứa, WEAP giả định nước từ cuối nguồn được chảy đến tuốc bin nhưng việc bơm xả nước từ các hồ chứa sẽ không qua tuốc bin.

$$\text{Lượng nước chảy}_H = \text{Nước chảy cuối nguồn}_H$$

Lượng nước chảy qua tuốc bin bị hạn chế bởi công suất tối đa của tuốc bin và nếu có quá nhiều nước thì lượng nước dư thừa được giả định sẽ chảy qua một kênh khác, không tạo ra điện.

$$\begin{aligned} \text{Lượng nước qua tuốc bin}_H &= \text{Giá trị tối thiểu} \\ &(\text{Lượng nước chảy}_H, \text{ Công suất tối đa của tuốc bin}_H) \end{aligned}$$

Ghi ga jun (GJ) điện sản xuất hàng tháng được tính là:

$$\text{Ghi ga zun điện hàng tháng} = \text{Lượng nước qua tuốc bin} \times \text{Hệ số tạo điện}$$

4.4. Nhu cầu nước

4.4.1. Nhu cầu thủy lợi

Ở Việt Nam, nhu cầu nước cho thủy lợi chiếm tỷ trọng lớn trong nhu cầu nguồn nước. Lượng nước cho thủy lợi tăng từ 47 BCM lên 74 BCM trong 20 năm qua. Mặc dù phần trăm nước phân bổ cho thủy lợi giảm do nhu cầu nước cho tiêu dùng và nước công nghiệp tăng, nước cho thủy lợi vẫn chiếm khoảng hơn 82% tổng lượng nước sử dụng ở Việt Nam như được minh họa trong Bảng 4-6.

Bảng 4-6: Xu hướng nhu cầu về nước cho nông nghiệp và các ngành kinh tế khác (1990 - 2010)

Nhu cầu sử dụng nước	1990		2000		2010	
	Nhu cầu về nước	%	Nhu cầu về nước	%	Nhu cầu về nước	%
Nông nghiệp	46.976	91	60.929	85	74.035	82
Công nghiệp và nước sinh hoạt	4.659	9	10.997	15	15.918	18
Tổng	51.635	100	71.926	100	89.953	100

Nguồn: Chiến lược quản lý và bảo vệ nguồn nước của Việt Nam - Ban Nguồn nước và thủy điện 6/96.

Diện tích canh tác được lấy từ bộ số liệu của mô hình phân bổ sản xuất theo không gian (SPAM) được xây dựng bởi HarvestChoice⁽³⁾. SPAM cung cấp ước tính toàn cầu về quy mô, diện tích và sản lượng trồng trọt cho 20 loại cây trồng chính với độ phân giải là 5 cung phút. Mọi người đều có thể tiếp cận và sử dụng SPAM và có thể có được thông tin về 4 chỉ số theo không gian: Diện tích thu hoạch, diện tích đất thực tế, sản xuất và sản lượng.

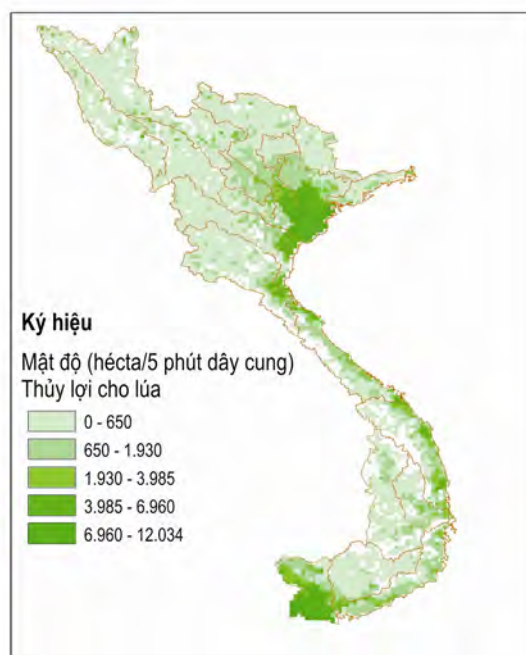
Bộ số liệu diện tích đất thực tế từ SPAM 2000 phiên bản 3.0.2⁽⁴⁾ được sử dụng trong nghiên cứu này. Số liệu này dùng để phân bổ về diện tích trồng trọt cho mỗi loại cây trồng. Diện tích đất thực tế đề cập đến loại cây trồng nào được trồng ở đâu trong năm 2000. Bộ số liệu này không tính đến tính đa mùa vụ trong 1 năm. Tuy nhiên, kết quả của CLICROP về thiếu hụt nước có xem xét đến tính đa mùa vụ.

Số liệu được tổng hợp cho tiểu lưu vực để có được diện tích được thủy lợi hóa hàng năm cho mỗi lưu vực sông. Diện tích được thủy lợi hóa hàng năm khoảng 7,94 triệu héc ta, trong đó diện tích trồng lúa chiếm khoảng 46%. Mật độ trồng lúa trong bộ số liệu SPAM được chỉ ra trong Đồ thị 4-15. Đồ thị 4-16 chỉ ra phân bổ diện tích được thủy lợi hóa theo cây trồng có được từ bộ số liệu SPAM 2000.

(3) Sáng kiến nghiên cứu chung được điều phối bởi chương trình nghiên cứu Hệ thống Thực phẩm Toàn cầu của IFPRI và chương trình Thực tiễn và Chính sách Khoa học và Công nghệ Quốc tế (InSTePP). HarvestChoice tạo ra thông tin giúp hướng dẫn những đầu tư chiến lược vào nông nghiệp nhằm mục tiêu nâng cao đời sống của người nghèo vùng Sa-ha-ra của Châu Phi thông qua sản xuất nông nghiệp hiệu quả và lợi nhuận cao hơn.

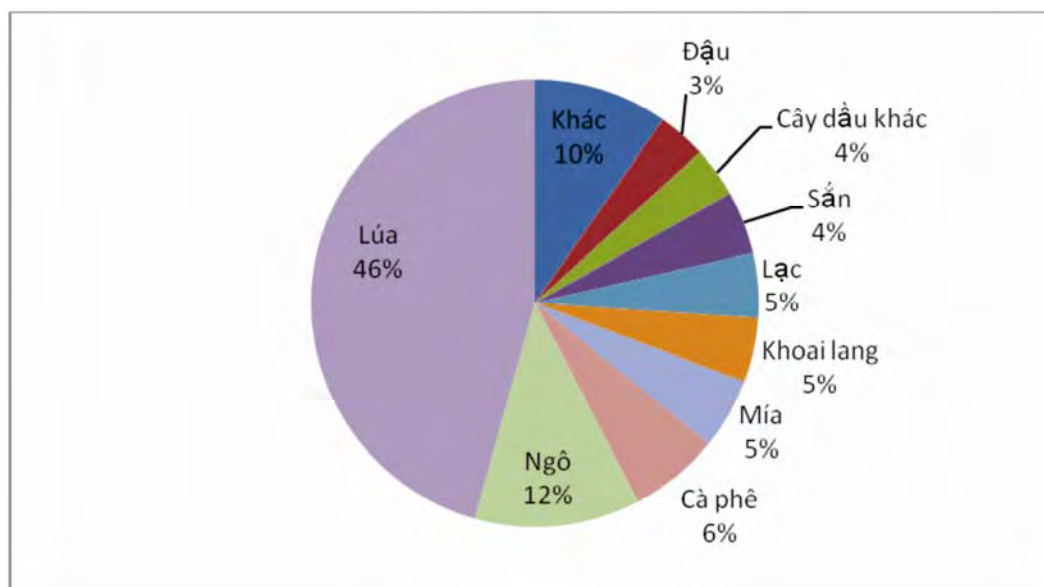
(4) Phiên bản 3.0.2 (Phiên bản 3 công bố lần 2; 5 tháng 4, 2010).

Đồ thị 4-15: Mật độ trồng lúa từ bộ số liệu SPAM



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

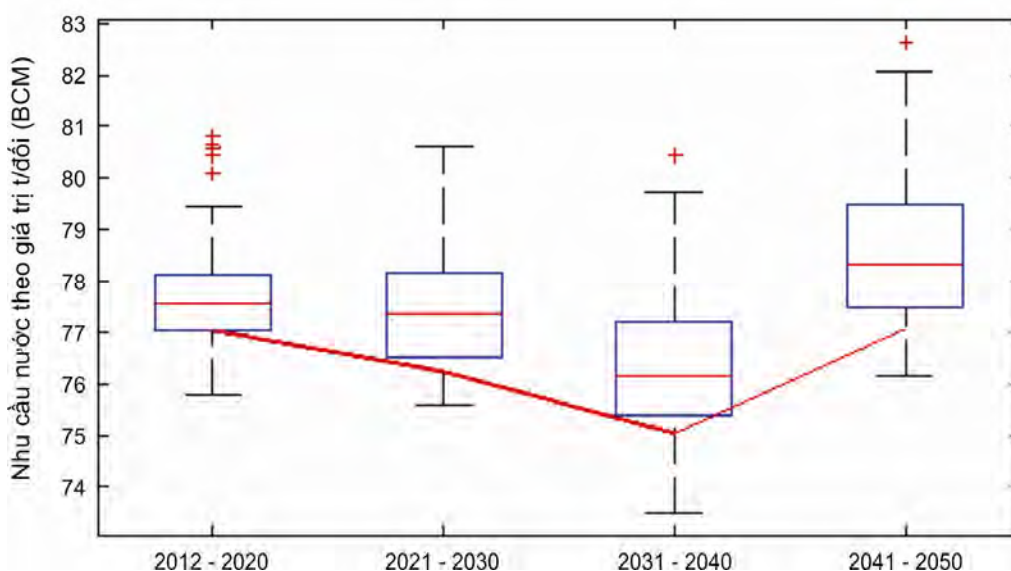
Đồ thị 4-16: Phân bổ diện tích được thủy lợi theo loại cây trồng từ số liệu SPAM



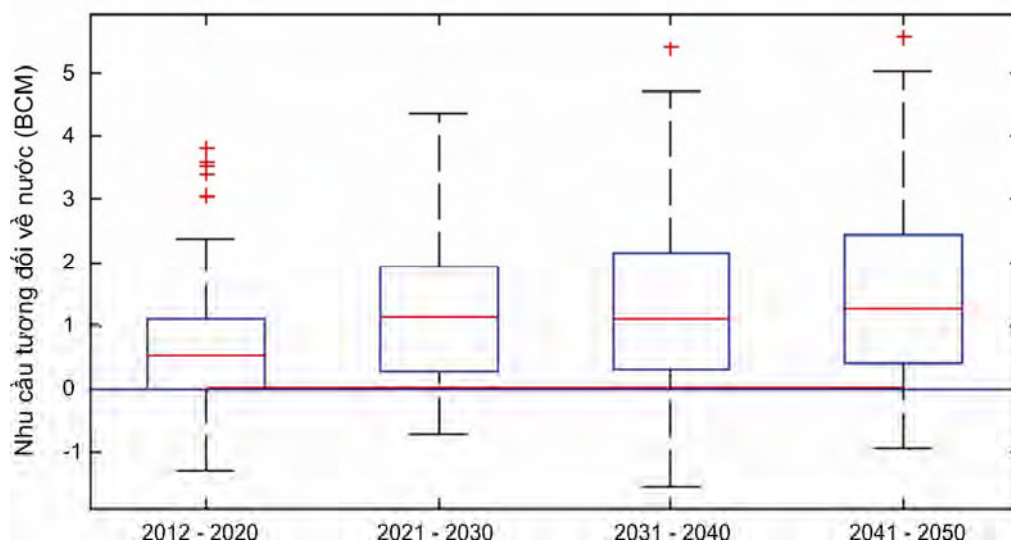
Tổng diện tích được thủy lợi hóa được mở rộng với tốc độ 2,9% hàng năm trong giai đoạn 1980-87, 4,58% giữa 1988-1994 và số liệu ở báo cáo mới nhất thì tốc độ này vào khoảng trung bình 3,4% giai đoạn 1998-2011. Tuy nhiên, không thể có được số liệu tin cậy liên quan đến kế hoạch mở rộng diện tích được thủy lợi hóa trong tương lai do đó nghiên cứu này giả định rằng tiềm năng tối đa cho thủy lợi hóa của Việt Nam là 9,4 triệu héc ta đến năm 2050 (FAO, 2000). Do đó, diện tích được thủy lợi hóa hiện nay được dự báo tuyến tính, tăng khoảng 0,6% hàng năm.

Mô hình CliCrop được sử dụng để dự báo lượng nước yêu cầu cho thủy lợi trong tương lai trong bối cảnh biến đổi khí hậu (xem mục 3). Mô hình này được chạy cho tất cả 56 kịch bản biến đổi khí hậu, cung cấp lượng nước thiếu hụt hàng tháng cho các loại cây trồng khác nhau. Lượng nước thiếu hụt được nhân với diện tích thủy lợi hóa ở mỗi tiểu lưu vực sông để có tổng lượng nước cần cho thủy lợi hóa. Lượng nước sử dụng hàng năm trên 1 héc-ta được cung cấp bởi AQUASTAT (FAO 2000), cho thấy rằng thủy lợi tiêu tốn một lượng nước 77,75 tỷ mét khối nước cho 1 năm. Tổng lượng nước thiếu hụt có được từ mô hình CliCrop cho thấy nhu cầu thủy lợi hàng năm là 54 BCM như vậy hiệu suất cung thủy lợi đạt mức 70%. Mặc dù có thể cải thiện được hiệu suất cung thủy lợi trong tương lai, trong nghiên cứu này giá trị hiệu suất cung nước thủy lợi 70% được sử dụng cho tất cả các kịch bản. Đồ thị 4-17 và 4-18 trình bày yêu cầu cung nước thủy lợi dưới dạng hộp.

Đồ thị 4-17: Nhu cầu về nước cho thủy lợi hàng năm theo giá trị tuyệt đối và kịch bản gốc (đường đỏ)



Đồ thị 4-18: Nhu cầu cung ứng thủy lợi hàng năm so với kịch bản gốc



4.4.2. Thủy điện

Thủy điện là một trong những nguồn điện chính của Việt Nam. Tổng công suất phát điện của các nhà máy thủy điện hiện nay và các nhà máy đang trong quá trình xây dựng của Việt Nam là 10.320 MW. Theo Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN), công suất này có thể tăng thêm 4.760 MW đến cuối năm 2020, nâng tổng công suất lên 14.670 MW.

Hiện có 14 nhà máy thủy điện đang hoạt động ở Việt Nam, với công suất lắp đặt là 4.577 MW, cung cấp 20.112 GWH điện trong 1 năm. Sản lượng này chiếm khoảng 30% tổng năng lượng tiềm năng của Việt Nam. Công suất thủy điện ở các tiểu lưu vực được xem xét trong nghiên cứu này được trình bày tại Bảng 4-7.

Bảng 4-7: Khả năng sản xuất thủy điện hiện nay (đến năm 2011)

Lưu vực sông	Điện (MW)	Năng lượng dài hạn (GWH)
Lô Gấm	108	430
Đà	1.920	8.160
Ba	70	360
Sê San	1.188	5.791
Đồng Nai	1.263	5.177
Sê rêpôk	28	194
Tổng	4.577	20.112

Công suất phát điện cao nhất thuộc về lưu vực sông Đà; Nhà máy thủy điện Hòa Bình chiếm khoảng 40% tổng điện sản xuất ở Việt Nam. Hai nhà máy nữa sẽ được xây ở đầu nguồn sông Đà. Hai nhà máy được dự kiến hoàn thành vào năm 2012, nâng tổng công suất điện của lưu vực sông Đà lên gần gấp đôi công suất hiện tại. Bảng 4-8 tóm tắt nhà máy điện chính được xem xét trong nghiên cứu này.

Mười bốn dự án thủy điện lớn và trung bình được đầu tư bởi EVN đã và đang được xây dựng được xem xét trong nghiên cứu này. Tổng lượng điện phát trong dài hạn của kế hoạch thủy điện này dự kiến khoảng 22.656 GWH. Nhà máy lớn nhất là nhà máy thủy điện Sơn La, dự kiến phát 2.400 MW và sẽ hoàn thành vào cuối năm 2012. Bảng 4-9 và 4-10 xác định các dự án thủy điện chính đang được xây dựng được xem xét trong nghiên cứu này theo lưu vực sông và riêng biệt. Thêm vào đó, EVN đã xác định 408 địa điểm tiềm năng cho nhà máy thủy điện tại Quy hoạch quốc gia phát triển thủy điện cỡ nhỏ. Các nhà máy này có công suất từ 1 đến 30 MW và có thể tạo ra 13.500 GWH với tổng công suất 2.887 MW (PECC1, 2004). Những con số này kết hợp với các nhà máy đã và đang xây dựng sẽ nâng tỷ trọng thủy điện của Việt Nam lên 86% tiềm năng sản xuất điện.

Bảng 4-8: Nhà máy thủy điện hiện tại: Công suất phát điện và địa điểm

Nhà máy	Địa điểm	Sản lượng điện hàng năm (GWH)
Thác Bà	Lô Gấm	430
Hòa Bình	Đà	8160
Sông Hinh	Ba	360
Yali	Sê San	3650
Sê San 3	Sê San	1224
Sê San 3a	Sê San	475
Plêikrông	Sê San	442
Thác Mơ	Đồng Nai	589
Cần Đơn	Đồng Nai	290
Hàm Thuận	Đồng Nai	957
Đa Mi	Đồng Nai	590
Đa Nhim	Đồng Nai	1025
Trị An	Đồng Nai	1726
Dray Hling	Sê rêpôk	194

Bảng 4-9: Nhà máy thủy điện đang được xây dựng theo các tiểu lưu vực sông

Lưu vực sông	Công suất (MW)	Tổng sản lượng điện (GWH)
Lô Gấm	562	2488
Đà	2920	12150
Ba	220	825
Sê San	381	1596
Đồng Nai	820	2894
Sê rêpôk	840	2703
Tổng	5.743	22.656

Bảng 4-10: Nhà máy thủy điện hiện tại đang được xây dựng

Nhà máy	Địa điểm	Sản lượng điện (GWH)
Tuyên Quang	Lô Gám	1329,6
Bản Chát	Lô Gám	1158,1
Sơn La	Đà	10246
Huội Quảng	Đà	1904,2
Ba Hạ	Ba	825
Sê San 4	Sê San	1401
Sê San 4a	Sê San	195
Đồng Nai 3	Đồng Nai	607,1
Đồng Nai 4	Đồng Nai	1103,8
Đại Ninh	Đồng Nai	1183
Buôn Tua Srah	Sê rêpôk	347
Buôn Kuốp	Sê rêpôk	1346
Sê rêpôk 3	Sê rêpôk	815
Sê rêpôk 4	Sê rêpôk	195

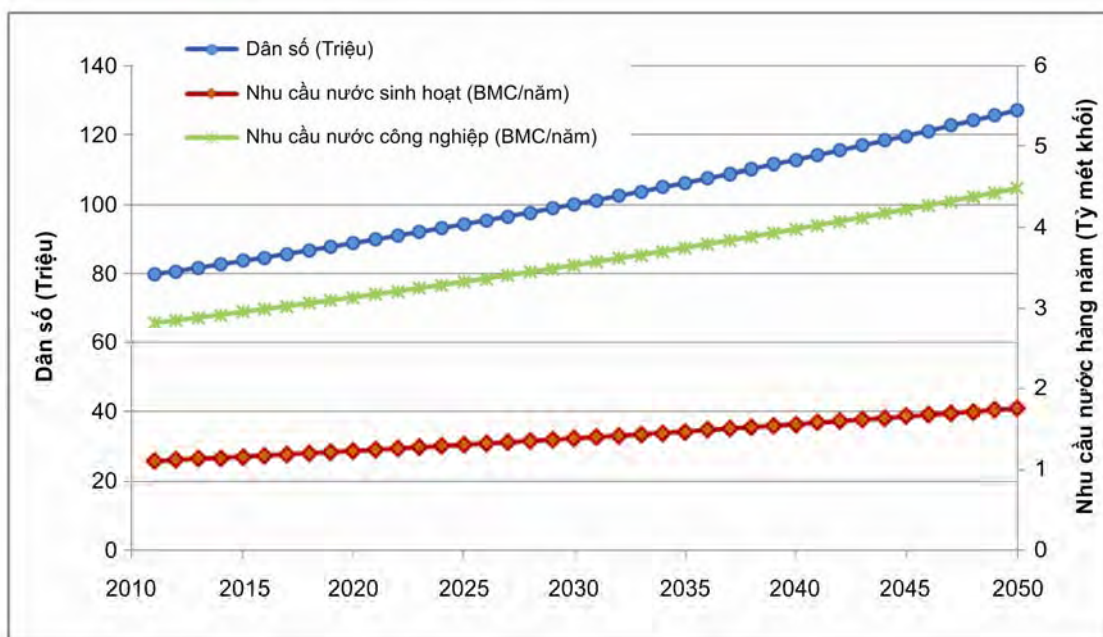
4.4.3. Nhu cầu về nước công nghiệp và nước sinh hoạt

Số liệu về nhu cầu nước công nghiệp và nước sinh hoạt được lấy từ bộ số liệu về nông nghiệp và nước toàn cầu của FAO, (AQUASTAT), [ở địa chỉ: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/dbase/index.stm>, cập nhật vào năm 2011]. Nhu cầu nước đô thị là tổng lượng nước hàng năm khai thác được người dân sử dụng trực tiếp cho sinh hoạt. Nó bao gồm nước tinh khiết có thể tái chế và cả nguồn nước ngầm tiềm năng đã được khử muối hoặc nước thải đã được xử lý. Nhu cầu nước công nghiệp được tính đến những ngành tự cung về nước, không sử dụng nước phân phối công cộng, bao gồm cả nước làm nguội các nhà máy nhiệt điện.

Nhu cầu nước sinh hoạt và nước công nghiệp tương ứng là 3,074 BCM/năm và 1,206 BCM/năm, tương đương 13,84 và 35,3 mét khối trên đầu người mỗi năm. Nhu cầu về nước này được giả định tỷ lệ thuận với dân số và do đó nhu cầu nước được tính cho mỗi tiểu lưu vực sông dựa vào dân số của khu vực đó. Nhu cầu này được dự báo đến năm 2050 theo các dự báo về tăng dân số.

Dân số ước tính cho các tiểu lưu vực được dựa vào số liệu mật độ dân số 2010 của Mạng lưới thông tin khoa học trái đất (CIESIN) của trường Đại học Columbia [<http://sedac.ciesin.columbia.edu>]. Số liệu gốc là độ phân giải 2,5 độ cung-phút được điều chỉnh cho phù hợp với tổng số người trên 1 km² của Liên hợp quốc. Số liệu này được tổng hợp theo 22 tiểu lưu vực sử dụng trong mô hình WEAP.

Đồ thị 4-19: Tăng dân số và dự báo nhu cầu nước sinh hoạt và nước công nghiệp hàng năm



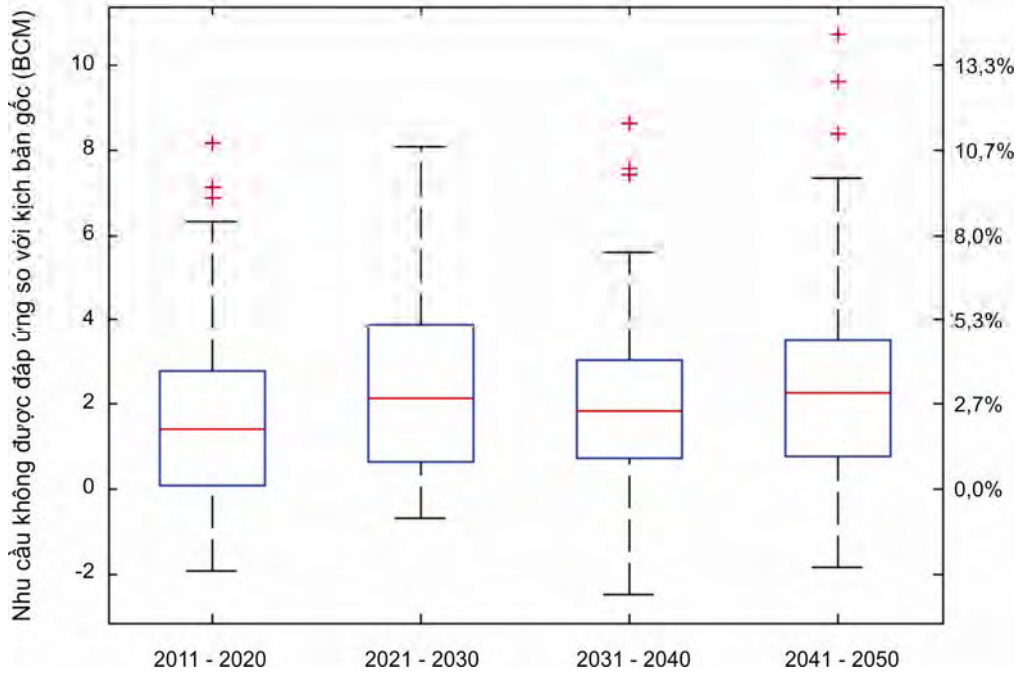
4.5. Kết quả phân tích nguồn nước

4.5.1. Tác động đến thủy lợi

Kết quả về nhu cầu không được đáp ứng tương đối của WEAP là chỉ số chính để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến nguồn nước cung cấp cho thủy lợi. Trong kịch bản gốc, kết quả cho thấy nguồn nước đã khá căng thẳng. Trong tiểu lưu vực sông Đà và sông Phó Đáy, nhu cầu không được đáp ứng hàng năm trong dài hạn trung bình là 200 triệu mét khối nước. Đối với các kịch bản biến đổi khí hậu, nhìn chung nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng sẽ tăng trong các năm tiếp theo.

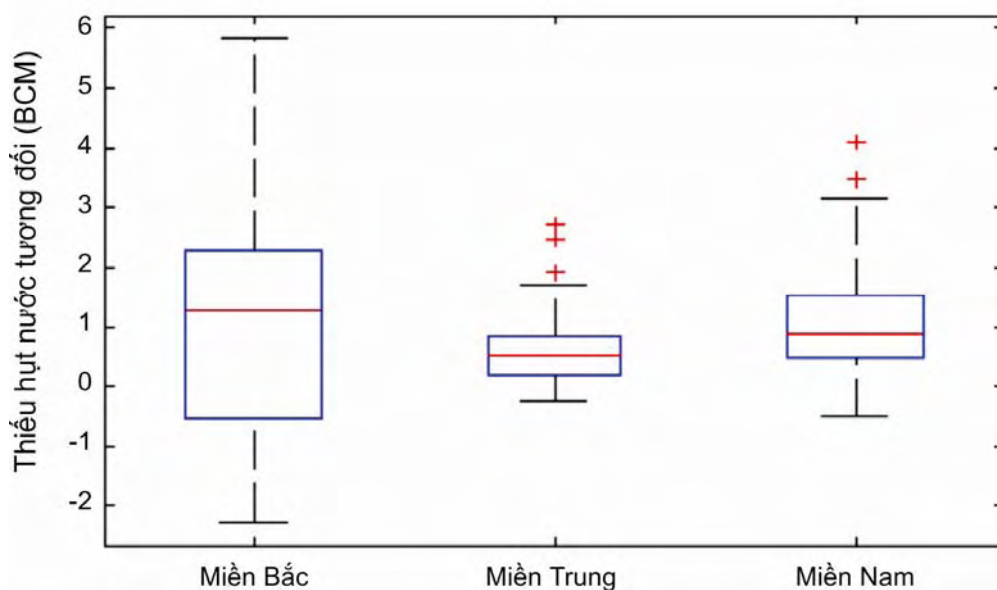
Đồ thị dạng hộp 4-20 biểu diễn thiếu cung nước cho thủy lợi của 56 kịch bản GCM so với kịch bản gốc. Giá trị trung vị đạt khoảng 2,1 BCM cho năm 2050. Trường hợp xấu nhất cho thấy lượng nước thiếu hụt tối đa là 7 BCM.

Đồ thị 4-20: Nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng so với kịch bản gốc



Như miêu tả ở các mục trên, biến đổi khí hậu sẽ tác động nhiều hơn đến các tiểu lưu vực phía Bắc, chủ yếu là lưu vực sông Hồng. Điều này cũng được phản ánh trong kết quả phân bố về nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng theo không gian, theo đó lượng nước thiếu hụt nhiều nhất chủ yếu ở lưu vực sông Hồng, chủ yếu do dòng chảy giảm như đã phân tích ở phần về dòng chảy. Hơn thế nữa, mức độ tác động cũng có khoảng dao động rộng hơn ở các tiểu lưu vực phía Bắc, trong khoảng từ 6BCM thiếu hụt đến 2BCM dư thừa so với kịch bản gốc. Đồ thị 4-21 trình bày nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng so với kịch bản gốc theo 3 vùng đến năm 2050.

