

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

Ngô Thị Thanh Hương

**DỰ TÍNH SỰ BIẾN ĐỔI CỦA HẠN HÁN Ở VIỆT NAM TỪ SẢN PHẨM
CỦA MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC**

Chuyên ngành: **Khí tượng - Khí hậu học**

Mã số: **62. 44. 87**

LUẬN VĂN THẠC SỸ KHOA HỌC

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
TS.VŨ THANH HẰNG

Hà Nội - Năm 2011

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành chương trình cao học và viết luận văn này, em luôn nhận được sự hướng dẫn và giúp đỡ nhiệt tình của các thầy cô trong Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Trước hết, em xin bày tỏ lòng biết ơn chân thành và sâu sắc đến các thầy cô trong Khoa Khí tượng Thủy văn và Hải dương học

Đồng thời em xin gửi lời cảm ơn tới TS. Vũ Thanh Hằng – Người đã dành rất nhiều thời gian để hướng dẫn và giúp đỡ tận tình cho em trong suốt quá trình nghiên cứu và hoàn thành luận văn này.

Mặc dù em đã cố gắng rất nhiều trong quá trình hoàn thành luận văn, tuy nhiên vẫn không tránh khỏi những thiếu sót, vì vậy em rất mong nhận được những ý kiến đóng góp từ thầy cô và các bạn.

Hà Nội, ngày 12 tháng 12 năm 2011

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HẠN HÁN	3
1.1. Các định nghĩa và phân loại hạn hán	3
1.1.1. Khái niệm hạn hán	3
1.1.2 Phân loại hạn hán	4
1.2. Các đặc trưng của hạn hán	5
1.3. Các nguyên nhân gây ra hạn hán và tình trạng hạn hán ở nước ta trong thời gian qua	6
1.4. Tổng quan các nghiên cứu về hạn hán trên thế giới và ở Việt Nam ...	9
1.5. Một vài chỉ số hạn hán	14
CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC REGCM3 VÀ NGUỒN SỐ LIỆU	25
2.1. Giới thiệu mô hình khí hậu khu vực RegCM3	25
2.2. Sơ lược về kịch bản biến đổi khí hậu	27
CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ DỰ TÍNH SỰ BIẾN ĐỔI HẠN HÁN Ở CÁC VÙNG KHÍ HẬU VIỆT NAM GIAI ĐOẠN (2011-2050)	30
3.1. Kết quả tính toán các chỉ số hạn hán thời kỳ chuẩn (1970-1999)	30
3.1.1. Kết quả sai số của trường nhiệt và trường mưa	30
3.1.2 Kết quả tính của chỉ số J	33
3.1.3. Kết quả tính của chỉ số Ped	40
3.2. Kết quả dự tính hạn cho thời kỳ tương lai (2011-2050)	46
3.2.1. Kết quả dự tính hạn theo kịch bản A1B	46
3.2.2. Kết quả dự tính hạn theo kịch bản A2	62
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	77
TÀI LIỆU THAM KHẢO	79

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1.1: Phân cấp hạn theo chỉ số PDSI.....	17
Bảng 1.2: Phân cấp hạn theo chỉ số SPI.....	18
Bảng 1.3: Phân cấp hạn theo chỉ số PAI.	19
Bảng 1.4: Phân cấp hạn theo chỉ số Ped	19
Bảng 1.5: Phân cấp hạn theo chỉ số J	20
Bảng 1.6: Phân cấp hạn theo chỉ số hiệu suất giáng thủy	20
Bảng 1.7: Phân cấp hạn theo chỉ số K.....	22
Bảng 1.8: Phân cấp hạn theo chỉ số P	22
Bảng 1.9: Phân cấp hạn khí tượng theo chỉ số EDI	23
Bảng 2.1: Danh sách mạng lưới trạm khí tượng được khai thác số liệu.....	26
Bảng 3.1: Tổng kết một vài đặc trưng hạn theo kết quả tính của chỉ số J ở các vùng khí hậu Việt Nam trong thời kỳ chuẩn.....	39
Bảng 3.2: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hạn theo kết quả tính của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu Việt Nam trong thời kỳ chuẩn	45
Bảng 3.3: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hạn theo kết quả tính của chỉ số J ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A1B.....	56
Bảng 3.4: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hạn theo kết quả tính của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A1B.....	61
Bảng 3.5: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hạn theo kết quả tính của chỉ số J ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A2	71
Bảng 3.6: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hạn theo kết quả tính của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A2.	76

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1. Độ cao địa hình (m) khu vực miền tính	27
Hình 2.2. Bản đồ các vùng khí hậu Việt Nam	27
Hình 2.3. Bốn kịch bản với các nội dung được minh họa bằng cái cây hai chiều.	28
Hình 3.1. Sai số trung bình ME (trái), sai số trung bình tuyệt đối MAE (giữa) và sai số quân phương RMSE (phải) của nhiệt độ và lượng mưa trung bình giai đoạn (1970-1999) ở các vùng khí hậu phía Bắc.	30
Hình 3.2. Sai số trung bình ME (trái), sai số trung bình tuyệt đối MAE (giữa) và sai số quân phương RMSE (phải) của nhiệt độ và lượng mưa trung bình giai đoạn (1970-1999) ở các vùng khí hậu phía Nam.....	32
Hình 3.3. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)	34
Hình 3.4. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Nam tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)	37
Hình 3.5. Biến đổi của chỉ số Ped trong thời kỳ chuẩn ở các vùng khí hậu phía Bắc tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)	41
Hình 3.6. Biến đổi của chỉ số Ped trong thời kỳ chuẩn ở các vùng khí hậu phía Nam tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)	43
Hình 3.7. Chênh lệch nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A1B.....	47
Hình 3.8. Chênh lệch nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn theo năm ứng với kịch bản A1B.....	48
Hình 3.9. Chênh lệch lượng mưa ($\text{mm}/\text{ngày}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A1B	49
Hình 3.10. Chênh lệch lượng mưa ($\text{mm}/\text{ngày}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn theo năm ứng với kịch bản A1B	50

Hình 3.11. Chỉ số J (mm^0C) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B.....	51
Hình 3.12. Chỉ số J (mm^0C) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B.	54
Hình 3.13. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B.....	58
Hình 3.14. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B.....	59
Hình 3.15. Chênh lệch nhiệt độ (^0C) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A2	63
Hình 3.16. Chênh lệch nhiệt độ (^0C) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn (a, b) theo năm ứng với kịch bản A2.....	64
Hình 3.17. Chênh lệch lượng mưa ($\text{mm}/\text{ngày}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A2....	65
Hình 3.18. Chênh lệch lượng mưa ($\text{mm}/\text{ngày}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn (a, b) theo năm ứng với kịch bản A2	66
Hình 3.19. Chỉ số J (mm^0C) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.....	67
Hình 3.20. Chỉ số J (mm^0C) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.....	69
Hình 3.21. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.....	72
Hình 3.22. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.....	74

MỞ ĐẦU

Hạn hán là thiên tai lớn thứ 3 sau lũ lụt và bão. Nó gây ra những thiệt hại to lớn về người, tiền của, kinh tế xã hội và môi trường. Thiên tai này không có cách “phòng chống” mà chỉ có thể tránh và giảm thiểu thiệt hại do thiên tai gây ra. Hơn nữa, hiện tượng hạn hán đã ảnh hưởng đến rất nhiều nước trên thế giới, đặc biệt là các vùng khô hạn, bán khô hạn. Ảnh hưởng của hạn ngày càng nghiêm trọng hơn: với tần suất và thời gian kéo dài đợt hạn tăng lên, mức độ hạn khắc nghiệt, phạm vi hạn cũng mở rộng hơn nên đã gây rất nhiều khó khăn cho người dân, nghiêm trọng nhất là tình trạng thiếu điện, thiếu nước trên diện rộng, gây ra tình trạng đói nghèo ở nhiều quốc gia, điển hình nhất là ở Châu Phi. Ở Việt Nam, trong những năm gần đây, tình trạng hạn hán ngày càng trở nên nghiêm trọng hơn do hiện tượng El Nino tăng lên làm cho lượng mưa ít hơn, thêm vào đó là tác động chặt phá rừng, đốt nương làm rẫy...của con người dẫn đến hàng ngàn hecta hoa màu bị mất trắng, nhiều người dân sống trong cảnh đói nghèo. Do đó, nghiên cứu về hiện tượng hạn hán là một trong những vấn đề đã và đang thu hút được rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trên thế giới cũng như trong nước ta. Việc nghiên cứu về hạn hán trên thế giới cũng như trong nước từ bộ số liệu quan trắc sẽ giúp cho các nhà quản lý thiết lập được các khung chương trình quản lý nguồn nước thích hợp cho nông nghiệp và nhu cầu nước trong thành phố. Tuy nhiên trong xu thế nóng lên toàn cầu, sự biến đổi của hạn hán cũng hết sức phức tạp. Do đó việc dự tính nó ngày càng khó khăn hơn, nên nhiều nghiên cứu đã dự tính sự biến đổi hạn hán trong tương lai dựa trên các kịch bản phát thải khí nhà kính khác nhau.

Chính vì vậy, việc xem xét sự biến đổi và dự tính hạn hán ở hiện tại và trong tương lai ở Việt Nam rất có ý nghĩa, giúp cho chính phủ có kế hoạch khẩn cấp để ứng phó với tình trạng hạn hán ngay từ ban đầu nhằm giảm thiểu tối đa những thiệt hại mà nó gây ra.

Đứng trước thực tế đó, chúng tôi đã chọn đề tài nghiên cứu của luận văn là: ***“Dự tính sự biến đổi của hạn hán ở Việt Nam từ sản phẩm của mô hình khí hậu khu vực”***.

