

BIẾN ĐỔI NHIỆT ĐỘ VÀ LƯỢNG MƯA TRONG THẾ KỶ 21 TRÊN KHU VỰC ĐÔNG NAM Á THEO DỰ TÍNH ĐA MÔ HÌNH SEACLID/CORDEX-SEA

Nguyễn Thị Tuyết⁽¹⁾, Ngô Đức Thành⁽²⁾, Phan Văn Tân⁽³⁾

⁽¹⁾Viện Chiến lược Phát triển, Bộ Kế hoạch và Đầu tư

⁽²⁾Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

⁽³⁾Bộ môn Khí tượng và Biến đổi Khí hậu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài 4/7/2019; ngày chuyển phản biện 4/8/2019; ngày chấp nhận đăng 25/8/2019

Tóm tắt: Nghiên cứu này đánh giá về sự biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa vào giữa (2046-2065) và cuối (2080-2099) thế kỷ 21 theo các kịch bản đường nồng độ khí nhà kính đại diện RCP4.5 và RCP8.5 trên khu vực Đông Nam Á (ĐNA) và Việt Nam. Tổ hợp trung bình của sáu phương án tính toán chi tiết hóa động lực khí hậu khu vực, được thực hiện trong khuôn khổ dự án Chi tiết hóa Khí hậu Khu vực tại Đông Nam Á (SEACLID/CORDEX-SEA) được sử dụng trong nghiên cứu này. Kết quả chỉ ra rằng, so với thời kỳ cơ sở 1986-2005, nhiệt độ dự tính cho ĐNA có thể tăng từ 1,5 đến 4,6°C và lượng mưa có thể giảm đến 30% tại một số khu vực vào cuối thế kỷ theo kịch bản RCP8.5. Khu vực phía Bắc vĩ tuyến 15 độ Bắc nhiệt độ tăng cao hơn so với khu vực phía Nam.

Từ khóa: Dự tính khí hậu, mô hình khí hậu khu vực, SEACLID/CORDEX-SEA, Việt Nam, nhiệt độ, lượng mưa.

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây bằng chứng về những tác động của biến đổi khí hậu là rất rõ ràng trên nhiều phương diện cuộc sống tại khu vực Đông Nam Á (ĐNA) [13]. Điều này cũng được chỉ ra trong các báo cáo đánh giá (AR) về biến đổi khí hậu do Ban Liên Chính phủ về Biến đổi Khí hậu (IPCC) xuất bản [10] [13]. Christensen và cs. [8] đã chỉ ra trong các báo cáo này số lượng nghiên cứu về biến đổi khí hậu khu vực và tác động của chúng tại ĐNA vẫn còn hạn chế. Mô hình khí hậu khu vực (RCM) có thể cung cấp các thông tin chi tiết hơn so với mô hình khí hậu toàn cầu (GCM). Vì thế phương pháp chi tiết hóa động lực đã được sử dụng nhiều trong những năm gần đây. Giữa bối cảnh đó, dự án Chi tiết hóa Khí hậu Khu vực Đông Nam Á (SEACLID/CORDEX-SEA) ([9], [15], [20]) đã ra đời trong khuôn khổ các phương án tính toán CORDEX của Chương trình Nghiên cứu Khí hậu Thế giới (WCRP) [11] với mục tiêu thúc đẩy phát

triển khoa học và hợp tác về RCM.

Cho đến nay đã có một số những nghiên cứu về dự tính khí hậu tại ĐNA được thực hiện (ví dụ [7], [17], [18], [21]). Chotamonsak và cs. [7] đã sử dụng mô hình Nghiên cứu và Dự báo Thời tiết (WRF) để chi tiết hóa động lực một mô hình GCM xuống độ phân giải 60km nhằm dự tính biến đổi khí hậu tại khu vực ĐNA. Kết quả chỉ ra mô hình có tính thiên thấp với nhiệt độ cực đại và thiên cao với nhiệt độ cực tiểu ngày. Nhiệt độ dự tính tăng lên từ 0,1 đến 3°C phụ thuộc vào vị trí và mùa, mức tăng nhanh hơn vào ban đêm so với ban ngày đối với tất cả các mùa. Lượng mưa dự tính nhìn chung tăng lên nhưng có một số vùng giảm xuống vào mùa khô. Manomaiphiboon và cs. [18] đã dự tính sự biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa tại Thái Lan cho thời kỳ 2031-2070 theo Báo cáo đặc biệt về các kịch bản phát thải (SRES), sử dụng các mô phỏng của mô hình RegCM3 với độ phân giải 20km và điều kiện biên lấy từ mô hình toàn cầu ECHAM5/MPI-OM. Kết quả cho thấy nhiệt độ dự tính tăng lên từ 0,4 đến 3,3°C tại Thái Lan theo các kịch bản A2 và A1B vào mùa hè của

Liên hệ tác giả: Nguyễn Thị Tuyết
Email: nguyentuyetmpi@gmail.com

thập kỷ 2061-2070. Không có sự thay đổi lớn về lượng mưa trung bình tại các vùng Trung Đông, Bắc, Đông bắc và lượng mưa giảm tại miền Nam Thái Lan với hầu hết các mùa. Loh và cs. [17] dự tính sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa tại Malaysia vào cuối thế kỷ 21 sử dụng mô hình khu vực PRECIS và các kịch bản phát thải khí nhà kính SRES. Nhiệt độ thay đổi dự tính từ 2,5 đến 3,9°C, từ 2,7 đến 4,2°C và từ 1,7 đến 3,1°C với các kịch bản lần lượt là A2, A1B và B2. Lượng mưa giảm từ 20 đến 40% trong các tháng từ tháng 12 đến tháng 5 tại khu vực bán đảo Malaysia và khu vực Borneo. Trong khi đó lượng mưa lại tăng lên từ khoảng 20 đến 40% vào các tháng mùa hè trên hầu khắp Malaysia. Tangang và cs. [24] đã dự tính những thay đổi về một số giá trị mưa cực đoan hàng năm tại ĐNA trong bối cảnh toàn cầu ấm lên 2°C dựa trên các phương án tính toán của SEA-CLID/CORDEX-SEA. Các tác giả đã chỉ ra những biến đổi đáng kể về số ngày khô liên tục (CDD) tại Indonesia và lượng mưa ngày lớn nhất (RX1day) trên bán đảo Đông Dương. Những biến đổi rõ rệt với CDD, số ngày mưa vượt 50mm/day (R50mm) và RX1day cũng được chỉ ra tại Bắc Myanmar.