Đồ thị 4-21: Nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng so với kịch bản gốc của 3 vùng đến năm 2050



Bảng 4-11 trình bày thiếu hụt nước thủy lợi tương ứng so với lượng thiếu hụt trung bình của thập kỷ của ba kịch bản GCM cho kết quả tối thiểu, trung vị và tối đa về dòng chảy. Kết quả cho thấy thậm chí trong trường hợp dòng chảy tăng (ví dụ kịch bản Cccma cgcm31 A1B) lượng nước dư thừa trong thập kỷ 2020 sẽ dần dần được sử dụng hết do nhu cầu thủy lợi ngày càng tăng.

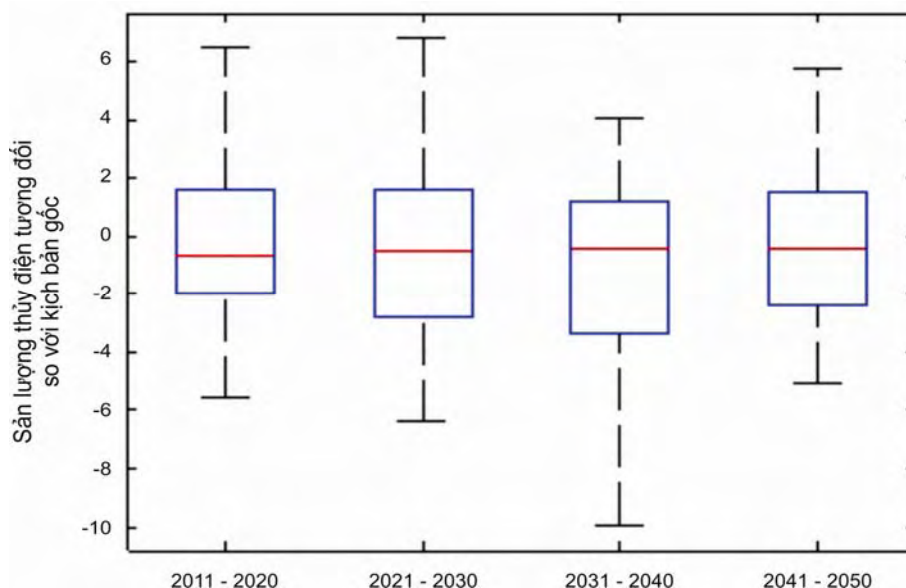
Bảng 4-11: Nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng trung bình 10 năm của một số kịch bản biến đổi khí hậu (đơn vị triệu mét khối)

Kịch bản GCM	Địa điểm	2011-2020	2021-2030	2031-2040	2041-2050
Dòng chảy tối thiểu - Ukmo_hadgem1 A1B	Lưu vực miền Bắc	1906	3750	4461	5285
	Lưu vực miền Trung	1049	1213	1754	1903
	Lưu vực miền Nam	1242	794	1424	1516
Dòng chảy trung vị - Inmcm3_0 B1	Lưu vực miền Bắc	594	715	1498	2341
	Lưu vực miền Trung	427	397	868	932
	Lưu vực miền Nam	684	363	1400	1503
Dòng chảy tối đa - Cccma cgcm31 A1B	Lưu vực miền Bắc	-1900	-1435	-2211	-918
	Lưu vực miền Trung	-255	78	-457	223
	Lưu vực miền Nam	325	574	456	741

4.5.2. Tác động đến thủy điện

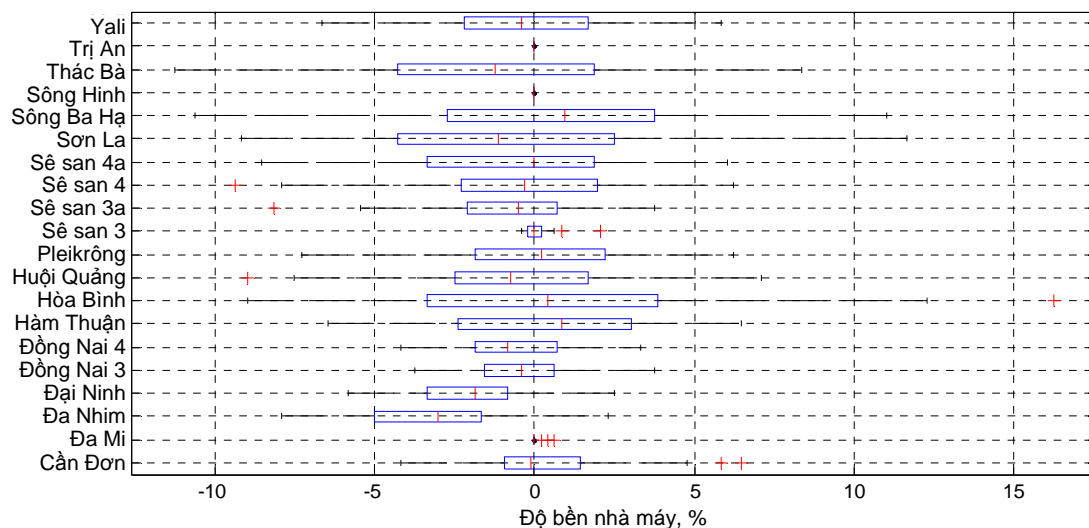
Giá trị trung vị của sản lượng điện so với kịch bản gốc có xu hướng giảm nhẹ trong các kịch bản biến đổi khí hậu. Về tổng thể, sản lượng phát điện của các nhà máy thủy điện sẽ bị giảm tối đa là 14% trong giai đoạn 2041-2050. Phần trăm giảm sản lượng trung bình 10 năm của các nhà máy được trình bày trong Đồ thị 4-22.

Đồ thị 4-22: Công suất phát thủy điện so với kịch bản gốc (%)



Tổng công suất phát điện hiện nay sau khi tất cả các nhà máy thủy điện hiện đang được xây dựng đi vào hoạt động là 42,76 TWH. Khả năng phát điện, đáp ứng nhu cầu hàng năm có sự biến động cao. Đồ thị 4-23 cho thấy độ bền của một số nhà máy thủy điện trong 56 kịch bản biến đổi khí hậu. Kết quả cho thấy có sự rủi ro tương đối lớn về độ bền của nhà máy thủy điện lớn như Sơn La, Hòa Bình, trong khoảng +/- 5 % trong 40 năm.

Đồ thị 4-23: Độ bền của một số nhà máy thủy điện



4.6. Chính sách thích ứng

4.6.1. Tiểu lưu vực sông miền Bắc

Tác động chính về nguồn nước của các tiểu lưu vực sông phía Bắc là suy giảm dòng chảy và gia tăng nhu cầu nước cho thủy lợi. Hậu quả của sự kết hợp hai tác động trên sẽ là sự thiếu hụt nghiêm trọng của nguồn nước cho thủy lợi và do đó không đáp ứng được nhu cầu. Hơn thế nữa, công suất phát điện của các nhà máy trong khu vực cũng sẽ giảm nhẹ.

Nước cho thủy lợi chiếm phần lớn nhu cầu về nước đối với các tiểu lưu vực sông phía Bắc do đó sử dụng hiệu quả nguồn nước sẽ là hướng đi cơ bản để giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu tới nhu cầu nước cho thủy lợi. Tối thiểu hóa lượng nước rò thoát trong các kênh và áp dụng công nghệ tốt hơn có thể giảm đáng kể nhu cầu nước cho thủy lợi.

Tập đoàn điện lực Việt Nam (EVN) đã xác định một số hồ chứa nước đa mục tiêu trong khu vực. Việc triển khai hoạt động của các hồ chứa này có thể cung cấp nước cho mùa khô, giảm thiểu ảnh hưởng đến công suất điện và cho phép phân bổ nguồn nước tối ưu cho thủy lợi.

4.6.2. Tiểu lưu vực sông miền Trung và miền Nam

Như đã đề cập ở trên, hầu hết kết quả các kịch bản GCM đều cho kết quả gia tăng dòng nước cho các tiểu lưu vực sông miền Trung và miền Nam. Thêm vào đó, dòng nước trong mùa ướt sẽ cao và vào mùa khô sẽ bị giảm. Kết quả kết hợp các tác động của việc tăng dòng chảy, đặc biệt vào mùa mưa sẽ gia tăng cường độ của thiên tai, nâng tần suất lũ và độ phá hủy nghiêm

trọng của lũ. Hơn thế nữa, giảm dòng chảy trong mùa khô làm giảm thủy điện và tạo ra thiếu hụt nước cho thủy lợi.

Xây dựng thêm hồ chứa đa mục tiêu và tăng khả năng trữ nước sẽ giúp Việt Nam có thể đáp ứng nước cho mùa khô và giảm rủi ro lũ lụt. Mặc dù ảnh hưởng đến thủy lợi do giảm nước trong mùa khô nhỏ, sử dụng nước hiệu quả là yếu tố then chốt; tăng hiệu quả thủy lợi đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu trong tương lai.

Hiện nay, tổng nhu cầu nước cho công nghiệp và nước sinh hoạt chiếm 18% (Xem Bảng 4-6). Trong tương lai gần, nhu cầu nước này sẽ chiếm tỷ trọng đáng kể do tăng dân số và công nghiệp hóa nhanh. Tái chế và sử dụng hiệu quả hệ thống phân phối nước sẽ là hướng đi cơ bản để tối thiểu hóa tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu.

5. Đường giao thông

5.1. Đường giao thông và tăng trưởng kinh tế

Có rất nhiều nghiên cứu khẳng định tầm quan trọng của cơ sở hạ tầng đường sá cho tăng trưởng kinh tế. Trong một tài liệu hội thảo, Fernald (1999) đã nghiên cứu số liệu của Hoa Kỳ trong thời kỳ 1953-1989 và kết luận rằng đầu tư vào đường sá đã có tác động đáng kể lên tăng trưởng năng suất trong thời kỳ 1953-1973 khi hệ thống đường cao tốc liên bang được xây dựng. Tác giả đã ước tính đầu tư công, chủ yếu trong đường sá đã đóng góp 1 điểm phần trăm trong tăng trưởng tổng năng suất lao động (trang 620). Để đạt được thành tựu này, đầu tư ròng vào đường sá đã vượt quá một phần tư giá trị đầu tư ròng của tư nhân (trang 619). Do đó, đầu tư vào hệ thống đường sá công cộng đã đóng góp tăng trưởng kinh tế của Hoa Kỳ trong suốt thập kỷ 50 và 60. Sau năm 1973, Fernald khẳng định rằng sản phẩm cận biên của đầu tư đường sá đã giảm (ví dụ hệ thống đường cao tốc liên bang thứ hai có ít lợi ích hơn hệ thống đường cao tốc thứ nhất).

Các nước đang phát triển dường như ít phải đối mặt tình trạng suy giảm sản phẩm cận biên của đầu tư cơ sở hạ tầng đường sá do sự vượt quá cung bởi vì hệ thống đường sá của các nước này thường kém phát triển. Tất nhiên, sản phẩm cận biên (và trung bình) của đầu tư cơ sở hạ tầng có thể thấp bởi nhiều lý do. Ví dụ, Chính phủ các nước có thể lãng phí các nguồn lực xây dựng các cơ sở hạ tầng kém chất lượng và không cần thiết. Tuy nhiên, bằng chứng kinh nghiệm cho thấy nhìn chung đầu tư vào hệ thống đường sá công cộng tạo ra các giá trị hợp lý. Ví dụ, Esfahani và Ramírez (2003) sử dụng số liệu thống kê hồi quy so sánh giữa các nước và phát hiện rằng đóng góp của dịch vụ cơ sở hạ tầng cho GDP là đáng kể và cao hơn chi phí đầu tư. Tương tự như vậy, Calderón và Servén (2004) phát hiện tăng trưởng kinh tế ở các nước châu Mỹ La-tinh có mối quan hệ tích cực với vốn cơ sở hạ tầng và bất bình đẳng thu nhập giảm xuống cùng với số lượng và chất lượng cơ sở hạ tầng tăng lên. Gần đây, các tác giả này đã sử dụng cùng phương pháp để tính cho các nước châu Phi và cũng cho ra một kết quả tương tự (Calderón và Servén 2008).

Các vấn đề về phương pháp luận làm hạn chế các nghiên cứu thực nghiệm hồi quy giữa các nước với nhau (ví dụ xem Roodman 2009). Tuy nhiên, các nghiên cứu ở tầm quốc gia nhìn chung cũng cho ra kết quả tích cực. Ví dụ, ở Việt Nam, Mu và van de Walle (2007) phát hiện rằng đầu tư vào đường sá ở nông thôn mang lại tác động đáng kể đối với phát triển thị trường địa phương. Hơn nữa, họ phát hiện rằng trong khi các tác động là không đồng nhất đến các mức thu nhập của dân cư,

thì chúng có tác động đến giảm nghèo. Trong một nghiên cứu ở Nepal, Jacoby (2000) phát hiện rằng “việc xây dựng, mở rộng đường sá mang lại lợi ích ổn định cho các hộ nghèo” (trang 713). Dillon, Sharma, và Zhang (2011) cũng kết luận trong nghiên cứu của họ rằng đường sá nông thôn là một khoản chi tiêu công hữu ích nhất ở Nepal. Fan và các đồng tác giả cũng ước tính giá trị thu lại được trong đầu tư công ở Trung Quốc, Ấn Độ và Uganda (Fan et al. 2004; Fan và Chan-Kang 2008; Fan và Hazell 2001; Fan và Zhang 2008). Họ đã ước tính giá trị đầu tư chắc chắn thu lại được khi đầu tư vào đường sá, đặc biệt là hệ thống đường sá ở nông thôn.

Do đó, cả lý thuyết và bằng chứng thực tiễn đều thừa nhận rằng đầu tư vào cơ sở hạ tầng là nhân tố quan trọng cho tăng trưởng kinh tế và giảm nghèo. Ở phần lớn các nước đang phát triển, các khoản đầu tư này đều chiếm tỷ lệ lớn trong ngân sách nhà nước và trong tổng đầu tư toàn xã hội. Nếu nguồn vốn đầu tư công nói chung và khoản vốn cho hạ tầng đường sá nói riêng là cần thiết cho tăng trưởng kinh tế và giảm nghèo thì sự suy giảm hệ thống đường sá này cũng có tác động quan trọng. Phần tiếp theo, chúng ta sẽ xem xét các tài liệu biến đổi khí hậu liên quan đến hệ thống đường sá.

5.2. Đường giao thông và biến đổi khí hậu

Các nghiên cứu về tác động và thích nghi của biến đổi khí hậu trong lĩnh vực cơ sở hạ tầng còn ở mức độ sơ khai, mới chỉ nhấn mạnh các đề xuất và cảnh báo chung dựa trên các nghiên cứu về thời tiết nói chung. Nghiên cứu bởi Ủy ban nghiên cứu giao thông của Hòa Kỳ, Ủy ban Scotlen, và cơ quan đường sá Úc là những nghiên cứu đáng chú ý (TRB 2008; Galbraith và các đồng sự. 2005; AUSTRROADS 2004). Các tác giả so sánh các thảm họa liên quan đến khí hậu và các quan sát của họ thu được với các tác động biến đổi khí hậu được dự báo. Một số các nghiên cứu ước lượng tác động cụ thể của nhiệt độ, mưa, tuyết, gió, sương mù và lũ lụt lên đường sá (CCSP 2006). Đi xa hơn, các nghiên cứu khác xác định các vùng nơi mà biến đổi khí hậu có thể đe dọa đến cơ sở hạ tầng. Ví dụ, đường sá ở Canada đặc biệt bị tổn thương do sự tăng nhiệt độ (Industrial Economics 2010). Tương tự, khí hậu ở phương Bắc có thể gây ra sự xuống cấp nhanh cơ sở hạ tầng do sự tan băng (Jackson và Puccinelli 2006).

Mills và Andrey (2002) xây dựng một khung khổ chung về đánh giá tác động khí hậu lên hệ thống vận tải. Họ liệt kê các điều kiện ranh giới thời tiết và phân loại các dạng thời tiết nguy hiểm ảnh hưởng đến môi trường cơ sở hạ tầng được xây dựng, duy trì và sử dụng. Các tác giả cảnh báo biến đổi khí hậu sẽ thay đổi bối cảnh thời tiết, ảnh hưởng đến tần số, khoảng thời gian, và tính khắc nghiệt thời tiết. Các mối nguy hiểm này có thể ảnh hưởng cơ sở hạ tầng đường sá, khả năng vận hành, và đường cung của các dịch vụ vận tải. Sau cùng, ảnh hưởng của thời tiết tác động lên lĩnh vực nông nghiệp ở địa phương sản xuất và do đó đến sự cần thiết và phương thức vận chuyển các sản phẩm nông nghiệp.

Một điểm hạn chế của các nghiên cứu trên là mới chỉ tập trung tác động tiềm năng của biến đổi khí hậu, và sự thiếu ước tính chi tiết của các chi phí hay mất mát xảy ra do sự biến đổi khí hậu. Để khắc phục hạn chế này, Chinowsky và các đồng sự. (2011a) chứng minh các chi phí tiềm tàng của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng đường sá ở 10 nước có vị trí địa lý và kinh tế khác nhau. Phương pháp nghiên cứu của họ là sự mở rộng của nghiên cứu ước lượng tác động của biến đổi khí hậu lên cầu đường của Stratus Consulting (2010) và nghiên cứu tác động lên đường sá ở khí hậu phương Bắc (Industrial Economics 2010).

Các mối quan hệ được đề cập ở trên được kết hợp vào mô hình mô phỏng hệ thống đường sá tên là CliRoad. Mô hình mô phỏng này theo dõi số lượng đường sá chia theo tuổi thọ của đường kể từ khi xây dựng (hoặc 20 năm được xây/nâng cấp lại), loại đường (cấp 1, cấp 2, cấp 3), kiểu đường (nhựa, sỏi, hoặc đất) và vùng cho mỗi năm trong khoảng thời gian mô phỏng từ năm 2007-2050. Trong khi đó các yếu tố tác động khác được giữ cố định ở các khu vực, các yếu tố thời tiết (lượng mưa, nhiệt độ và các sự kiện lũ lụt) thì khác nhau giữa các vùng. Bởi vì CliRoad được tích hợp trực tiếp vào trong mô hình cân bằng tổng thể được thảo luận ở dưới nên kết quả từ CliRoad sẽ được thảo luận ở phần 7.

Việt Nam đang trong quá trình nâng cấp và mở rộng cơ sở hạ tầng. Từ các hải cảng đến đường sá và điện, Việt Nam đã nhận ra các lợi ích dài hạn và ngắn hạn là sự cần thiết phải tăng cường hệ thống cơ sở hạ tầng nói chung. Kết hợp với các nguồn đầu tư nhà nước và tư nhân, Việt Nam đang thực hiện các bước nâng cấp cơ sở hạ tầng. Tuy nhiên, ngược lại với các cách tiếp cận truyền thống để phát triển cơ sở hạ tầng, Việt Nam đang mở rộng sự quan tâm đến các chi phí xây dựng bao gồm làm nhẹ đi các ảnh hưởng tiềm tàng của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng. Trong khi các chi phí này được quan tâm ở tất cả các nước, đặc biệt ở các nước đang phát triển nơi mà nguồn ngân sách bổ sung cần thiết để giảm thiểu tác động của biến đổi khí hậu còn hạn chế. Những hạn chế của ngân sách là những thách thức của các nước đang phát triển để xác định các mối đe dọa gây ra bởi biến đổi khí hậu, xây dựng các chính sách thích ứng để thay đổi các dự báo, kết hợp các thay đổi ở kế hoạch phát triển tầm trung và dài hạn, và đảm bảo kinh phí cho các đề xuất và thích ứng cần thiết tại thời điểm bắt đầu của quá trình xây dựng.

Các nghiên cứu trước của UNFCCC, IPCC, NHTG và các tổ chức khác đã cố gắng định lượng ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên các tài sản vật chất trong vài thập kỷ tới. Nghiên cứu này mở rộng hướng nghiên cứu bằng cách xác định ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng đường giao thông của Việt Nam như là một phần của chương trình nghiên cứu phát triển dưới bối cảnh biến đổi khí hậu (DUCC) của WIDER (UNU). Đường lát nhựa, đường rải sỏi và đường đất được lựa chọn như là kiểu cơ sở hạ tầng riêng lẻ để đánh giá bởi vì chúng là nhân tố quan trọng phát triển kinh tế-xã hội của Việt Nam. Nghiên cứu cơ sở hạ tầng xem xét các kịch bản biến đổi khí hậu từ toàn cầu đến quốc gia cụ thể về phân bổ các nguồn lực cho phát triển cơ sở hạ tầng đến bảo dưỡng và thích ứng cho cơ sở hạ tầng sẵn có. Nghiên cứu này xem xét các tác nhân khí hậu (biến đổi lượng mưa và nhiệt độ) và dự báo tác động của mực nước biển dâng lên 1 mét. Do tầm quan trọng của các vùng duyên hải đối với Việt Nam, cả hai loại tác động trên đều được đưa vào trong phân tích ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

Nghiên cứu này được thiết kế để có thể nhận biết rộng hơn ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các vấn đề phát triển bao gồm kinh tế-xã hội và giao thông qua phân tích về cơ sở hạ tầng đường giao thông. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp mở rộng của nghiên cứu về Kinh tế học của thích ứng với biến đổi khí hậu của NHTG, dùng phương pháp tác nhân-kết quả dựa vào kỹ thuật để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến loại tài sản vật chất cụ thể (World Bank, 2010a).

Khái niệm về “Chi phí cơ hội” được sử dụng trong nghiên cứu này là để xác định các lợi ích của điều chỉnh thích ứng với các dự báo biến đổi khí hậu ở Việt Nam. Từ khái niệm này, nghiên cứu này cung cấp một toàn cảnh cho các nhà hoạch định chính sách để hiểu rộng hơn về tác động

của các biến đổi khí hậu trong tương lai ở nhiều cấp độ đến năm 2050. Tóm lại, nghiên cứu này được xây dựng để cung cấp một toàn cảnh cho các nhà hoạch định chính sách để trả lời một phần câu hỏi “thích ứng bây giờ hay muộn hơn”? Việt Nam có nên trì hoãn điều chỉnh thích ứng với các ảnh hưởng biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng hay không?

5.3. Phương pháp

Phân tích tác động của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng đường sá Việt Nam cần kết hợp giữa các kịch bản dự báo biến đổi khí hậu tương lai từ mô hình khí hậu toàn cầu (GCM), phân tích tác nhân-phản hồi của thiệt hại về cơ sở hạ tầng, phân tích GIS, dự báo mực nước biển dâng, thông tin về chi phí, tình hình địa lý và cơ sở hạ tầng của Việt Nam. Điểm trọng tâm của phân tích là dùng phương pháp tác nhân-phản hồi. Phương pháp tác nhân-phản hồi dựa trên khái niệm các yếu tố ngoại sinh hoặc các tác nhân khí hậu có ảnh hưởng trực tiếp lên các nhân tố trọng tâm. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và cơ sở hạ tầng, các yếu tố ngoại sinh là các dự báo biến đổi khí hậu bao gồm sự thay đổi mực nước biển, lượng mưa, nhiệt độ, tần suất bão và tốc độ gió. Các nhân tố trọng tâm là các dạng cơ sở hạ tầng bao gồm đường bộ, đường tàu, phân phối điện và nước, và các tòa nhà công cộng. Do đó, giá trị của mối quan hệ tác nhân-phản hồi thể hiện lượng hóa tác động mà một tác nhân cụ thể tác động lên một nhân tố cơ sở hạ tầng cụ thể. Trong trường hợp này, tác động của cơ sở hạ tầng được phân tích bởi vì nó liên quan tới các nỗ lực phát triển tổng thể. Phân tích được tiến hành theo 2 giai đoạn, đầu tiên xác định các ảnh hưởng khí hậu lên cơ sở hạ tầng đường sá hiện có trong các vùng lựa chọn và sau đó xác định các tác động về chi phí lên cơ sở hạ tầng đó dựa trên các hàm tác nhân-phản hồi.

Phần đầu của phương pháp này nhấn mạnh sử dụng các dấu hiệu để dự đoán tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu lên các cấu thành cơ sở hạ tầng ở những vùng xác định. Phương pháp này được sử dụng dựa trên nhận thức rằng các chính sách chủ động phòng ngừa sẽ có lợi ích kinh tế lớn hơn so với chính sách sửa chữa những thiệt hại sau khi sự việc xảy ra. Sử dụng cách tiếp cận chủ động phòng ngừa, các tác động tiềm tàng có thể được xác định và biện pháp thích ứng có thể được triển khai tại các địa điểm và thời gian thích hợp. Thông qua việc sử dụng nhiều kịch bản khí hậu, thông qua so sánh để lựa chọn những biện pháp thích hợp dựa trên khả năng xảy ra của các hiện tượng khí hậu ở một vùng nhất định. Do tính không chắc chắn trong dự báo về khí hậu, có một nguy cơ là cách tiếp cận chủ động sẽ dẫn đến việc xây dựng quá nhiều cơ sở hạ tầng. Quyết định "hồi tiếc" này được bù đắp một phần bằng các khoản tiết kiệm duy trì và kéo dài tuổi thọ con đường thông qua cải thiện việc thiết kế chính sách. Tiết kiệm này được phản ánh bởi các tính toán tiết kiệm bảo trì trong phân tích này.

Bước 2 của phương pháp nghiên cứu nhấn mạnh sử dụng các hàm số phản hồi để xác định các tác động chi tiết và chi phí. Các hàm số phản hồi được sử dụng kết hợp với các tác nhân khí hậu để xác định các tác động. Đặc biệt, các tác nhân khí hậu được xem xét đối với các loại đường giao thông (đường lát sỏi, đường rải nhựa và đường đất) để xem xét tác động của cường độ của từng tác nhân lên từng loại đường. Các tác nhân khí hậu được lựa chọn trong nghiên cứu này là nước biển dâng, lượng mưa, nhiệt độ, và lũ lụt. Ví dụ, mức độ gia tăng của lượng mưa tác động đến tuổi thọ của đường chưa rải nhựa.

Theo cách này, nghiên cứu không tập trung vào định tính mà quan tâm đến định lượng. Lũ lụt, lượng mưa và nhiệt độ được phân tích trên cơ sở chuỗi thời gian với các điều chỉnh chi phí

hàng năm đến năm 2050. Các tác động của nước biển dâng được phân tích đồng nhất với kịch bản 1 mét nước biển dâng do các hạn chế về số liệu. Việc dự báo ngập lụt giả định rằng tất cả các hệ thống đường sá trong vùng ngập lụt sẽ bị phá hủy hoàn toàn. Do đó, chi phí cho các tác động do nước biển dâng được xác định là chi phí thay thế cho hệ thống đường sá bị ngập lụt.

5.3.1. Các tham số trong nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, một vài tham số đã được xác định để xây dựng một phương pháp nhất quán và có thể so sánh khi xem xét với các loại tài sản và trong các thời kỳ khác nhau. Thứ nhất, bộ số liệu thống nhất và đồng bộ về đường giao thông được sử dụng để phân tích trong tất cả các giai đoạn. Hệ thống đường giao thông hiện nay được phân bổ (như miêu tả ở phần dưới) và sử dụng cho các phân tích trong tương lai. Điều này giúp loại bỏ sự không chắc chắn xung quanh kế hoạch và thực tế xây dựng hệ thống đường mới. Thứ hai, tất cả số liệu trình bày ở đây dựa trên tỷ lệ chiết khấu 5%, với giá năm 2010 là năm cơ sở. Thứ ba, kịch bản “thích ứng” được trình bày song song với kịch bản “không thích ứng”. Đây là những kịch bản về sự lựa chọn chính sách quay quanh biến đổi khí hậu và đầu tư cơ sở hạ tầng. Các kịch bản thích ứng giả định rằng khí hậu trong tương lai được dự đoán và tất cả các con đường mới đang được tái tạo bề mặt và được nâng cấp đầy đủ nhằm đáp ứng những thay đổi khí hậu dự kiến trong tuổi đời của những con đường. Các con đường nâng cấp sau đó được coi như là “chống chịu với khí hậu”, chống lại sự xuống cấp do tăng lượng mưa hoặc nhiệt độ do biến đổi khí hậu. Lịch trình bảo dưỡng được giả định thực hiện bình thường và không được tính vào chi phí do các hoạt động bảo dưỡng này vẫn sẽ được thực hiện trong điều kiện không có biến đổi khí hậu.