Đề tài này không quá mới mẻ trên thế giới, còn trong nước cũng đã có nhiều tác giả nghiên cứu về hạn, nhưng chủ yếu chỉ là những đánh giá hạn hán thông qua các chỉ số hạn dựa trên tập số liệu quan trắc. Trong nghiên cứu này bên cạnh việc sử dụng bộ số liệu trong quá khứ (1970-1999) thì số liệu mô hình trong thời kỳ tương lai (2011-2050) cũng được sử dụng để tính toán các chỉ số hạn hán cho các vùng khí hậu Việt Nam. Từ đó xem xét sự phù hợp của các điều kiện hạn tính toán được từ số liệu quan trắc và số liệu mô hình trong thời kỳ chuẩn ở từng vùng khí hậu, đồng thời dự tính sự biến đổi của hạn hán trong tương lai dựa trên kết quả của mô hình khí hậu khu vực theo 2 kịch bản phát thải A1B và A2 thời kỳ (2011-2050).

Ngoài phần mở đầu, kết luận, tài liệu tham khảo, luận văn được bố cục trong 3 chương.

Chương 1: Tổng quan về hạn hán. Chương này giới thiệu một cách tổng quát về hạn hán, nguyên nhân, các đặc trưng hạn hán và kết quả nghiên cứu của một số tác giả trên thế giới và Việt Nam.

Chương 2: Mô hình khí hậu khu vực và nguồn số liệu. Ở đây trình bày khái quát về mô hình RegCM3, nguồn số liệu tính toán các chỉ số hạn và phương pháp tính.

Chương 3: Kết quả dự tính sự biến đổi của hạn hán ở các vùng khí hậu Việt Nam giai đoạn (2011-2050). Chương này đưa ra các kết quả tính toán các chỉ số hạn hán thời kỳ chuẩn (1970-1999) và thời kỳ tương lai (2011-2050) theo hai kịch bản A1B và A2.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ HẠN HÁN

1.1. Các định nghĩa và phân loại hạn hán

1.1.1. Khái niệm hạn hán

Hạn hán là một phần tự nhiên của khí hậu mặc dù nó vẫn bị nhầm lẫn là sự kiện hiếm và ngẫu nhiên. Hiện tượng hạn hán có thể xảy ra ở hầu hết tất cả các vùng khí hậu, với các đặc tính của hạn biến đổi đáng kể từ vùng này sang vùng khác. Hạn hán là một sự sai khác theo thời gian, rất khác với sự khô hạn. Bởi khô hạn bị giới hạn trong những vùng lượng mưa thấp, nhiệt độ cao và là một đặc trưng lâu dài của khí hậu (Wilhite, 2000). So với các thảm họa tự nhiên như: xoáy, lũ lụt, động đất, sự phun trào núi lửa, và sóng thần có sự khởi đầu nhanh chóng, có ảnh hưởng trực tiếp và có cấu trúc, thì hạn hán lại ngược lại. Hạn hán khác với các thảm họa tự nhiên khác theo các khía cạnh quan trọng sau (Wilhite, 2000):

- Không tồn tại một định nghĩa chung về hạn hán.
- Hạn hán có sự khởi đầu chậm, là hiện tượng từ từ, dẫn đến khó có thể xác định được sự bắt đầu và kết thúc một sự kiện hạn.
- Thời gian hạn dao động từ vài tháng đến vài năm, vùng trung tâm và vùng xung quanh bị ảnh hưởng bởi hạn hán có thể thay đổi theo thời gian.
- Không có một chỉ thị hoặc một chỉ số hạn đơn lẻ nào có thể xác định chính xác sự bắt đầu và mức độ khắc nghiệt của sự kiện hạn cũng như các tác động tiềm năng của nó.
- Phạm vi không gian của hạn hán thường lớn hơn nhiều so với các thảm họa khác, do đó các ảnh hưởng của hạn thường trải dài trên nhiều vùng địa lý lớn.
- Các tác động của hạn nhìn chung không theo cấu trúc và khó định lượng. Các tác động tích lũy lại và mức độ ảnh hưởng của hạn sẽ mở rộng khi các sự kiện hạn tiếp tục kéo dài từ mùa này sang mùa khác hoặc sang năm khác.

Mặt khác, hạn hán ảnh hưởng đến nhiều lĩnh vực kinh tế và xã hội nên các định nghĩa về hạn sẽ được đưa ra theo nhiều cách tiếp cận khác nhau: như các ngưỡng sử dụng, theo mục đích sử dụng, khu vực, địa phương... Hơn nữa, hạn xảy ra với tần suất thay đổi gần như ở tất cả các vùng trên toàn cầu, các tác động của hạn đến nhiều lĩnh vực cũng khác nhau theo không gian và thời gian. Như vậy để có được một định nghĩa chung nhất về hạn hán thì rất khó.

Theo Wilhite (2000), tác giả cho rằng mặc dù các nhân tố khí hậu (nhiệt độ cao, gió mạnh, độ ẩm tương đối thấp) thường gắn liền với hạn hán ở nhiều vùng trên thế giới và có thể làm nghiêm trọng thêm mức độ hạn, song lượng mưa vẫn là nhân tố ảnh hưởng chính gây ra hạn hán và tác giả cũng đã đưa ra một định nghĩa về hạn: “hạn hán là kết quả của sự thiếu hụt lượng mưa tự nhiên trong một thời kỳ dài, thường là một mùa hoặc lâu hơn”. Chính vì vậy, hạn hán thường được gắn liền với các khoảng thời điểm (mùa hạn chính, sự khởi đầu muộn của mùa mưa, sự xuất hiện mưa trong mối liên hệ với các giai đoạn sinh trưởng chính của cây trồng) và đặc tính của mưa (cường độ mưa, các đợt mưa). Với các thời điểm hạn xuất hiện khác nhau sẽ dẫn đến các sự kiện hạn khác nhau về tác động, phạm vi ảnh hưởng cũng như các đặc tính khí hậu của hạn khác nhau.

1.1.2 Phân loại hạn hán

Hạn hán có thể phân loại theo nhiều cách khác nhau, nhưng phổ biến nhất là phân thành bốn loại hạn cơ bản: hạn khí tượng, hạn nông nghiệp, hạn thủy văn, hạn kinh tế xã hội.

Hạn khí tượng (Meteorological Drought): thường là một biểu hiện về sự chênh lệch (thiếu hụt) lượng giáng thủy trong suốt một khoảng thời gian nào đó. Các ngưỡng đã được chọn, (như 50 % lượng mưa chuẩn của thời kì 6 tháng) sẽ biến đổi theo nhu cầu và ứng dụng của người sử dụng ở từng địa phương. Những trị số đo khí tượng là những chỉ số đầu tiên của hạn hán.

Hạn nông nghiệp (Agricultural Drought): Hạn nông nghiệp thường xảy ra ở nơi độ ẩm đất không đáp ứng đủ nhu cầu của một cây trồng cụ thể ở thời gian nhất

định và cũng ảnh hưởng đến vật nuôi và các hoạt động nông nghiệp khác. Mối quan hệ giữa lượng mưa và lượng mưa thấm vào đất thường không được chỉ rõ. Sự thấm thấu lượng mưa vào trong đất sẽ phụ thuộc vào các điều kiện ẩm trước đó, độ dốc của đất, loại đất, cường độ của sự kiện mưa. Các đặc tính của đất cũng biến đổi. Ví dụ, một số loại đất có khả năng giữ nước tốt hơn, nên nó giữ cho các loại đất đó ít bị hạn hơn.

Hạn thủy văn (Hydrological Drought): Hạn thủy văn liên quan đến sự thiếu hụt nguồn nước mặt và các nguồn nước mặt phụ. Nó được lượng hóa bằng dòng chảy, tuyết, mực nước hồ, hồ chứa và nước ngầm. Thường có sự trễ thời gian giữa sự thiếu hụt mưa, tuyết, hoặc ít nước trong dòng chảy, hồ, hồ chứa, làm cho các giá trị đo đạc của thủy văn không phải là chỉ số hạn sớm nhất. Cũng giống như hạn nông nghiệp, hạn thủy văn không chỉ ra được mối quan hệ rõ ràng giữa lượng mưa và trạng thái cung cấp nước bề mặt trong các hồ, bể chứa, tầng ngập nước, dòng suối. Bởi vì các thành phần của hệ thống thủy văn rất hữu ích cho những mục tiêu cạnh tranh và phức tạp, như sự tưới tiêu, tái tạo lại, ngành du lịch, kiểm soát lũ lụt, vận chuyển, sản xuất năng lượng thủy nhiệt điện, cung cấp nước trong nhà, bảo vệ các loài vật nguy hiểm và việc quản lý và bảo tồn môi trường và xã hội.

Hạn kinh tế-xã hội khác hoàn toàn với các loại hạn khác. Bởi nó phản ánh mối quan hệ giữa sự cung cấp và nhu cầu hàng hóa kinh tế (ví dụ như cung cấp nước, thủy điện), nó phụ thuộc vào lượng mưa. Sự cung cấp đó biến đổi hàng năm như là một hàm của lượng mưa và nước. Nhu cầu nước cũng dao động và thường có xu thế dương do sự tăng dân số, sự phát triển của đất nước và các nhân tố khác nữa.

1.2. Các đặc trưng của hạn hán

Theo (Wilhite, 2000; Singh M., 2006) khi so sánh các đợt hạn hán với nhau, tác giả thấy rằng mỗi đợt hạn hán thường khác nhau bởi ba đặc trưng sau đây: cường độ, thời gian, sự trải rộng theo không gian của hạn hán.

- Cường độ hạn hán được định nghĩa là mức độ thiếu hụt lượng mưa hay mức độ ảnh hưởng hạn hán kết hợp với sự thiếu hụt đó. Nó thường được xác định

bởi sự trệch khỏi mức độ trung bình của các chỉ số khí hậu và liên quan mật thiết với thời gian xác định ảnh hưởng của hạn.

- Thời gian hạn hán chỉ khoảng thời gian một đợt hạn hán kéo dài, thông thường nó kéo dài ít nhất là hai đến ba tháng để chắc chắn là hạn hán, sau đó có thể kéo dài hàng tháng hàng năm.