Tại Việt Nam, Hồ Thị Minh Hà và cs. [14] đã sử dụng mô hình RegCM3 và chỉ ra sự gia tăng các ngày mùa hè nóng và sự giảm xuống của số đêm mùa đông lạnh trong thời kỳ 2001-2050 theo các kịch bản A1B và A2 so với thời kỳ cơ sở 1980-1999. Ngô Đức Thành và cs. [19] đã sử dụng tổ hợp ba mô hình khí hậu khu vực để dự tính khí hậu Việt Nam cho thời kỳ tương lai 2000-2050 theo kịch bản A1B. Nhiệt độ tương lai được dự tính tăng lên đáng kể và mức tăng cao nhất là ~0,5°C/thập kỷ vào mùa hè. Sự biến đổi lượng mưa phụ thuộc vào các vùng và mùa và biến đổi rõ rệt nhất diễn ra tại khu vực đồng bằng ven biển miền Trung Việt Nam, đặc biệt khi có gió mùa mùa đông. Trịnh Tuấn Long và cs. [22] đã sử dụng phương pháp phân vị để hiệu chỉnh sai số lượng mưa từ mô hình RegCM cho Việt Nam. Các tác giả đã chỉ ra lượng mưa được dự tính giảm với khoảng gián đoạn dài hơn và các sự kiện mưa liên tục ngắn đi tại khu vực phía Bắc và miền Trung Việt Nam vào mùa mưa cho thời kỳ giữa thế kỷ 2046-2065 với các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5.

Năm 2015, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (IMHEN) đã phối hợp với

Chương trình Phát triển Liên hợp quốc (UNDP) xuất bản Báo cáo đặc biệt của Việt Nam về Quản lý rủi ro thiên tai và hiện tượng cực đoan nhằm thúc đẩy thích ứng với biến đổi khí hậu [6]. Nguyễn Văn Thắng và cs. [3] đã nghiên cứu những ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên, từ đó đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế - xã hội ở Việt Nam. Ngoài ra, còn có rất nhiều các nghiên cứu khác liên quan đến khí hậu nói chung được các tác giả, cơ quan, tổ chức Việt Nam chủ trì thực hiện hoặc phối hợp thực hiện cho đến nay (ví dụ [1], [1], [3], [5], [15], [23]).

Nghiên cứu này nhằm đánh giá những biến đổi của nhiệt độ (T2m) và lượng mưa (R) trên khu vực ĐNA và đất liền Việt Nam dựa trên tổ hợp trung bình của sáu phương án tính toán RCM trong khuôn khổ dự án SEACLID/CORDEX-SEA.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng kết quả tổ hợp trung bình (ENS) của sáu phương án tính toán được thực hiện trong khuôn khổ dự án SEACLID/CORDEX-SEA. Mô hình khí hậu khu vực RegCM4.3 [12] được sử dụng để chi tiết hoá đầu ra của sáu mô hình toàn cầu từ Dự án So sánh Đa Mô hình pha 5 (CMIP5) bao gồm CNRM-CM5, CSIRO-MK36, EC-EARTH, GFDL-ESM2M, HadGEM2 và MPI-ESM-MR. Các phương án tính toán chi tiết hoá có độ phân giải 25km và được tính toán cho miền ĐNA bao gồm khu vực có tọa độ 15N-27B, 89,5Đ-146,5Đ. Các phân tích trong nghiên cứu này tập trung vào thời kỳ giữa (2046-2065) và cuối thế kỷ (2080-2099) theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Các biến T2m và R sử dụng trong nghiên cứu được tính trung bình cho cả thời kỳ cơ sở và tương lai. Sự biến đổi tuyệt đối của T2m (Δ_{T2m}) (đơn vị °C) và sự biến đổi tương đối của R ($\Delta_{R\%}$) (đơn vị %) trong tương lai được xác định như sau:

$$\Delta_{T2m} = T2m_{\text{tương lai}} - T2m_{\text{cơ sở}} \quad (1)$$

$$\Delta_{T2m} = \frac{R_{\text{tương lai}} - R_{\text{cơ sở}}}{R_{\text{cơ sở}}} \times 100 \quad (2)$$

Thời kỳ cơ sở được sử dụng trong nghiên cứu này là thời kỳ 20 năm 1986-2005.

Nhằm đánh giá kết quả của nhiệt độ và lượng mưa mô phỏng ENS, dữ liệu nhiệt độ và

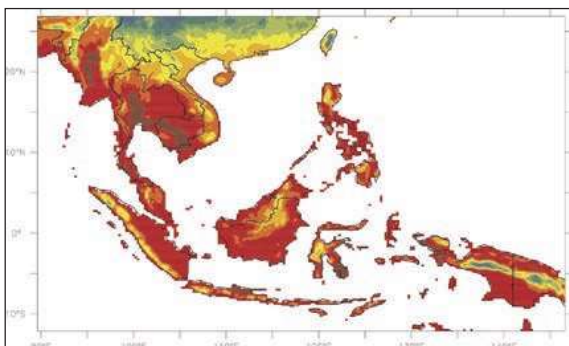
mưa trung bình ngày của dự án Tích hợp Dữ liệu Quan trắc Chất lượng Cao - Lượng mưa châu Á Hướng đến Đánh giá Nguồn nước (APHRODITE) [27] với độ phân giải $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ được sử dụng trong nghiên cứu này.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Biến đổi của nhiệt độ và lượng mưa tại Đông Nam Á

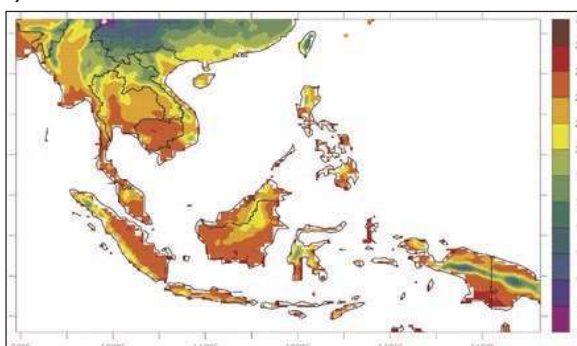
Hình 1 mô tả nhiệt độ trung bình tại ĐNA trong thời kỳ 1986-2005 theo APHRODITE và

a) APHRODITE



ENS. Nhìn chung ENS có thể biểu diễn tương đối tốt phân bố không gian của giá trị T_{2m} , nhưng với kết quả thiên âm phổ biến tại tất cả các vùng trên khu vực ĐNA. Đặc tính thiên âm này của mô hình cũng đã được chỉ ra trong các nghiên cứu trước đây (ví dụ [21], [9]). Giả thiết rằng các sai số này mang tính hệ thống của nội tại mô hình RCM sử dụng và vẫn được duy trì cho thời kỳ tương lai, sự thay đổi của T_{2m} dự tính $\Delta_{T_{2m}}$ do đó có thể triệt tiêu những sai số hệ thống này (Hình 2 và Hình 3).