Ngoài các tham số cơ bản này, một bộ phương án thích ứng nhất quán được sử dụng cho mỗi loại đường bộ và ở trong mỗi kịch bản. Đối với loại đường lát nhựa, nâng cấp thích ứng bao gồm phủ một chất kết dính mới, mà nó đàn hồi hơn để chống lại nhiệt độ bề mặt đường tăng. Đối với các đường sỏi, nâng cấp thích ứng được tập trung vào các tác động mưa và lũ lụt. Một con đường nâng cấp được làm lại bề mặt với hỗn hợp sỏi nghiền và mặt đường cũ nằm sâu hơn bề mặt đường mới. Kích thước và công suất cống ngầm được gia tăng và nằm trong chi phí hỗn hợp. Các đường đất cũng được phân tích báo cáo này dựa trên dự báo lũ lụt và lượng mưa tăng. Đối với đường đất, lựa chọn thích ứng là nâng cấp thành đường sỏi đã có nâng cấp thích ứng. Việc nâng cấp một con đường đất lên đường rải sỏi sẽ tạo ra một khoản tiết kiệm bảo trì bởi vì bảo trì hàng năm đối với đường đất cũ sẽ không còn cần thiết nữa. Các lợi ích khác về thời gian và chi phí giao thông không được đưa vào trong phân tích chi phí.

5.3.2. Khí hậu và yếu tố quyết định của hệ thống đường

Các phân tích cho NBD và các tác nhân khí hậu khác nhau về nguồn dữ liệu tác động biến đổi khí hậu, phương pháp xác định tác động, và chuỗi thời gian sử dụng, nhưng cùng một phương pháp phân bổ số lượng đường sá được sử dụng.

5.3.2.1. Phân bổ hệ thống đường

Việc phân chia và phân bổ hệ thống đường hiện có vào các khu vực địa lý cụ thể là quan trọng cho việc phân tích biến đổi khí hậu và tác động trên các tuyến đường trong các khu vực hành chính cụ thể. Các ước lượng ở tỉnh cho số đường hiện có được xác định dựa trên quá trình phân bổ được kết hợp với yếu tố dân số và diện tích của mỗi tỉnh theo tỷ lệ phần trăm so với cả nước. Các

tỷ lệ tương đối sau đó được sử dụng để xác định tỷ lệ đường sá được phân phối cho mỗi tỉnh. Do thiếu số liệu không gian GIS về vị trí chính xác của hệ thống đường trong tỉnh và quy mô số liệu có sẵn, hệ thống đường được phân bổ theo vùng hành chính và được giả định rằng hệ thống đường được phân bổ đồng đều trên toàn khu vực hành chính. Quá trình phân bổ này được tóm tắt theo công thức sau:

$$RA = RN * [((PopA / PopN) + (TA / TN)) / 2]$$

A = Vùng hành chính (tỉnh)

PopN = Dân số, Quốc gia

PopA = Dân số, vùng hành chính

TN = Tổng diện tích đất KM², Quốc gia

TA = Tổng diện tích đất KM², vùng hành chính

RN = Hệ thống đường giao thông, Quốc gia

RA = Hệ thống đường giao thông, vùng hành chính

Sự phân bổ được thực hiện cho mỗi loại trong 9 loại đường trong phân tích: đường nhựa, đường sỏi, đường đất, và đường cấp 1, đường cấp 2, và đường cấp 3.

5.3.2.2. Dữ liệu dự báo tác động khí hậu

Dữ liệu về sự biến đổi khí hậu trong nghiên cứu này được lấy từ 2 nguồn: lựa chọn từ dữ liệu các mô hình tuần hoàn toàn cầu (GCMs) cho phân tích các tác nhân khí hậu và từ dự báo NBD của Trung tâm cảm biến băng từ xa thuộc trường đại học Kansas cho phân tích NBD. Về số liệu GCM, các mô hình GCMs cung cấp các kịch bản biến đổi khí hậu tương lai đến năm 2100. Các số liệu được sử dụng để phân tích bao gồm các kịch bản A2, A1B và B1, miêu tả các kịch bản khác nhau về phát triển tương lai trong báo cáo đánh giá lần thứ 4 của Ủy ban liên Chính phủ về Biến đổi khí hậu (IPCC 2007). Chi tiết về các kịch bản này được miêu tả trong phần 2.

Để đưa ra một cách phân tích tin cậy về các dự báo biến đổi khí hậu có thể xảy ra, tất cả các dữ liệu GCM được chấp thuận bởi IPCC bao gồm các dự báo hoàn chỉnh về khí hậu và lũ lụt cho Việt Nam và chúng được sử dụng trong phân tích các nhân tố khí hậu lên hệ thống đường sá Việt Nam. Tổng cộng có 25 GCMs được sử dụng cho phân tích. Mỗi một mô hình khí hậu chứa đựng các dự báo về lượng mưa hàng năm và nhiệt độ cao nhất. Để miêu tả một bức tranh rộng lớn về ảnh hưởng tiềm năng của biến đổi khí hậu, phạm vi và khả năng xảy ra của các kịch bản ảnh hưởng thấp, ảnh hưởng trung bình và ảnh hưởng lớn được xem xét trong mối liên quan đến các dự báo khác.

Để phân tích tác động của nước biển dâng, bộ số liệu được xây dựng từ Trung tâm cảm biến băng từ xa của trường đại học Kansas được sử dụng. Bộ số liệu này cung cấp thông tin về nước biển dâng 1 mét hoặc cao hơn của Việt Nam. Các số liệu này được cung cấp công khai dưới dạng Hệ thống thông tin địa lý (GIS). Thông tin về nước biển dâng được sử dụng để ước tính phần trăm mỗi ô lưới (grid cell) bị “ngập”- đất bị ngập khi nước biển dâng lên cao hơn 1 mét. Ở những nơi được dự báo bị ngập, nghiên cứu giả định rằng tất cả 9 loại đường nằm trong khu vực ngập nước sẽ bị phá hủy. Phương pháp hàm tác động được miêu tả trong phần 5.4 dưới đây.

Nhằm đảm bảo sử dụng dữ liệu hoàn toàn chính xác, dữ liệu nước biển dâng và bản đồ các tỉnh của Việt Nam được chuyển theo hệ thống tiêu chuẩn ô dựa trên vĩ độ và kinh độ. Ô đơn vị nghiên cứu khí hậu (CRU) với 0,5 độ vĩ độ và 0,5 độ kinh độ (diện tích khoảng 250 km²) được sử dụng để chuyển đổi hệ thống số liệu này (Climate Research Unit Time Series Version 2.1). Nguyên tắc của sự chuyển đổi số liệu này là quá trình chuyển toàn bộ thông tin địa lý của mỗi tỉnh vào các ô trong bản đồ theo ô đơn vị nghiên cứu khí hậu. Cụ thể, mỗi tỉnh được phân bổ vào những ô CRU nhất định tương ứng với diện tích địa lý của chúng. Ví dụ, tỉnh 1 được chuyển vào 30% ô A và 70% ô B. Trong trường hợp này, tỉnh có diện tích tương ứng trong mỗi ô A và B. Trong khu vực mà địa điểm của hệ thống đường giao thông không rõ ràng, hệ thống đường được phân bổ với tỷ lệ 30% và 70% tương ứng như trên để phân tích tác động. Kết quả của quá trình phân bổ này là ki-lô-mét đường giao thông mỗi tỉnh được phân bổ tương ứng theo ô.

5.4. Các hàm tác động

5.4.1. Phân tích ảnh hưởng khí hậu GCM: Lũ lụt, lượng mưa và nhiệt độ

Sử dụng dữ liệu khí hậu được dự báo bởi GCMs đã mô tả ở trên và kịch bản cơ sở không có sự biến đổi khí hậu, các chi phí và ảnh hưởng đến cơ sở hạ tầng có thể được xác định dựa trên phương pháp tác nhân-phản hồi. Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp dựa trên hàm tác nhân-phản hồi đối với lượng mưa, nhiệt độ và lũ lụt được sử dụng trong nghiên cứu về tác động lên cơ sở hạ tầng ở châu Phi (Chinowsky và các cộng sự 2011b).

Các nhóm phản hồi được chia ra làm 2 loại: các ảnh hưởng lên chi phí xây dựng mới và các ảnh hưởng lên chi phí duy tu. Các chi phí xây dựng mới tập trung vào chi phí bổ sung cần thiết để điều chỉnh thiết kế và xây dựng tài sản thích ứng với dự báo về biến đổi khí hậu trong suốt vòng đời của tài sản đó. Các ảnh hưởng chi phí duy tu có thể tăng hoặc giảm đáp ứng yêu cầu thiết kế trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Trong mỗi nhóm trên, điều cơ bản là nhằm bảo tồn vòng đời của cơ sở hạ tầng theo thiết kế. Điều này xuất phát từ quan điểm thiên về nâng cấp và bảo tồn cơ sở hạ tầng hơn là thay thế cơ sở hạ tầng quá thường xuyên.

5.4.2. Phương pháp xem xét tác động của nước biển dâng

Trong nghiên cứu này, các đánh giá về ảnh hưởng khí hậu và nước biển dâng được phân tách riêng biệt và khác nhau về khoảng thời gian. Các ảnh hưởng thời tiết về lượng mưa và nhiệt độ được thực hiện trên cơ sở hàng ngày và các kết quả được tổng hợp theo thập kỷ nhằm đưa ra một cách nhìn toàn thể về ảnh hưởng khí hậu trong thời kỳ trung hạn. Do thiếu số liệu theo thời gian về dự báo nước biển dâng, phân tích NBD được thực hiện cho kịch bản nước biển dâng ngay 1 mét. Độ tin cậy của phương pháp này sẽ được thảo luận ở phần dưới. Tuy nhiên, việc đánh giá hai loại ảnh hưởng đưa ra dự báo và sự hiểu biết thêm về các ảnh hưởng có thể của biến đổi khí hậu, đặc biệt đối với những vùng duyên hải.

Các dự báo về nước biển dâng xuất hiện ở một vùng cụ thể là không chắc chắn và có dao động lớn. Một vài nghiên cứu gần đây đã dự báo một khả năng NBD hơn 1 mét vào năm 2100 (Nichols và Cazenave, 2010). Báo cáo đánh giá lần thứ tư (AR4) của Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) xuất bản năm 2007 dự báo mức tăng trung bình 60cm vào năm 2100 (IPCC 2007). Các ảnh hưởng của NBD sẽ không đồng đều trên toàn thế giới và một số vùng xác định sẽ bị ảnh hưởng nhiều hơn so với các vùng khác (Dasgupta và các cộng sự, 2008 và Neumann và các cộng sự, 2000). Như đã thảo luận, Việt Nam đặc biệt dễ bị tổn thương bởi NBD.

Phương pháp đánh giá tác động NBD trong nghiên cứu này dựa trên một vài giả thiết: (i) có sự phân bố đồng đều hệ thống đường sá theo các vùng hành chính; (ii) NBD tăng 1 mét ngập các vùng đất có độ cao dưới một mét; hệ thống đường trong các vùng đất bị ngập sẽ cần định vị lại vĩnh viễn. Chi phí tính cho đường giao thông bị ngập là chi phí xây dựng lại con đường đó. Ví dụ, nếu 50% diện tích của ô CRU bị ngập bởi nước biển dâng thì 50% hệ thống đường trong ô đó bị phá hủy. Số ki-lô-mét đường bị phá hủy sẽ tương ứng với phân bố hệ thống đường ban đầu từ quốc gia đến tỉnh và cuối cùng là đến các ô CRU.

Một khi số ki-lô-mét đường sá bị ngập được xác định cho mỗi ô (grid cell), việc xác định các chi phí thay thế đường sá mới được thực hiện. Các chi phí thay thế được dựa trên mỗi loại đường sá trong mỗi ô CRU. Trong trường hợp nước biển dâng, phân tích chi phí hiện tại được thực hiện, sử dụng chi phí xây mới các ki-lô-mét đường cho mỗi loại đường được trình bày trong Bảng 5-1. Các lựa chọn thích ứng khác không được phân tích trong nghiên cứu này. Tổng chi phí mỗi mô hình được tổng hợp theo tỉnh để cung cấp tổng chi phí tác động đến đường giao thông.

Bảng 5-1: Chi phí làm lại đường khi hệ thống đường cũ bị ngập do nước biển dâng lên 1 mét

Chi phí xây đường mới			
	Đường nhựa	Đường sỏi	Đường đất
Cấp 1	500.000 USD	226.000 USD	128.000 USD
Cấp 2	150.000 USD	135.000 USD	75.000 USD
Cấp 3	70.000 USD	75.150 USD	41.750 USD

5.5. Đơn vị đo tác động

Tác động của biến đổi khí hậu lên hạ tầng đường giao thông có thể đo bằng một số cách. Trong khi tổng chi phí là một thước đo quan trọng cho các nhà hoạch định chính sách, một mối quan tâm khác là ảnh hưởng tương đối mà các chi tiêu cho biến đổi khí hậu có thể được sử dụng cho các lĩnh vực quan trọng khác, bao gồm cả việc mở rộng hệ thống đường hiện có.

Để cung cấp một cách tổng quát về tác động của biến đổi khí hậu, chúng tôi sử dụng 3 đơn vị đo sau:

- **Tổng chi phí:** Là các chi phí ước tính của tác động biến đổi khí hậu với tỷ lệ chiết khấu 5%.
- **Chi phí cơ hội:** Là số lượng đường trải nhựa có thể được xây dựng với ngân sách tài trợ các chi phí biến đổi khí hậu. Chi phí cơ hội được tính bằng cách lấy số tiền cần thiết để ứng phó với biến đổi khí hậu chia cho chi phí của một km đường cấp 2 trải nhựa, và sau đó sử dụng số tiền đó chia cho số đường trải nhựa hiện có. Con số này là tỷ lệ phần trăm so với đường trải nhựa có thể được tăng lên nếu ngân sách không được phân bổ để ứng phó với biến đổi khí hậu.
- **Lợi ích thích ứng:** Lợi ích trên % tiết kiệm giữa trường hợp có thích ứng và không thích ứng.

Ba đơn vị đo này được tính toán cho 2 trường hợp có thích ứng và không thích ứng. Đối với có thích ứng, đơn vị đo thứ 3 được trình bày. Khái niệm tiết kiệm duy tu, bảo dưỡng có ngụ ý rằng ngân sách cho duy tu hệ thống đường được tiết kiệm nếu biện pháp thích ứng được thực hiện. Các khái niệm này được trình bày chi tiết như sau:

Thích ứng và không thích ứng: Đây là hai cách tiếp cận chính sách khác nhau được xem xét cho tất cả các loại đường và dự báo khí hậu. Trường hợp “Thích ứng” được giả định rằng các ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đã được dự báo và các chính sách thích ứng được thực hiện là nâng cấp hệ thống đường khi chúng được làm lại và duy tu. Kịch bản thích ứng gánh thêm các chi phí trả trước nhằm giảm mức thiệt hại do dự báo tăng lượng mưa và nhiệt độ trong tương lai. Đường đất được nâng cấp để thành đường lát sỏi và do đó giảm thiệt hại do ảnh hưởng lượng mưa gia tăng. Kịch bản không thích ứng giả định không có biến đổi như trên được thực hiện. Đường sá được xây dựng lại theo các tiêu chuẩn trước đó. Các chi phí sinh ra từ sự cần thiết phải tăng chi phí duy tu, bảo dưỡng các con đường bị xuống cấp dưới tác động của biến đổi khí hậu.

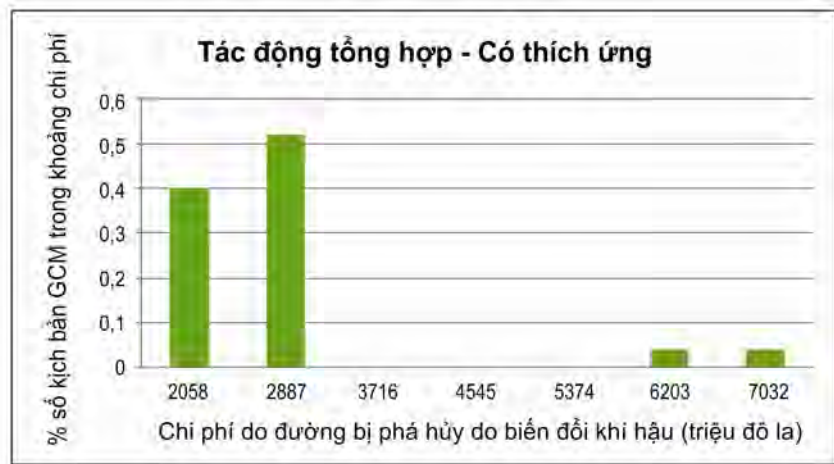
Tiết kiệm bảo dưỡng: Tiết kiệm bảo dưỡng chủ yếu áp dụng cho kịch bản thích ứng và cho loại đường đất. Một số loại chi phí liên quan đến duy tu bảo dưỡng hệ thống đường đất như hỏng hóc do lượng mưa hoặc do chuyển động các loại xe cộ. Nâng cấp các loại đường này bằng cách lát sỏi lên bề mặt có thể giảm các yêu cầu duy tu bảo dưỡng hàng năm bởi vì đường sỏi có khả năng vững chắc hơn đối với mưa và các loại xe cộ. Do đó, tiết kiệm duy tu bảo dưỡng bao gồm cả hai loại: tiết kiệm chi phí duy tu truyền thống cho đường đất và chi phí duy tu chống lại những hỏng hóc gây ra do lượng mưa tăng dưới tác động của biến đổi khí hậu.

5.6. Các kết quả nghiên cứu

Phân tích kết hợp ảnh hưởng của lũ lụt và thay đổi khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ) lên cơ sở hạ tầng đường sá Việt Nam cung cấp một bức tranh tổng thể về ảnh hưởng khí hậu tiềm tàng đến năm 2050. Các số liệu trình bày trong phần này là tổng chi phí ảnh hưởng về xây mới, duy tu và sửa chữa cho hệ thống đường giao thông hiện nay cho giai đoạn 2010-2050. Phân tích cho 2 loại chính sách Thích ứng và Không thích ứng được thực hiện. Giá trị trung vị của kết quả các kịch bản GCM có thể đại diện cho giá trị trung bình của 25 kịch bản GCM. Tuy nhiên, như thảo luận phần dưới, các kết quả phản ánh trong đồ thị cho thấy kết quả các GCMs có sự phân bố không đồng đều trong khoảng giá trị kết quả. Do đó, phụ thuộc vào mức độ quan tâm của các nhà hoạch định chính sách, các chỉ số khác như giá trị các cực hoặc giá trị trong khoảng tứ phân vị có thể phù hợp hơn giá trị trung vị.

Hình 5-1 cho biết phần lớn các dự báo khí hậu (92%) cho thấy tác động sau khi thích ứng không lớn hơn 2,9 tỷ USD khi đã chiết khấu. Chỉ có 2 GCM có mức độ ảnh hưởng lớn nhất với tổng chi phí lớn hơn 7 tỷ USD. Thậm chí ở các dự báo thấp nhất, tác động với chi phí 1,2 tỷ USD có chi phí cơ hội bằng 32%, ngụ ý rằng hơn 24.000 km đường cấp 2, lát nhựa có thể được xây dựng với số tiền chi cho hoạt động thích ứng với biến đổi khí hậu thấp nhất. Kịch bản với chi phí thích ứng thấp nhất đó chỉ đo lường tác động thay đổi thời tiết (lượng mưa và nhiệt độ); Phân tích tác động GCM đối với lũ lụt cho thấy không có sự gia tăng ảnh hưởng lên hệ thống đường sá.

Đồ thị 5-1: Tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu đến đường giao thông đến năm 2050



Sự phân phối không đồng đều của các tác động tổng hợp (phần lớn các dự báo chi phí GCM nằm ở 2 nhóm thấp nhất) là do sự không đồng đều về số liệu tác động của lũ lụt sẽ được trình bày ở dưới. Bởi vì tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu được kết hợp tác động của lũ lụt với tác động do thay đổi thời tiết, do vậy phân bố không đều của tác động lũ lụt được thể hiện trong tác động tổng hợp.

Tương tự như trường hợp Thích ứng, 92% của kết quả GCM (22/25) trong kịch bản không thích ứng được phân bố ở 2 nhóm thấp trong Đồ thị 5-2. Điều đó ngụ ý rằng chỉ có một vài GCM có tác động rất lớn. Chi phí tác động thấp nhất cho kịch bản không thích ứng tăng 49 triệu USD so với chi phí của kịch bản thích ứng. Tương tự, các kết quả GCM trung vị và cao nhất phản ánh một sự gia tăng chi phí tương ứng so với các kịch bản thích ứng là 660 triệu USD và 11,6 tỷ USD. Trong trường hợp này, lợi ích thích ứng ngụ ý rằng các nhà hoạch định chính sách nên cân nhắc cách tiếp cận ủng hộ thích ứng đối với biến đổi khí hậu. Trong kịch bản cao nhất, tiếp cận thích ứng có chi phí cơ hội bằng 482%, tương ứng với việc xây dựng 367.000 km đường cấp 2 mới nếu các chi phí đó không được phân bổ cho thích ứng với biến đổi khí hậu. GCM trung vị có chi phí cơ hội 92%, tương ứng với việc xây mới 70.000 km đường cấp 2, trải nhựa.

Đồ thị 5-2: Tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu đến đường giao thông đến năm 2050



Tiết kiệm duy tu cung cấp cho chúng ta một công cụ phân tích quan trọng nhằm hiểu sâu hơn về lợi ích của chính sách thích ứng. Đặc biệt, bởi vì có chi phí xuất hiện trong việc nâng cấp các đường đất và đường sỏi, do đó nó có thể làm tăng lợi ích kinh tế từ tiết kiệm hàng năm cần thiết cho duy tu đường sá có chất lượng thấp. Khi tiết kiệm duy tu được kết hợp với lợi ích thích ứng, tiết kiệm này gần như tăng gấp 3 lần, lên đến 2 tỷ USD. Các lợi ích kinh tế và xã hội khác từ việc nâng cấp đường sá nên được đưa vào trong phân tích ở các địa phương và trong quá trình ra quyết sách.

Trong bảng 5-2, phân tích trung vị GCM có lợi ích thích ứng bằng 4,8 tỷ USD. Tiết kiệm này là chênh lệch giữa chi phí không thích ứng và thích ứng. Khi tiết kiệm duy tu được kết hợp vào lợi ích, tiết kiệm này tăng gần gấp đôi với tổng giá trị 9,3 tỷ USD. Điều này làm nổi bật các lợi ích tiềm năng từ chính sách thích ứng. Đối với phân tích GCM thấp nhất, chi phí thích ứng thấp hơn từ 3,6 tỷ USD đến 1,9 tỷ USD bao gồm tiết kiệm duy tu. Tiết kiệm duy tu làm giảm chi phí thích ứng tương đối và tăng lợi ích thích ứng trong tất cả các kịch bản biểu thị có khác nhau về lợi ích tiết kiệm giữa hai chính sách thích ứng và không thích ứng. Có một số kịch bản GCMs không biểu thị sự khác biệt giữa các chi phí thích ứng và không thích ứng. Điều này bắt nguồn từ tác động thay đổi thời tiết trong các kịch bản này xuất phát từ các hiện tượng cá biệt mà các chi phí sửa chữa sau khi hiện tượng xảy ra nhỏ hơn các chi phí thích ứng. Ví dụ như kịch bản MIROC3_2(medres)_A2 GCM có chi phí thích ứng tương đồng với chi phí duy tu lại. Tuy nhiên, kể cả kịch bản GCM này cũng có lợi ích xuất phát từ thích ứng đối với lũ lụt (78 triệu USD). Sự đa dạng về các cấp độ lợi ích cho thấy sự cần thiết phải có một phân tích toàn diện các tác động tiềm tàng, bao gồm các tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu lên đường giao thông.

Bảng 5-2: Chi phí thích ứng và không thích ứng và lợi ích thích ứng của tác động tổng hợp của biến đổi khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ, lũ lụt)

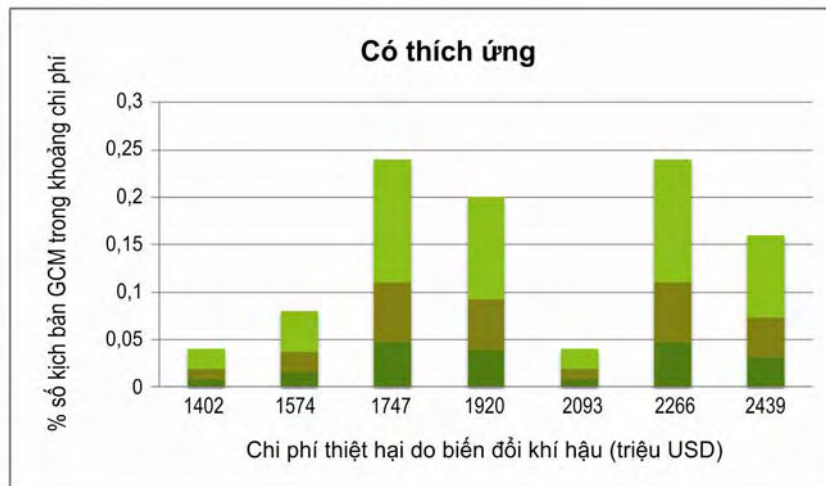
Thích ứng				Lợi ích thích ứng		
Xếp hạng	GCM	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội	Tiết kiệm bảo dưỡng	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội
Cực đại	a1b_ipsl_cm4	\$ 7.032	141%	\$ -	\$ 11.658	341%
Trung vị	a1b_inmcm3_0	\$ 2.225	51%	\$ 1.586	\$ 660	42%
Cực tiểu	a2_bccr_bcm2_0	\$ 1.229	32%	\$ 453	\$ 49	5%
Không thích ứng						
Xếp hạng	GCM	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội			
Cực đại	a1b_ipsl_cm4	\$ 18.690	482%			
Trung vị	a2_gfdl_cm2_1	\$ 2.885	92%			
Cực tiểu	a2_bccr_bcm2_0	\$ 1.278	37%			

5.6.1. Các kết quả nhiệt độ, lượng mưa và lũ lụt

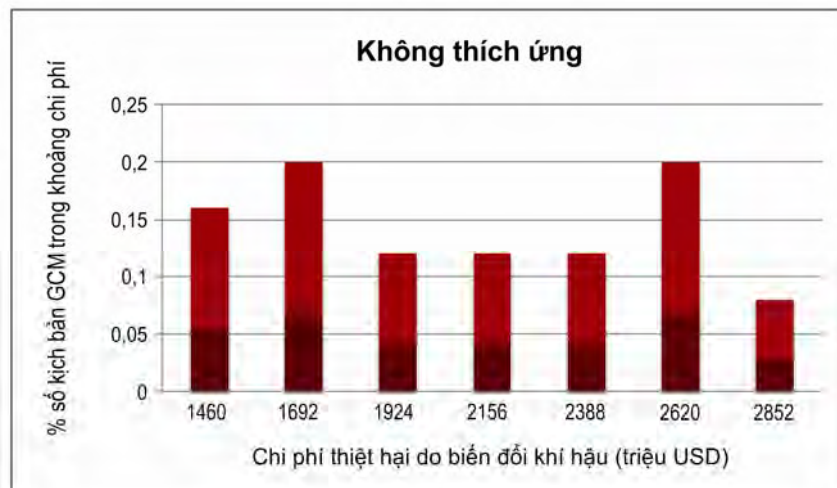
5.6.1.1. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên đường giao thông: Lượng mưa và nhiệt độ

Sự phân tách tác động tổng hợp nói trên cho thấy rõ hơn tác động của thay đổi lượng mưa và nhiệt độ. Như được minh họa ở Đồ thị 5-3 và 5-4, các tác động được phân chia theo kịch bản thích ứng và không thích ứng. Cả hai kịch bản thích ứng và không thích ứng đều có chi phí tương tự, được phản ánh trong lợi ích thích ứng từ 5-10% của các kịch bản GCM thấp nhất và cao nhất (bảng 5-3). Kịch bản thích ứng hầu như phân bổ đồng đều với 12% của GCMs trong hai nhóm thấp nhất (nhỏ hơn 1,57 tỷ USD) và 16% của GCM trong nhóm cao nhất (lớn hơn 2,44 tỷ USD). Các kịch bản GCMs còn lại được phân bổ đồng đều ở các khoảng chi phí (Đồ thị 5-3). Phân tích tác động không thích ứng có sự phân bổ hơi thiên về 2 đuôi, với 36% và 28% phân bổ tương ứng trong hai nhóm đầu tiên và ở hai nhóm cuối (Đồ thị 5-4).