- Hạn hán còn có sự khác nhau theo không gian. Hạn có thể xảy ra trên nhiều vùng với diện tích hàng trăm km² nhưng với mức độ gần như không nghiêm trọng và thời gian tương đối ngắn. Hạn lục địa có thể trải rộng trên nhiều vùng với diện tích hàng trăm, hàng nghìn km², đặc biệt là các trường hợp nghiêm trọng hạn có thể trải rộng hàng triệu km², có khi chiếm gần nửa đại lục (WMO, 1975). Diện tích bị ảnh hưởng bởi hạn hán có thể tăng dần lên khi hạn nghiêm trọng xảy ra và các vùng hạn hán có cường độ hạn cực đại cũng sẽ thay đổi từ mùa này sang mùa khác.

1.3. Các nguyên nhân gây ra hạn hán và tình trạng hạn hán ở nước ta trong thời gian qua

Nguyên nhân gây ra hạn hán

Theo Nguyễn Đức Ngữ (2002), hạn hán xảy ra do thời tiết bất thường gây nên lượng mưa thường xuyên ít ỏi hoặc nhất thời thiếu hụt lượng mưa. Thường hạn hán bắt nguồn từ các nguyên nhân sau:

- Hạn hán do mưa quá ít, lượng mưa không đáng kể trong một thời gian dài, hầu như quanh năm, đây là tình trạng khá phổ biến trên các vùng khô hạn và bán khô hạn.

- Hạn hán do lượng mưa trong một thời gian dài thấp hơn rõ rệt so với mức nhiều năm cùng kỳ. Tình trạng này có thể xảy ra cả ở nhiều vùng mưa.

- Mưa không ít lắm, nhưng trong một thời gian nhất định trước đó không mưa hoặc mưa chỉ đáp ứng nhu cầu tối thiểu của sản xuất và môi trường xung quanh. Đây là tình trạng phổ biến trên các vùng khí hậu gió mùa, có sự khác biệt rõ

rệt về mưa giữa mùa mưa và mùa khô. Bản chất và tác động của hạn hán gắn liền với định nghĩa về hạn hán.

- Hiện tượng El Nino cũng tác động khá mạnh đến tình trạng hạn hán. Năm El Nino, lượng mưa giảm, nhiệt độ bức xạ mặt trời tăng lên, bốc hơi tăng mạnh nên dễ gây hạn hán (như Bangladet). Ở Việt Nam, năm 1998 xảy ra hiện tượng El Nino dẫn tới hạn hán nghiêm trọng ở Tây Nguyên.

Ngoài ra một số nguyên nhân do hoạt động của con người cũng có thể gây ra hạn hán. Trước hết là do tình trạng phá rừng bừa bãi làm mất nguồn nước ngầm dẫn đến cạn kiệt nguồn nước; việc trồng cây không phù hợp, vùng ít nước cũng trồng cây cần nhiều nước (như lúa) làm cho việc sử dụng nước quá nhiều, dẫn đến việc cạn kiệt nguồn nước; thêm vào đó công tác quy hoạch sử dụng nước, bố trí công trình không phù hợp, làm cho nhiều công trình không phát huy được tác dụng.... Thêm nữa, thiếu nước trong mùa khô (mùa kiệt) là do không đủ nguồn nước và thiếu những biện pháp cần thiết để đáp ứng nhu cầu sử dụng ngày càng gia tăng do sự phát triển kinh tế - xã hội ở các khu vực, các vùng chưa có quy hoạch hợp lý hoặc quy hoạch phát triển không phù hợp.

Đặc điểm hạn hán trong những năm gần đây ở Việt Nam

Hàng năm hạn hán xảy ra ở vùng này hay vùng khác với mức độ và thời gian khác nhau, gây ra những thiệt hại to lớn đối với kinh tế. Theo thống kê của Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung ương trong 40 năm qua, ở Bắc Bộ đã xảy ra những năm hạn nặng vào vụ đông xuân: năm 1959, 1961, 1970, 1984, 1986, 1989, 1993, 1998 và vụ mùa 1960, 1961, 1963, 1964. Trung Bộ và Nam Bộ có hạn nặng trong các năm 1983, 1987, 1988, 1990, 1992, 1998. Đặc biệt là hai đợt hạn nghiêm trọng năm 1992-1993, 1997-1998 ảnh hưởng nghiêm trọng đến nguồn nước sản xuất nông nghiệp trên cả nước. Thiếu hụt nghiêm trọng lượng mưa năm 1992 đã gây hạn hán thiếu nước cho sản xuất và dân sinh trong năm 1993. Năm 1992, lượng mưa hàng năm thiếu hụt tới 30-70%, có nơi tới 100% so với trung bình nhiều năm từ tháng VIII đến tháng XI, tới 40- 60% năm 1993 trong 7 tháng đầu năm. Tổng

diện tích lúa vụ đông xuân bị hạn trên các vùng trên 176.000 ha, bị chết là trên 22.000 ha. Vụ hè thu năm 1993, lượng mưa thiếu hụt nghiêm trọng, nắng nóng gay gắt, bốc hơi nhiều dẫn đến hạn hán rất nghiêm trọng, dự trữ nước trong đất, sông suối và ở các hồ chứa rất ít. Mức nước trên các sông lớn đều thấp hơn trung bình nhiều năm từ 0,1- 0,5m, các hồ chứa vừa và nhỏ đều cạn kiệt. Đặc biệt các tỉnh từ Thanh Hóa đến Bình Thuận, hạn hán tác động mạnh đến nông nghiệp (41,2% diện tích gieo trồng bị hạn, trong đó 24.090 ha bị chết, đồng bằng sông Cửu Long hạn hán ít gay gắt hơn, có 8564 ha lúa bị chết).

Hạn hán năm 1998 xảy ra trên toàn đất nước là do hiện tượng El Nino 1997-1998 kéo dài 15 tháng (từ tháng IV năm 1997 đến tháng VI năm 1998) gây ra. Nhiệt độ bề mặt trái đất năm 1997 cao hơn trung bình nhiều năm là $0,43^{\circ}\text{C}$. Ở nước ta nhiệt độ trung bình tháng từ tháng X đến 1997 đến tháng VI năm 1998 thường cao hơn trung bình nhiều năm, nhiều đợt nắng nóng gay gắt, kéo dài nhiều ngày với nhiệt độ cao nhất tuyệt đối lên tới $40-41^{\circ}\text{C}$. Bên cạnh đó, lượng mưa cũng đặc biệt, Bắc Bộ mưa rất ít trong các tháng đầu năm, mùa mưa đến muộn tổng lượng mưa trung bình năm 1998 chỉ bằng 60-80% lượng mưa trung bình nhiều năm, ở Bắc Trung Bộ lượng mưa chỉ bằng 60-95% lượng mưa trung bình nhiều năm, Nam Trung Bộ, từ tháng I đến tháng VIII (trừ tháng V), lượng mưa thấp hơn trung bình nhiều năm, nhưng các tháng còn lại lượng mưa cao hơn bình thường. Chính vì vậy đầu năm hạn hán xảy ra nghiêm trọng, lũ lụt xảy ra nghiêm trọng từ tháng IX cho đến cuối năm. Ở Nam Bộ và Tây Nguyên, lượng mưa đều ít hơn trung bình nhiều năm. Hạn hán, thiếu nước mùa khô 1997-1998 nghiêm trọng nhất, hầu như bao trùm cả nước, gây thiệt hại lớn: diện tích lúa bị hạn cả nước lên tới 254.000 ha trong đó 30.740 ha bị mất trắng vụ đông xuân, 435.320 ha bị hạn trong đó 70810 ha bị chết vụ hè thu, 153.070 ha trong đó 22.690 ha bị mất trắng trong vụ mùa. Ngoài ra hàng chục nghìn ha cây công nghiệp và cây ăn quả bị hạn, gần 3 triệu người thiếu nước sinh hoạt.

Trong những năm gần đây, hạn hán cũng xảy ra trên diện rộng và gây ra những thiệt hại nghiêm trọng cho người dân ở nhiều tỉnh. Năm 2001, các tỉnh Phú

Yên, Quảng Nam, Quảng Bình, Quảng Trị là những tỉnh bị hạn nghiêm trọng. Các tháng VI và VII hầu như không mưa. Chỉ riêng ở Phú Yên, hạn hán đã gây thiệt hại cho 7200 ha mía, 500 ha sắn, 225 ha lúa nước và 300 ha lúa nương. Trong 6 tháng đầu năm 2002, hạn hán nghiêm trọng đã diễn ra ở vùng Duyên hải Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Đông Nam Bộ gây thiệt hại về mùa màng, gây cháy rừng trên diện rộng, trong đó có cháy rừng lớn ở các khu rừng tự nhiên U Minh thượng và U Minh hạ. Những tháng trước mùa mưa năm 2003, hạn hán bao trùm hầu khắp Tây Nguyên, gây thiệt hại cho khoảng 300 ha lúa ở Kon Tum, 3000 ha lúa ở Gia Lai và 50.000 ha đất canh tác ở Đắk Lắk; thiếu nước cấp cho sinh hoạt của 100.000 hộ dân. Chỉ tính riêng cho Đắk Lắk, tổng thiệt hại ước tính khoảng 250 tỷ đồng. Hạn hán thiếu nước năm 2004-2005 xảy ra trên diện rộng nhưng không nghiêm trọng như năm 1997-1998. Ở Bắc Bộ, mực nước sông Hồng tại Hà Nội vào đầu tháng III xuống mức 1,72 m thấp nhất kể từ năm 1963 đến năm 2005. Ở Miền Trung và Tây Nguyên, nắng nóng kéo dài, dòng chảy trên các sông suối ở mức thấp hơn trung bình nhiều năm cùng kỳ, một số suối cạn kiệt hoàn toàn; nhiều hồ, đập dâng hết khả năng cấp nước. Ninh Thuận là địa phương bị hạn hán thiếu nước khốc liệt nhất trong vòng 20 năm qua, chủ yếu do mưa ít, lượng mưa trong 4 tháng (từ tháng XI/2004 đến tháng II/2005) chỉ bằng khoảng 41% TBNN; các sông suối, ao hồ đều khô cạn, chỉ có hồ Tân Giang còn khoảng 500.000 m³ nước nhưng ở dưới mực nước chết, hồ thủy điện Đa Nhim - nguồn cung cấp nước chủ yếu cho Ninh Thuận, cũng chỉ còn 1/3 dung tích so với cùng kỳ năm trước. Toàn tỉnh có 47.220 người thiếu nước sinh hoạt. Bên cạnh tình trạng hạn hán còn xảy ra hiện tượng cháy rừng do thiếu nước, nhiệt độ cao, bốc hơi nhiều. Năm 2011 cũng xảy ra nhiều vụ cháy rừng như ở Phú Yên, Thừa Thiên Huế.