b) ENS



Hình 1. Nhiệt độ trung bình ($^\circ\text{C}$) thời kỳ 1986-2005 tại Đông Nam Á biểu diễn bởi a) APHRODITE và b) ENS

Hình 2 cho thấy mức độ gia tăng của nhiệt độ từ $1-2,2^\circ\text{C}$ ($1,3-2,8^\circ\text{C}$) và $1-2,5^\circ\text{C}$ ($2,5-4,6^\circ\text{C}$) theo các kịch bản RCP4.5 (RCP8.5) cho lần lượt các thời kỳ 2046-2065 và 2080-2099 so với thời kỳ cơ sở 1986-2005. Khu vực có nhiệt độ trung bình thấp hơn (phía Bắc vĩ độ 15°N) có sự thay đổi nhiệt độ lớn hơn, từ $3,7-4,6^\circ\text{C}$ theo kịch bản RCP8.5.

Hình 3 mô tả nhiệt độ và sự thay đổi nhiệt độ trung bình theo kinh độ tại mỗi vĩ độ của khu vực ĐNA cho các thời kỳ giữa và cuối thế kỷ theo hai kịch bản. T_{2m} cao ở xung quanh xích đạo cho đến vĩ độ 10°N , và giảm dần từ 11°N đến các vĩ độ cao hơn. Những thay đổi của T_{2m} dự tính tương tự với các kết quả đã được chỉ ra trong Hình 2, với mức gia tăng nhiệt độ nhanh hơn tại khu vực phía Bắc của ĐNA. Sự khác biệt của những thay đổi của T_{2m} thời kỳ giữa thế kỷ so với thời kỳ cuối thế kỷ theo kịch bản RCP4.5 ($\sim 0,2^\circ\text{C}$) nhỏ hơn rõ rệt so với sự khác biệt theo kịch bản RCP8.5 ($\sim 2^\circ\text{C}$). T_{2m} dự tính theo kịch bản RCP4.5 cho cả hai thời kỳ là từ $17,5^\circ\text{C}$ đến trên 28°C trong khi theo kịch bản RCP8.5 là $18-28,5^\circ\text{C}$ (giữa thế kỷ) và $20-30^\circ\text{C}$ (cuối thế kỷ).

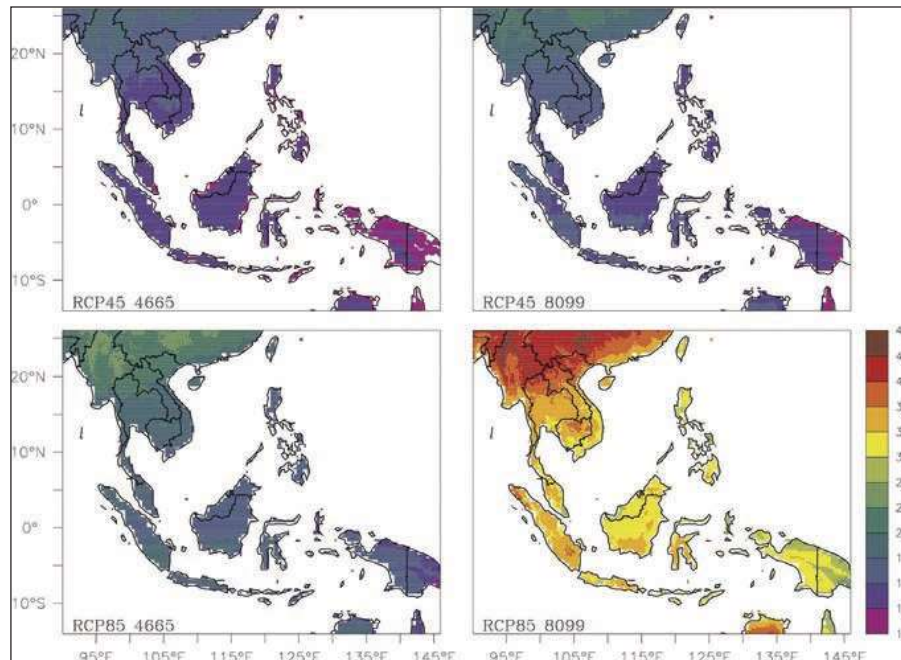
Hình 4 mô tả lượng mưa theo số liệu APHRODITE và ENS cho thời kỳ 1986-2005 tại ĐNA. Tương tự như nhiệt độ, ENS có thể tái tạo được phân bố không gian của lượng mưa APHRODITE nhưng với các giá trị thiên cao hơn trên toàn bộ ĐNA. Đặc tính thiên cao này cũng được giả định sẽ tồn tại trong các dự tính tương lai và vì thế sự biến đổi của lượng mưa $\Delta_{R\%}$ có thể làm phần nào triệt tiêu những sai số hệ thống này. Kết quả về sự biến đổi của lượng mưa dự tính được chỉ ra trong các Hình 5 và Hình 6.

Những biến đổi của lượng mưa theo không gian cho cả hai thời kỳ theo kịch bản RCP4.5 và cho thời kỳ 2046-2065 theo kịch bản RCP8.5 tương đối giống nhau (lượng mưa thay đổi từ -25 đến 30%) (Hình 5). Lượng mưa giảm đáng kể ở hầu hết khu vực ĐNA, từ -30 đến 0% , theo kịch bản RCP8.5 ngoại trừ một số vùng tại Thái Lan, Myanmar và Đông Malaysia.