Đồ thị 5-3: Tác động của biến đổi khí hậu (lượng mưa và nhiệt độ) đến đường giao thông đến năm 2050 - % GCMs với các kết quả tương ứng



Đồ thị 5-4: Tác động của biến đổi khí hậu (lượng mưa và nhiệt độ) lên đường giao thông đến năm 2050 - Tỷ lệ phần trăm của GCMs với các kết quả tác động tương ứng



Bảng 5-3: Chi phí thích ứng và không thích ứng và lợi ích thích ứng của tác động biến đổi thời tiết lên đường giao thông (lượng mưa, nhiệt độ)

Thích ứng				Lợi ích thích ứng		
Xếp hạng	GCM	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội	Tiết kiệm bảo dưỡng	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội
Cực đại	a1b_ccma_cgcm3_1	\$ 2.439	66%	\$ 1.362	\$ 413	10%
Trung vị	b1_inmcm3_0	\$ 1.892	51%	\$ 946	\$ 61	5%
Cực tiểu	b1_miroc3_2_medres	\$ 1.549	32%	\$ 843	\$	
Không thích ứng						
Xếp hạng	GCM	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội			
Cực đại	a1b_ccma_cgcm3_1	\$ 2.852	76%			
Trung vị	a2_gfdl_cm2_1	\$ 1.953	56%			
Cực tiểu	b1_miroc3_2_medres	\$ 1.228	37%			

Tác động lũ lụt lên cơ sở hạ tầng đường sá của Việt Nam chủ yếu nằm ở các dự báo tác động thấp với 88% và 92% tương ứng cho dự báo ở hai nhóm thấp nhất cho các phân tích thích ứng và không thích ứng. Trong cả hai trường hợp, mô hình IPSL_CM4_A1B GCM có chi phí lớn nhất bởi vì nó có dự báo cao hơn về mức độ lũ lụt khi so sánh với các GCM khác.

Trong phân tích hai kịch bản này, bảy trong số các GCMs dự báo không có chi phí tác động. Điều này có nghĩa là các kịch bản GCM nay dự báo không có hiện tượng lũ lụt nhiều hơn mức trung bình các cơn lũ trong 15 năm thiết kế trong kịch bản cơ sở. Kịch bản tác động thích ứng cao nhất có chi phí 4,6 tỷ USD, chi phí cơ hội là 75% hoặc xây mới 57000 km đường cấp 2, lát nhựa. Kịch bản không thích ứng tác động lớn nhất được ước tính hơn 16,2 tỷ USD. Phân phối các kết quả GCM cho kịch bản không thích ứng nghiêng nặng vào nhóm thứ nhất (92%), nhưng giá trị cao nhất của hai GCM có thể làm cho các nhà hoạch định chính sách phải quan tâm khi xem xét khả năng tác động tồi tệ nhất của biến đổi khí hậu.

Khi xem xét kịch bản tác động cao nhất, lợi ích thích ứng là 341% - tương ứng gần 260.000 km đường xây mới cấp 2 và lát nhựa. Có hai GCMs được dự báo chi phí tác động lũ lụt cao cho cả hai kịch bản. Tuy nhiên, kịch bản này cần phải được xem xét trong mối liên hệ với kịch bản thấp nhất, ngụ ý rằng không có ảnh hưởng từ lũ lụt. Điều này có thể thấy trong bảng 5-4.

Bảng 5-4: Chi phí thích ứng và không thích ứng và lợi ích thích ứng đối với tác động của lũ lụt lên đường sá

Thích ứng				Lợi ích thích ứng	
Xếp hạng	GCM	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội	Tiết kiệm bảo dưỡng	(Triệu USD\$)
Cực đại	a1b_ipsl_cm4	\$ 4.625	75%	\$ 11.658	341%
Trung vị	a2_ccma_cgcm3_1	\$14	10%	\$21	29%
Cực tiểu	Nhiều kịch bản	\$-	0%	\$-	0%
Không thích ứng					
Xếp hạng	GCM	(Triệu USD\$)	Chi phí cơ hội		
Cực đại	a1b_ipsl_cm4	\$ 16.283	416%		
Trung vị	a2_giss_model_e_r	\$35	38%		
Cực tiểu	Nhiều kịch bản	\$-	0%		

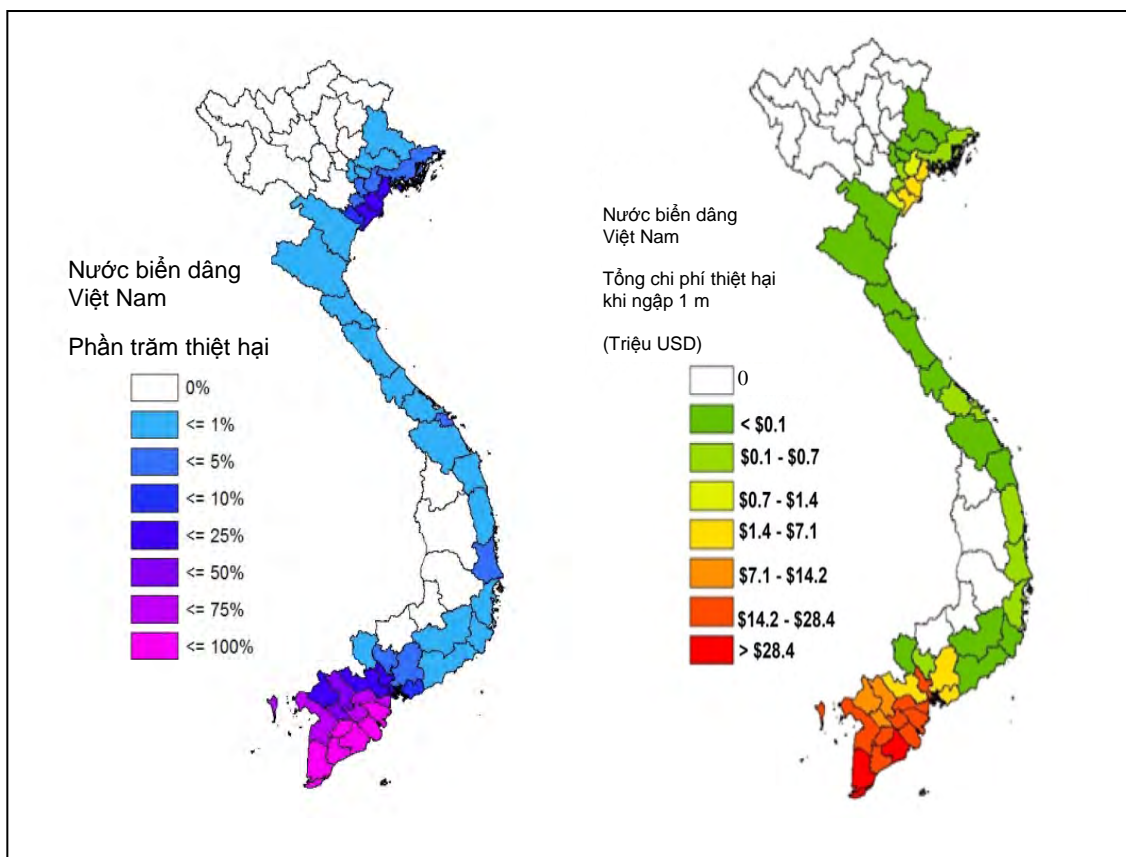
5.6.2. Kết quả nước biển dâng

Các kết quả nghiên cứu trình bày ở đây được dựa theo kịch bản nước biển dâng 1m. Khi nước biển dâng lên 1m sẽ ảnh hưởng đến cơ sở hạ tầng hiện tại của Việt Nam với ước tính 19.000 km đường sá bị ngập lụt và phá hủy; chiếm dưới 12% toàn bộ hệ thống đường sá. Chi phí khoảng 297 triệu USD (quy về giá đô la 2010) để thay thế cơ sở hạ tầng bị ngập lụt (bảng 5-5). Dự báo nước biển dâng phân bố không đồng đều, với phần lớn cơ sở hạ tầng bị phá hủy thuộc các vùng duyên hải ở phía Nam đất nước. Có một vài tỉnh nơi được dự báo bị ngập hoàn toàn, kết quả dự báo tổn thất bằng hoặc gần mức 100%. Các tỉnh đó là Bạc Liêu, Hậu Giang, Sóc Trăng, Trà Vinh và Cà Mau. Mười tỉnh bị ảnh hưởng lớn nhất nằm ở đồng bằng sông Cửu Long và có mức độ phá hủy đường sá trung bình là 77%, tương ứng 15.200 km đường bị phá hủy. Đồ thị 5-5 minh họa tỷ lệ phần trăm phá hủy và tổng chi phí ước tính theo vùng và tỉnh.

Bảng 5-5: Tổng thiệt hại do NBD dưới 1 mét. Quy về chi phí năm 2010 với tỷ lệ chiết khấu 5%

	% Tổng thiệt hại	Tổng đường sá thiệt hại	Đường lát sơ cấp	Đường lát cấp 2	Đường lát cấp 3	Đường sỏi cấp 3	Đường không lát
Tổng thiệt hại (KM)	12%	19.142	1.621	3.775	3.719	9.024	1.003
Tổng thiệt hại (Triệu \$USD)	-	\$ 297	\$ 115	\$ 80	\$ 37	\$ 54	\$ 11

Đồ thị 5-5: Tổng % và tổng chi phí thiệt hại ước tính cho một mét NBD theo tỉnh và theo vùng



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

5.6.3. Các kết quả theo vùng

Việt Nam là một đất nước có vùng địa lý đa dạng, từ vùng duyên hải thấp đến vùng núi cao ở phía Bắc. Bởi vì ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên các vùng khác nhau, đặc biệt là tác động của NBD, phân tích cấp độ vùng cung cấp một bức tranh sâu rộng lên các vùng tiềm năng bị ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Trong trường hợp Việt Nam, sự khác nhau giữa chính sách thích ứng và không thích ứng đưa ra một ví dụ về kế hoạch thích ứng biến đổi khí hậu có thể giảm nhẹ các ảnh hưởng của thiên tai.

Đối với phân tích vùng, hai GCMs được lựa chọn đại diện cho ảnh hưởng cao và trung vị. Tương ứng đó là CNRM_CM3_A1B và MPI_ECHAM5_B1. Cả hai được lựa chọn bởi vì chúng đại diện cho ảnh hưởng nhiệt độ tăng cao nhất và trung vị. Các kết quả tương ứng cho cấp độ vùng được trình bày ở bảng dưới (bảng 5-6; Đồ thị 5-6; bảng 5-7; Đồ thị 5-7). Ở tất cả các vùng, phương án thích ứng có tổng chi phí và chi phí cơ hội thấp hơn cách tiếp cận không thích ứng. Trong các phần sau của báo cáo sẽ nêu bật các ảnh hưởng này lên mỗi vùng ở Việt Nam.

Bảng 5-6: Phân tích vùng (kịch bản khí hậu nóng nhất)

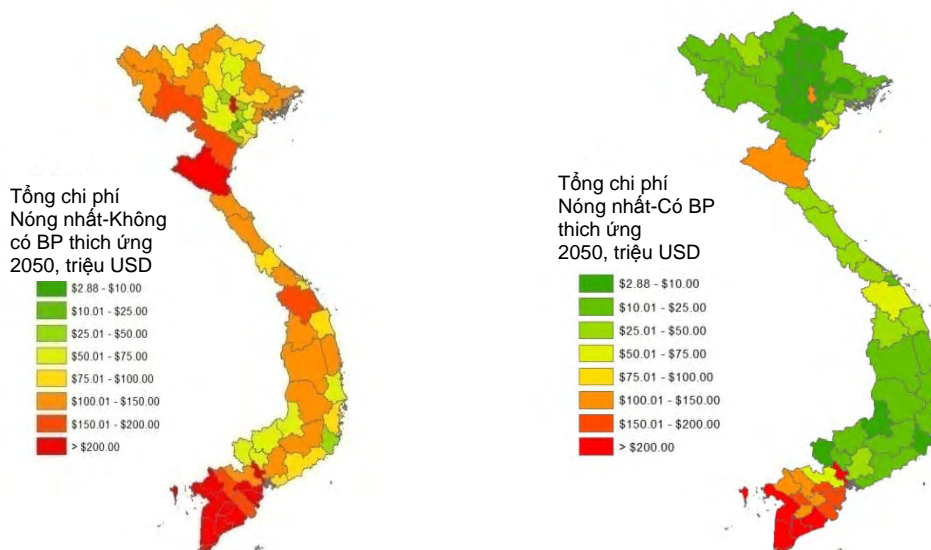
CNRM_CM3_A1B (Nóng nhất)				
Vùng	Thích ứng (Triệu USD)	Không thích ứng (Tr.USD)	Thích ứng	Không thích ứng
Tây Nguyên	3,5	16,9	10%	48%
Đồng bằng sông Cửu Long	24,2	36,9	129%	197%
Bắc Trung Bộ và Duyên hải miền trung	4,6	16,5	16%	57%
Vùng núi phía Bắc	1,7	14,2	7%	58%
Đồng bằng sông Hồng	3,9	25,2	15%	69%
Đông Nam Bộ	7,9	25,2	33%	54%

5.6.3.1. Tây Nguyên

Vùng Tây Nguyên chịu ảnh hưởng thấp nhất bởi NBD vì không có một tỉnh nào bị tàn phá. Việc không có tàn phá trong vùng là do nằm sâu trong vùng nội địa và không có một tỉnh nào trong vùng có tiếp giáp với bờ biển. Do đó, tất cả các chi phí trình bày ở dưới là do tác động các tác nhân thời tiết và lũ lụt.

Ước tính tiết kiệm cho chính sách thích ứng là gần 13,4 triệu USD trong kịch bản nóng nhất. Chi phí này là chênh lệch giữa mở rộng cơ sở hạ tầng hiện có lên gần 50%, đối nghịch với chi phí cơ hội bằng 10% với chính sách thích ứng.

Đồ thị 5-6: Tổng chi phí thiệt hại ở cấp tỉnh (triệu USD) theo kịch bản nóng nhất

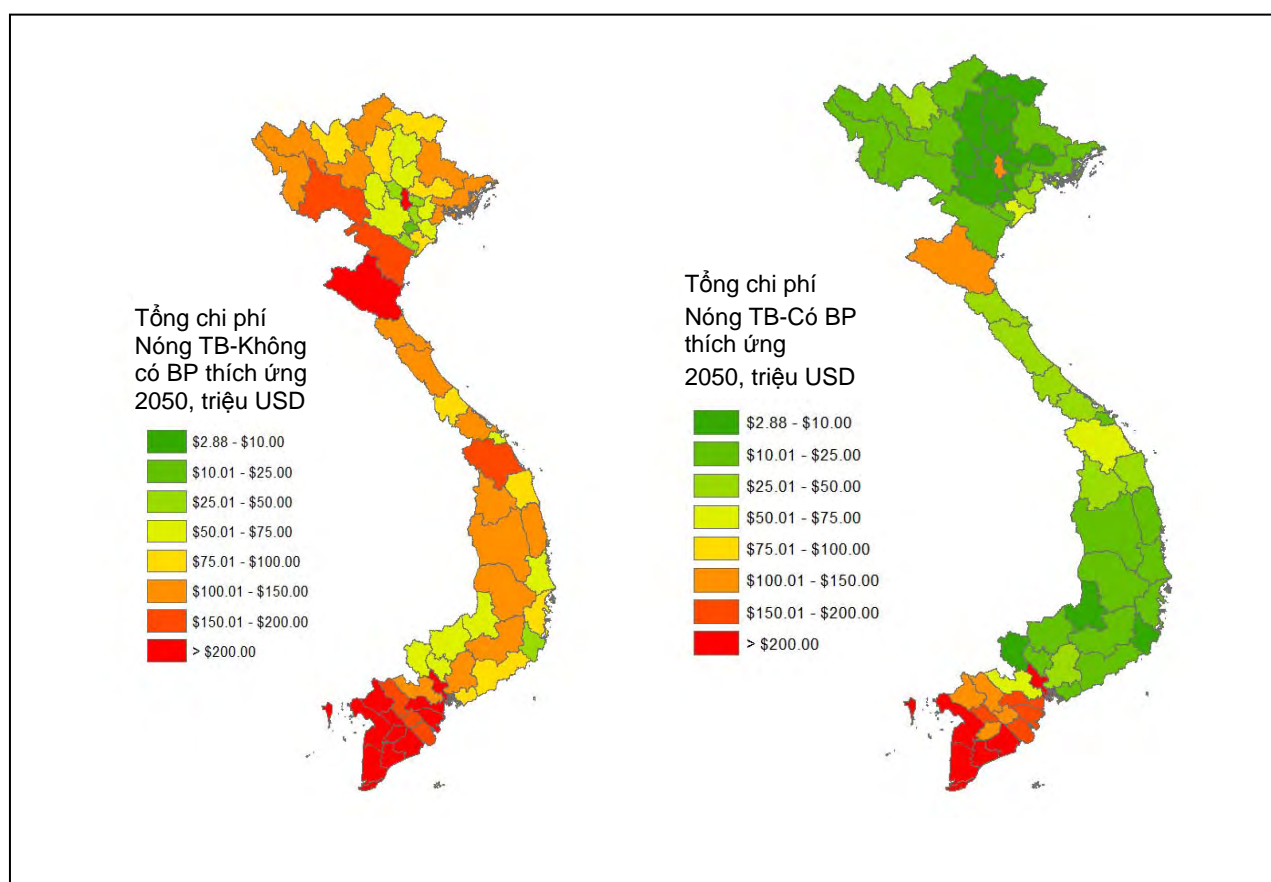


Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

Bảng 5-7: Phân tích vùng (kịch bản khí hậu nóng trung bình)

MPI_ECHAM5_B1				
(Nóng trung bình)				
Vùng	Thích ứng (Tr. USD)	Không thích ứng (Tr.USD)	Thích ứng	Không thích ứng
Tây Nguyên	7,7	12,9	22%	36%
Đồng bằng sông Cửu Long	27,4	30,3	147%	164%
Bắc Trung Bộ và duyên hải Trung Bộ	6,9	9,5	25%	34%
Vùng núi phía Bắc	2,9	7,5	12%	31%
Đồng bằng sông Hồng	5,3	13,1	18%	38%
Đông Nam Bộ	13,9	21,7	17%	63%

Đồ thị 5-7: Tổng chi phí thiệt hại ở cấp tỉnh (triệu USD) theo kịch bản nóng trung bình



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

5.6.3.2. Đồng bằng sông Cửu Long

Từ các bảng và hình vẽ trong cả hai GCMs, vùng đồng bằng sông Cửu Long phải chịu thiệt hại lớn nhất trong cả hai loại chi phí và chi phí cơ hội từ các tác động biến đổi khí hậu tổng hợp. Tác động này phần lớn có thể từ NBD. Đây là vùng phía Nam của Việt Nam và phần lớn diện tích đất ở đây có độ cao lớn hơn 3 mét hoặc thấp hơn so với mặt nước biển. Mười ba tỉnh có ngập lụt do NBD ước tính trong phạm vi từ 14%-99,5% tổng hệ thống đường sá. Sự ngập lụt này cũng có tác động lên ngành nông nghiệp và các ngành khác trong vùng. Lũ và ngập lụt theo mùa từ các cơn bão lớn và các sự kiện thời tiết tự nhiên gây ra quan ngại rằng NBD có thể làm trầm trọng thêm ảnh hưởng và làm tăng lượng mưa và lụt dưới sự biến đổi khí hậu. Các chi phí không thích ứng trong vùng chiếm 77% (24,2 triệu USD) của tổng chi phí NBD cho toàn quốc. Các tỉnh Bạc Liêu, Hậu Giang, Sóc Trăng, Trà Vinh và Cà Mau có tỷ lệ dự báo ngập lụt từ 96-100%. Sự kết hợp giữa tàn phá do NBD với dự báo lụt và sự gia tăng lượng mưa chiếm tỷ lệ chi phí lớn hơn so với tất cả các vùng khác.

5.6.3.3. Vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải miền Trung

Tác động của biến đổi khí hậu lên vùng Bắc Trung Bộ và vùng Duyên hải miền Trung có khả năng đạt 16,5 triệu USD cho kịch bản không thích ứng nóng nhất. Kịch bản này có chi phí cơ hội bằng 57%, so với chi phí cơ hội chính sách thích ứng là 16%. Điều đó giúp tiết kiệm một khoản tiền là 11,9 triệu USD. Ở kịch bản nóng trung bình có tác động thấp hơn (34% và 25% cho kịch bản không thích ứng và thích ứng) nhưng vẫn có các bằng chứng lợi ích từ kịch bản thích ứng.

Trong vùng này, ước tính 1% tổng lượng đường sá bị ảnh hưởng bởi NBD. Sự ngập lụt này nằm trong phạm vi 0,03%-1,3%. Phú Yên có tỷ lệ ngập lụt ước tính bằng 44 km đường so với Đà Nẵng ước tính bằng 29 km đường bị phá hủy.

5.6.3.4. Vùng núi và trung du Bắc Bộ

Với kịch bản thích ứng, vùng núi và trung du Bắc Bộ có chi phí cơ hội và tổng chi phí thấp nhất do biến đổi khí hậu. Nguyên do một phần là ảnh hưởng của NBD nhỏ: tác động lớn nhất thấp hơn 1% ở Bắc Giang với một tác động bằng 0,06% hoặc tương đương 3km đường. Tác động biến đổi nhiệt độ, lượng mưa và lũ lụt có một chi phí tiềm tàng bằng 14,2 triệu USD, nhưng với kịch bản thích ứng nó có thể giảm xuống còn hơn 1,7 triệu USD. Trong vùng này, chính sách thích ứng có thể có lợi ích về cơ sở hạ tầng lớn hơn và tiết kiệm một khoản đáng kể.

5.6.3.5. Đồng bằng sông Hồng

Tác động của NBD lên vùng đồng bằng sông Hồng có tỷ lệ trung bình 6%, nhưng trong phạm vi các tỉnh từ 0-21%. Các tác nhân khí hậu có một ảnh hưởng lên cơ sở hạ tầng đường sá và có lợi ích từ chính sách thích ứng gần bằng 21,3 triệu USD dưới kịch bản nóng nhất. Tiết kiệm chi phí cơ hội từ chính sách thích ứng tương tự giữa các kịch bản nóng trung bình và cực đại trong vùng này. Tuy nhiên, tiết kiệm chi phí cơ hội từ các kịch bản không thích ứng có sự khác biệt đáng kể là 38% và 69% tương ứng với các kịch bản nóng trung bình và cực đại. Do mật độ dân số trong vùng đồng bằng sông Hồng và khu vực đô thị, bao gồm Hà Nội khá đông đúc, nên tác động tiềm tàng trong kịch bản tồi tệ nhất lên kinh tế trong vùng nên được cân nhắc và xem xét.

5.6.3.6. Đông Nam Bộ

Vùng Đông Nam Bộ là vùng nhỏ hơn nhưng bao gồm nhiều trung tâm đô thị quan trọng, bao gồm thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh. Phạm vi tác động của NBD từ 0-21%, với thành phố Hồ Chí Minh ở mức trên 20% lụt lội. Với ước tính tổng hệ thống đường sá là 6.800 km, thì ước tính sự thiệt hại khoảng 1.360 km. Dựa trên mật độ dân số và khu vực chính trị và kinh tế quan trọng trong vùng, phân tích rủi ro về lũ lụt và các tác nhân khí hậu lên hệ thống đường sá nên được xem xét. Tiết kiệm do chính sách thích ứng là 17,3 triệu USD trong vùng Đông Nam Bộ là một trường hợp điển hình cho tác động của chính sách chủ động thích ứng để đảm bảo mối liên kết trong tỉnh.

5.7. Các hạn chế

Nghiên cứu này dựa trên một vài các nhân tố chính do đó có sự không chắc chắn trong phân tích định lượng. Dữ liệu khí hậu được trình bày ở đây dựa trên pha 3 dự án (CMIP3) so sánh mô hình nhân đôi trong Chương trình nghiên cứu khí hậu thế giới (WCRP's) và hệ thống dữ liệu đa mô hình (Meehl et al 2007). Hệ thống dữ liệu trình bày theo các cách tiếp cận hiện tại trong mô hình hóa biến đổi khí hậu tiềm năng, nhưng nó được dựa trên mô hình xác suất. Do vậy có độ không chắc chắn trong nghiên cứu liên quan đến tác động khí hậu. Đây là một lý do giải thích tại sao nghiên cứu hiện tại sử dụng nhiều kịch bản khí hậu để đưa đến các kết luận. Hơn nữa, như đã trình bày ở phần trên, nghiên cứu này dựa vào kết quả các nghiên cứu hiện có để nhận biết các tác động các tác nhân khí hậu. Mặc dù các nghiên cứu đó đã được ghi nhận, ước tính chi phí định lượng trong nghiên cứu này phụ thuộc vào kết quả của các nghiên cứu đó. Các vấn đề như các loại đường, các điều kiện địa phương, các kỹ thuật xây dựng và bảo trì đường đều có thể ảnh hưởng đến ước tính chi phí. Bởi vậy, các kết quả chi phí định lượng có thể khác nhau khi dựa trên các kết quả nghiên cứu khác nhau.

Các hạn chế của phân tích NBD đã được thảo luận ở các phần trước, nhưng sẽ được đề cập lại ở đây. Nguyên do thiếu số liệu liên quan đến phân phối, thời gian và độ cao của NBD trong các dự báo tương lai, nên phân tích đồng nhất nước biển cao 1 mét đã được sử dụng trong báo cáo này. Điều này có thể được cải thiện nếu có nhiều các dữ liệu thời tiết đáng tin cậy. Tuy nhiên, nghiên cứu này cũng đã cung cấp gợi ý cho phân tích theo các vùng và miền dễ bị tổn thương nhiều do NBD bởi chúng nằm ở độ cao thấp so với mặt nước biển.

Các hạn chế này nên được cân nhắc khi phân tích các kết quả định lượng của nghiên cứu. Tuy nhiên, mối quan hệ định tính được trình bày ở đây vẫn giữ nguyên thậm chí nếu các nghiên cứu tham khảo được thay đổi. Đặc biệt, tác động tương đối đến cả nước và các phát hiện chung của nghiên cứu sẽ vẫn giữ nguyên.

5.8. Thảo luận và kết luận

Sự quan trọng của hệ thống đường sá đối với phát triển và tăng trưởng dài hạn ở Việt Nam đòi hỏi sự tham gia của các quan chức Chính phủ trong việc cân bằng giữa nhu cầu ngắn hạn với kế hoạch dài hạn. Thêm nữa, các ảnh hưởng biến đổi khí hậu tiềm tàng làm tăng sự cần thiết về cân

bằng bởi lợi ích tiềm năng từ một quyết định có khả năng không xảy ra trong một vài thập kỷ. Nghiên cứu này giới thiệu một phương pháp để xem xét định lượng các tác động. Phương pháp hàm số tác nhân-phản hồi cho thấy tiềm năng tích hợp các nhân tố ảnh hưởng như thay đổi nhiệt độ, lũ lụt, và lượng mưa với phương pháp tính chi phí truyền thống để dự báo các chi phí tác động cho các địa phương cụ thể. Ngoài ra, sử dụng các chi tiêu hiện tại, hệ thống đường bộ và các tác động chi phí được tính toán, nghiên cứu cung cấp một chỉ số ban đầu về các chi phí cơ hội cho mỗi địa phương.

Nghiên cứu này minh họa rằng dựa vào tác động của dự báo thay đổi nhiệt độ và lượng mưa, chi phí cơ hội cho Việt Nam cần có nghiên cứu sâu thêm bởi các quan chức Chính phủ. Đặc biệt, việc bao gồm cả tiết kiệm duy tu khi chính sách thích ứng được lựa chọn là cần thiết để thu được tác động tổng thể của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng đường sá. Đặc biệt quan trọng, do sự khác biệt về địa lý nên Việt Nam cần phải có một bức tranh toàn diện về các tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu. Bằng việc kết hợp phân tích NBD, nghiên cứu này cung cấp cơ sở để chỉ ra các thách thức quan trọng của biến đổi khí hậu lên Việt Nam. Với hơn 3.400 km đường biển, phía Đông của Việt Nam dễ bị tổn thương do các tác động mực nước biển dâng. Địa hình: thấp, đồng bằng bằng phẳng ở phía Nam và phía Bắc, Tây Nguyên, đồi núi dốc, miền núi xa về phía Bắc và Tây Bắc. Như đã nêu trong báo cáo, địa hình địa lý như vậy tạo ra một kịch bản mà thiệt hại lớn lên cơ sở hạ tầng đường sá có thể xảy ra nếu nước biển dâng lên 1 mét.