1.4. Tổng quan các nghiên cứu về hạn hán trên thế giới và ở Việt Nam

Trên thế giới, có rất nhiều tác giả nghiên cứu về hạn hán. Nhưng do tính phức tạp của hiện tượng này, đến nay vẫn chưa có một phương pháp chung cho các nghiên cứu về hạn hán. Trong việc xác định, nhận dạng, giám sát và cảnh báo hạn hán, các tác giả thường sử dụng công cụ chính là các chỉ số hạn hán. Việc theo dõi

sự biến động của giá trị các chỉ số hạn hán sẽ giúp ta xác định được sự khởi đầu, thời gian kéo dài cũng như cường độ hạn. Chỉ số hạn hán là hàm của các biến đơn như lượng mưa, nhiệt độ, bốc thoát hơi, dòng chảy... hoặc là tổng hợp của các biến. Mỗi chỉ số đều có ưu điểm nhược điểm khác nhau, và mỗi nước đều sử dụng các chỉ số phù hợp với điều kiện nước mình. Việc xác định hạn hán bằng các chỉ số hạn không chỉ áp dụng với bộ số liệu quan trắc mà còn áp dụng với bộ số liệu là sản phẩm của mô hình khí hậu khu vực và mô hình khí hậu toàn cầu. Trong quá trình nghiên cứu hạn, việc xác định các đặc trưng của hạn là hết sức cần thiết, như xác định: sự khởi đầu và kết thúc hạn, thời gian kéo dài hạn, phạm vi mở rộng của hạn, mức độ hạn, tần suất và mối liên hệ giữa những biến đổi của hạn với khí hậu (Piechota và Dracup, 1996).

Các phân tích về hạn hán trên quy mô toàn cầu (Meshcherskaya A. V. và cs, 1996; Dai và cs, 2004; Niko Wanders và cs, 2010), khu vực và địa phương (Benjamin Lloyd-Hughes và cs 2002; Hayes, 1999) thông qua các chỉ số hạn dựa trên số liệu mưa, nhiệt độ và độ ẩm quan trắc trong quá khứ cho thấy số đợt hạn, thời gian kéo dài hạn, cũng như tần suất và mức độ của nó ở một số nơi đã tăng lên đáng kể. Nổi bật lên trong nghiên cứu hạn trên quy mô toàn cầu là nghiên cứu của Niko Wanders và cs (2010). Trong bài, tác giả đã phân tích ưu điểm, nhược điểm của 18 chỉ số hạn hán bao gồm cả chỉ số hạn khí tượng, chỉ số hạn thủy văn, chỉ số độ ẩm, rồi lựa chọn ra các chỉ số thích hợp để áp dụng phân tích các đặc trưng của hạn hán trong năm vùng khí hậu khác nhau trên toàn cầu: vùng xích đạo, vùng khô hạn cực, vùng nhiệt độ ẩm, vùng tuyết, vùng địa cực. Nhiều nghiên cứu cho thấy sự giảm lượng mưa đáng kể đi kèm với sự tăng nhiệt độ sẽ làm tăng quá trình bốc hơi, gây ra hạn hán nghiêm trọng hơn (Meshcherskaya A.V. và cs, 1996; Loukas A. và Vasiliades L., 2004). Cùng với xu thế ấm hơn trên toàn cầu giai đoạn (1980-2000), tần suất và xu thế hạn tăng lên và xảy ra nghiêm trọng hơn vào bất cứ mùa nào trong năm, như ở Cộng hòa Séc cứ khoảng 5 năm lại xảy ra đợt hạn hán nặng trong suốt mùa đông hoặc mùa hè, với mức độ nặng và tần suất lớn nhất vào tháng IV và tháng VI (xảy ra trên toàn bộ lãnh thổ với tổng diện tích là 95%) (Potop và cs,

2008); hạn xảy ra vào các tháng mùa hè ở Hy Lạp ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoa màu và sự cung cấp nước trong thành phố (Loukas A. và Vasiliades L., 2004); ở Cộng hòa Moldova, cứ 2 năm thì lại có một đợt hạn nặng vào mùa thu (Potop V. và Soukup J., 2008). Bên cạnh sự gia tăng về tần suất và mức độ hạn, thời gian kéo dài các đợt hạn cũng tăng lên đáng kể. Thời gian xảy ra hạn có thể kéo vài tháng đến vài năm trong nhiều quốc gia. Nghiên cứu hạn dựa trên bộ số liệu mưa và nhiệt độ tháng quan trắc với bước lưới 0,5 độ trên toàn lãnh thổ Châu Âu 35⁰-70⁰N và 35⁰E-10⁰W, Benjamin Lloyd-Hughes và cs (2002) đã chỉ ra rằng thời gian hạn hán lớn nhất trung bình trên mỗi ô lưới ở Châu Âu là 48 ± 17 tháng. Tần suất hạn hán cao hơn xảy ra ở lục địa Châu Âu, thấp hơn ở bờ biển phía đông bắc Châu Âu, bờ biển Địa Trung Hải, thời gian hạn kéo dài nhất thì xảy ra ở Italya, đông bắc Pháp, đông bắc Nga, với thời gian kéo dài là 40 tháng. Xukai Zou và cs (2005) chỉ ra rằng hạn hán ở phía bắc Trung Quốc có xu thế tăng lên kể từ sau những năm 1990, đặc biệt có vài vùng hạn hán kéo dài 4-5 năm từ năm 1997 đến năm 2003.

Ở Việt Nam, những nghiên cứu về hạn hán cũng đã được tiến hành đến từng vùng khí hậu, tỉnh, địa phương. Vào năm 1995, GS. Nguyễn Trọng Hiệu đã nghiên cứu sự phân bố hạn hán và tác động của hạn hán ở các vùng khí hậu Việt Nam. Các kết quả tính toán cho thấy, hạn mùa đông chủ yếu ở khu vực Bắc Bộ, Nam Bộ, Tây Nguyên, hạn mùa hè thịnh hành ở Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ. Hạn mùa đông tần suất cao hơn hạn mùa hè và tần suất hạn mùa đông có thể lên đến 100% ở một số nơi thuộc Tây Nguyên và Nam Bộ. GS. Nguyễn Trọng Hiệu và cs (2003) sử dụng các số liệu lượng mưa và lượng bốc hơi của khoảng 160 trạm khí tượng bề mặt với thời gian quan trắc phổ biến (1961-2000) để nghiên cứu tính chất, mức độ hạn và phân vùng hạn ở Việt Nam. Dựa trên các kết quả tính toán, tác giả đã chia hạn hán thành 5 loại: từ khô hạn đến ít khô hạn nhất và phân chia Việt Nam thành 8 vùng có mùa khô khác nhau: vùng Tây Bắc xảy ra hạn cả trong mùa đông và mùa xuân; vùng Đông Bắc xảy ra hạn trong mùa đông; vùng Đồng bằng Bắc bộ xảy ra hạn trong mùa đông; vùng Bắc Trung Bộ xảy ra hạn vào nửa cuối mùa đông; vùng Nam Trung Bộ xảy ra hạn vào cuối mùa đông và kéo dài đến giữa mùa hè; vùng

Cực Nam Trung Bộ, vùng Tây Nguyên và vùng Nam Bộ xảy ra hạn nặng trong cả mùa đông và mùa xuân. Tác giả đưa ra kết luận, hạn chỉ xảy ra vào các tháng mùa đông, mùa xuân, mùa hè và không có tình trạng hạn vào các tháng mùa thu.

TS. Mai Trọng Thông (2006) đánh giá mức độ khô hạn của vùng Đông Bắc và Đồng bằng Bắc bộ thời kỳ (1975-2004) và cho thấy kết quả tính toán khá phù hợp với điều kiện khí hậu thực tế ở hai khu vực này. Cùng năm 2008, một số nghiên cứu khác về hạn hán cũng thu được những kết quả đáng kể trong việc ứng dụng sản xuất nông nghiệp, quản lý nguồn nước (TS. Nguyễn Văn Liêm, GS. TS. Lê Sâm và cs).

Trong báo cáo tổng kết đề tài: “ Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên năm 2008”, TS. Trần Thục và cs (2008) đã tiến hành những nghiên cứu đánh giá bổ sung về các điều kiện khí tượng thủy văn nhằm phục vụ tính toán và đánh giá mức độ khắc nghiệt của hạn hán và tính toán các chỉ số của 3 loại hạn: hạn khí tượng, hạn thủy văn và hạn nông nghiệp chi tiết đến huyện cho 9 tỉnh vùng Nam Trung Bộ và Tây Nguyên.