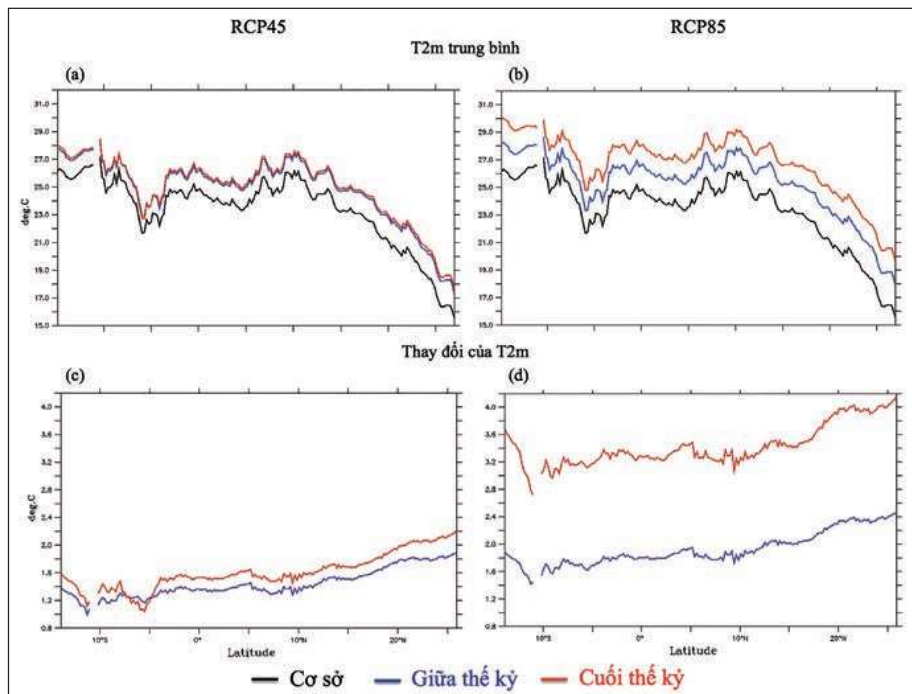
Hình 6 chỉ ra lượng mưa và những biến đổi về lượng mưa trung bình theo kinh độ tại mỗi vĩ độ trên khu vực ĐNA. Lượng mưa vào giữa và cuối thế kỷ theo kịch bản RCP4.5 khá giống với lượng mưa của thời kỳ cơ sở 1986-2005, với giá

trị mưa từ 3 đến 22mm/ngày. Lượng mưa dự tính theo kịch bản RCP4.5 tăng giảm tùy khu vực so với lượng mưa thời kỳ cơ sở, chẳng hạn tăng ~10% trên bán đảo Đông Dương và giảm ~15%

trên lục địa Maritime (Hình 6a, 6c). Với kịch bản RCP8.5, xu thế khô hơn, đến ~-23% lại phổ biến, đặc biệt trên khu vực lục địa Maritime vào cuối thế kỷ (Hình 6b, 6d).

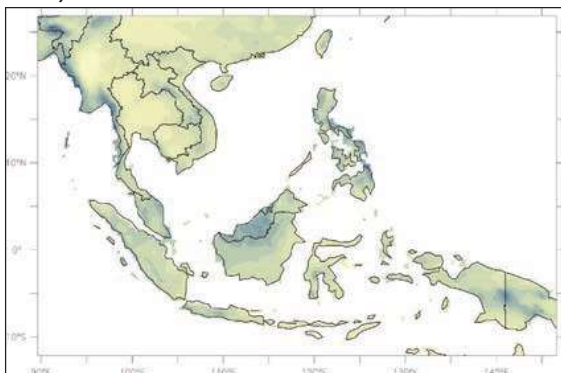


Hình 2. Mức độ biến đổi tuyệt đối của nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) tại DNA theo các kịch bản RCP4.5, RCP8.5 cho các thời kỳ 2046-2065 và 2080-2099 so với thời kỳ cơ sở 1986-2005

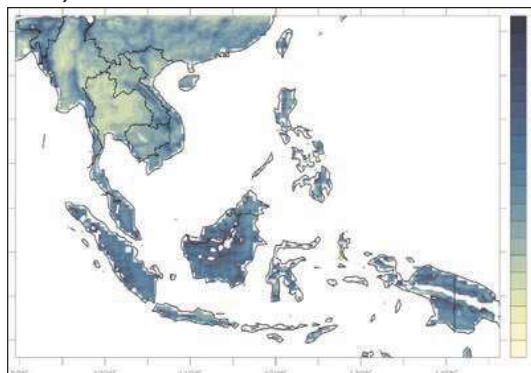


Hình 3. Nhiệt độ (a, b) và sự thay đổi nhiệt độ (c, d) trung bình theo kinh độ tại mỗi vĩ độ trên khu vực DNA, với thời kỳ cơ sở (đường màu đen), giữa thế kỷ (đường màu xanh) và cuối thế kỷ (đường màu đỏ) theo các kịch bản RCP4.5 (a, c) và RCP8.5 (b, d)

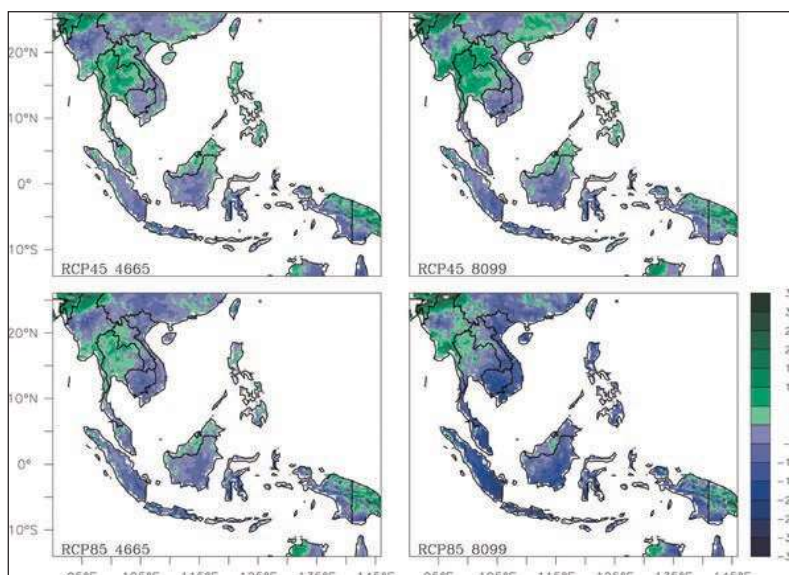
a) APHRODITE



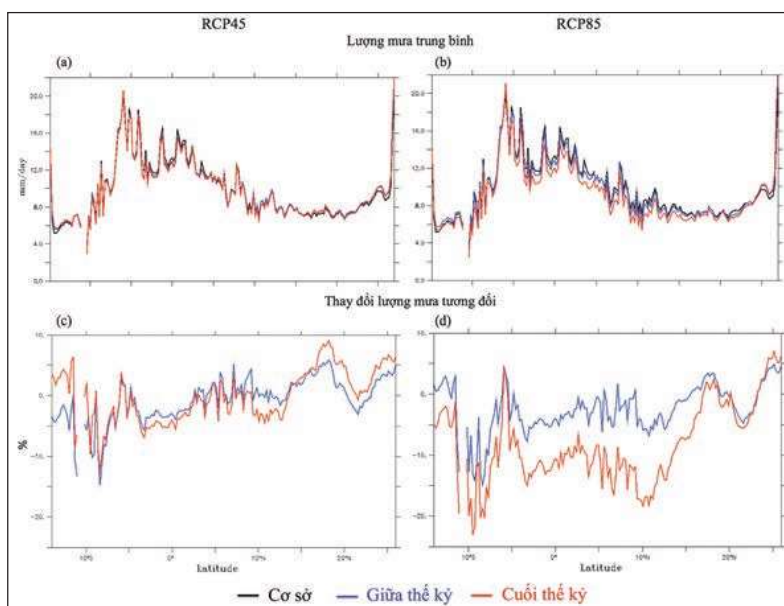
b) ENS



Hình 4. Tương tự Hình 1 nhưng cho lượng mưa (mm/day)