Kết quả của nghiên cứu này ngụ ý rằng cần một nghiên cứu sâu hơn ở cấp độ địa phương, cấp huyện nơi mà các thiệt hại khốc liệt từ ngập lụt được dự báo. Các biện pháp thích ứng như đê biển, gia cố và định vị lại hệ thống đường nên được xem xét. Tuy nhiên, nên cân nhắc về khung khổ thời gian khi nước biển dâng xảy ra và liệu có cần xây dựng cơ sở hạ tầng nếu vùng đất bên cạnh bị ngập lụt. Mỗi vấn đề này nên được xem xét chi tiết hơn trong các nghiên cứu tiếp theo ở cấp độ vùng.

Nhìn chung, những con số này thiết lập cơ sở mà từ đó đòi hỏi Việt Nam cần có cách tiếp cận đối với những thách thức về biến đổi khí hậu. Các chi phí cơ hội kết hợp với các tác động biến đổi khí hậu tiềm tàng làm chậm trễ kế hoạch phát triển hạ tầng. Sự chậm trễ này được kết hợp với tác động tiềm năng về xã hội như tiếp cận các dịch vụ thiết yếu và việc giải tỏa các nút thắt kinh tế bị trì hoãn. Thách thức đối với các cơ quan Chính phủ là làm như thế nào để cân nhắc vô số các yêu cầu trái ngược nhau liên quan đến các tác động tiềm tàng trong chính sách để đạt được sự cân bằng giữa nhu cầu ngắn hạn và tác động dài hạn của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng.

Tóm lại, phương pháp nghiên cứu được xây dựng trong nghiên cứu này là bước đi đầu tiên hướng tới phát triển một đánh giá kinh tế toàn diện và tổng hợp các tác động của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng. Các kết quả từ nghiên cứu này sẽ giúp ích cho các mô hình kinh tế phân tích toàn diện các tác động của biến đổi khí hậu lên nền kinh tế. Thách thức đối với Chính phủ từ các kết quả cuối cùng của phân tích này là làm sao để kết hợp vô số các yêu cầu xung đột vào trong chính sách để đạt được sự cân bằng giữa nhu cầu ngắn hạn và các tác động dài hạn của biến đổi khí hậu lên cơ sở hạ tầng.

6. Vùng duyên hải, nước biển dâng và bão

Chương này xem xét tác động của mực nước biển dâng và dâng bão lên vùng đồng bằng sông Hồng của Việt Nam. Vùng đồng bằng sông Hồng bao gồm 9 tỉnh: Bắc Ninh, Hà Nam, Hải Dương, Hưng Yên, Nam Định, Ninh Bình, Thái Bình, Hà Tây (nay đã sáp nhập vào Hà Nội), và Vĩnh Phúc; và hai thành phố lớn là Hà Nội và Hải Phòng. Phần lớn diện tích đồng bằng nằm ở vùng đất thấp. Thành phố Hà Nội nằm ở vị trí trung bình trên mực nước biển 8 mét. Các thành phố/tỉnh lớn khác trong vùng bao gồm Hải Phòng và Nam Định đều nằm cao hơn trung bình 3 mét so với mực nước biển. Hình 6-1 miêu tả khu vực nghiên cứu cho phân tích này.

Bằng việc kết hợp các kịch bản nước biển dâng (NBD) cho năm 2050 với mức độ dâng bão cao nhất cho cơn bão tần suất xuất hiện 100 năm hiện nay, báo cáo này phân tích vùng đất bị ngập lụt vĩnh viễn và các vùng ngập lụt tạm thời. Dữ liệu độ cao so với mặt nước biển 90 mét của điều tra địa lý Hoa Kỳ được sử dụng để xác định các vùng bị ngập lụt. Ba kịch bản NBD được cân nhắc với mức dâng khác nhau: thấp (0,156 mét), trung bình (0,285 mét) và cao (0,378 mét). Sự dâng tràn nước biển từ mô hình SLOSH được sử dụng để xác định mức dâng nước biển cao nhất từ các cơn bão trong phạm vi nghiên cứu (Jelesnianski và các cộng sự., 1992).

Chương này bao gồm 3 phần. Phần thứ nhất trình bày thông tin chung về lũ lụt duyên hải ở vùng đồng bằng sông Hồng. Phần thứ hai mô tả phương pháp phân tích áp dụng. Phần thứ ba trình bày các kết quả phân tích và thảo luận. Phân tích của chúng tôi phát hiện rằng nước biển dâng đến năm 2050 có thể tăng tần suất của các cơn bão có chu kỳ 100 năm, chúng kết hợp với dâng bão khoảng xấp xỉ 5 mét với tần suất xuất hiện là 60 năm. Ước tính 10% GDP của Hà Nội bị thiệt hại do ngập lụt vĩnh viễn do nước biển dâng và 40% GDP bị tổn thương do phá hủy của dâng bão trong giai đoạn cụ thể. Chúng tôi kết luận rằng biện pháp thích ứng cho vùng duyên hải, như có kế hoạch đối phó với ảnh hưởng của biển, và xây dựng tường và đê chắn biển chắc chắn, là cần thiết để đối phó với các nguy cơ này.

6.1. Tổng quan: Bão lụt ven biển ở Việt Nam

Trong số các nước đang phát triển, các nghiên cứu gần đây cho thấy Việt Nam sẽ là một trong những nước dễ bị tổn thương nhất của nước biển dâng. Sử dụng 6 chỉ số đánh giá, Dasgupta và các cộng sự (2009) đánh giá tác động của NBD lên 84 nước đang phát triển vùng duyên hải. Sử dụng các chỉ số về sử dụng đất, dân số, GDP, quy mô đô thị, quy mô đất nông nghiệp, và diện tích đầm lầy, Dasgupta và các cộng sự (2009) chứng minh Việt Nam là một trong 5 nước chịu ảnh hưởng nhất với kịch bản 1 mét nước biển dâng. Hơn nữa, NHTG (2009) xếp hạng Việt Nam là một trong 12 nước vay vốn của NHTG chịu ảnh hưởng lớn nhất đối với nước biển dâng do biến đổi khí hậu.

Đồ thị 6-1: Vùng nghiên cứu đồng bằng sông Hồng

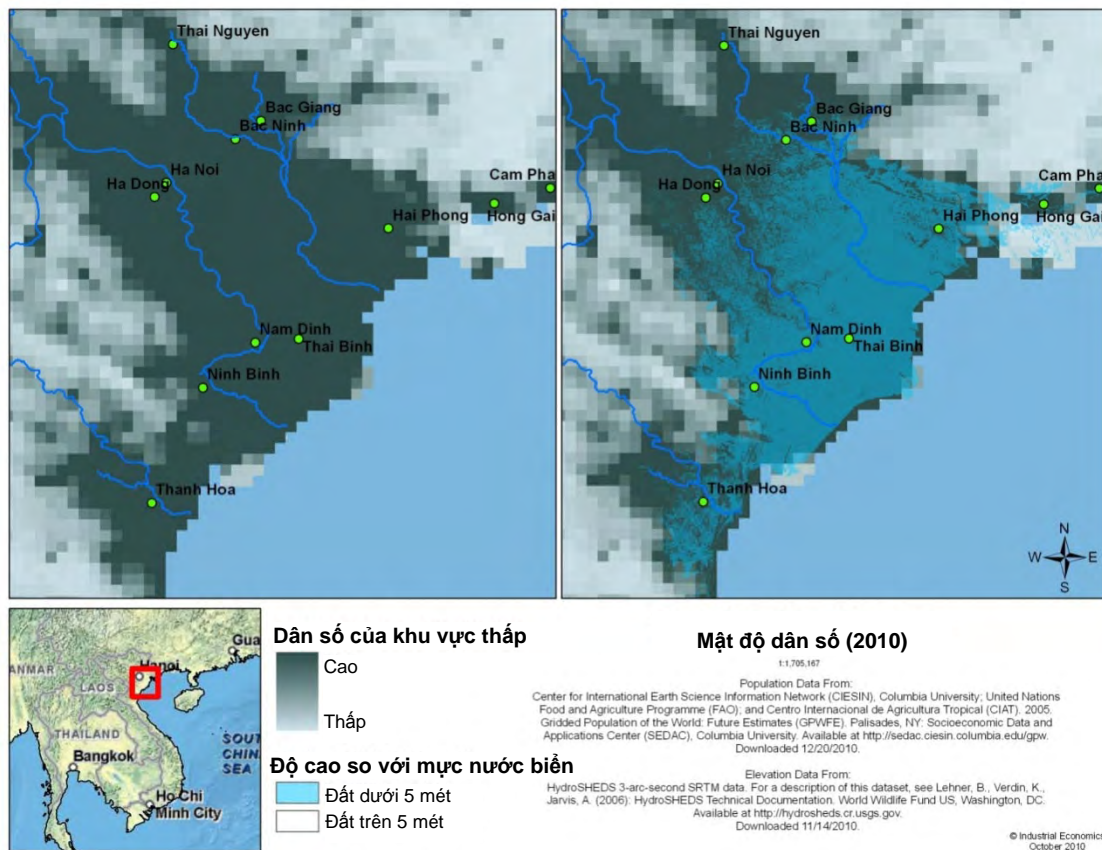


Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân, tích vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

Sở dĩ Việt Nam là một trong những quốc gia chịu ảnh hưởng nhiều nhất trên thế giới là do một phần vị trí của các trung tâm thành phố lớn và phần lớn diện tích trồng trọt nằm ở vị trí thấp. Năm 2010, vùng đồng bằng sông Hồng, bao bọc thủ đô Hà Nội có dân số chiếm 23% tổng dân số Việt Nam (GSO, 2010). Các tỉnh trong vùng có mật độ dân số đông đúc nhất ở Việt Nam, ngoại trừ Thành phố Hồ Chí Minh (GSO, 2010). Đồ thị 6-2 miêu tả mật độ dân số tập trung và đất duyên hải thấp ở vùng đồng bằng sông Hồng. Vùng đồng bằng sông Hồng cũng là một trong những vùng đất nông nghiệp chủ yếu của đất nước. Gần 60% hộ gia đình trong vùng thu nhập phụ thuộc vào hoạt động nông nghiệp (World Bank, 2010b).

Giữa năm 1954 và 2000, trung bình có 6,9 cơn bão/năm ảnh hưởng tới đất liền dọc theo bờ biển Việt Nam (MoNRE, 2003). Cấp độ gió mạnh và mực nước dâng kết hợp với các cơn bão gây ra phá hủy lớn đối với vùng duyên hải. Lượng mưa đi kèm với các cơn bão cũng gây ra lũ lụt rộng lớn trong các vùng thấp hơn một mét so với mực nước biển. Kết quả các trận lụt phá hủy đáng kể các vùng đất thấp như các tỉnh trong vùng đồng bằng sông Hồng và gây ngập lụt ruộng lúa. Bảng 6-1 miêu tả lịch sử các cơn bão đã phá hủy vùng đồng bằng sông Hồng trong thời gian 1990 và 2008.

Đồ thị 6-2: Dân số nằm ở vùng thấp ở đồng bằng sông Hồng



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

Bảng 6-1: Lịch sử các cơn bão nhiệt đới gây thiệt hại ở đồng bằng sông Hồng trong giai đoạn 1990 - 2008.

Năm/ tháng	Tên bão	Các tỉnh bị ảnh hưởng	Số nhà mất (Nhà)		Diện tích nông nghiệp bị mất (Ha)			
			Đồ, cuốn sạch	Mất một phần	Diện tích lúa bị phá hủy	Diện tích lúa bị mất	Sản phẩm trang trại bị phá hủy	Sản phẩm trang trại bị mất
T9/05	Bão số 7 (Damrey)	Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình	626	35.886	139.649	1.300	12.128	1.000
T9/05	Bão số 6	Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình	1	138	42.129			
T7/05	Bão số 2 (Saola)	Hải Phòng, Thái Bình, Nam Định, Ninh Bình, Hà Nam	2	206	48.534		4.027	
T8/03	Bão số 3	Hòa Bình, Hà Tây, Bắc Giang, Bắc Ninh, Hải Dương, Hà Nam, Hưng Yên, Hải Phòng, Thái Bình, Ninh Bình, Nam Định		201	3.400	130		
T9/96	Bão số 4	Nam Hà, Thái Bình, Hải Phòng, Ninh Bình	3.190	74.050	21.411	2.615	8.420	3.190
1996	Bão số 2	Nam Hà, Thái Bình, Hải Phòng, Ninh Bình, Hòa Bình, Hà Nội, Hà Tây	29.842	444.017	117.002	39.504	11.773	7.645
T8/95	Bão số 5	Ninh Bình, Nam Hà, Thái Bình			1.500			
T7/91	Bão số 3	Hải Phòng	5		1.500			

Nguồn: CCFSC, 2010.

Có hai cơn bão mạnh nhất ảnh hưởng đến Việt Nam trong vòng 30 năm qua gây ra lở đất năm 2005 (Mai và các cộng sự., 2009). Cơn bão Sao La, cường độ nhỏ hơn trong 2 cơn, vào đất liền ngày 31/7, ảnh hưởng chủ yếu đến các tỉnh duyên hải là Quảng Ninh và Hải Phòng. Sức gió gần mắt bão đạt cấp độ chín theo thang điểm của Beaufort (75-88 km mỗi giờ). Sao La gây ra nhiều km đê biển bị thiệt hại, đặc biệt là trên đảo Cát Hải nơi mà đê đã phải thay thế hoàn toàn (Mai và các cộng sự, 2009).

Cơn bão Damrey vào đất liền Việt Nam vào ngày 27/9, được biết đến như là một cơn bão mạnh nhất vào Việt Nam trong vòng 50 năm qua. Damrey ảnh hưởng đến tất cả các tỉnh duyên hải ở đồng bằng sông Hồng với cấp độ 12 theo thang điểm Beaufort (118-133 km/h) ở mắt bão. Bão lớn cùng với triều cường dẫn đến hệ thống đê biển bị ngập lụt trong vùng. Dâng bão của Bão

Damrey đạt đến độ cao từ 3-4 mét và gây ra tình trạng nước biển xâm nhập vào nội địa từ 3-4 km. Lũ quét sau Damrey phá hủy ít nhất 1.194 ngôi nhà và gây ra hư hỏng 11.576 ngôi nhà khác ở vùng cao hơn. Hơn 130.000 hecta ruộng lúa bị ngập và hư hỏng, phần lớn ruộng lúa này chưa được thu hoạch trước khi bão Damrey đến (Mai và các cộng sự., 2009). Mặc dù rất khó để liên kết các sự kiện riêng lẻ như các cơn bão tàn phá năm 2005 với biến đổi khí hậu, các cơn bão lớn như thế này rõ ràng chứng minh tính dễ bị tổn thương của khu vực do khí hậu gây ra.

Các mối đe dọa từ các cơn bão ở Việt Nam được gia tăng dưới tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu, bao gồm nước biển dâng và lượng mưa tăng lên. Mực nước biển ở Việt Nam được ước tính là tăng từ 2,5 cm đến 3 cm trong vòng 1 thập kỷ do biến đổi khí hậu (MoNRE, 2003). Hơn nữa, diện tích các vùng đồng bằng được dự kiến sẽ giảm theo thời gian, có thể làm trầm trọng thiệt hại gây ra bởi sự dâng lên mực nước biển ở vùng đồng bằng sông Hồng. Trừ khi có một hệ thống đê biển cao được xây dựng, nếu không thì nước biển dâng sẽ dẫn đến giảm diện tích đất hơn nữa ở vùng đồng bằng sông Hồng. Biến đổi khí hậu dự kiến làm tăng tính dễ bị tổn thương do khí hậu của Việt Nam, làm giảm lượng mưa trong mùa khô và tăng lượng mưa trong mùa mưa. Nhìn chung, lượng mưa trung bình hàng năm dự đoán sẽ tăng (MoNRE, 2009). Ngập lụt, mất đất và xâm nhập mặn gây ra bởi sự gia tăng mực nước biển, lượng mưa tăng và các hoạt động cơn bão gây ra sẽ gây ra mối đe dọa nghiêm trọng cho nông dân. Giữa năm 1976 và 2005, lũ lụt và nước ngập mặn làm hỏng 40.000 hecta đất trồng trọt và phá hủy trên 100.000 tấn lương thực (Mai và các cộng sự., 2009). Tỷ lệ phá hủy có thể tăng do biến đổi khí hậu. Những tác động này có thể được cảm nhận thông qua xuất khẩu nông nghiệp và có thể ảnh hưởng đến an ninh lương thực quốc gia (Chaudhry và Ruyschaert, 2007).

Bão cũng góp phần làm xói mòn bờ biển nghiêm trọng của Việt Nam, dự kiến sẽ tồi tệ hơn do biến đổi khí hậu (Mai và các cộng sự, 2009). Việt Nam đã phải chịu cả hai xói mòn dọc bờ biển không được bảo vệ, và xói mòn đất bồi, dẫn đến đào sâu xói mòn thêm các bãi biển ở phía trước đê biển (Mai và các cộng sự, 2009). Ở Việt Nam, xói mòn dọc bờ biển ăn sâu vào đất liền từ 10-20 mét/năm, trong khi xói mòn đất bồi xuất hiện với tỷ lệ từ 0,3-0,6 mét/năm. Trong 100 năm qua, bờ biển tại Việt Nam đã ăn sâu vào bờ khoảng 3.000 mét và khoảng 18.000 ha đất đã bị mất (Mai và các cộng sự, 2009).

6.2. Các phương pháp

Các ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên bão bao gồm sự thay đổi cường độ, tần suất và đường đi của cơn bão riêng lẻ. Sự thay đổi nhiệt độ là một nhân tố tiềm tàng thay đổi tính chất của bão, nhưng vì bão là những sự kiện tương đối hiếm, nên sự khác biệt về hoạt động tạo bão có thể xảy ra trước năm 2050 rất khó phân biệt với phương pháp hiện hành. Bởi vì dữ liệu lịch sử về dâng bão ở Việt Nam là thưa thớt, do đó phương pháp ngoại suy từ các cơn bão trước là không hữu ích.

Ảnh hưởng của nước biển dâng là một ảnh hưởng quan trọng không kém của biến đổi khí hậu đối với những thiệt hại tiềm tàng có thể dẫn đến từ cơn bão. Mực nước biển dâng cao hơn làm cho nước dâng do bão với một "khởi điểm" cao hơn, điều này có thể làm tăng cường độ và độ sâu của nước dâng đối với khu vực vốn đã dễ bị tổn thương với các cơn bão ven biển. Hơn thế nữa, dự báo về nước biển dâng đến năm 2050, mặc dù có độ không chắc chắn nhưng vẫn đáng tin cậy hơn so

với dự báo về bão. Nhìn chung, sự gia tăng mực nước biển sẽ làm cho các cơn bão hiện có gây tổn hại nhiều hơn đáng kể, ngay cả khi có sự thay đổi nhỏ về hoạt động tạo bão. Phân tích này tập trung vào ảnh hưởng biên dự đoán đáng tin cậy hơn của NBD lên mức độ và tần suất xuất hiện của các cơn bão vốn có độ phá hủy mạnh. Sử dụng bộ dữ liệu mô phỏng cho các cơn bão và dâng bão cùng với ba dự báo cho NBD trong tương lai tại Việt Nam, chúng tôi ước tính ảnh hưởng của biến đổi khí hậu gây ra do NBD lên rủi ro do bão. Phương pháp tổng thể gồm 4 bước sau:

1. *Mô phỏng hoạt động của bão trong suốt thập kỷ 21.* Phương pháp của chúng tôi tạo ra 3.000 sự kiện thời tiết, và ước tính các sự kiện nào trở thành bão và đường đi của các cơn bão.

2. *Sử dụng các trường gió như là các đầu vào cho mô hình dâng bão.* Chúng tôi sử dụng mô hình SLOSH của Dịch vụ Thời tiết Quốc gia Hoa Kỳ để ước tính việc nước dâng do gió trong bão tạo ra dâng bão lên vùng duyên hải.

3. *Tạo ra hàm phân phối lũy kế của chiều cao dâng bão cho các vùng chính được lựa chọn trong phạm vi mô hình.* Các kết quả SLOSH tạo ra cho mỗi sự kiện mô phỏng cung cấp một kịch bản cơ sở, cho chiều cao sóng các cơn bão sau này, không có nước biển dâng.

4. *Ước tính ảnh hưởng của NBD lên thời gian quay trở lại của các cơn bão.* Sử dụng phân phối của dâng bão trong trường hợp cơ sở, sau đó chúng tôi ước tính NBD tăng tần suất dâng bão có tính phá hủy như thế nào cho ba kịch bản của NBD trong tương lai vào năm 2050.

Chúng tôi miêu tả tóm tắt từng bước trong các phần sau.

6.2.1. Tạo bão

Kỹ thuật tạo bão từ các sự kiện hiện tại bắt đầu bằng việc thu thập dữ liệu các cơn bão, đường đi và cường độ, ví dụ như cái được gọi là sưu tập "theo dõi tốt nhất" thực hiện bởi các trung tâm dự báo như Trung tâm nhiệt đới dự báo khí quyển (TPC) và Trung tâm cảnh báo bão-Hải quân Hoa Kỳ (JTWC). Cứ sáu giờ cập nhật vị trí trung tâm của cơn bão cùng với cường độ ước tính, hoặc tốc độ gió tối đa hoặc áp suất trung tâm trong khoảng thời gian nào đó. Đánh giá rủi ro ban đầu (ví dụ như Georgiou và các cộng sự, 1983; Neumann, 1987), sử dụng hàm phân phối chuẩn, chẳng hạn như phân phối lognormal hoặc phân phối Weibull đối với phân phối cường độ tối đa của tất cả các trận bão lịch sử trong vòng bán kính quy định của điểm quan tâm. Sau đó, bằng cách rút ngẫu nhiên từ phân phối đó, những đánh giá rủi ro sớm sử dụng các mô hình tiêu chuẩn của các cấu trúc xuyên tâm của các cơn bão, cùng với tốc độ dịch chuyển và thông tin đổ bộ vào đất liền, để ước lượng mức gió tối đa đạt được tại các điểm quan tâm. Một nhược điểm rõ ràng của phương pháp ngoại suy lịch sử này là dự đoán tần số cho các cơn bão có cường độ cao là khá nhạy cảm với hình dạng 2 phía đuôi của phân phối được sử dụng. Lý do chính có thể chỉ yếu là có ít dữ liệu để xác định các phần đuôi này.

Nhiều phương pháp đánh giá rủi ro gió bão trực tiếp dựa vào dữ liệu theo dõi cơn bão lịch sử để ước tính tần suất của các cơn bão đi qua điểm quan tâm, và do đó phải giả định rằng sự tiến triển về cường độ là độc lập bởi đường đi của các cơn bão. Hơn nữa, phương pháp cường độ tương đối chắc hẳn thất bại khi các cơn bão di chuyển vào khu vực có cường độ nhỏ. Đây thường là trường hợp ở vĩ độ cao hơn, nơi cơn bão huỷ diệt hàng loạt xuất hiện, mặc dù không thường xuyên. Trong khu vực như vậy, lịch sử ghi lại là cực kỳ thưa thớt nên không có khả năng áp dụng.

Là một bước tiến để vượt qua những khó khăn này, chúng tôi đã phát triển một kỹ thuật để tạo ra số lượng lớn tổng hợp các đường đi của bão, với mỗi đường đi, chúng tôi chạy mô hình số kép, đã được xác định để mô phỏng cường độ bão. Phương pháp này được dựa trên tạo giống ngẫu nhiên cho một lưu vực đại dương nhất định có nhiều đối với bão nhiệt đới yếu, và sử dụng một mô hình cường độ để xác định cái nào trong số đó phát triển thành sức mạnh của bão nhiệt đới. Một bộ lọc được sử dụng để hướng cho mô hình tạo bão lựa chọn các đường đi trong một khoảng cách nhất định với một địa điểm hoặc một khu vực quan tâm, chẳng hạn như là một thành phố hay một quận. Khi lọc các hướng đi, một bản ghi số lượng đường đi bị loại bỏ, điều này được sử dụng để tính toán tần suất tổng thể của các cơn bão qua bộ lọc. Trong công việc này, chúng tôi đã chọn trung tâm thành phố Hà Nội là điểm trọng tâm; kết quả là chúng tôi mô phỏng được các cơn bão có tác động lớn đến Hà Nội và các tỉnh trong vùng đồng bằng sông Hồng.

Một khi các đường đi của bão đã được thiết lập, mô hình cường độ bão kép được chạy theo các đường đi được chọn để đưa ra lịch sử của tốc độ gió tối đa. Mô hình này được điều khiển bởi thông tin hàng tháng về khí hậu, khí quyển và áp suất trên đại dương, nhưng cũng xem xét xung quanh môi trường gió thay đổi ngẫu nhiên theo thời gian theo các bước được mô tả trước đây. Mô hình kép được xác định này đưa ra tốc độ và bán kính gió tối đa, nhưng do số liệu độ phân giải không gian kém, các khía cạnh chi tiết của cấu trúc tâm bão không được sử dụng ở đây. Thay vào đó, chúng tôi sử dụng số liệu bán kính gió, phù hợp với kết quả đầu ra để ước tính sức gió tối đa tại các điểm cố định trong không gian đi từ trung tâm cơn bão. Phương pháp tổng thể đã được mô tả trong một số nghiên cứu được công bố (xem ví dụ, Emanuel và các cộng sự 2008).

Đối với mỗi điểm quan tâm, mô hình cường độ được chạy trong một mô phỏng Monte Carlo với hàng ngàn vòng lặp để đưa ra số liệu thống kê mong muốn, chẳng hạn như xác suất tốc độ gió. Cả hai phương pháp tạo đường đi tổng hợp và các mô hình xác định đủ hiệu quả để ước tính xác suất bão theo mức ý nghĩa thống kê phù hợp với phần mềm tính toán phù hợp.

6.2.2. Mô hình “*Biển, hồ và nước dâng vào đất liền do bão*”

Biển, hồ và nước dâng vào đất liền do bão (SLOSH) là một mô hình tính toán được phát triển bởi cơ quan quản lý trường hợp khẩn cấp liên bang (FEMA), công ty quân đội của Hoa Kỳ (USACE), và cơ quan dịch vụ thời tiết Quốc gia (NWS) để ước tính độ sâu của dâng bão do các cơn bão lịch sử, các cơn bão giả thuyết hoặc dự báo thông qua xem xét sức ép, kích thước, tốc độ chuyển tiếp, đường đi, tốc độ gió của bão và các dữ liệu địa hình (Jelesnianski và các cộng sự, 1992).

Đầu ra đồ họa từ mô hình hiển thị chiều cao dâng bão cho một khu vực cụ thể. Chiều cao được đo bằng đơn vị feet cao hơn so với mức tham chiếu của mô hình (đó là mức đo của dữ liệu quan trắc học Quốc gia (NGVD) được tham chiếu về độ cao cho hầu hết các bản đồ. Ngoài các yếu tố khác, mô hình SLOSH được quyết định bởi các trường gió bắt nguồn từ kỹ thuật tạo bão như trình bày ở trên.

Các tính toán tạo dâng bão được áp dụng cho bờ biển một địa phương cụ thể, lồng ghép các đặc điểm cụ thể của vịnh và sông, độ sâu nước, cầu, đường giao thông và các đặc điểm khác. Chúng tôi đã mã hóa các khía cạnh này của ô lưới trong SLOSH, và chúng là cấu thành theo thời gian cơ bản của phương pháp sử dụng.

Mô hình SLOSH thường chính xác trong phạm vi cộng hoặc trừ 20%. Ví dụ, nếu mô hình tính toán sự kiện có dâng bão đỉnh điểm là 10 feet, thì giá trị đỉnh có thể quan sát được nằm trong khoảng từ 8-12 feet. Các tài khoản mô hình cho thủy triều có thể tăng thêm đáng kể chiều cao nước, bằng cách xác định mức thủy triều ban đầu, nhưng không bao gồm lượng mưa, dòng sông hoặc các sóng do gió. Chỉ có độ cao của lũ do gió được xem xét trong SLOSH.