Dự tính khí hậu tương lai nói chung và dự tính các hiện tượng khí hậu cực đoan nói riêng trong đó bao gồm cả hạn hán, không thể dựa trên số liệu quan trắc thực tế. Hơn nữa, các hiện tượng khí hậu cực đoan thường chỉ được xác định thông qua các yếu tố khí tượng quan trắc. Chính vì vậy việc dự tính sự biến đổi của yếu tố khí hậu cực đoan trong tương lai dựa trên sản phẩm của mô hình là hết sức cần thiết. Do đó, bên cạnh việc sử dụng số liệu khí tượng quan trắc để nghiên cứu hạn, thì những dự tính hạn hán bằng kết quả mô phỏng của các yếu tố khí hậu từ mô hình động lực cũng được phát triển mạnh mẽ ở nhiều quốc gia. Trong những năm gần đây, nhiều công trình nghiên cứu về hạn hán đã sử dụng sản phẩm dự tính khí hậu tương lai của các mô hình khí hậu toàn cầu (GCM) theo các kịch bản phát thải khí nhà kính. Các vấn đề xoay quanh dự tính hạn hán thường liên quan mật thiết với kết quả dự tính biến đổi của lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm trong tương lai. Trong khí hậu tương lai ấm hơn, hầu hết các mô hình hoàn lưu chung khí quyển đều dự tính sự

khô hạn mùa hè và ẩm ướt mùa đông tăng lên trong hầu hết các vùng vĩ độ trung bình và vĩ độ cao ở phía bắc. Chính sự khô hạn mùa hè sẽ dẫn đến thảm họa hạn hán lớn hơn, đặc biệt ở những vùng lượng mưa giảm xuống (IPCC, 2007). Bên cạnh đó, Do. Woo. Kim và cs (2008) đã ước tính ảnh hưởng của sự nóng lên toàn cầu đến các hình thể hạn hán ở Châu Á vào cuối thế kỉ XXI bằng phương pháp tổ hợp nhiều mô hình dựa trên số liệu mưa ngày được mô phỏng từ 15 mô hình khí hậu kép bên dưới kịch bản A1B. Các kết quả chỉ ra rằng tỷ lệ mưa giảm cao nhất ở Bắc Á vào tất cả các mùa, ở Tây Á lượng mưa trung bình giảm mạnh từ mùa đông sang mùa hè, dẫn đến hạn hán trong tương lai ở hai khu vực này sẽ có tần suất nhiều hơn, cường độ mạnh hơn, chu kì khô hạn kéo dài hơn trong quá khứ, đặc biệt vào mùa hè. Riêng toàn khu vực gió mùa (Đông Á và Nam Á) lượng mưa tăng lên dẫn đến tần suất hạn hán giảm, thời gian xảy ra hạn cũng ngắn hơn. Sheffield và Wood (2008) đã nghiên cứu những thay đổi của sự xuất hiện hạn hán trên toàn cầu thông qua độ ẩm đất được mô phỏng từ 8 mô hình GCM trong thời kỳ (1961-1990) và thời kỳ tương lai (thế kỷ XXI) ứng với ba kịch bản phát thải khí nhà kính B1, A1B, A2. Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự giảm về độ ẩm và sự thiếu hụt về độ ẩm theo không gian phù hợp với sự tần suất các đợt hạn kéo dài từ 4 đến 6 tháng từ giữa thế kỷ XX đến đầu thế kỷ XXI. Kenneth Strzepek và cs (2010) nghiên cứu về ảnh hưởng của BĐKH đến tần suất và cường độ hạn hán ở Hoa Kỳ trong thế kỷ XXI thông qua các chỉ số SPI, PDSI, được tính toán từ sản phẩm đầu ra của 22 mô hình khí hậu chung của IPCC ứng với 3 kịch bản phát thải khí nhà kính B1, A1B và A2. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã sử dụng trực tiếp sản phẩm đầu ra của mô hình mà không hạ thấp quy mô theo không gian và thời gian nào để tránh góp thêm tính không chắc chắn và các sai số trong các quá trình tính toán. Đồng thời do mỗi mô hình đều có một độ tin cậy khác nhau và chưa biết mô hình nào là tốt nhất nên đã lấy giá trị trung bình tháng của 22 mô hình để tính toán tần suất và cường độ hạn hán ứng với 3 giai đoạn (2006-2035), (2036-2065), (2066-2095) theo 3 kịch bản phát thải rồi so sánh với tần suất và cường độ hạn hán thời kỳ chuẩn (1960 - 1990) của thế kỷ XX. Các kết quả cho thấy tần suất hạn nông nghiệp chỉ dựa trên lượng mưa được dự tính

là tăng lên trong vài vùng ở Mỹ (các bang phía Tây Nam Hoa Kỳ), giảm ở các vùng khác. Tần suất hạn thủy văn dựa trên lượng mưa và nhiệt độ được dự tính là tăng lên trên hầu hết cả nước Mỹ, và đặc biệt là những năm 2050. Tần suất hạn và tính không chắc chắn trong các dự tính có xu thế tăng lên đáng kể theo thời gian, đặc biệt là xu thế tăng lên nghiêm trọng cùng với các kịch bản phát thải khí nhà kính cao hơn.

Việc ứng dụng các mô hình khí hậu khu vực (RCM) để mô phỏng các yếu tố khí hậu, hạn hán trong quá khứ và trong tương lai cũng đã phát triển mạnh ở nhiều nước. Csaba Torm (2011) đã sử dụng mô hình RegCM độ phân giải cao là 10 km theo phương ngang với 18 mực thẳng đứng với điều kiện biên và ban đầu là số liệu ERA40 của ECMWF để mô phỏng nhiệt độ và lượng mưa, số đợt khô hạn (một đợt hạn là ít nhất 5 ngày liên tiếp có lượng mưa ngày nhỏ hơn 1mm) và số đợt ẩm ướt (một đợt ẩm là ít nhất 5 ngày liên tiếp có lượng mưa ngày lớn hơn 1mm) trong thời kỳ (1961-1990) trên lưu vực Carpathian. Kết quả mô phỏng của mô hình RegCM cho thấy mặc dù có những sai số dương về lượng mưa vào mùa lạnh song nhìn chung mô hình mô phỏng khá tốt về nhiệt độ, lượng mưa và tần suất các đợt hạn và đợt ẩm ướt trong khu vực (đặc biệt là trên lãnh thổ Hungary), với hệ số tương quan giữa nhiệt độ mô phỏng và nhiệt độ quan trắc là 0,9 còn hệ số tương quan giữa lượng mưa mô phỏng với lượng mưa là quan trắc là 0,6.

Ngoài việc mô phỏng khí hậu trong quá khứ, nhiều nghiên cứu đã sử dụng sản phẩm dự tính khí hậu tương lai của GCM theo các kịch bản phát thải khí nhà kính để làm điều kiện biên cho các RCM để nhận được kết quả dự tính khí hậu chi tiết hơn trên qui mô khu vực, địa phương (Topcu S. và cs, 2010).

1.5. Một vài chỉ số hạn hán

Theo H. Hisdal và L. M. Tallksen (2000), thuật ngữ “định nghĩa sự kiện hạn hán” và “chỉ số hạn hán” vẫn còn chưa rõ ràng. Chỉ số hạn hán thường là một con số đặc trưng cho trạng thái chung của hạn hán tại một thời điểm đo được. Còn định

nghĩa một sự kiện hạn hán được áp dụng để lựa chọn các sự kiện hạn hán trong một chuỗi thời gian bao gồm sự bắt đầu và kết thúc của các đợt hạn hán.

Việc dự tính hạn hán dựa trên các chỉ số hạn hán được trình bày chi tiết trong (WMO, 1975; Heim, 2002). Tuy nhiên, mỗi chỉ số hạn hán đều được lựa chọn sao cho phù hợp với khu vực nghiên cứu và mục đích nghiên cứu. Dưới đây là một số chỉ số đã được dùng phổ biến trên thế giới.

▪ **Chỉ số khắc nghiệt hạn Palmer (Palmer Drought Severity Index - PDSI)**

Chỉ số Palmer được phát triển bởi Wayne Palmer vào những năm 1965 và sử dụng thông tin về nhiệt độ và lượng mưa hàng tháng vào công thức xác định khô hạn. Và bây giờ, nó đã trở thành chỉ số thông dụng và là cơ sở cho nhiều chỉ số khác, được tính như sau:

$$PDSI_i = 0.897PDSI_{i-1} + \frac{1}{3}Z_i \quad (1.1)$$

Với PDSI của tháng đầu tiên trong điều kiện khô hoặc ẩm bằng $\frac{1}{3}z_i$

Trong đó, $Z = Kd$: Chỉ số dị thường ẩm:

$$d = P - \hat{P} = P - (\alpha PE + \beta PR + \gamma PRO + \delta PL)$$

Giá trị của d được coi là độ lệch chuẩn độ ẩm.

Bốn giá trị tiềm năng được tính toán:

- Bốc thoát hơi tiềm năng (PE) được tính bằng phương pháp Thornthwaite.
- Bổ sung tiềm năng (PR) - Lượng ẩm cần thiết để đưa vào đất trường khả năng tích trữ.
- Thất thoát tiềm năng (PL) - Lượng hơi ẩm có thể bị mất từ đất để bốc thoát hơi cung cấp giáng thủy trong suốt thời kì bằng 0.
- Dòng chảy tiềm năng (PRO) - Sự chênh lệch giữa giáng thủy tiềm năng và PR.

Các hệ số khí hậu được tính như là tỷ lệ giữa trung bình của các giá trị thực tế so với tiềm năng cho 12 tháng:

$$\alpha = \overline{ET} / \overline{PE}, \beta = \overline{R} / \overline{PR}, \gamma = \overline{RO} / \overline{PRO}, \text{ và } \delta = L / \overline{PL} \text{ cho 12 tháng}$$

K là một yếu tố trọng lượng. Giá trị của K được xác định từ các bản ghi khí hậu trước khi các mô hình tính toán thực tế. Palmer đưa ra các mối quan hệ thực nghiệm cho K như sau:

$$K_i = \left(\frac{17.6}{\sum_{i=1}^{12} \overline{D}_i K_i'} \right) K_i'$$

Ở đây, $\overline{D}_i$ là trung bình giá trị tuyệt đối của d, và K_i' phụ thuộc vào nguồn cung cấp và nhu cầu nước trung bình, được xác định:

$$K_i' = 1.5 \log_{10} \left[\left(\frac{\overline{PE} + \overline{R} + \overline{RO}}{\overline{P} + \overline{L}} + 2.8 \right) \overline{D}^{-1} \right] + 0.5$$

Trong đó, PE là lượng bốc thoát hơi tiềm năng, R là lượng bổ sung, RO là dòng chảy, P là giáng thủy và L là lượng thất thoát.