Hình 5. Tương tự Hình 2 nhưng cho sự thay đổi lượng mưa tương đối (%)

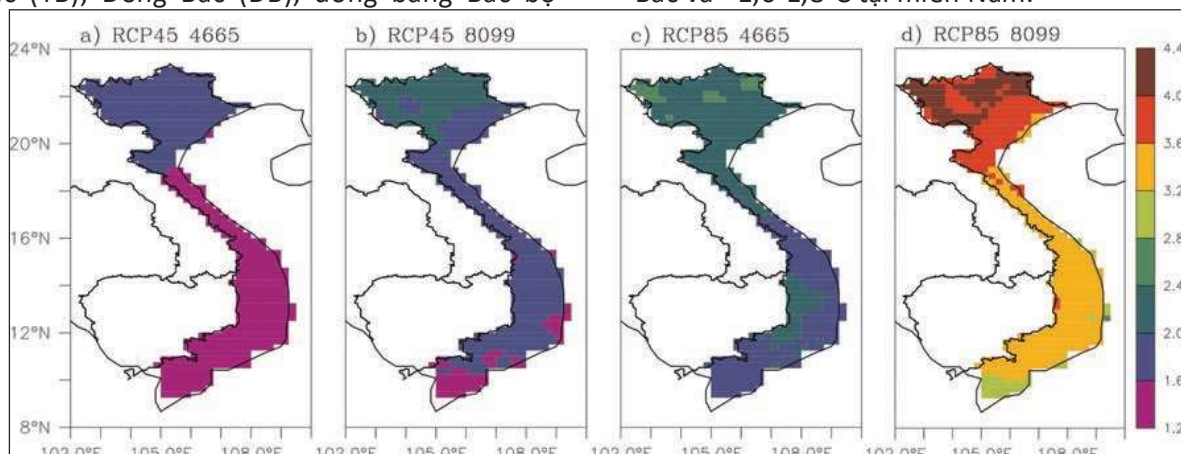


Hình 6. Tương tự Hình 3 nhưng cho lượng mưa

3.2. Dự tính sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa trên đất liền Việt Nam

Hình 7 chỉ ra sự thay đổi nhiệt độ được dự tính trên đất liền Việt Nam. Theo kịch bản RCP4.5 vào giữa thế kỷ, nhiệt độ tăng trên cả nước là từ 1,2 đến 1,8°C. Nhiệt độ tại vùng Tây Bắc (TB), Đông Bắc (ĐB), đồng bằng Bắc bộ

(ĐBĐB) nhìn chung tăng ~1,6-1,8°C. Đối với vùng Bắc Trung Bộ (BTB), nhiệt độ tăng từ 1,4-1,6°C. Đối với các vùng Nam Trung Bộ (NTB), Tây Nguyên (TN) và Nam Bộ (NB), nhiệt độ tăng ~1,4-1,6°C. Đến cuối thế kỷ theo kịch bản RCP4.5, nhiệt độ tăng ~1,8 đến 2,2°C tại miền Bắc và ~1,6-1,8°C tại miền Nam.



Hình 7. Những thay đổi về nhiệt độ (°C) trên đất liền Việt Nam theo kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 theo các thời kỳ 2046-2065 và 2080-2099 so với thời kỳ cơ sở 1986-2005

Theo kịch bản RCP8.5 vào giữa thế kỷ, nhiệt độ trên cả nước tăng 1,8-2,4°C. Các khu vực phía Bắc và phía Nam nhiệt độ tăng lần lượt 2,0-2,4°C và 1,8-2,0°C. Vào cuối thế kỷ, nhiệt độ tăng 3,4-4,2°C (3,0-3,4°C) tại phía Bắc (Nam) (Bảng 1).

Hình 8 mô tả nhiệt độ và những thay đổi của nhiệt độ trung bình theo kinh độ tại mỗi vĩ độ vào giữa và cuối thế kỷ theo hai kịch bản RCPs tại Việt Nam. Thay đổi được dự tính tăng 1,3-1,8°C (1,7-2,4°C) và 1,5-2,1°C (2,9-4,1°C) vào giữa và cuối

thế kỷ theo kịch bản RCP4.5 (RCP8.5). Kết quả này tương tự với kết quả được chỉ ra trong Hình 7.

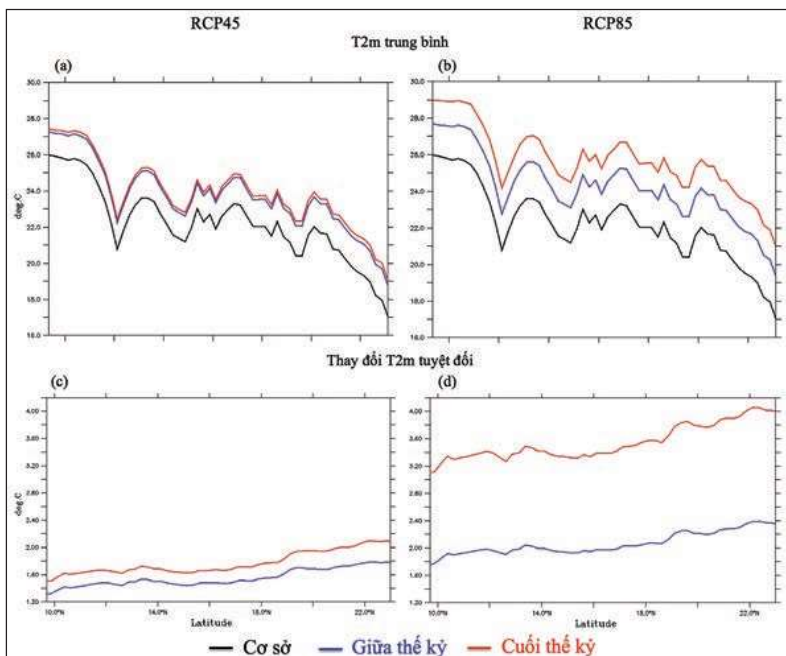
Hình 9 chỉ ra những thay đổi lượng mưa tương đối tại Việt Nam với phạm vi từ -10 đến 5% trên cả nước với kịch bản RCP4.5 cho thời kỳ 2046-2065 theo nghiên cứu này. Phạm vi thay đổi là từ -10 đến 5% vào cuối thế kỷ với kịch bản RCP4.5 và từ -10 đến 0% vào giữa thế kỷ với kịch bản RCP8.5. Đến cuối thế kỷ 21 kịch bản RCP8.5 cho kết quả là lượng mưa ở hầu khắp cả nước thay đổi từ -25 đến 5% (Bảng 2).