Điểm đổ bộ của bão vào đất liền là rất quan trọng để xác định các khu vực sẽ bị ngập bởi dâng bão. Thông tin này cũng có sẵn từ phương pháp tạo bão đã thảo luận ở trên, nhưng tính chất tổng hợp của những kết quả này và chỉ mang tính dự báo nên việc xác định địa điểm đổ bộ có tính chất không chắc chắn. Chúng tôi áp dụng mô hình SLOSH như các nhà xây dựng mô hình gợi ý: để xác định mức dâng bão tối đa cho một vị trí nhưng điểm đổ bộ của bão có tính chất không chắc chắn.

6.2.3. NBD và ảnh hưởng thời gian quay trở lại của bão

Các kết quả dâng bão từ kịch bản cơ sở, không có NBD, cung cấp thông tin về xác suất về chiều cao dâng bão tại một điểm cụ thể trên bờ biển trong tương lai. Chúng tôi sử dụng kết quả này để xác định xác suất của dâng bão trong thế kỷ 21. Đường cong dâng bão sau đó có thể thay đổi để phản ánh các ảnh hưởng của nước biển dâng lên chiều cao dâng bão. Ảnh hưởng của NBD lên thời gian quay trở lại của bão có thể ước lượng được. Việc sửa đổi đường cong được thực hiện cho ba kịch bản NBD đến năm 2050.

Tác động của sụt lún đất cũng được sử dụng để đánh giá tác động nước biển dâng trong khu vực. Thật không may, không có dữ liệu thủy triều cho các địa điểm trong vùng đồng bằng sông Hồng. Tuy nhiên, sử dụng số liệu xu hướng của mực nước biển trung bình gần Hòn Dấu từ bộ số liệu mực nước biển trung bình (PSMSL, 2005), mức lún đồng bằng sông Hồng đạt xấp xỉ 0,03 m (30 mm) vào năm 2050. Mức thay đổi nhỏ này sẽ không có tác động đáng kể đến kết quả của chính tôi và do đó được bỏ qua.

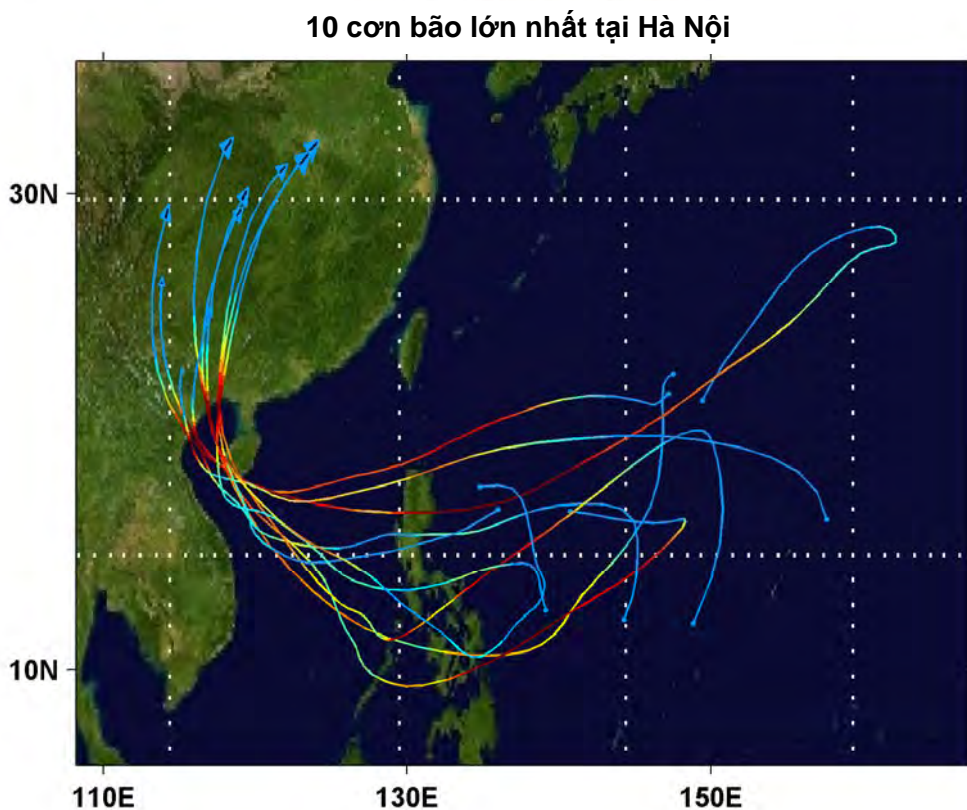
Ba kịch bản NBD được sử dụng, kịch bản thấp (0,156m), kịch bản trung bình (0,285m) và kịch bản cao (0,378m). Đây là các kịch bản được sử dụng để phân tích hỗ trợ dự án của Ngân hàng thế giới về Kinh tế học của Thích ứng với biến đổi khí hậu (World Bank, 2010a) và chúng được dựa trên nghiên cứu của Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) (Meehl và các cộng sự., 2007) và Rahmstorf (2007). Kịch bản thấp dựa trên trung điểm của các kết quả mô hình GCM báo cáo trong các AR4 IPCC (Meehl và các cộng sự, 2007.); Các kịch bản trung bình dựa trên mô hình hóa của Rahmstorf (2007) về tác động NBD của kịch bản nhiệt độ A2; và kịch bản cao dựa trên kịch bản tối đa của Rahmstorf (2007).

Hàm số cho ảnh hưởng của NBD lên thời gian quay trở lại của bão được tạo ra qua quy trình sau. Thứ nhất, chiều cao dâng bão cho một "con bão tham chiếu" trong cơ sở dữ liệu gốc được xác định. Trong các kết quả trình bày ở dưới, chúng tôi chọn chiều cao của các cơn bão tàn suất 100 năm mà không có nước biển dâng làm tham chiếu. Sau đó, chúng tôi thay đổi các đường cong của bão cho ba kịch bản NBD để xác định thời gian quay trở lại của bão cho mỗi kịch bản. Cuối cùng, hàm hồi quy ước lượng bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất được sử dụng để xác định mối quan hệ giữa thời gian trở lại của bão và mức độ NBD. Thông thường mối quan hệ này không phải là tuyến tính.

6.3. Các kết quả

Các kết quả của quá trình 4 bước này được trình bày ở dưới. Đồ thị 6-3 trình bày đường đi của 10 cơn bão được tạo ra từ quá trình được trình bày ở trên. Những cơn bão này có tốc độ gió lớn nhất. Màu sắc của các đường đi biểu lộ cường độ của mỗi cơn bão theo mức độ Saffir-Simpson: từ cường độ thấp nhất, màu xanh biển (cấp 1), mức độ cao hơn, màu xanh lá cây (cấp 2), màu vàng (cấp 3), màu da cam (cấp 4), và màu đỏ cường độ mạnh nhất (cấp 5). Đường đi của các cơn bão biểu thị rằng các cơn bão đạt cấp độ 5 có thể ảnh hưởng đến Hà Nội, được miêu tả ở phần giữa bên tay trái của đồ thị. Các cơn bão này bắt nguồn từ phía Nam và giảm nhanh cường độ khi chúng dịch chuyển lên đất liền miền Bắc.

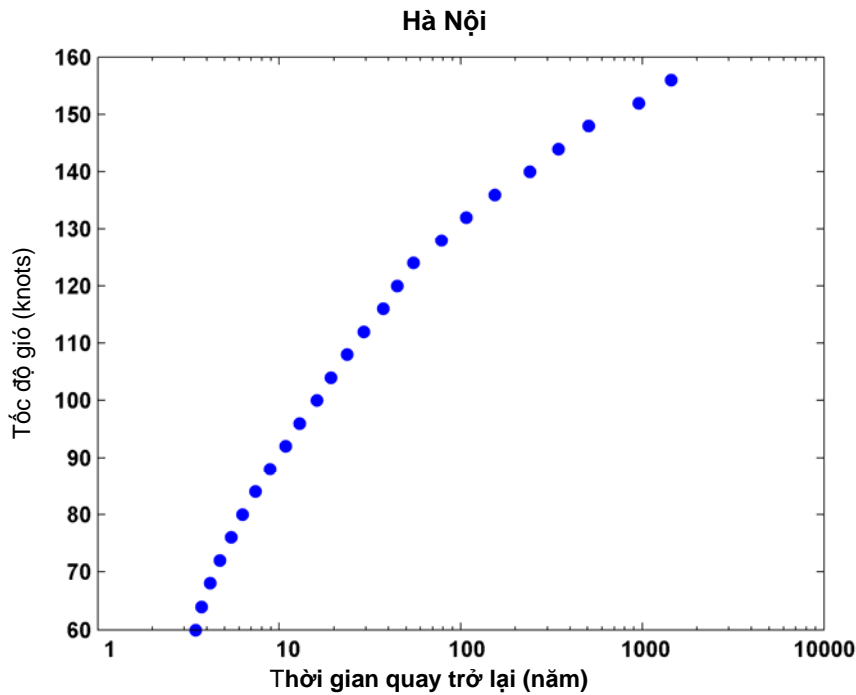
Đồ thị 6-3: Các đường đi của bão



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

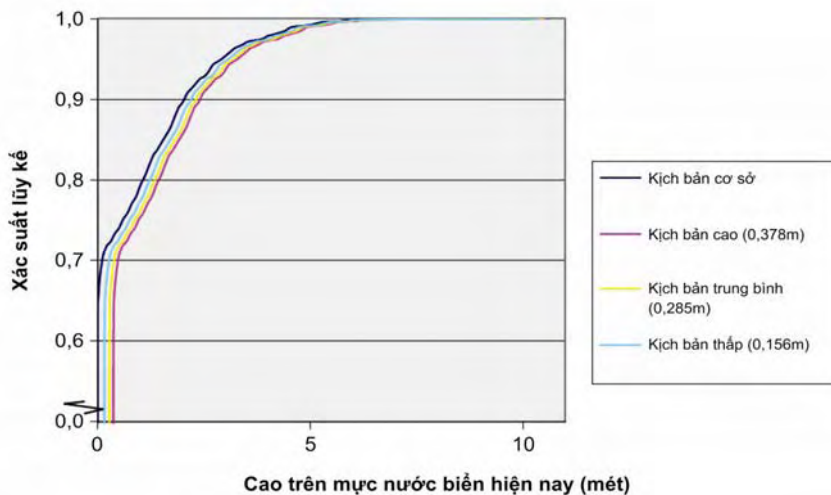
Đồ thị 6-4 minh họa đường cong cho tốc độ gió ở Hà Nội. Bão tần suất 100 năm có tốc độ gió 130 knots, được phân vào cấp độ 4 theo bảng phân chia của Saffir-Simpson. Cơn bão với tần suất xuất hiện 10 năm/lần có tốc độ gió 90 knots, thuộc loại cấp độ 2. Sự phân bố thời gian quay trở của bão có mối liên hệ chặt chẽ với rủi ro từ dâng bão theo ước tính của mô hình SLOSH. Đồ thị 6-5 mô tả các đường dịch cong của các cơn bão dưới các kịch bản khác nhau. Khi dâng bão đột biến xảy ra có khả năng dâng bão khá cao, với một số trường hợp lên đến gần 11 mét.

Đồ thị 6-4: Tốc độ gió và ước tính thời gian quay lại

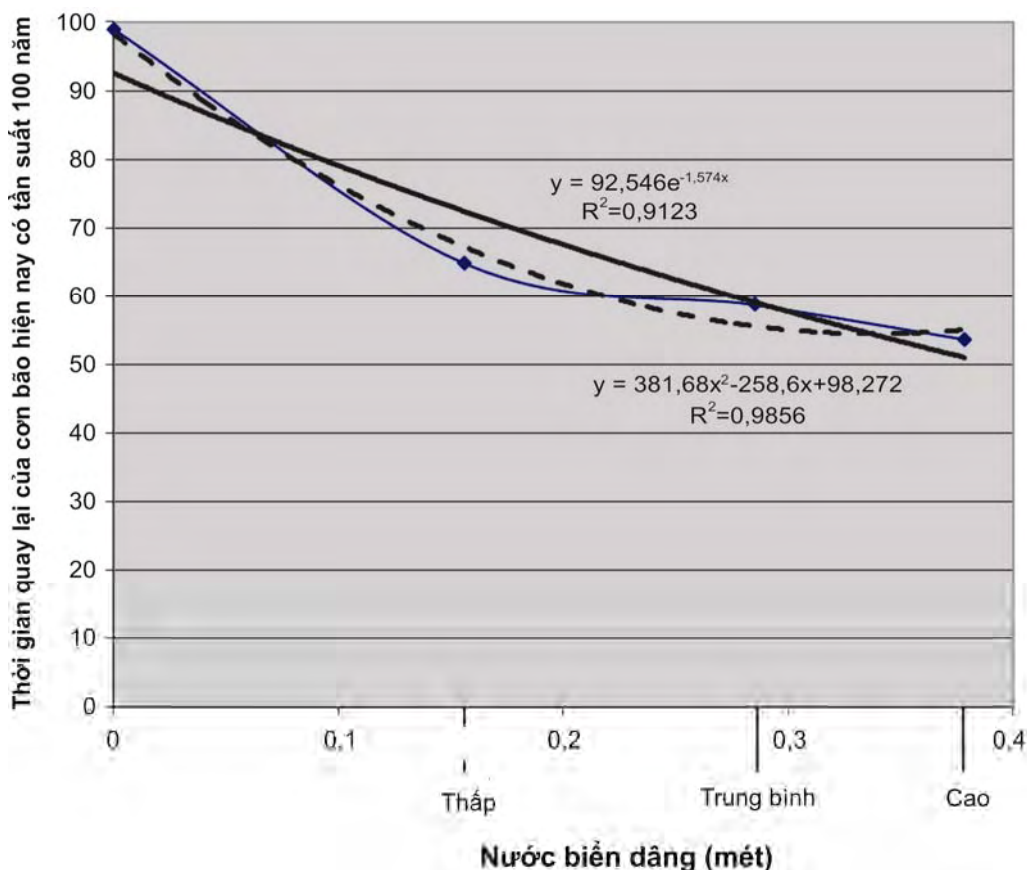


Cuối cùng, Đồ thị 6-6 cung cấp cho chúng ta các ước tính thay đổi thời gian quay lại của bão có tần suất xuất hiện 100 năm/lần theo các kịch bản NBD. Đường cong thời gian quay lại được ước tính bởi hàm mũ và đa thức. Mặc dù chỉ có một vài điểm mẫu, hàm đa thức biểu lộ hệ số giải thích lớn nhất (R^2). Như đã trình bày ở đồ thị, cơn bão tần suất 100 năm ở Hà Nội có thể xuất hiện thường xuyên hơn với NBD. Thay vì xuất hiện 100 năm/lần, đến năm 2050, chúng được ước tính xuất hiện 65 năm/lần trong kịch bản NBD thấp, 59 năm/lần trong kịch bản NBD trung bình và 54 năm/lần trong kịch bản NBD cao. Tương tự sự giảm bớt này được thấy trong các thời gian quay lại của các cơn bão khác.

Đồ thị 6-5: Đường cong dâng bão từ kết quả của mô hình SLOSH trường hợp có và không có thay đổi về mực nước biển



Đồ thị 6-6: Ước tính thời gian quay trở lại của các cơn bão xuất hiện có tần suất 100 năm với các kịch bản NBD



6.4. Các tác động kinh tế

Từ phân tích này, nước biển dâng sẽ dẫn đến ngập lụt vĩnh viễn một phần đáng kể của những vùng thấp ở đồng bằng sông Hồng. Hơn nữa, dâng bão sẽ dẫn đến gia tăng tần suất và mức độ ngập lụt. Đồ thị 6-7 mô tả các vùng chịu ảnh hưởng nặng nhất từ NBD và sau đó là dâng bão. Các vùng chịu ảnh hưởng này sẽ phải chịu các mức độ thiệt hại khác nhau do NBD và dâng bão. Các vùng đất thấp sẽ bị ngập hoàn toàn trong thời gian dài, gây thiệt hại lớn hơn trong khi các vùng đất cao hơn sẽ chịu ảnh hưởng nhỏ hơn. Nghiên cứu này bị hạn chế bởi số liệu về độ cao so với mực nước biển. Với các số liệu tốt hơn về độ cao so với mực nước biển, nghiên cứu trong tương lai có khả năng thực hiện một phân tích không gian sâu hơn về các rủi ro ở các địa phương nhất định thuộc khu vực đồng bằng sông Hồng.

Đồ thị 6-7: Các vùng bị ảnh hưởng bởi nước biển dâng và dâng bão đến năm 2050



Chú thích: Nghiên cứu này chỉ xem xét những phần lãnh thổ của Việt Nam mà chúng tôi có thông tin để phân tích, vì vậy bản đồ trong đồ thị trên không có ý định phản ánh đầy đủ tất cả các vùng lãnh thổ của Việt Nam.

Các thông tin thêm về rủi ro tài sản do NBD và dâng bão có thể biết được thông qua số liệu về sử dụng đất ở các vùng duyên hải trong vùng đồng bằng sông Hồng, bao gồm các tỉnh Nam Định, Thái Bình, Hải Phòng và Ninh Bình. Bảng 6-2 cung cấp chi tiết thêm về số lượng đất thành thị, nông thôn hiện tại, đất thương mại, công nghiệp, cơ quan, nông nghiệp, thủy sản, ruộng lúa và đất rừng trong các tỉnh này. Điều đó cũng cho biết chi tiết số lượng đất bị ngập lụt vĩnh viễn do NBD (các vùng dưới 1 mét nước biển) và các vùng bị ngập lụt bởi dâng bão xuất hiện 100 năm/lần (các vùng nằm dưới 5 mét nước biển).

Bảng 6-2 cho thấy tỷ lệ đáng kể các tỉnh duyên hải trong vùng đồng bằng sông Hồng chịu ảnh hưởng từ mực nước biển dâng và dâng bão. Hơn 70% diện tích với giá trị sử dụng đất cao như đất đô

thị, đất sinh hoạt nông thôn, thương mại và công nghiệp chịu ảnh hưởng ngập lụt cao đến 5 mét. Hơn 90% đất sử dụng cho trồng lúa cũng bị ảnh hưởng. Điều này làm gia tăng quan ngại khi vùng đồng bằng sông Hồng sản xuất gần một nửa sản lượng lúa gạo toàn quốc. (Mai và các cộng sự, 2009).

Dữ liệu giá trị đất sẽ là công cụ lý tưởng cho việc đánh giá thiệt hại kinh tế liên quan đến dâng bão và nước biển dâng. Bởi vì dữ liệu giá trị đất chi tiết ở Hà Nội không có sẵn, trong nghiên cứu này, GDP đã được sử dụng như là một chỉ số thay thế cho giá trị đất. Sử dụng phương pháp mô hình đánh giá tính tổn thương tương tác và động (DIVA) của Vafeidis và các cộng sự., 2008, nghiên cứu này sử dụng số liệu dân số của Trung tâm hệ thống thông tin khoa học trái đất thế giới (CIESIN, FAO, and CIAT, 2005) kết hợp với số liệu GDP ước tính của Việt Nam cho năm 2010 (CIA, 2009) để tính toán chỉ số thay thế các giá trị đất.

Đối với đất bị ngập lụt, bất kỳ giá trị đất nào cũng bị mất vĩnh viễn. Dâng bão làm tổn thất GDP hàng năm của năm bão xảy ra. Giả định của phương pháp này cho rằng địa phương có dân số đông hơn thì có giá trị cao hơn. Giả định này có thể đánh giá thấp một số địa điểm có ít dân số hoặc có thể cả những nơi dân số nhiều nhưng chúng tôi tin rằng đây là một giả định hợp lý khi xem xét thiệt hại trên một khu vực tương đối lớn. Một cách tiếp cận tương tự cũng đã được sử dụng trong mô hình DIVA cho nhiều năm (Vafeidis và các cộng sự, 2008).

Bảng 6-3 trình bày GDP có nguy cơ bị thiệt hại vĩnh viễn do NBD và bị ảnh hưởng trong một thời gian nhất định khi cơn bão tần suất 100 năm xuất hiện. Ước tính 6,53 tỷ USD có nguy cơ bị thiệt hại ở vùng đồng bằng sông Hồng do NBD và một khoản thiệt hại nữa 25,4 tỷ USD do bão tần suất 100 năm gây ra. Các số liệu này chiếm 10,9% và 42,5% GDP ở vùng đồng bằng sông Hồng. Tổn thất này chiếm 2,36% và 9,18% tổng GDP toàn quốc.

Bảng 6-2: Diện tích đất sử dụng - tổng hiện tại và diện tích chịu rủi ro bởi NBD và dâng bão trước năm 2050

Vùng được tính toán	Sử dụng đất								
	Đất ở đô thị	Đất ở nông thôn	Thương mại	Công nghiệp	Cơ quan	Nông nghiệp	Thủy sản	Cánh đồng lúa	Rừng
DIỆN TÍCH HIỆN TẠI Ở CÁC TỈNH DUYÊN HẢI ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG (KM2)									
Cao hơn so với mặt nước biển	103	725	25,0	19,8	127	149	358	3.040	214
DIỆN TÍCH BỊ ẢNH HƯỞNG VĨNH VIỄN BỞI LŨ LỤT (SLR) VÀ NGẬP LỤT (DO CƠN BÃO TẦN SUẤT 100 NĂM XUẤT HIỆN, KM2)									
Dưới 1 mét	15,7	97,9	2,36	5,06	11,6	21,0	241	455	32,0
Dưới 5 mét	76,2	635	18,3	15,7	90,8	81,9	349	2.800	80,2
TỶ LỆ % CỦA DIỆN TÍCH ĐẤT BỊ NGẬP VĨNH VIỄN VÀ NGẬP LỤT									
Dưới 1 mét	0,15	0,14	0,09	0,26	0,09	0,14	0,67	0,15	0,15
Dưới 5 mét	0,74	0,88	0,73	0,79	0,72	0,55	0,97	0,92	0,38

Chú ý: Số liệu được làm tròn 3 chữ số.

Bảng 6-3: Thiệt hại GDP hàng năm do NBD và dâng bão đến năm 2050

Vùng được tính toán	Quy nạp GDP hàng năm (triệu USD 2010)	%/GDP trong vùng nghiên cứu	% GDP cho Việt Nam
ĐẤT HIỆN TẠI Ở CÁC TỈNH DUYÊN HẢI ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG			
Cao hơn so với mặt nước biển	\$59.700	100%	21,6%
VÙNG CHỊU RỦI RO DO NGẬP LỤT LÂU DÀI (SLR) VÀ BỊ CHIA CẮT LŨ (SỰ KIỆN 100 NĂM/BÃO)			
Dưới 1 mét	\$6.530	10,9%	2,36%
Dưới 5 mét	\$25.400	42,5%	9,18%

Chú ý: Số liệu được làm tròn 3 chữ số.

Nguồn: Số liệu dân số từ Trung tâm hệ thống thông tin khoa học trái đất; GDP/đầu người ở Việt Nam từ cơ quan tình báo Trung ương Factbook (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/index.html>).

6.5. Thảo luận

Phân tích này đưa ra một bằng chứng trong khung khổ phân tích rủi ro do dâng bão và NBD gây ra cho một vùng của Việt Nam. Mặc dù còn một vài hạn chế số liệu đã được nêu, nghiên cứu đã xây dựng phương pháp để đánh giá thiệt hại theo không gian do NBD và dâng bão với dữ liệu hiện có trong vùng đồng bằng sông Hồng. Trong kịch bản cơ sở không có NBD, mô hình hoạt động và đường đi của cơn bão đã cho thấy các cơn bão hoạt động trong vùng đồng bằng sông Hồng xảy ra không thường xuyên nhưng nghiêm trọng. Thay đổi đường cong dâng bão của các kịch bản NBD so với kịch bản cơ sở làm tăng rủi ro. Diện tích lũy kế bị ảnh hưởng đối với một số loại đất và giá trị GDP tương ứng được sử dụng để ước tính tác động kinh tế và rủi ro từ NBD và dâng bão. Do hạn chế về dữ liệu về độ cao so với mực nước biển, các khu vực bị ảnh hưởng chỉ có thể được xác định ở mức tổng hợp. Do đó, chỉ có sự phân biệt diện tích bị ảnh hưởng do NBD so với diện tích bị ảnh hưởng bởi dâng bão.

Các hàm ý của nghiên cứu này cho các chính sách thích ứng ở vùng đồng bằng sông Hồng đối với biến đổi khí hậu tương lai đưa ra những hướng nghiên cứu thú vị cho tương lai. Các lựa chọn thích ứng cho vùng bị ảnh hưởng gồm xây dựng hoặc gia cố đê bao mới và hiện có, xây dựng hệ thống đê điều phòng chống thủy triều ảnh hưởng đến khu vực nông nghiệp, nâng cao các công trình xây dựng để bị tổn thương ở vùng thấp, vùng chịu lũ lụt và kế hoạch quản lý tái thiết từ các khu vực phải đối mặt với những rủi ro nghiêm trọng nhất. Lựa chọn khác là có thể sử dụng các chính sách tài chính, chẳng hạn như các chương trình bảo hiểm cây trồng và tài sản. Những chương trình như vậy, giống như tất cả các chương trình khác, nên được phân tích cẩn thận về khía cạnh tài chính và kinh tế. Trong biện pháp tài chính, cần quan tâm đến phí bảo hiểm để đảm bảo công bằng, hiệu quả và hợp lý.

Thông thường, các chiến lược như vậy được phân tích và được gợi ý chỉ sau khi đánh giá lợi ích-chi phí ở đó có cân nhắc với giá trị của đất đai và các công trình có nguy cơ rủi ro, các chi phí thích ứng và thời gian của những rủi ro. Cách tiếp cận được xem xét trong nghiên cứu của Neumann và các cộng sự (2010) cho các vùng của Hoa Kỳ. Thật không may, các số liệu độ cao so với mực nước biển và số liệu kinh tế hiện có cho nghiên cứu này tại Việt Nam không đầy đủ để có thể thực hiện phân tích. Với tiếp tục hợp tác và đối thoại giữa các bên liên quan địa phương và các nhà phân tích, các phương pháp tiếp cận sáng tạo mới sẽ lấp đầy những khoảng trống số liệu nhằm hỗ trợ phân tích rủi ro và thích ứng tốt hơn, và do đó có thể hỗ trợ lập kế hoạch thích ứng trong khu vực rủi ro tốt hơn.

7. Tác động đến nền kinh tế

Để xem xét tác động của biến đổi khí hậu đến tăng trưởng và phát triển kinh tế, các kênh tác động được thảo luận ở các mục trước lần lượt được xem xét. Tất cả, sáu kênh tác động hoặc kịch bản được xem xét. Các kênh được liệt kê dưới đây với phần chữ in nghiêng là tên của từng kênh tác động/kịch bản.

1. *Nông nghiệp*. Tác động của thay đổi lượng mưa và nhiệt độ tới trồng trọt theo khu vực kết hợp với việc không đáp ứng được nhu cầu thủy lợi.

2. *Đường giao thông*. Tác động của biến đổi khí hậu từ mô hình CliRoad.

3. *Thủy điện*. Thay đổi phần trăm của sản xuất thủy điện được áp đặt như mô tả trong Đồ thị 4-22.

4. *NBD thấp*. Nước biển dâng khoảng 16 cm đến năm 2050. Mực nước biển tăng dần theo giai đoạn mô phỏng.

5. *NBD cao*. Nước biển dâng khoảng 38cm đến năm 2050, được mô phỏng giống như kịch bản NBD thấp.

6. *Bão*. Xác suất bão được mô phỏng giống nhau trong 56 kịch bản, chỉ có tác động biên của bão do nước biển dâng được coi là cú sốc của mô hình trong kịch bản này.

Các kênh tác động này được mô phỏng theo trình tự tăng dần. Vì vậy, kịch bản Đường giao thông sẽ bao gồm cả cú sốc của kịch bản Nông nghiệp và cú sốc qua kênh đường giao thông. Kịch bản cuối cùng, Bão, bao gồm các cú sốc của ba kịch bản đầu kết hợp với kịch bản NBD cao. Bởi vì với nước biển dâng thấp, tác động của bão do dâng bão gây ngập lụt quá nhỏ để trình bày ở đây.