Ưu điểm: là chỉ số hạn tổng quát đầu tiên được sử dụng rộng rãi, và PDSI rất có hiệu quả đối với hạn nông nghiệp vì có kèm theo độ ẩm

Một số hạn chế của chỉ số PDSI (ví dụ như độ nhạy với AWC, các ngưỡng tùy ý, không tính đến dòng chảy sông, chỉ xem xét giáng thủy lỏng...) có thể được khắc phục bằng một số cải tiến thích hợp trong các thủ thuật tính toán. Tuy nhiên, những giá trị PDSI có thể làm chậm các đợt hạn đi khoảng vài tháng. Những điểm này đã hạn chế việc ứng dụng chỉ số này ở nhiều khu vực có các cực trị khí hậu thường xuyên xảy ra, chẳng hạn như vùng tây nam Châu Á nơi nhiều vùng rộng lớn bị thống trị bởi khí hậu gió mùa. Một vấn đề quan trọng nữa liên quan đến việc sử dụng PDSI đó là sự tính toán khá phức tạp và đòi hỏi có số liệu đầu vào khí tượng quan trọng. Việc ứng dụng chỉ số này ở Châu Á nơi mạng lưới quan trắc thưa thớt là một hạn chế đáng kể.

Bảng 1.1: Phân cấp hạn theo chỉ số PDSI

PDSI	Điều kiện
≤ 4.0	Cực ẩm
$3.0 \rightarrow 3.99$	Rất ẩm
$2.0 \rightarrow 2.99$	Ẩm vừa
$1.0 \rightarrow 1.99$	Ẩm nhẹ
$0.5 \rightarrow 0.99$	Chớm ẩm
$0.49 \rightarrow -0.49$	Gần chuẩn
$-0.5 \rightarrow -0.99$	Chớm khô
$-1.0 \rightarrow -1.99$	Hạn nhẹ
$-2.0 \rightarrow -2.99$	Hạn vừa
$-3.0 \rightarrow -3.99$	Hạn nặng
≥ -4.0	Hạn nghiêm trọng

▪ **Chỉ số chuẩn hoá lượng mưa (Standardized Precipitation Index – SPI)**

SPI là một chỉ số dựa vào khả năng có thể của giáng thủy cho bất cứ thang thời gian nào. Chỉ số SPI được xác định như sau:

$$SPI = \frac{(R - R_{tb})}{\sigma} \quad (1.2)$$

Trong đó: R là lượng giáng thủy trong khoảng thời gian xác định; R_{tb} là lượng giáng thủy trung bình trong khoảng thời gian xác định; σ là giá trị độ lệch chuẩn.

Năm 1993, SPI được mở rộng để phát hiện ra thời kì hạn và ẩm tại những qui mô thời gian khác nhau bởi McKee và những người khác. Những qui mô thời gian này phản ánh tác động của hạn hán đến sự thay đổi tài nguyên nước khác nhau. Điều kiện độ ẩm đất đáp lại những dị thường giáng thủy trên một qui mô tương đối ngắn, trong khi đó nước mặt, dòng chảy và bề tích trữ nước lại phản ánh những dị thường giáng thủy dài hạn. Từ những nguyên nhân này, McKee và những người khác (1993) bắt đầu tính toán SPI cho những qui mô chia thời gian 3, 6, 12, 24 và 48 tháng. SPI có thể được ước tính cho những qui mô thời gian khác nhau, có thể

cung cấp sớm lời cảnh báo của hạn hán và giúp đánh giá hạn hán khắc nghiệt và nó cũng dễ tính toán hơn các chỉ số khác. Tuy nhiên giá trị của nó lại dựa vào dữ liệu sơ bộ có thể thay đổi. SPI tính toán cho bất cứ vùng nào dựa vào bản ghi giáng thủy dài hạn cho một thời kì yêu cầu. Giá trị SPI dương cho biết cao hơn giáng thủy trung bình, trong khi đó giá trị âm chỉ ra nó ít hơn giá trị trung bình. Bởi vì SPI được chuẩn hoá, khí hậu ẩm hơn và khô hơn có thể được trình bày theo cách như vậy, và thời kì ẩm cũng có thể được giám sát khi sử dụng SPI.

Bảng 1.2: Phân cấp hạn theo chỉ số SPI

Giá trị SPI	Điều kiện
>2	Quá ẩm ướt
1.5 → 1.99	Rất ẩm
1.0 → 1.49	Ẩm vừa phải
- 0.99 → 0.99	Gần trung bình
-1.0 → -1.49	Hơi khô hạn
-1.5 → -1.99	Hạn nặng
≤ -2	Hạn cực nặng

Nhược điểm: chỉ sử dụng mỗi tham số giáng thủy. Những giá trị của nó phụ thuộc vào dữ liệu sơ bộ có thể thay đổi được. SPI tính cho bất kỳ vùng nào đều dựa vào bản ghi giáng thủy dài hạn cho một thời kỳ yêu cầu

▪ **Chỉ số khô cạn của Palmer (Palmer Aridity Index – PAI)**

Chỉ số khô cạn, đưa ra sử dụng bởi Palfai và cs (1995) được tính như sau:

$$PAI = \frac{T_{tb}}{q_i \cdot P} 100 \quad (1.3)$$

Trong đó: T_{tb} là nhiệt độ không khí trung bình trong suốt thời kì nhiệt độ cao; P là lượng giáng thủy trong suốt thời kì khô.

Trọng số hàng tháng q_i của giáng thủy được dựa vào khả năng tích trữ độ ẩm đất và nhu cầu nước của cây trồng, q_i nằm trong khoảng từ 0 đến 1.

Bảng 1.3: Phân cấp hạn theo chỉ số PAI.

Giá trị PAI	Điều kiện
< 6	Âm
6 → 8	Hạn vừa phải
8 → 10	Hạn trung bình
10 → 12	Hạn nặng
> 12	Hạn nghiêm trọng

▪ **Chỉ số Ped**

Chỉ số Ped được tính theo công thức (Ped, 1975):

$$Ped = \frac{\Delta T}{\sigma_T} - \frac{\Delta P}{\sigma_P} \quad (1.4)$$

Trong đó, ΔT và ΔP là độ lệch của nhiệt độ không khí và giáng thủy liên quan đến một thời điểm xác định. σ_T và σ_P lần lượt là độ lệch chuẩn của nhiệt độ không khí và giáng thủy. Hạn xảy ra khi nhiệt độ tăng nhanh và giáng thủy giảm. Các ngưỡng chỉ tiêu tương ứng với điều kiện khí hậu được đưa ra trong Bảng 1.4:

Bảng 1.4: Phân cấp hạn theo chỉ số Ped

Giá trị Ped	Điều kiện
< 0	Âm
0 → 1	Gần chuẩn
1 → 2	Bắt đầu hạn
2 → 3	Hạn vừa
> 3	Hạn khắc nghiệt

Ưu điểm: sử dụng rộng rãi ở nhiều nước, trong đó có Việt Nam, để tính toán hạn trên qui mô thời gian là tháng, mùa, vụ.

▪ **Chỉ số khô cằn (Aridity Index - J)**

De Martonne (1926) đề xuất một phương pháp tính chỉ số khô cằn (J) của một khu vực bằng cách sử dụng phương trình sau đây:

$$J = \frac{12 * P}{T + 10} \quad (1.5)$$

Trong đó: J là chỉ số khô hạn theo tháng (mm/°C); P (mm) là lượng mưa tháng; T (°C) là nhiệt độ trung bình tháng.

Chỉ số này được phát triển như một chỉ số khô căn, nhưng cũng có thể được sử dụng để tìm ra đoạn hạn hán. Phân loại hạn dựa trên chỉ số khô căn De Martonne được đưa ra trong bảng:

Bảng 1.5: Phân cấp hạn theo chỉ số J

Giá trị J	Điều kiện
≤ 5	Hạn rất nặng
$5 \rightarrow 20$	Hạn nặng
$20 \rightarrow 30$	Bắt đầu hạn
$30 \rightarrow 60$	Ấm
≥ 60	Rất ẩm

▪ **Chỉ số hiệu suất giáng thủy (Precipitation Effectiveness index - PE)**

Hiệu suất giáng thủy của Thornthwaite (1931) phân loại các vùng khí hậu thành các lớp khác nhau dựa trên các chỉ số hiệu suất giáng thủy (PE), được tính toán từ các giá trị hàng tháng lượng mưa và nhiệt độ. Chỉ số này được đưa ra như sau:

$$PEindex = \sum_{1}^{n=12} 115 * (P / (T - 10))^{10/9} \quad (1.6)$$

Trong đó: P là giáng thủy hàng tháng (inch); T là nhiệt độ (°F); N là số tháng (=12). Phân bố vùng khí hậu dựa vào chỉ số hiệu suất giáng thủy của Thornthwaite đưa ra trong bảng sau:

Bảng 1.6: Phân cấp hạn theo chỉ số hiệu suất giáng thủy

Giá trị PE	Điều kiện
> 128	Rất ẩm

100 → 127	Âm
64 → 99	Âm cận âm
32 → 63	Khô cận ẩm
16 → 31	Bán khô cần
<16	Khô cần

▪ **Chỉ số dị thường lượng mưa (Rainfall Anomaly Index - RAI)**

Trong phương pháp này, các giá trị lượng mưa trong khoảng thời gian nghiên cứu được xếp theo thứ tự giảm dần về độ lớn. Trung bình của 10 giá trị lượng mưa cao nhất được gọi là trung bình tối đa của 10 cực trị và trung bình của 10 lượng mưa thấp nhất là trung bình tối thiểu của 10 cực trị. Chúng được coi là lượng mưa trung bình cực trị - 10 cho dị thường âm và dương tương ứng. Phương pháp này được phát triển bởi (Van Rooy M. P., 1965) cho bởi phương trình:

$$RAI = \pm 3 \frac{P - \bar{P}}{\bar{E} - \bar{P}} \quad (1.7)$$

Trong đó: P là lượng mưa thực tế (mm); $\bar{P}$ là lượng mưa trung bình hạn dài (mm); $\bar{E}$ là lượng mưa trung bình của cực trị - 10 (mm) cho cả dị thường âm và dương.