Bảng 1. Thay đổi nhiệt độ (°C) theo dự tính của Kịch bản Bộ TNMT và theo nghiên cứu hiện tại tại các khu vực của Việt Nam, so với thời kỳ cơ sở 1986-2005

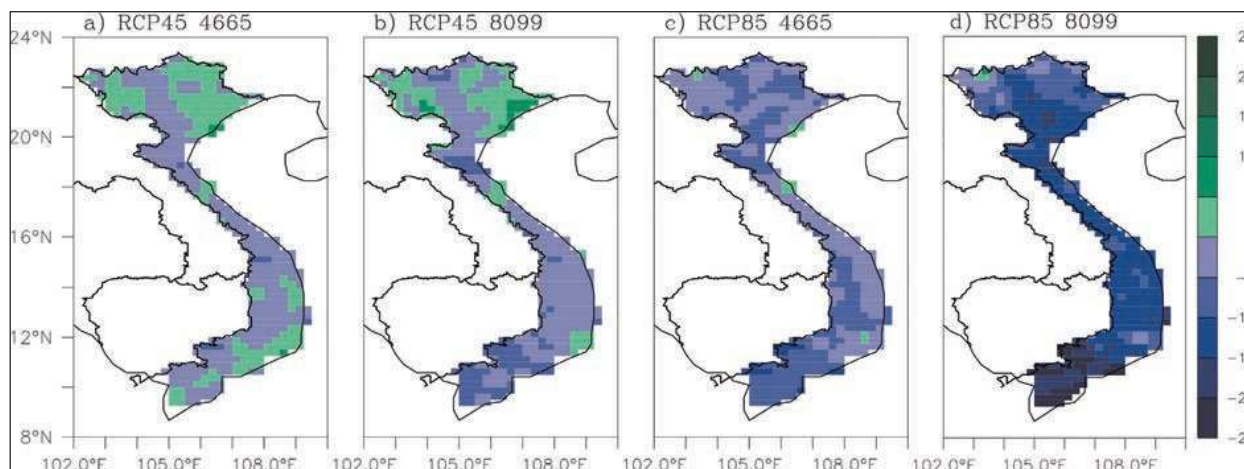
Kịch bản	Thời kỳ	Khu vực	Thay đổi nhiệt độ (°C)
RCP4.5	2046-2065	Cả nước	1,2-1,8
		TB, ĐB, ĐBĐB	1,6-1,8
		BTB	1,4-1,6
		NTB, TN, NB	1,2-1,6
	2080-2099	Phía Bắc	1,8-2,2
		Phía Nam	1,6-1,8
RCP8.5	2046-2065	Cả nước	1,8-2,4
		Phía Bắc	2,0-2,4
		Phía Nam	1,8-2,0
	2080-2099	Phía Bắc	3,4-4,2
		Phía Nam	3,0-3,4

Nhìn chung lượng mưa dự tính với kịch bản RCP4.5 cho cả hai thời kỳ tương lai không thay đổi nhiều so với thời kỳ cơ sở. Xu hướng giảm rõ rệt hơn nhận được với kịch bản RCP8.5, cụ thể giảm 10% (giữa thế kỷ) và giảm 25% (cuối thế kỷ) (Hình 10). Điều này cho thấy khả năng khô hơn vào cuối thế kỷ tại Việt Nam, dẫn đến việc có thể xảy ra nhiều hiện tượng hạn hán trong tương lai hơn. Lưu ý rằng một số nghiên cứu cũng chỉ ra

xu thế ít mưa hơn được dự tính cho tương lai trên một số khu vực của Việt Nam và Đông Nam Á tại một số thời điểm nhất định trong năm (ví dụ [18], [19], [22], [23], [25]). Hồ Thị Minh Hà và cs. (2011) [17], Manomaiphiboon và cs. (2013) [21] lý giải xu thế ít mưa hơn trong mùa hè là do mối tương quan âm giữa lượng mưa dự tính và nhiệt độ bề mặt biển, đồng thời là do sự suy yếu của gió mùa mùa hè từ hướng Tây.



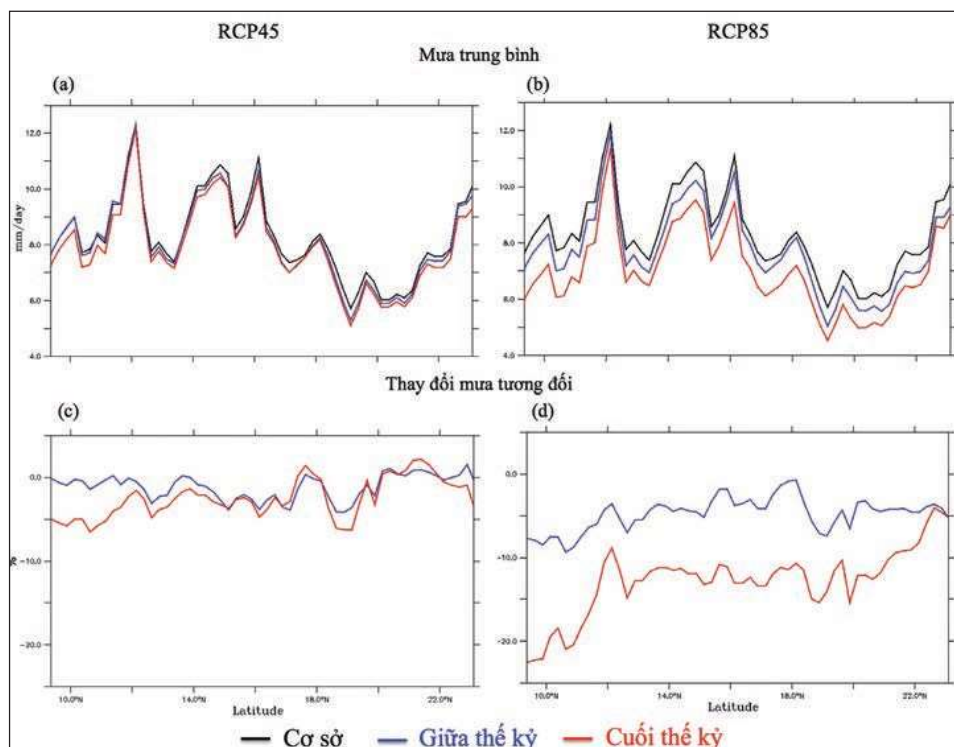
Hình 8. Tương tự Hình 3 nhưng cho khu vực đất liền Việt Nam