7.1. Mô hình kinh tế đa ngành

Kết quả của các mô hình của từng lĩnh vực ở trên được chuyển xuống mô hình cân bằng tổng thể động (DCGE) cho Việt Nam, ước tính tác động kinh tế của kịch bản gốc và kịch bản biến đổi khí hậu, bao gồm các tác động tràn từ bốn lĩnh vực đến tổng thể nền kinh tế (nghĩa là cả các mối liên hệ gián tiếp trong tổng thể nền kinh tế). Mô hình DCGE của chúng tôi thuộc loại mô hình CGE tân cổ điển cơ cấu (xem Dervis et al. 1982).⁽⁵⁾ Mô hình DCGE như vậy phù hợp với phân tích tác động của biến đổi khí hậu. Một là, mô hình mô phỏng vận hành của nền kinh tế thị trường, bao

(5) Về cấu hình chi tiết của mô hình DCGE chung, xem Diao và Thurlow (2012). Nghiên cứu áp dụng mô hình tương tự cho biến đổi khí hậu gần đây, xem Arndt và cộng sự (2008, 2010).

gồm các thị trường lao động, vốn và hàng hóa và do đó có thể đánh giá điều kiện kinh tế sẽ thay đổi như thế nào thông qua sự thay đổi về giá cả và thị trường. Thứ hai, mô hình DCGE đảm bảo rằng những ràng buộc của nền kinh tế được xem xét, điều này đặc biệt quan trọng trong dự báo biến đổi khí hậu trong dài hạn. Cuối cùng, mô hình CGE xem xét chi tiết các ngành và được ví như “phòng thí nghiệm” để lượng hóa các kênh tác động khác nhau của biến đổi khí hậu đến hiệu quả hoạt động cũng như cấu trúc của nền kinh tế.

Các quyết định kinh tế trong mô hình DCGE là kết quả của các quyết định tối ưu hóa của người sản xuất, người tiêu dùng trong nền kinh tế có mối quan hệ chặt chẽ. Các cơ chế thay thế được thể hiện trong mô hình khi có sự thay đổi về giá tương đối, bao gồm thay thế giữa các yếu tố sản xuất, giữa nhập khẩu và hàng sản xuất trong nước, giữa xuất khẩu và tiêu dùng nội địa.⁽⁶⁾ Mô hình của Việt Nam có 8 khu vực và 30 ngành, bao gồm điện, dịch vụ vận tải và 10 ngành nông nghiệp. Mô hình có 37 yếu tố sản xuất bao gồm: ba loại lao động (phân theo trình độ giáo dục – tiểu học, trung học cơ sở và phổ thông trung học, sau đó được chia tiếp theo nông thôn, thành thị), vốn, đất nông nghiệp, gia súc và cá. Vốn nông nghiệp, đất, gia súc và cá được chia theo 8 vùng. Những phân loại chi tiết theo vùng và ngành như vậy cho phép mô hình có thể thể hiện được cấu trúc nền kinh tế và ảnh hưởng đến kết quả mô hình.

Tác động của biến đổi khí hậu đến tăng trưởng kinh tế và phúc lợi xã hội trong mô hình DCGE thông qua 4 cơ chế chính: Thứ nhất, thay đổi năng suất của nông nghiệp theo lượng mưa được lấy từ mô hình CliCrop/WEAP và sau đó DCGE quyết định phân bổ nguồn lực cho từng loại cây trồng phụ thuộc vào khả năng sinh lời tương đối của ngành đó so với các hoạt động khác (từ là quyết định nội sinh). Thứ hai, DCGE trực tiếp lồng ghép những thay đổi trong sản xuất thủy điện từ mô hình IMPEND. Thứ ba, CliRoad được lồng ghép trực tiếp vào mô hình DCGE. Độ dài của hệ thống giao thông vùng từ CliRoad được sử dụng trong mô hình DCGE để giúp quyết định tốc độ tăng năng suất. Hệ thống giao thông ngắn hơn làm cho năng suất dịch vụ vận tải thấp hơn và tăng chi phí vận chuyển hàng hóa giữa người sản xuất và người tiêu dùng. Cuối cùng, mô hình DCGE lồng ghép tác động của NBD bằng cách giảm diện tích đất canh tác trong mỗi khu vực bằng diện tích đất ngập lụt ước tính ở trên. Các kênh tác động khác như sức khỏe và du lịch được ghi nhận nhưng không được xem xét ở nghiên cứu này.

Khung thời gian dài xem xét tác động của biến đổi khí hậu cho thấy tính động ở đây rất quan trọng. Cấu trúc động độ quy của mô hình CGE của chúng tôi cho phép nắm bắt được thay đổi hàng năm về tỷ lệ tích lũy vốn con người và vốn vật chất và thay đổi công nghệ. Ví dụ, nếu biến đổi khí hậu giảm sản lượng thủy điện và nông nghiệp trong một năm nào đó, thì thu nhập sẽ giảm, do đó giảm tiết kiệm. Giảm tiết kiệm dẫn đến giảm đầu tư và giảm sản lượng tiềm năng.⁽⁷⁾ Tương tự như vậy, chi phí bảo trì đường giao thông cao hơn dẫn đến đầu tư hạ tầng ít hơn và giảm độ dài hệ thống đường hiện tại và trong tương lai. Những hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt cũng gây ra thiệt hại về cơ sở hạ tầng có ảnh hưởng lâu dài. Nhìn chung, chỉ một sự khác biệt nhỏ cộng dồn lại có thể gây ra những khác biệt lớn về kết quả kinh tế trong thời gian dài. Mô hình DCGE của chúng tôi có thể mô phỏng được những tác động đó.

(6) Hệ số co giãn của hàm sản xuất và thương mại được lấy từ Dimaranan (2006).

(7) Do tập trung vào tác động dài hạn, đóng “vĩ mô” giả định rằng thay đổi tổng hấp thu của nền kinh tế được phân bổ cho tiêu dùng, đầu tư công và tư nhân thông qua thay đổi phân phối trung lập trong tỷ lệ tiết kiệm (xem Lofgren và cộng sự., 2002). Tiết kiệm chính phủ linh hoạt, thuế suất cố định và tỷ giá thực điều chỉnh để duy trì cân đối, cân cân vãng lai được quyết định ngoại sinh.

7.2. Kết quả: Tác động của biến đổi khí hậu

7.2.1. Kịch bản gốc

Để ước tính chi phí kinh tế của biến đổi khí hậu cho Việt Nam, trước tiên cần xác định kịch bản gốc, thể hiện xu hướng phát triển, chính sách cũng như định hướng ưu tiên trong trường hợp không có biến đổi về khí hậu. Kịch bản gốc cung cấp một khung tăng trưởng và thay đổi cơ cấu kinh tế hợp lý cho Việt Nam từ 2007 đến 2050 và được sử dụng làm cơ sở để so sánh.

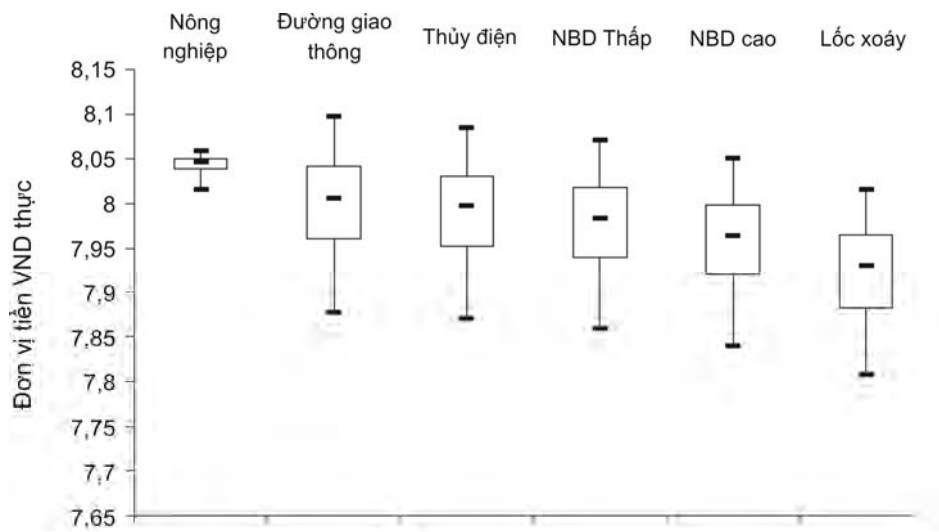
Tăng trưởng kinh tế trong mô hình DCGE được quyết định bởi tốc độ tích lũy các yếu tố sản xuất và biến đổi công nghệ. Đối với cung lao động, chúng tôi giả định lực lượng lao động sơ cấp, trung cấp và cao cấp tăng với tốc độ 2,5%; 2%; và 1,5%. Chúng tôi giả định rằng diện tích canh tác sẽ tăng 1% hàng năm làm cho sản xuất nông nghiệp tăng trưởng phụ thuộc nhiều vào cải tiến công nghệ hơn là mở rộng diện tích đất canh tác. Tiến bộ về trình độ đào tạo của lực lượng lao động được giả định tăng năng suất với giả định năng suất lao động trung cấp và cao cấp tăng (với tốc độ tăng tương ứng là 2% và 1%/năm) và không tăng với lao động sơ cấp. Tăng hàng năm về sản xuất thủy điện và hệ thống đường được quyết định trong mô hình các lĩnh vực này sử dụng số liệu quá khứ về biến đổi khí hậu. Theo giả định trên, kinh tế Việt Nam tiếp tục tăng trưởng với tốc độ 5,4%/năm với đóng góp của nông nghiệp trong tổng sản phẩm quốc nội (GDP) giảm từ 16% xuống còn 7,6% trong giai đoạn 2007-2050. Tốc độ tăng trưởng dương khá cao này dẫn đến cải thiện liên tục đáng kể phúc lợi trung bình của hộ gia đình.

7.2.2. Tác động đến nền kinh tế

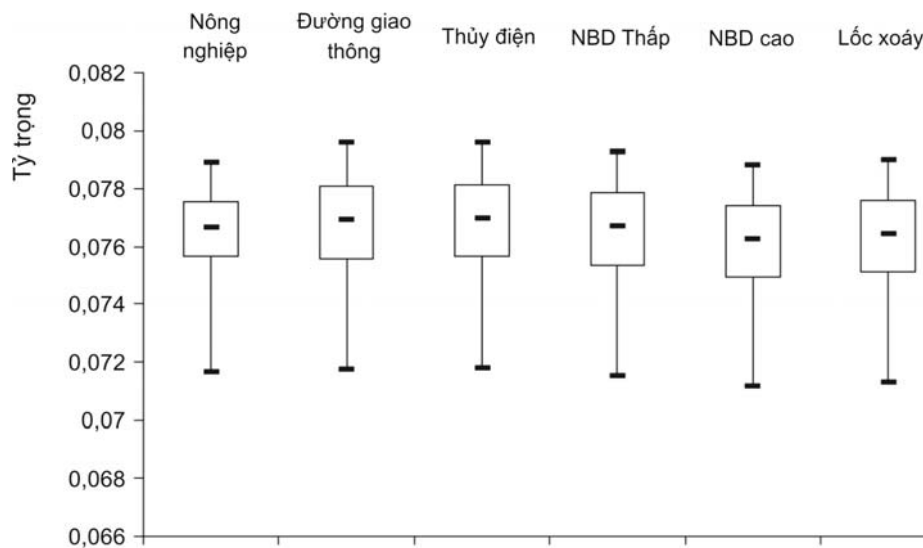
Đồ thị 7-1 trình bày GDP thực trung bình cho giai đoạn 2046-2050. Giá trị trung bình được trình bày để hạn chế tác động của sốc trong một năm nhất định nào đó. Bắt đầu với kịch bản Nông nghiệp, kết quả cho thấy tác động của biến đổi khí hậu khá là nhẹ khi thiệt hại về đất do nước biển dâng không được xem xét. Hay nói cách khác, kịch bản này chỉ xem xét tác động của các cú sốc được tóm tắt trong Đồ thị 4-8 và nhu cầu thủy lợi không được đáp ứng trong Đồ thị 4-9. Tác động của những cú sốc này đối với nền kinh tế và tăng trưởng tương đối nhỏ bởi hai lý do. Thứ nhất, bản thân các cú sốc không lớn trên mọi khía cạnh. Thứ hai, quan trọng hơn là tỷ trọng của nông nghiệp trong GDP đến giai đoạn 2046-2050 không lớn. Điều này được chỉ rõ trong Đồ thị 7-2, theo đó tỷ trọng này là 7% đến 8% đối với tất cả các kịch bản. Bởi vì tỷ trọng nông nghiệp có xu hướng giảm dần (phù hợp với xu hướng thực tế), sự thay đổi hoặc sụt giảm trong sản xuất nông nghiệp tác động đến nền kinh tế và tăng trưởng chung ngày càng nhỏ.

Đối với kịch bản Đường giao thông thể hiện trong Đồ thị 7-1, tác động của biến đổi khí hậu trở nên mạnh hơn, có thể có tác động tích cực nhưng khả năng xảy ra tác động tiêu cực nhiều hơn ở phạm vi quốc gia. Tác động này được dẫn dắt bởi mô hình CliRoad (cũng như ở trên, ở đây loại trừ những tổn thất về hạ tầng do nước biển dâng). Đồ thị 7-3 mô tả tóm tắt phân bổ độ dài hệ thống đường giao thông so với kịch bản gốc, không có biến đổi khí hậu. Như đã trình bày ở trên, CliRoad được lồng trực tiếp vào mô hình CGE. Độ dài hệ thống đường tác động đến tăng năng suất trong mô hình. Thêm vào đó, đầu tư vào đường giao thông được giả định tăng tỷ lệ thuận với chi tiêu chính phủ. Kết quả là độ dài hệ thống đường khác nhau cho các kịch bản.

Đồ thị 7-1: Mức GDP thực tế theo giá sản xuất (trung bình từ 2046 đến 2050)

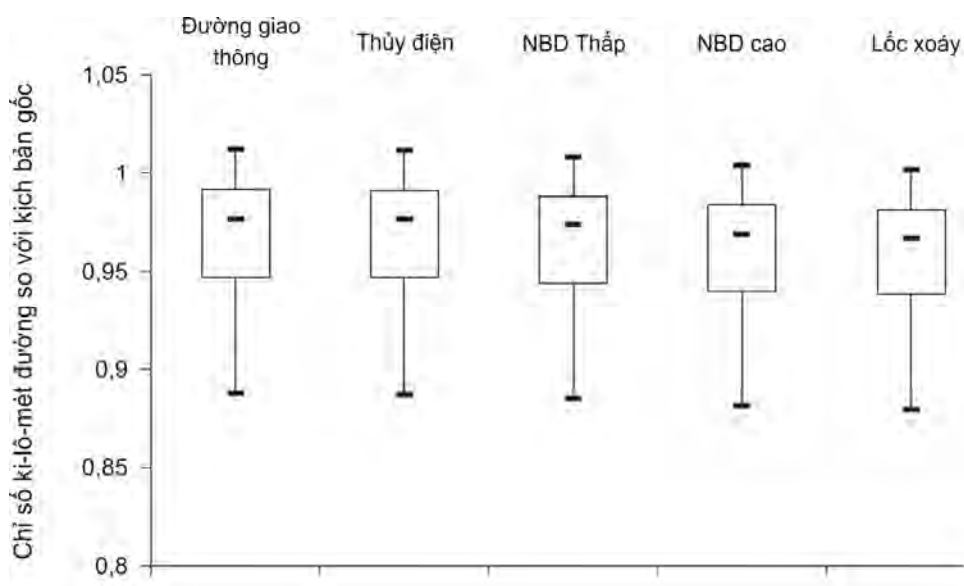


Đồ thị 7-2: Tỷ trọng nông nghiệp trong GDP (trung bình giai đoạn 2046-2050)



Trong một số kịch bản, độ dài hệ thống đường dài hơn so với kịch bản gốc. Các kịch bản khác có xu hướng thuận lợi hơn với đường giao thông do giảm khả năng bị xói lở do mưa và lụt. Tuy nhiên, hầu hết các kịch bản đều cho thấy sự sụt giảm độ dài hệ thống đường. Điều này do 3 yếu tố. Thứ nhất, tất cả kịch bản GCM đều cho kết quả là nhiệt độ tăng. Nhiệt độ tối đa cao hơn làm tăng tốc độ xuống cấp của đường nhựa trừ khi hệ thống đường được cải thiện cho phù hợp với điều kiện nhiệt độ cao hơn. Mô hình không thể hiện sự điều chỉnh về thiết kế đường, do đó nhiệt độ cao dẫn đến gia tăng chi phí duy trì bảo dưỡng đường, vì vậy giảm đầu tư mới vào đường giao thông. Thứ hai, thậm chí lượng mưa trên toàn quốc giảm nhẹ nhưng cường độ mưa có xu hướng tăng dẫn đến tốc độ xói lở, đặc biệt đối với đường đất. Thứ ba, tăng cường độ mưa dẫn đến tăng nhẹ tần suất và cường độ lụt ở hầu hết các kịch bản. Vài kịch bản GCM cho kết quả lụt lội lớn có thể trở lên thường xuyên hơn, dẫn đến suy giảm đáng kể hệ thống đường.

Đồ thị 7-3: Chỉ số độ dài hệ thống đường so với kích bản gốc (trung bình giai đoạn 2046-2050)



Sự tàn phá hoặc xuống cấp của cơ sở hạ tầng có tác động khác với tác động của sản xuất nông nghiệp do các tác động này còn kéo dài. Một khi đường bị xói lở, tác động tiêu cực sẽ còn kéo dài cho đến khi đường được làm lại. Tuy nhiên, với nguồn lực phân bổ cho làm đường là cố định, việc làm lại những đoạn đường bị xói lở mưa lớn hoặc lụt lội làm cho nguồn lực để làm đường mới hoặc duy tu đường cũ bị giảm đi. Do đó, biến đổi khí hậu tác động đến tỷ lệ tích lũy hệ thống đường giao thông, do đó ảnh hưởng đến tăng năng suất của khu vực sản xuất. Do tỷ lệ tích lũy đường bị ảnh hưởng, tác động của nó có thể cộng dồn và trở lên khá lớn theo thời gian. Ngược lại, đối với nông nghiệp, biến đổi khí hậu (như được mô hình hóa) tác động đến sản xuất nông nghiệp trong một thời gian nhất định nhưng không nhất thiết tác động đến tốc độ tăng năng lực sản xuất theo thời gian. Nếu điều kiện tăng trưởng kém đi thì sản xuất giảm, nếu tốt lên thì sản xuất tăng.

Kịch bản thứ ba thêm các cú sốc như mô tả ở Đồ thị 4-22 liên quan đến thủy điện. Như Đồ thị 4-22 cho thấy, tác động đến sản xuất thủy điện về cơ bản dao động xung quanh giá trị 0 trong những năm 2040. Tuy nhiên, trong những năm 2020 và 2030, khi thủy điện chiếm tỷ trọng lớn hơn tổng cung điện, tác động trở thành dấu âm. Tác động này làm giảm nhẹ tăng trưởng trong giai đoạn mô phỏng, làm cho GDP bình quân (của tất cả 56 kịch bản GCM) giai đoạn 2046-2050 giảm nhẹ. Một điều đáng chú ý là GDP cực đại của tất cả các kịch bản GCM ở kịch bản Thủy điện đều giảm so với kịch bản Đường giao thông. Nên lưu ý ở đây thời tiết khô thường tốt hơn cho đường giao thông nhưng không tốt cho sản xuất thủy điện.

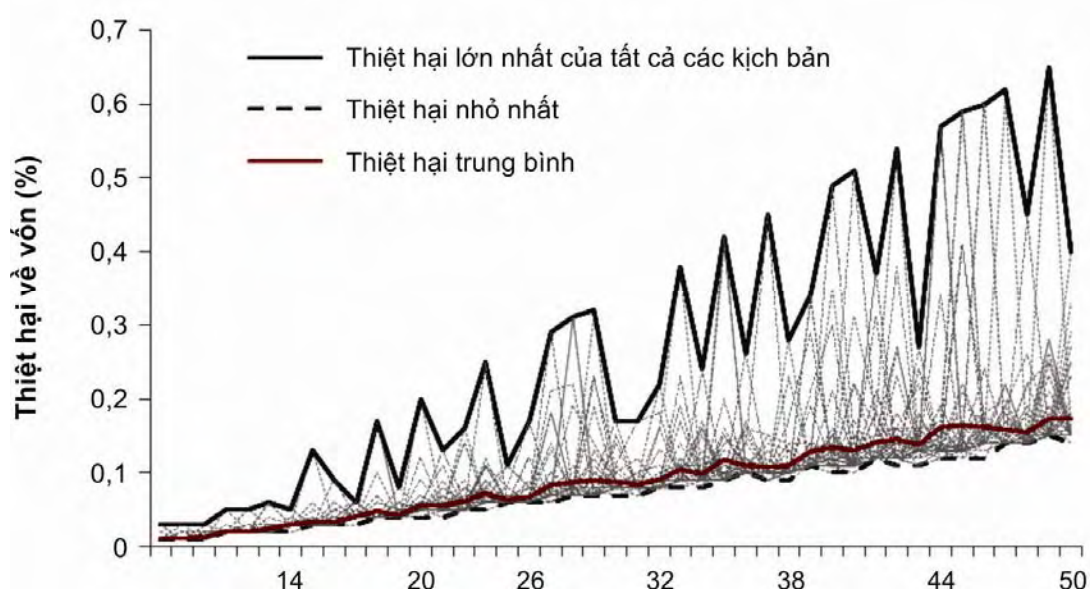
Nước biển dâng có tác động tiêu cực trong tất cả các kịch bản và về cơ bản làm giảm GDP. Như đã thảo luận, nước biển dâng không có quan hệ đối với kịch bản GCM cụ thể nào được lựa chọn. Vì vậy, áp dụng các cú sốc nước biển dâng giống nhau cho tất cả các kịch bản. Hai kênh truyền dẫn thiệt hại do nước biển dâng là thiệt hại đất nông nghiệp và thiệt hại về đường giao thông. Như đã nhấn mạnh ở trên, dữ liệu độ sâu so với mặt nước biển chỉ có ở dạng độ cao theo

từng mét trong khi biến đổi khí hậu dự báo có thể làm cho nước biển dâng 38 cm đến năm 2050 (có thể dâng cao hơn nhiều đến năm 2100). Kết quả là không thể phân tích một cách chính xác tác động của nước biển dâng đến năm 2050 nếu không có thêm giả định. Chúng tôi giả định rằng với 38 cm nước biển dâng, 38% diện tích đất có độ sâu dưới 1m nước biển sẽ bị ngập. Chúng tôi cũng giả định rằng diện tích này có phần đáng kể là đất nông nghiệp và đường giao thông. Những dạng vốn khác như máy móc, hạ tầng cơ sở khác không bị ảnh hưởng bởi vì chúng có thể được di dời hoặc được xây dựng ở những khu đất có độ cao so với mực nước biển cao hơn. Với những giả định như vậy, kịch bản NBD cao về cơ bản sẽ có tác động tiêu cực nhiều hơn so với kịch bản NBD thấp.

Kịch bản Bão xem xét tác động của bão so với kịch bản gốc. Như đã đề cập, chúng tôi giả định rằng không có thay đổi về tần suất hoặc cường độ của bão. Những thiệt hại của bão phụ thuộc vào vận tốc gió; tuy nhiên, yếu tố này được giữ cố định ở cả kịch bản gốc và các kịch bản biến đổi khí hậu. Kết quả là tác động của biến đổi khí hậu trong kịch bản Bão là do sự kết hợp giữa dâng bão và nước biển dâng. 38 cm nước biển dâng gây dâng bão vào sâu trong đất liền và tăng độ sâu ngập dưới nước của vùng đất bị ảnh hưởng.

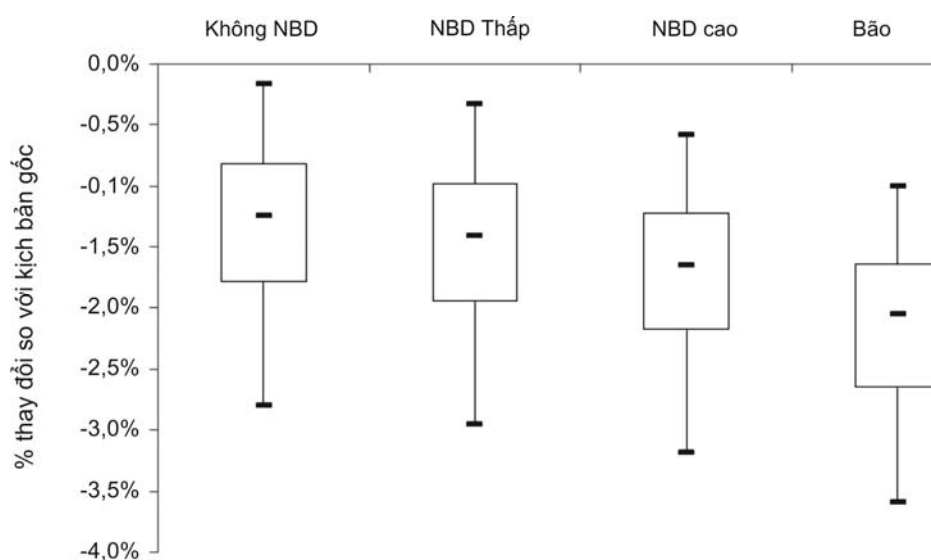
Bởi vì bão lớn hơn gây ra dâng bão mạnh hơn và đất ngập nước lớn hơn, nên chúng tôi giả định rằng thiệt hại biên tăng không tuyến tính với sức mạnh của bão. Điều này được minh họa ở Đồ thị 7-4, miêu tả thiệt hại biên tối thiểu, tối đa và trung bình gắn với lốc và 38 cm nước biển dâng. Mỗi năm trong 56 vòng chạy GCM, lốc được sức một cách ngẫu nhiên. Kết quả là dự kiến sẽ thấy một số cơn lốc mạnh trong ít nhất một kịch bản GCM mỗi năm. Trong khi tác động trung bình có thể nhỏ thậm chí đến năm 2050 (khoảng 0,1% hoặc 1/1000 của thiệt hại vật chất), thiệt hại từ bão mạnh hơn sẽ nhiều hơn rất nhiều, cao hơn khoảng 0,6% tổng vốn so với bão thường. Những thiệt hại này có xu hướng làm giảm GDP.

Đồ thị 7-4: Thiệt hại biên đối với vốn do Bão và nước biển dâng



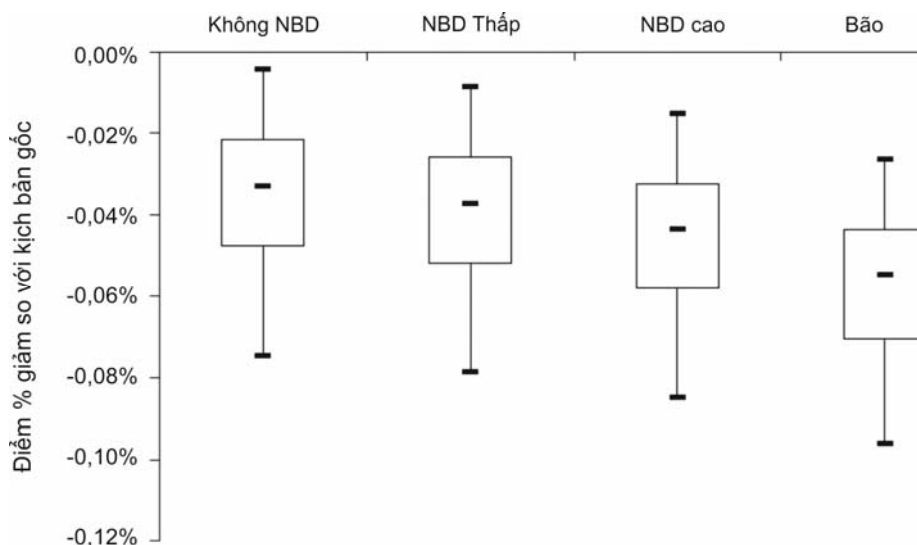
Tuy nhiên, tổng thiệt hại đối với tăng trưởng kinh tế của bão không lớn đối với GDP của Việt Nam. Đồ thị 7-5 minh họa phần trăm giảm GDP trong giai đoạn 2046-2050. Kịch bản không NBD là kịch bản Thủy điện (nghĩa là kết hợp các kênh tác động Nông nghiệp, Đường giao thông, Thủy điện). Kịch bản NBD thấp thể hiện tác động nhẹ nhất so với các kịch bản khác. GDP giai đoạn đó dao động trong khoảng 0,25% và -2,5% với hầu hết các kết quả rơi vào khoảng -0,5% đến -1,5%. Với trường hợp nước biển dâng cao và bão, GDP giai đoạn 2046-2050 giảm từ 0% đến 2,5%. Hay nói cách khác, nếu GDP ở kịch bản gốc là 100 giai đoạn 2046-2050 thì GDP ở các kịch bản biến đổi khí hậu sẽ giảm từ 100 đến 97,5. Kết quả này về cơ bản phù hợp với kết quả của Ngân hàng thế giới (2010c).