Oladipo chứng tỏ rằng RAI là chỉ số rất có hiệu quả để phát hiện các thời kỳ hạn hán, Ngưỡng của RAI < -3 đề cập đến điều kiện hạn hán trầm trọng. Đợt hạn bắt đầu khi RAI < -3 và kết thúc khi điều kiện hơi ẩm ướt (RAI > 1) được tái lập.

▪ **Chỉ số cán cân nước (K)**

K là chỉ số thông dụng ở Việt Nam, được tính theo công thức sau:

$$K = \frac{E}{R} \quad (1.8)$$

Trong đó: E là lượng bốc hơi trong khoảng thời gian xác định; R là lượng mưa trung bình trong khoảng thời gian xác định.

Hạn xảy ra khi lượng bốc hơi bắt đầu vượt quá lượng mưa rơi xuống. Qua đó ta có các ngưỡng chỉ tiêu theo bảng sau:

Bảng 1.7: Phân cấp hạn theo chỉ số K

Giá trị K	Điều kiện
< 0.5	Rất ẩm
0.5 → 1.0	Ẩm
1.0 → 2.0	Hơi khô
2.0 → 4.0	Khô
> 4.0	Rất khô

▪ **Chỉ số dị thường P**

Được tính như sau (theo Koleva, 1988):

$$P_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{\bar{x}_i} \quad (1.9)$$

Trong đó, $j = 1, 2, \dots, N$ năm; x_{ij} là tổng lượng giáng thủy hàng năm ở trạm thứ i ; $\bar{x}_i$ là lượng giáng thủy trung bình năm tại trạm đó; n - Số trạm. Các điều kiện ẩm ướt và khô hạn được xác định theo bảng sau:

Bảng 1.8: Phân cấp hạn theo chỉ số P

Giá trị P	Điều kiện
>1	Ẩm ướt
= 1	Bình thường
< 1	Khô hạn

▪ **Tần số phân bố giáng thủy hàng năm**

Phân bố giáng thủy là một trong những dạng nhận biết cơ bản của hiện tượng hạn hán trong một vùng nhất định. Và tần số phân bố giáng thủy được xác định trong khoảng (theo WMO, 1975):

$$\begin{aligned} P < \bar{P} - 2\sigma_P & \quad - \text{Rất khô} \\ \bar{P} - 2\sigma_P < P < \bar{P} - \sigma_P & \quad - \text{Khô} \\ \bar{P} - \sigma_P < P < \bar{P} + \sigma_P & \quad - \text{Bình thường} \end{aligned} \quad (1.10)$$

$$P > \bar{P} + \sigma_P \quad - \text{ Ầm}$$

Trong đó, P là lượng giáng thủy trong một năm xem xét; $\bar{P}$ là lượng giáng thủy trung bình trong thời kì chuẩn; σ là độ lệch chuẩn.

▪ Chỉ số hạn thực tế (EDI)

Không giống như nhiều chỉ số hạn khác, chỉ số EDI với dạng nguyên thủy (Byun và Wilhite, 1996) được tính theo bước thời gian là ngày. Chỉ số EDI là một hàm số của lượng giáng thủy cần có để trả lại điều kiện chuẩn (PRN). PRN là lượng giáng thủy (mưa) cần có để bù lại độ hụt mưa tích lũy kể từ khi bắt đầu một đợt hạn hán. PRN, đến lượt nó, bắt nguồn từ lượng giáng thủy thực tế (EP) và độ lệch chuẩn của nó so với giá trị trung bình của từng tháng.

Tương tự như SPI, các giá trị EDI được chuẩn hoá cho phép so sánh sự khắc nghiệt của hạn hán tại 2 hay nhiều vùng với nhau mà không cần quan tâm đến sự khác nhau về khí hậu giữa các vùng được so sánh. Ranh giới hạn của EDI chỉ ra các điều kiện hạn hán như sau (Bảng 1.9):

Bảng 1.9: Phân cấp hạn khí tượng theo chỉ số EDI

Giá trị EDI	Điều kiện
< -2.0	Cực kì khô
-1.99 → -1.5	Hạn khắc nghiệt
-1.49 → -1.0	Hạn trung bình
-0,99 → 0.99	Cận chuẩn

Hiện nay đã có rất nhiều chỉ số hạn đã được sử dụng phổ biến trên thế giới và ở Việt Nam như chỉ số SPI, Ped, K, EDI, Tỷ chuẩn, SWSI... đặc biệt chỉ số SPI, PDSI đã được sử dụng trong nghiệp vụ dự báo và cảnh báo hạn ở nước ta và thu được những kết quả tốt. Tuy nhiên với chỉ số SPI có lợi thế tính toán đơn giản và chỉ sử dụng duy nhất lượng mưa trong tính toán nên chưa mô phỏng được tốt hạn hán ở tất cả các vùng trên lãnh thổ nước ta, còn chỉ số PDSI có tính đến lượng mưa, nhiệt độ và độ ẩm và tính toán phức tạp hơn. Tuy nhiên do số liệu độ ẩm chưa được

đầy đủ ở tất cả các vùng nên chưa thể áp dụng trong nghiên cứu này. Vì vậy trong đề tài này tập trung vào hai chỉ số Ped và J. Cả hai chỉ số đều sử dụng số liệu mưa và nhiệt độ của 50 trạm trên toàn quốc. Chỉ số J dùng để dự tính sự biến đổi của hạn hán theo tháng, còn chỉ số Ped dùng để nghiên cứu sự biến đổi của hạn hán và xu thế tuyến tính của nó trên thang thời gian là năm.

CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH KHÍ HẬU KHU VỰC REGCM3 VÀ NGUỒN SỐ LIỆU

2.1. Giới thiệu mô hình khí hậu khu vực RegCM3

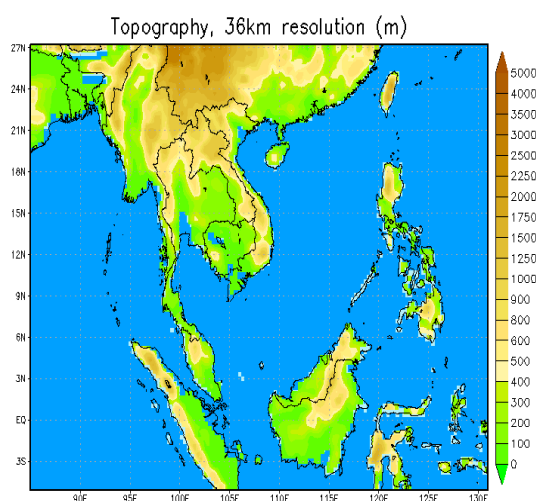
Mô hình khí hậu khu vực RegCM phiên bản 3 của trung tâm quốc gia nghiên cứu khí quyển (National center of atmospheric Research – NCAR) được sử dụng để mô phỏng điều kiện hạn hán trong thời kỳ chuẩn 1970-1999, đồng thời dự tính sự biến đổi của hạn hán trong giai đoạn 2011-2050 theo kịch bản phát thải A1B và A2. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu để chạy mô hình RegCM là số liệu của mô hình toàn cầu CCSM3.0 của NCAR với điều kiện phát thải thực trong thời kỳ chuẩn và theo kịch bản phát thải A1B và A2 trong thời kỳ tương lai.

Miền tính của mô hình được lựa chọn là từ 85 đến 130 độ kinh đông, 5 độ vĩ nam đến 27 độ vĩ bắc với độ phân giải ngang là 36km, ứng với số nút lưới là 144x105. Về độ phân giải của mô hình, các thử nghiệm độ nhạy đã chứng tỏ rằng độ phân giải càng cao khả năng biểu diễn các quá trình qui mô địa phương càng chi tiết, dẫn tới kết quả mô phỏng của mô hình càng chính xác. Bản đồ độ cao địa hình ứng với độ phân giải và miền tính được thể hiện trên Hình 2.1. Các sơ đồ tham số hóa vật lý được lựa chọn: sơ đồ tham số hóa đối lưu Grell-Arakawa và Schubert (Grell-AS) (Grell, G. A, 1993), sơ đồ bề mặt và tham số hóa thông lượng đại dương BATS (Arakawa, A., Schubert, 1974).

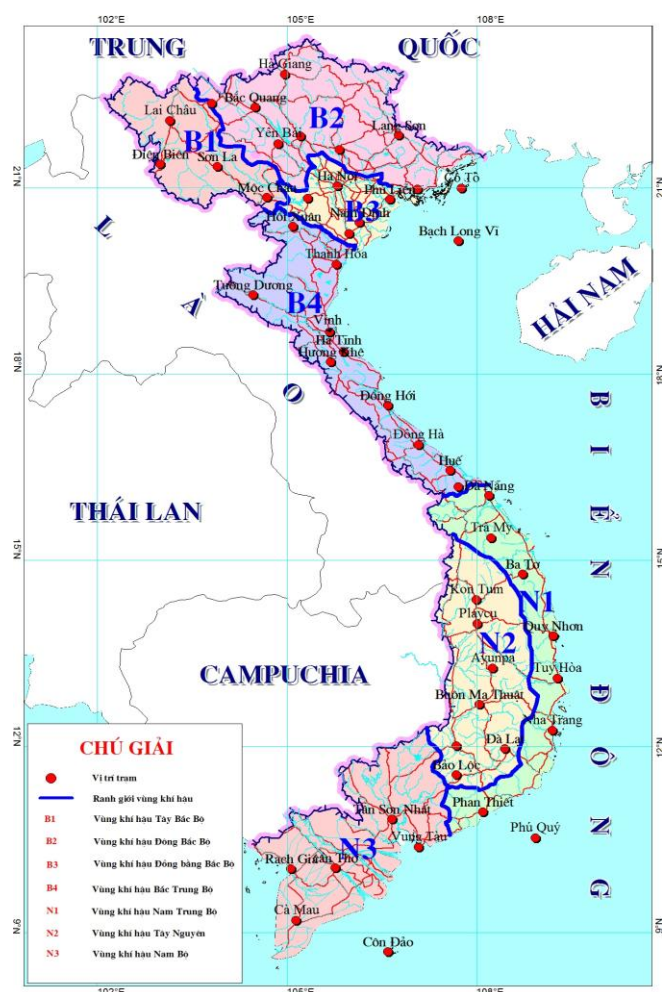
Để xem xét khả năng mô phỏng của mưa và nhiệt độ cũng như phù hợp của chỉ số hạn đối với từng vùng khí hậu, số liệu quan trắc nhiệt độ trung bình tháng và lượng mưa tích lũy tháng tại 50 trạm quan trắc khí tượng trên 7 vùng khí hậu trong thời kỳ chuẩn (1970-1999) được sử dụng. Số liệu quan trắc này đã được kiểm tra và loại bỏ các giá trị không hợp lý trước khi tính toán. Đồng thời kết quả mô phỏng và dự tính lượng mưa và nhiệt độ của mô hình RegCM trong thời kỳ chuẩn (1970-1999) và thời kỳ tương lai (2011-2050) được nội suy về vị trí trạm trên toàn lãnh thổ Việt Nam, từ đó tính toán các chỉ số hạn. Danh sách các trạm khí tượng và sự phân bố các trạm khí tượng trên toàn quốc được đưa ra trong Bảng 2.1 và Hình 2.2.