Hình 9. Tương tự Hình 7 nhưng cho sự thay đổi lượng mưa tương đối trên khu vực đất liền Việt Nam (%)

Bảng 2. Sự thay đổi lượng mưa tương đối (%) so với thời kỳ cơ sở 1986-2005 trên đất liền Việt Nam theo kết quả của Kịch bản Bộ TNMT và của nghiên cứu hiện tại

Kịch bản	Thời kỳ	Sự thay đổi lượng mưa (%)
RCP4.5	2046-2065	-5 đến 5
	2080-2099	-10 đến 5
RCP8.5	2046-2065	-10 đến 0
	2080-2099	-25 đến 5



Hình 10. Tương tự Hình 8 nhưng cho lượng mưa

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã chỉ ra các kết quả về những thay đổi dự tính của nhiệt độ và lượng mưa tại ĐNA và tại Việt Nam vào giữa thế kỷ (2046-2065) và cuối thế kỷ (2080-2099) theo hai kịch bản đường nồng độ khí nhà kính đại diện RCP4.5 và RCP8.5. Trung bình tổ hợp của sáu phương án tính toán chi tiết hóa khí hậu khu vực trong khuôn khổ của dự án SEACLID/CORDEX-SEA được sử dụng cho các phân tích trong nghiên cứu này.

Trên khu vực ĐNA, nhiệt độ dự tính có phân bố mức tăng từ 1 đến 2,2°C (1,3 đến 2,8°C) cho thời kỳ 2046-2065 và từ 1 đến 2,5°C (2,5 đến 4,6°C) cho thời kỳ 2080-2099 theo kịch bản RCP4.5 (RCP8.5). Khu vực phía Bắc ĐNA có sự

gia tăng nhiệt độ lớn hơn. Vào cuối thế kỷ theo kịch bản RCP8.5, lượng mưa giảm đến 30% trong khi phạm vi thay đổi lượng mưa theo kịch bản RCP4.5 là từ -25 đến 30%.

Trên đất liền Việt Nam, nhiệt độ trung bình trên cả nước được dự tính tăng đến 4,2°C (2,4°C) vào cuối thế kỷ 21 so với thời kỳ cơ sở 1986-2005 theo kịch bản RCP8.5 (RCP4.5). Lượng mưa dự tính có xu hướng giảm, đặc biệt có thể giảm đến 25% tại một số khu vực vào cuối thế kỷ theo kịch bản RCP8.5. Các nghiên cứu sâu hơn trong tương lai về mức độ tin cậy của các kết quả dự tính do đó là cần thiết bởi các thông tin này đặc biệt hữu ích cho các bên liên quan trong việc chuẩn bị các chiến lược thích ứng và giảm nhẹ với biến đổi khí hậu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) với mã số 105.06-2018.05. Chúng tôi cảm ơn các thành viên của SEACLID/CORDEX-SEA đã thực hiện và chia sẻ kết quả dữ liệu đầu ra của các mô hình khí hậu khu vực.

Tài liệu tham khảo

Tài liệu tham khảo tiếng Việt

1. Nguyễn Văn Hiệp và nnk (2015), *Nghiên cứu luận cứ khoa học cập nhật kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam*, BĐKH-43. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu KHCN cấp Nhà nước.
2. Mai Văn Khiêm (2019), “Xây dựng kịch bản Biến đổi khí hậu cho Thành phố Hồ Chí Minh”, *Tạp chí Khoa học, Đại học Quốc gia Hà Nội: Các Khoa học Trái đất và Môi trường*.
3. Phan Văn Tân và nnk (2010), *Nghiên cứu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu đến các yếu tố và hiện tượng khí hậu cực đoan ở Việt Nam, khả năng dự báo và giải pháp chiến lược ứng phó*, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Nhà nước.
4. Nguyễn Văn Thắng và nnk (2010), *Nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến các điều kiện tự nhiên, tài nguyên thiên nhiên và đề xuất các giải pháp chiến lược phòng tránh, giảm nhẹ và thích nghi, phục vụ phát triển bền vững kinh tế - xã hội ở Việt Nam*, KC.08.13/06-10, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Nhà nước.
5. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (IMHEN) (2016), *Cập nhật kịch bản Biến đổi khí hậu và Nước biển dâng cho Việt Nam*, Dự án cấp Bộ - Bộ Tài nguyên và Môi trường.
6. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (IMHEN) và UNDP (2015), *Báo cáo đặc biệt của Việt Nam về Quản lý rủi ro thiên tai và hiện tượng cực đoan nhằm thúc đẩy thích ứng với biến đổi khí hậu*, Nhà xuất bản Tài Nguyên - Môi trường và Bản đồ, Hà Nội.

Tài liệu tham khảo tiếng Anh

7. Chotamonsak, C., E. P. Salathé, J. Kresuwan, S. Chantara, and K. Siriwitayakorn (2011), *Projected climate change over Southeast Asia simulated using a WRF regional climate model*, Atmospheric Science Letters, 12(2), 213-219.
8. Christensen, J., K. K. K., E. Aldrian, and A. Si (2013), *Climate phenomena and their relevance for future regional climate change*, In: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M and others (eds) *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, 1217-1308.
9. Cruz, F. T., G. T. Narisma, J. B. Dado, P. Singhruck, U. A. Linarka, T. Wati, F. Tangang, L. Juneng, T. Phan-Van, T. Ngo-Duc, J. Santisirisomboon, D. Gunawan, E. Aldrian (2017), *Sensitivity of temperature to physical parameterization schemes of RegCM4 over the CORDEX-Southeast Asia region*, *International Journal of Climatology*, 37(15), 5139-5153.
10. Cruz, R.V., H. Harasawa, M. Lal, S. Wu, Y. Anokhin, B. Punsalmaa, Y. Honda, M. Jafari, C. Li and N. Huu Ninh (2007), *Asia. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 469-506.
11. Giorgi, F., C. Jones, and G. Asrar (2009), *Addressing climate information needs at the regional level: The CORDEX framework*, *WMO Bulletin*, 58(3), 175-183.
12. Giorgi, F., et al. (2012), *RegCM4: model description and preliminary tests over multiple CORDEX domains*, *Climate Research*, 52, 7-29.
13. Hijioka, Y., L. E. P. JJ, C. RT, and a. others (2014), *Asia*. In: Barros VR, Field CB, Dokken DJ, Mastrandrea MD and others (eds) *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability*.