Đồ thị 7-5: Giảm GDP thực tế so với kịch bản gốc (trung bình 2046-2050)



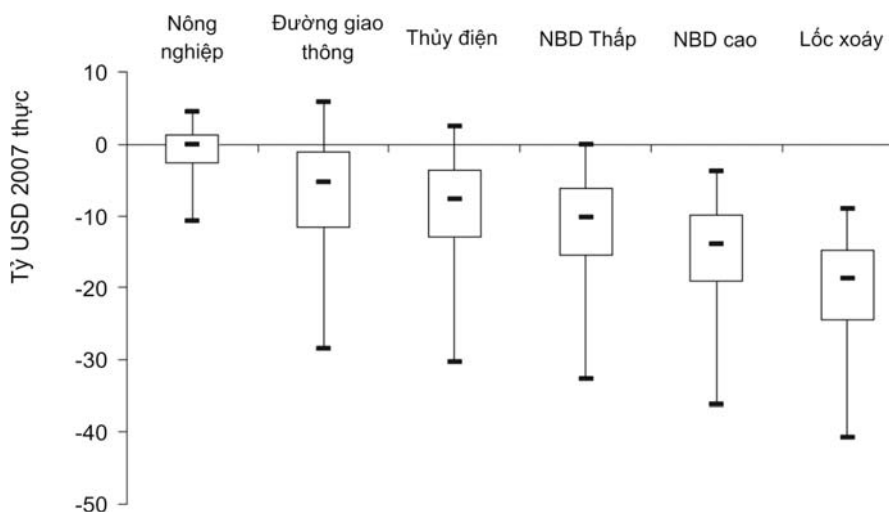
Bởi vì tăng trưởng là quá trình tích lũy, những giảm sút về GDP sẽ dẫn đến những suy giảm nhỏ đối với tốc độ tăng trưởng GDP bình quân hàng năm trong giai đoạn mô phỏng như minh họa ở Đồ thị 7-6. Trong kịch bản Bão, tốc độ tăng trưởng GDP giảm từ 0,01 đến 0,08 điểm phần trăm. Hay nói cách khác, nếu tốc độ tăng trưởng bình quân ở kịch bản gốc là 5,4% hàng năm thì tốc độ tăng trưởng ở các kịch bản biến đổi khí hậu vào khoảng 5,32% đến 5,39%. Tóm lại, các yếu tố khác ngoài biến đổi khí hậu có thể có tầm quan trọng hơn trong việc quyết định tốc độ tăng trưởng của nền kinh tế Việt Nam đến năm 2050.

Đồ thị 7-6: Tác động của biến đổi khí hậu đến tốc độ tăng trưởng GDP bình quân hàng năm



Trong khi đó, bởi vì GDP của Việt Nam dự báo khoảng lớn hơn 500 tỷ USD đến năm 2050, giá trị thiệt hại do biến đổi khí hậu trong các kịch bản dưới dạng giá trị tuyệt đối của các kịch bản là lớn. Đồ thị 7-7 minh họa giá trị hiện tại ròng của thiệt hại giai đoạn 2007-2050, đo lường bằng khác nhau về GDP giá sản xuất giữa kịch bản gốc và các kịch bản biến đổi khí hậu. Giá trị hiện tại ròng được tính toán dựa trên tỷ lệ chiết khấu 5%. Từ kịch bản tác động khả quan nhất là NBD thấp đến kịch bản tác động kém khả quan nhất là Bão, giá trị hiện tại ròng của thiệt hại dao động từ 0 đến khoảng 40 tỷ USD (tính theo giá USD năm 2007). Đa số các kết quả nằm trong khoảng thiệt hại từ 6 tỷ đến 15 tỷ USD. Thiệt hại này tương đối lớn và có thể hạn chế được tối đa nếu có chính sách thích ứng sáng suốt.

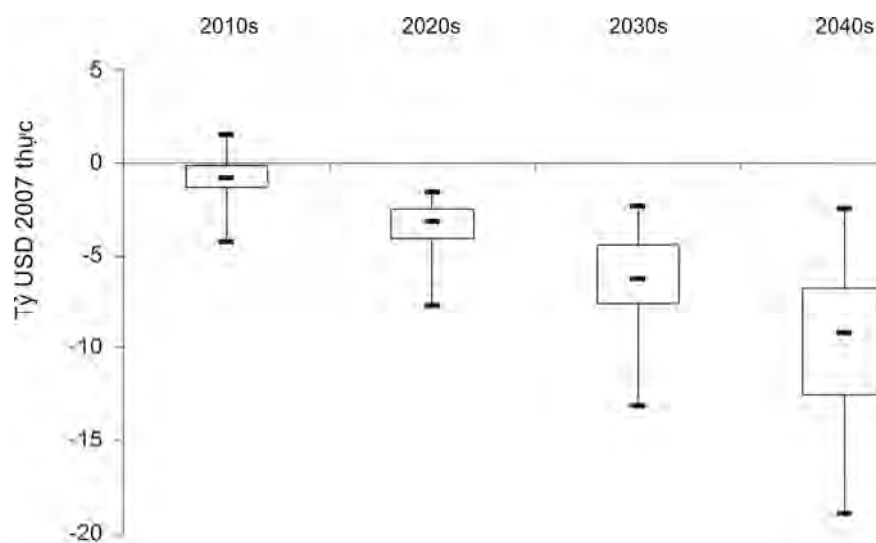
Đồ thị 7-7: Giá trị hiện tại ròng của thiệt hại do biến đổi khí hậu



Chú thích: Tỷ lệ chiết khấu 5%.

Cuối cùng, Đồ thị 7-8 trình bày tính toán giá trị hiện tại ròng của Đồ thị 7-7 theo thập kỷ cho kịch bản Bão. Mặc dù các giá trị này đều được chiết khấu theo năm 2007 theo tỷ lệ 5%, thập kỷ sau này bị thiệt hại nhiều hơn thập kỷ trước. Đến năm 2040, giá trị thiệt hại lớn đáng kể. Nếu tác động của biến đổi khí hậu trở lên nghiêm trọng hơn sau năm 2050, đồ thị nêu bật một gợi ý là nên sáng suốt chuẩn bị cho các tác động ngày càng trầm trọng hơn của biến đổi khí hậu vào các thập kỷ sắp tới.

Đồ thị 7-8: Giá trị hiện tại thuần của thiệt hại do biến đổi khí hậu theo thập kỷ trong kịch bản Bão (tỷ USD năm 2007)



Chú thích: Tỷ lệ chiết khấu 5%.

8. Kết luận

Hướng đến năm 2050, các tác động sau đây đến khí hậu của Việt Nam được dự báo: nhiệt độ tăng khoảng một đến hai độ C; lượng mưa có sự thay đổi nhỏ với xu hướng giảm và tác động tương đối nhỏ đến lượng nước bốc hơi. Kết hợp giữa giảm nhẹ lượng mưa và tăng nhẹ lượng nước bốc hơi dẫn đến giảm nhẹ giá trị trung bình/trung vị của chỉ số độ ẩm khí hậu, nghĩa là thời tiết có vẻ khô hơn. Thay đổi dòng chảy cũng nhỏ và khả năng giảm nhẹ và tăng nhẹ như nhau (thay đổi giá trị trung vị mang giá trị âm nhỏ). Những thay đổi này không đủ lớn để tạo ra sụt giảm lớn trong sản xuất nông nghiệp hoặc không biến đổi lớn để tạo ra (trong hầu hết các trường hợp) những biến đổi lớn về các hiện tượng thời tiết tiêu cực đe dọa cơ sở hạ tầng. Thêm vào đó, sản xuất thủy điện có xu hướng bị tác động tiêu cực nhưng những tác động đó không đủ lớn để kìm hãm tăng trưởng kinh tế.

Nước biển dâng tạo ra tác động kinh tế lớn nhất, đặc biệt khi nước biển dâng cao và khi nước biển dâng kết hợp với bão. Đồng bằng sông Cửu Long đặc biệt dễ tổn thương với tỷ trọng lớn diện tích đất bị ngập đến năm 2050 trong kịch bản nước biển dâng cao. Nhìn chung, biến đổi khí hậu tác động tiêu cực đến tương lai tăng trưởng kinh tế Việt Nam đến năm 2050. Tuy nhiên, tác động đó *đến năm 2050* sẽ không quá lớn. Các yếu tố khác ngoài biến đổi khí hậu có khả năng là yếu tố quan trọng quyết định tốc độ tăng trưởng kinh tế trong vài thập kỷ tới.

Tuy nhiên, giá trị hiện tại ròng của thiệt hại chỉ ra rằng tác động kinh tế vĩ mô của biến đổi khí hậu có thể đáng phải xem xét và cần có những chính sách thích ứng kịp thời. Chính sách thích ứng bao gồm:

- Đầu tư vào hệ thống thông tin để giám sát tác động của biến đổi khí hậu, bao gồm cải tiến hệ thống thông tin địa lý, tập trung vào hệ thống dữ liệu độ cao so với mặt nước biển cho các tỉnh thấp, dòng sông và theo dõi chặt chẽ dự báo về mức nước biển dâng toàn cầu;
- Phát triển đa dạng cây trồng có khả năng chịu nhiệt cao;
- Cải thiện hiệu quả sử dụng nước;
- Thay đổi thiết kế tiêu chuẩn của hệ thống cơ sở hạ tầng như đường giao thông phù hợp với điều kiện khí hậu nóng hơn và thay đổi nhiều hơn.

Sự lựa chọn chính sách nghiêm túc xoay quanh tác động của nước biển dâng kết hợp với bão. Về cơ bản, có hai lựa chọn: Thứ nhất, chính phủ Việt Nam có thể hướng các hoạt động kinh tế tập trung vào những vùng đất cao. Thứ hai, chính phủ có thể đầu tư vào cơ sở hạ tầng. Hai lựa chọn này không loại trừ nhau và quyết định ứng phó với biến đổi khí hậu không cần phải ra ngay lập tức. Tuy nhiên, trong khi cần có thêm nhiều nghiên cứu, chứng cứ hiện nay cho thấy lựa chọn hướng các hoạt động vào vùng đất cao hơn có khả năng hiệu quả hơn và chắc chắn đỡ rủi ro hơn là không có hành động gì. Lý do quan trọng phản đối lựa chọn đầu tư cơ sở hạ tầng là nó có thể có thiệt hại rất lớn. Cả chi phí xây dựng cơ sở hạ tầng và chi phí mà vốn đầu tư bỏ ra để đầu tư trong khu vực dự báo có rủi ro rất lớn về bão trong tương lai. Như vậy, với lựa chọn này, luôn luôn có khả năng thiệt hại sẽ rất lớn, lớn hơn nhiều so với đầu tư xây dựng cơ sở hạ tầng.

Mặt khác, đối với lựa chọn hướng dần hoạt động kinh tế vào vùng đất an toàn và cao hơn thì hầu hết các đầu tư đến năm 2050 chưa được thực hiện. Như vậy, tính dễ tổn thương phụ thuộc chủ yếu vào lựa chọn địa điểm trong tương lai. Như đã thảo luận, rủi ro do nước biển dâng chủ yếu tập

trung (nhưng không hoàn toàn) vào vùng đồng bằng sông Cửu Long. Thậm chí kể cả trường hợp không tính đến biến đổi khí hậu, có nhiều lý do để phát triển các khu đô thị ngoài thành phố Hồ Chí Minh (và Hà Nội). Vì vậy, chính sách phát triển các khu đô thị khác có thể là lựa chọn “không hối tiếc” trong tương lai khi tình hình nước biển dâng được cải thiện do các nỗ lực chính sách giảm thiểu toàn cầu hoặc do những điều chỉnh trong các kết quả nghiên cứu khoa học. Tuy nhiên, để chiến lược ứng phó dần dần được thực hiện và có hiệu quả, việc hướng các hoạt động kinh tế vào các vùng đất cao hơn nên được triển khai sớm, đặc biệt nếu các dự đoán về kịch bản nước biển dâng cao có xu hướng phù hợp với diễn biến về nước biển dâng quan sát được trên thực tế.

9. Tài liệu tham khảo

- Adger, W. Neil (1999). Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*, 27(2): 249-269.
- Allen, Richard G., Luis S. Pereira, Dirk Raes, and Martin Smith (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. *Irrigation and Drainage Paper 56*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Arndt, C., R. Benfica, N. Maximiano, A. Nucifora, and J. Thurlow (2008). Higher fuel and food prices: impacts and responses for Mozambique. *Agricultural Economics*, 39: 497–511.
- Arndt, C., R. Benfica, F. Tarp, J. Thurlow, and R. Uaiene (2010). Biofuels, growth and poverty: a computable general equilibrium analysis for mozambique. *Environment and Development Economics*, 15 (1): 81–105.
- Arndt, C., K. Strzepek, F. Tarp, J. Thurlow, C. Fant, L. Wright (2011). "Adapting to Climate Change: An Integrated Biophysical and Economic Assessment for Mozambique." *Sustainability Science*. 6(1): 7-20.
- Austroroads (2004). *Impact of Climate Change on Road Infrastructure*. Publication No. AP–R243/04, Sydney, Australia.
- Batjes, N.H. (2002). *A Homogenized Soil Profile Data Set for Global and Regional Environmental Research*. Wageningen, the Netherlands: International Soil Reference and Information Centre.
- Block, P. and K. Strzepek (2010). Economic analysis of large-scale upstream river basin development on the blue Nile in Ethiopia considering transient conditions, climate variability, and climate change. *Journal of Water Resource Planning and Management*, 136 (2): 156–66.
- Boogaard, H.L., C. A. Van Diepen, R. P. Roetter, J. M. C. A. Cabrera, and H. H. Van Laar (1998). *WOFOST 7.1: User's Guide for the WOFOST 7.1 Crop Growth Simulation Model and WOFOST Control Center 1.5*. Wageningen, the Netherlands: Alterra.
- Calderón, C. and L. Servén (2004). The effects of infrastructure development on growth and income distribution. Policy Research Working Paper 3400, Washington, D.C.: World Bank.
- Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University; United Nations Food and Agriculture Programme (FAO); and Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (2005). Gridded Population of the World: Future Estimates (GPWFE). Palisades, NY: Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC), Columbia University. Available at <http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw>. Downloaded 12/20/2010.
- Chaudhry, P. and G. Ruyschaert (2007). Climate change and human development in Vietnam. *UNDP Human Development Report 2007/2008*. Human Development Report Office, United Nations Development Program.
- Chinowsky, Paul S., Carolyn Hayles, Amy Schweikert, and Niko Strzepek (2011a). Climate change as organizational challenge: comparative impact on developing and developed countries. *Engineering Project Organization Journal*, 1.

Chinowsky, Paul S., Amy Schweikert, Niko Strzepek, Kyle Manahan, Kenneth Strzepek, and C. Adam Schlosser (2011b). Adaptation advantage to climate change impacts on road infrastructure in Africa through 2100. Working Paper, No. 25. United Nations University World Institute for Development Economics Research.

Cline, W. (2007). *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, D.C.: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.

Dasgupta, S., B. Laplante, S. Murry, and D. Wheeler, (2009). Sea-level rise and storm surges: a comparative analysis of impacts of in developing countries. Policy Research Working Paper, No. 4901. Washington, D.C.: World Bank.

Dasgupta, S., et al. (2007). Impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. World Bank Policy Research Working Paper, No. 4136 (WPS4136). Washington, D.C.: World Bank.

Dasgupta, S., et al. (2008). The impact of sea level rise on developing countries: a comparative analysis. *Climate Change*, 93(3-4): 379-388.

Dervis, K., J. de Melo, and S. Robinson (1982). *General Equilibrium Models for Developing Countries*. London: Cambridge University Press.

Diao, X. and J. Thurlow (2012) A Recursive Dynamic Computable General Equilibrium Model. In X. Diao, J. Thurlow, S. Benin, and S. Fan (eds.) *Strategies and Priorities for African Agriculture: Economywide Perspectives from Country Studies*. Washington DC, USA: International Food Policy Research Institute.

Dillon, A., M. Sharma, and X. Zhang (2011). Estimating the impact of rural investments in Nepal. *Food Policy* 36: 250-28.

Dimaranan, B. V. (ed.) (2006). *Global Trade, Assistance, and Production: The GTAP 6 Data Base*. Purdue University Center for Global Trade Analysis.

Emanuel, K., R. Sundararajan, and J. Williams (2008). Hurricanes and global warming: results from downscaling IPCC AR4 simulations. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 89: 347-367.

Esfahani, H.S., and M.T. Ramirez (2003). Institutions, infrastructure, and economic growth. *Journal of Development Economics* 70: 443-477.

Fan, S., and C. Chan-Kang (2008). Regional road development, rural and urban poverty: evidence from China. *Transport Policy* 15: 305-314.

Fan, S., and P. Hazell (2001). Returns to public investments in the less-favored areas of India and China. *American Journal of Agricultural Economics* 83: 1217-1722.

Fan, S., and X. Zhang (2008). Public expenditure, growth, and poverty reduction in rural Uganda. *African Development Review* 20: 466-496.

Fan, S., L. Zhang, and X. Zhang (2004). Reforms, investment, and poverty in rural China. *Economic Development and Cultural Change* 52: 395-421.

Fernald, J.G (1999). Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity. *The American Economic Review* 89: 619-638.

- Food and Agriculture Organization [FAO] (2000). Aquastat, online data source: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>.
- Galbraith, R.M., D.J Price, and L. Shackman (2005). *Scottish Road Network Climate Change Study*. Edinburgh: Scottish Executive.
- Georgiou, P. N., A.G. Davenport, and B.J. Vickery (1983). Design wind speeds in regions dominated by tropical cyclones. *J. Wind Engrg. and Industrial Aerodynamics* 13 (1): 139-152. Amsterdam, the Netherlands.
- Gleick, P. (1991). The vulnerability of runoff in the Nile basin to climate changes. *The Envir. Profl.*, 13(1): 66-73.
- Hargreaves, G.H., and R.G. Allen (2003). History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 129 (1): 53–63.
- Hulme, M. (1989). Recent and future precipitation changes over the Nile Basin. *Int. Seminar on Climatic Fluctuations and Water Mgmt.* Cairo, Egypt.
- Hulme, M. (1994). Validation of large-scale precipitation fields in General Circulation Models. *Global Precipitations and Climate Change*: 387-406.
- Hulme M, Osborn TJ, Johns TC. (1998). Precipitation sensitivity to global warming: comparison of observations with HadCM2 simulations. *Geophysical Research Letters* 25: 3379–3382.
- Industrial Economics (2010). *Costing Climate Impacts and Adaptation: A Canadian Study on Public Infrastructure*. Report to the National Round Table on the Environment and the Economy, Canada.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. Geneva, Switzerland.
- Jackson, N. and Puccinelli, J. (2006). *Long-Term Pavement Performance (LTPP) Data Analysis Support: Effects of Multiple Freeze Cycles and Deep Frost Penetration on Pavement Performance and Cost*. FHWA-HRT-06-121.
- Jacoby, H.G. (2000). Access to markets and the benefits of rural roads. *The Economic Journal* 110: 713–737.
- Jelesnianski, C.P., J. Chen, and W.A. Shafer (1992). *SLOSH: Sea, Lake, and Overland Surges from Hurricanes*. (United States) National Oceanic and Atmospheric Administration Technical Report NWS 48. National Weather Service, Office of Systems Development.
- Lofgren, H., S. Robinson, and M. El-Said (2002). *A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*. Washington, DC: International Food Policy Research Institute.

- Maclean, J. L., D.C. Dawe, B. Hardy, and G. P. Hettel (2002). *Rice Almanac: Source Book for the Most Important Economic Activity on Earth*. Wallingford, United Kingdom: CABI Publishing.
- Mai, C., M.J.F. Stive, and P.H.A.J.M. Van Gelder (2009). Coastal protection strategies for the Red River Delta. *Journal of Coastal Research*, 25(1), 105–116.
- Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.C. Zhao, 2007. Global Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)].
- Mills, B. and J. Andrey (2002). Climate change and transportation: potential interactions and impacts. *Potential Impacts of Climate Change on Transportation: Workshop Summary*. United States Department of Transportation, Workshop, 1-2 October. Available from <http://climate.volpe.dot.gov/workshop1002/>.
- Mu, R. and D. van de Walle (2007). Rural roads and local market development in Vietnam. Policy Research Working Paper 4340. Washington, D.C.: World Bank.
- Neitsch, S.L., J.G. Arnold, J.R. Kiniry, and J.R. Williams (2005). *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation*. Temple, Texas, United States: Texas A&M University.
- Neumann, J. (1987). The National Hurricane Risk Analysis Program (HURISK). NOAA Technical Memorandum NWS NHC 38. Coral Gables, Florida, United States: National Hurricane Center.
- Neumann, J. et al. (2010). Assessing sea-level rise impacts: a GIS-based framework and application to coastal New Jersey. *Coastal Management*, 38:4: 433-455.
- Neumann, James E., Gary Yohe, Robert Nicholls, and Michelle Manion (2000). *Sea-Level Rise and Global Climate Change: A Review of Impacts to U.S. Coasts*. Pew Center on Global Climate Change.
- Noy, I. (2009). The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics* 88 (2009): 221-231.
- Rahmstorf, S. (2007). A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315 (5810): 368-370.
- Roodman, D. (2009). A note on the theme of too many instruments. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 71: 135-158.
- Rosenzweig, C., and A. Iglesias (1998). *The Use of Crop Models for International Climate*
- Sheffield, J., G. Goteti, and E. F. Wood (2006). Development of a 50-yr high-resolution global dataset of meteorological forcings for land surface modelling. *J. Climate*, 19 (13): 3088-3111.
- Sieben, W. H. (1974). Relation of drainage conditions and crop yields on young light clay soils in the Yssellake Polders. *Van Zee tot Land* 40.

Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, and H.L. Miller, (eds) (2007). *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press.

Stratus Consulting (2010). *Climate Change Impacts on Transportation Infrastructure*, Washington, D.C.: United States Environmental Protection Agency.

Strzepek, K., R. Balaji, H. Rajaram, and J. Strzepek (2008). *A Water Balance Model for Climate Impact Analysis of Runoff with Emphasis on Extreme Events*. Washington, D.C.: World Bank.

Strzepek, Kenneth and Charles Fant IV (2009). *CliCrop Methods*. University of Colorado and Massachusetts Institute for Technology Joint Program on the Science and Policy of Global Change.

Thurlow, J., T. Zhu, and X. Diao (2009). The impact of climate variability and change on economic growth and poverty in Zambia. IFPRI Discussion Paper, No. 890. Washington, D.C.: International Food Policy Research Institute (IFPRI). Available from <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp00890.pdf>.

United Kingdom, Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) (2005). Table of relative mean sea level secular trends derived from PSMSL RLR data. Available from <http://www.psmsl.org/products/trends/rlr.trends>.

United States, Bureau of Reclamation (1993). *Drainage Manual: A Water Resources Technical Publication*. Denver, Colorado.

United States, Central Intelligence Agency (2011). Vietnam. World Factbook. Retrieved 23 August 2011. Available from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/vm.html>.

United States, Climate Change Science Program (CCSP) (2006). *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States*. Washington, D.C.: Department of Energy.

United States, Transportation Research Board (2008). *Potential impacts of climate change on U.S. transportation*. TRB Special Report, No. 290. Washington, D.C..

United States, United States Geological Survey (USGS) (2006). HydroSHEDS. Available from <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/>.

Vafeidis, A. T., R. J. Nicholls, L. McFadden, R. Tol, J. Hinkel, T. Spencer, P. S. Grashoff, G. Boot, and R. J. T. Klein (2008). A new global coastal database for impact and vulnerability analysis to sea-level rise. *Journal of Coastal Research*, 24(4): 917-924.

Van Diepen, C. A., J. Wolf, H. Keulen, and C. Rappoldt (1989). WOFOST: A simulation model of crop production. *Soil Use and Management* 5 (1): 16–24.

Vietnam, Central Committee for Flood and Storm Control (CCFSC) (2010). Hanoi, Vietnam. Available from <http://www.ccfsc.org.vn/KW6F2B34/CatId/G87DG9YUHH/Typhoon.aspx>.

Vietnam, General Statistics Office of Vietnam (2010). *Statistical Yearbook of Vietnam 2010*. Available from http://www.gso.gov.vn/default_en.aspx?tabid=515&idmid=5&ItemID=11974 http://www.gso.gov.vn/default_en.aspx?tabid=515&idmid=5&ItemID=11974.

Vietnam, Ministry of Natural Resources and Environment (MoNRE) (2003). *Vietnam Initial National Communication Under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Hanoi, Vietnam.

Vietnam, Ministry of Natural Resources and Environment (MoNRE) (2009). *Climate Change, Sea Level Rise Scenario for Vietnam*. Hanoi, Vietnam.

W.H. Sieben (1974). Effect of drainage conditions on nitrogen supply and yield of young loamy soils in the Ysselmeerpolders. *Van Zee tot Land 51: 180*. the Hague, the Netherlands.

Wahaj, Robina, Florent Maraux, and Giovanni Munoz (2007). Actual crop water use in project countries. Policy Research Working Paper. Washington, DC: The World Bank.

Willmott, C.J., and J.J. Feddema (1992). A more rational climatic moisture index, *The Professional Geographer*, 44 (1): 84–88.

World Bank (2009). *Convenient Solutions to an Inconvenient Truth: Ecosystem-based Approaches to Climate Change*. World Bank Environment Department. Washington D.C.

World Bank (2010a). The cost to developing countries of adapting to climate change: new methods and estimates. *The Global Report to the Economics of Adaptation to Climate Change Study*. Washington D.C.

World Bank (2010b). The social dimensions of adaptation to climate change in Vietnam. *The Global Report to the Economics of Adaptation to Climate Change Study*. Washington D.C.

World Bank (2010c). *Economics of Adaptation to Climate Change: Vietnam*. Washington D.C.

Yates, D., and K. Strzepek (1998). An assessment of integrated climate change impacts on the agricultural economy of Egypt. *Climate Change*, 38: 261–287.

Yates, D.N. (1996). WatBal: an integrated water balance model for climate impact assessment of river basin runoff. *International Journal of Water Resources Development*, 12 (2): 121–39.

Yu, Bingxin, Tingju Zhu, Clemens Breisinger, and Nguyen Manh Hai (2010). Impacts of climate change on agriculture and policy options for adaptation: the case of Vietnam. International Food Policy Research Institute Discussion Paper, No. 01015.

Zhai, F., and J. Zhuang (2009). Agricultural impact of climate change: a general equilibrium analysis with special reference to Southeast Asia. Asian Development Bank Institute Working Paper Series 131. Manila, the Philippines: Asian Development Bank.

**TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU
TỚI TĂNG TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN KINH TẾ
Ở VIỆT NAM**

Chịu trách nhiệm xuất bản

TS. TRẦN HỮU THỰC

Biên tập:

NGUYỄN VĂN ANH

Trình bày:

TRẦN MẠNH HÀ

Sách được xuất bản tại:

NHÀ XUẤT BẢN THỐNG KÊ

Địa chỉ: 86 Thụy Khuê, Tây Hồ, Hà Nội
Tel: (04) 38 471 48; Fax: (04) 38 473 714

Website: nxbthongke.com.vn

Email: nxbtk@gso.gov.vn

In 300 cuốn, khổ 20,5 x 29 cm, tại Nhà xuất bản Thống kê.

Giấy phép xuất bản số: 688-2012/CXB/01-51/TK.

In xong và nộp lưu chiểu: tháng 06 năm 2012.

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỚI TĂNG TRƯỞNG VÀ PHÁT TRIỂN KINH TẾ Ở VIỆT NAM

IMPLICATIONS OF CLIMATE CHANGE FOR
ECONOMIC GROWTH AND DEVELOPMENT IN VIETNAM



CIEM



DOE



UNITED NATIONS
UNIVERSITY

UNU-WIDER

World Institute for Development
Economics Research

CIEM - DANIDA PROJECT
CENTRAL INSTITUTE FOR ECONOMIC
MANAGEMENT
2nd FLOOR, BLOCK C,
68 PHANDINH PHUNG STREET
HANOI, VIETNAM
TEL: (84 - 4) 37339130/37347961
FAX: (84 - 4) 37347962
WEBSITE: WWW.CIEM.ORG.VN