Part B: regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 1327–1370.

14. Ho, T., V. Phan, N. Le, and Q. Nguyen (2011), *Extreme climatic events over Viet Nam from observational data and RegCM3 projections*, *Climate Research*, 49(2), 87–100.
15. IMHEN, HUS, CSIRO, 2014: High resolution climate projections for Vietnam.
16. Juneng, L., F. Tangang, J. X. Chung, S. T. Ngai, T. W. The, G. Narisma, F. Cruz, T. Phan-Van, T. Ngo-Duc, J. Santisirisomboon, P. Singhruck, D. Gunawan, E. Aldrian (2016), *Sensitivity of Southeast Asia rainfall simulations to cumulus and air-sea flux parameterizations in RegCM4*, *Climate Research*, 69(1), 59–77.
17. Loh, J. L., F. Tangang, L. Juneng, D. Hein, and D.-I. Lee (2016), *Projected rainfall and temperature changes over Malaysia by the end of the 21st century based on PRECIS modelling system*, *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 52(2), 191–208.
18. Manomaiphiboon, K., M. Octaviani, K. Torsri, and S. Towprayoon (2013), *Projected changes in means and extremes of temperature and precipitation over Thailand under three future emissions scenarios*, *Climate Research*, 58, 97–115.
19. Ngo-Duc, C. Kieu, M. Thatcher, D. Nguyen-Le, and T. Phan-Van (2014), *Climate projections for Vietnam based on regional climate models*, *Climate Research*, 60(3), 199–213.
20. Ngo-Duc, T., F.T. Tangang, J. Santisirisomboon, F. Cruz, L. Trinh-Tuan, T. Nguyen-Xuan, T. Phan-Van, L. Juneng, G. Narisma, P. Singhruck, D. Gunawan, E. Aldrian (2016), *Performance evaluation of RegCM4 in simulating extreme rainfall and temperature indices over the CORDEX-Southeast Asia region*, *International Journal of Climatology*, 37(3), 1634–1647.
21. Phan, V.T., T. Ngo-Duc, and T.M.H. Ho (2009), *Seasonal and interannual variations of surface climate elements over Vietnam*, *Climate Research*, 40, 49–60.
22. Raghavan, S. V., M. T. Vu, and S. Y. Liong (2017), *Ensemble climate projections of mean and extreme rainfall over Vietnam*. *Global Planet. Change*, 148, 96–104, doi:10.1016/j.gloplacha.2016.12.003.
23. Rahmat, R., Boonlert A., Chai P. K., David H. et al., (2014), *A Regional Climate Modelling Experiment for Southeast Asia. SEACAM's regional climate modelling*.
24. Tangang, F., S. Supari, J.X. Chung, F. Cruz, E. Salimun, S.T. Ngai, L. Juneng, Je. Santisirisomboon, Ja. Santisirisomboon, T. Ngo-Duc, T. Phan-Van, G. Narisma, P. Singhruck, D. Gunawan, E. Aldrian, A. Sopaheluwakan, G. Nikulin, H. Yang, A.R.C. Remedio, D. Sein, and D. Hein-Griggs (2018), *Future changes in annual precipitation extremes over Southeast Asia under global warming of 2°C*. *APN Science Bulletin*, 8(1). doi:10.30852/sb.2018.436.
25. Tangang, F., Je. Santisirisomboon, L. Juneng, E. Salimun, J. Chung, Supari, F. Cruz, T. Ngo-Duc, P. Singhruck, Ja. Santisirisomboon, W. Wongsaree, K. Promjirapawat, Y. Sukamongkol, R. Srisawadwong, D. Setsirichok, G. Narisma, S. T. Ngai, T. Phan-Van, E. Aldrian, D. Gunawan, G. Nikulin, H. Yang (2019), *Projected future changes in mean precipitation over Thailand based on multi-model regional climate simulations of CORDEX Southeast Asia*. *International Journal of Climatology*, 124. <https://doi.org/10.1002/joc.6163>.
26. Trinh-Tuan, L., J. Matsumoto, F.T. Tangang, L. Juneng, F. Cruz, G. Narisma, J. Santisirisomboon, T. Phan-Van, D. Gunawan, E. Aldrian, T. Ngo-Duc (2019), *Application of Quantile Mapping Bias Correction for Mid-Future Precipitation Projections over Viet Nam*, *SOLA*, 15, 1–6.
27. Yasutomi N, Hamada A, Yatagai A. (2011), *Development of a long-term daily gridded temperature dataset and its application to rain/snow discrimination of daily precipitation*. *Global Environmental Research V15N2*: 165 – 172.

PROJECTED TEMPERATURE AND RAINFALL CHANGES IN SOUTHEAST-ASIA AND VIETNAM BASED ON THE SEACLID/CORDEX-SEA MULTI-MODEL EXPERIMENTS

Nguyen Thi Tuyet⁽¹⁾, Ngo Duc Thanh⁽²⁾, Phan Van Tan⁽³⁾

⁽¹⁾Department of Infrastructure and Urban Development Strategy, Viet Nam Institute for Development Strategies, Ministry of Planning and Investment, Viet Nam

⁽²⁾REMOSAT laboratory, University of Science and Technology of Ha Noi,
Viet Nam Academy of Science and Technology, Viet Nam

⁽³⁾Department of Meteorology and Climate Change, VNU University of Science, Viet Nam

Received: 4/7/2019; Accepted: 25/8/2019

Abstract: This study investigates the temperature and rainfall changes by the mid-century (2046-2065) and by the end of the 21st century (2080-2099) under the Representative Concentration Pathways 4.5 (RCP4.5) and 8.5 (RCP8.5) scenarios over Southeast Asia (SEA) and Viet Nam. The ensemble experiment used in the study was averaged from six regional climate downscaling experiments resulted from the Southeast Asia Regional Climate Downscaling/Coordinated Regional Climate Downscaling

Experiment - Southeast Asia (SEACLID/CORDEX-SEA). Results showed that the projected temperature increment in SEA ranged from 2.5 to 4.6°C and the projected rainfall decreased by up to -30% by the end of the century under the RCP8.5, compared to the baseline period of 1986-2005. The areas higher than latitude 15N had higher temperature increases.

Keywords: Climate projection, regional climate model, SEACLID/CORDEX-SEA, Viet Nam, temperature, rainfall.