Bảng 2.1: Danh sách mạng lưới trạm khí tượng được khai thác số liệu.

TT	Tên trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)	TT	Tên trạm	Kinh độ	Vĩ độ	Độ cao (m)
Vùng Tây Bắc (B1)									
1	Lai Châu	103.150	22.067	243.2	3	Sơn La	103.900	21.333	675.3
2	Điện Biên	103.000	21.367	475.1	4	Mộc Châu	104.683	20.833	972.0
Vùng Đông Bắc (B2)									
1	Sa Pa	103.817	22.350	1584.2	6	Bãi Cháy	107.067	20.967	37.9
2	Hà Giang	104.967	22.817	117.0	7	Thái Nguyên	105.833	21.600	35.3
3	Bắc Quang	104.50	22.290		8	Cô Tô	107.767	20.983	70.0
4	Yên Bái	104.867	21.700	55.6	9	Tuyên Quang	105.217	21.817	40.8
5	Lạng Sơn	106.767	21.833	257.9					
Vùng Đồng bằng Bắc bộ (B3)									
1	Hà Nội	105.800	21.017	6.0	4	Ninh Bình	105.983	20.250	2.0
2	Phủ Liew	106.633	20.800	112.4	5	Bạch Long Vĩ	107.717	20.133	55.6
3	Nam Định	106.150	20.433	1.9	6	Hòa Bình	105.333	20.817	22.7
Vùng Bắc Trung Bộ (B4)									
1	Thanh Hóa	105.783	19.750	5.0	6	Đồng Hới	106.600	17.483	5.7
2	Hội Xuân	105.100	20.367	102.2	7	Đông Hà	107.083	16.850	8.0
3	Vinh	105.683	18.667	5.1	8	Huế	107.583	16.433	10.4
4	Tương Dương	104.467	19.267	96.1	9	Nam Đông	107.717	16.167	59.7
5	Hà Tĩnh	105.900	18.350	2.8	10	Hương Khê	105.700	18.183	17.0
Vùng Nam Trung Bộ (N1)									
1	Đà Nẵng	108.200	16.033	4.7	5	Tuy Hòa	109.283	13.083	10.9
2	Trà My	108.233	15.350	123.1	6	Nha Trang	109.200	12.250	3.0
3	Ba Tơ	108.733	14.767	50.7	7	Phan Thiết	108.100	10.933	8.7
4	Quy Nhơn	109.217	13.767	3.9	8	Phú Quý	108.933	10.517	5.0
Vùng Tây Nguyên (N2)									
1	Bảo Lộc	107.683	11.533	840.4	5	Playcu	108.017	13.967	778.9
2	B.M. Thuật	108.050	12.667	490.0	6	Ayunpa	108.260	13.250	150.0
3	Đà Lạt	108.450	11.950	1508.6	7	Dak Nong	107.680	12.000	631.0
4	Kon Tum	108.000	14.350	536.0					
Vùng Nam Bộ (N3)									
1	Cà Mau	105.150	9.183	0.9	4	Vũng Tàu	107.083	10.367	4.0
2	Cần Thơ	105.767	10.033	1.0	5	Côn Đảo	106.600	8.683	6.3
3	Rạch Giá	105.067	10.017	0.8	6	Tân Sơn Nhất	106.667	10.817	9.0



Hình 2.1. Độ cao địa hình (m) khu vực miền tính



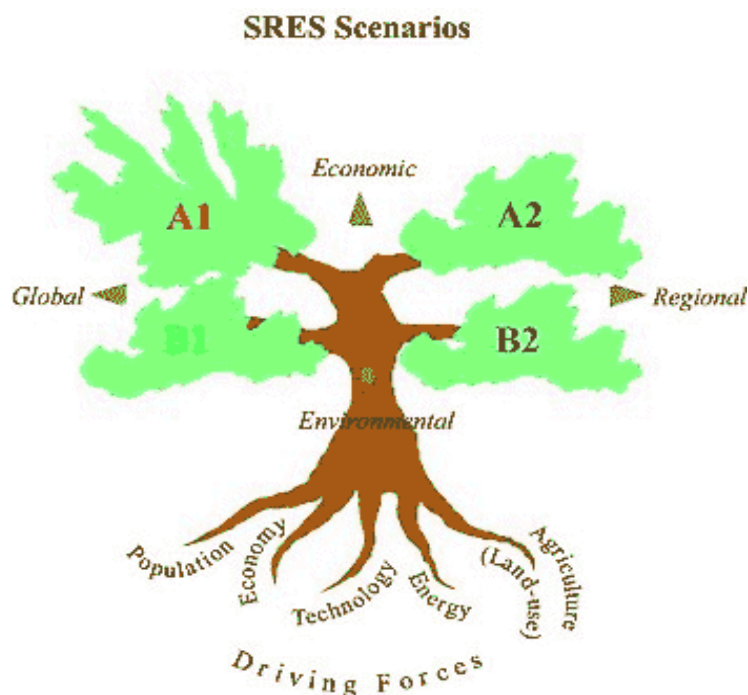
Hình 2.2. Bản đồ các vùng khí hậu Việt Nam

B1: Tây Bắc
B2: Đông Bắc
B3: Đồng bằng Bắc bộ
B4: Bắc Trung Bộ
N1: Nam Trung Bộ
N2: Tây Nguyên
N3: Nam Bộ

Chấm tròn đỏ là vị trí các trạm quan trắc khí tượng.

2.2. Sơ lược về kịch bản biến đổi khí hậu

Theo Nakicenovic N. và cs (2000), các kịch bản phát thải khí nhà kính được xây dựng dựa trên các cơ sở khoa học sau: tốc độ tăng trưởng dân số, tốc độ phát triển kinh tế, cách thức sử dụng năng lượng, sự phát triển công nghệ; sự phát triển và tương tác văn hóa - xã hội của các vùng trên thế giới.



Hình 2.3. Bốn kịch bản với các nội dung được minh họa bằng cái cây hai chiều. Hai hướng đó là hoặc kinh tế hoặc môi trường, hoặc toàn cầu hoặc khu vực.

Các kịch bản phát thải khí nhà kính được chia thành 4 họ kịch bản gốc như Hình 2.3 và được kí hiệu là A1, A2, B1, B2. Các khía cạnh thường được xem xét bởi các kịch bản phát như sau: sự phát triển kinh tế (A), điều kiện môi trường (B), tính chất toàn cầu (1), tính chất khu vực (2).

Kịch bản gốc A1 mô tả thế giới tương lai kinh tế phát triển rất nhanh; dân số tăng đạt đỉnh điểm vào giữa thế kỷ XXI và sau đó giảm dần; các công nghệ mới phát triển nhanh và hiệu quả; có sự tương đồng giữa các khu vực: tăng cường giao lưu về văn hóa xã hội và thu hẹp khác biệt về thu nhập giữa các vùng. Kịch bản này chia thành ba nhóm kịch bản nhỏ: A1F thiên về sử dụng thái quá nhiên liệu hóa thạch (cao), A1B đi theo hướng cân bằng năng lượng (trung bình), A1T chú trọng sử dụng nguồn năng lượng phi hóa thạch (thấp).

Kịch bản gốc A2 (kịch bản phát thải cao) mô tả mô tả thế giới hỗn tạp; có sự độc lập và bảo vệ các đặc điểm địa phương; dân số tăng mạnh; kinh tế phát triển

theo định hướng khu vực; thay đổi công nghệ và tốc độ tăng trưởng kinh tế tính theo đầu người chậm hơn và riêng rẽ hơn so với các họ kịch bản khác.

Kịch bản gốc B1 (phát thải thấp) mô tả thế giới tương đồng; dân số thế giới thấp như kịch bản A1; có sự thay đổi nhanh chóng trong cấu trúc kinh tế theo hướng kinh tế dịch vụ và thông tin; giảm cường độ tiêu hao nguyên vật liệu; phát triển công nghệ sạch và sử dụng hiệu quả tài nguyên. Kịch bản này chú trọng đến các giải pháp toàn cầu về bền vững kinh tế; xã hội và môi trường.

Kịch bản gốc B2 (phát thải trung bình) mô tả một thế giới với sự nhấn mạnh vào các giải pháp địa phương về bền vững kinh tế, xã hội và môi trường; dân số thế giới vẫn tăng trưởng liên tục nhưng thấp hơn kịch bản A2; phát triển kinh tế ở mức trung bình; chuyển đổi công nghệ chậm và không đồng bộ như trong kịch bản B1 và A2. Kịch bản này cũng hướng đến bảo vệ môi trường và công bằng xã hội, tập trung vào quy mô địa phương và khu vực.

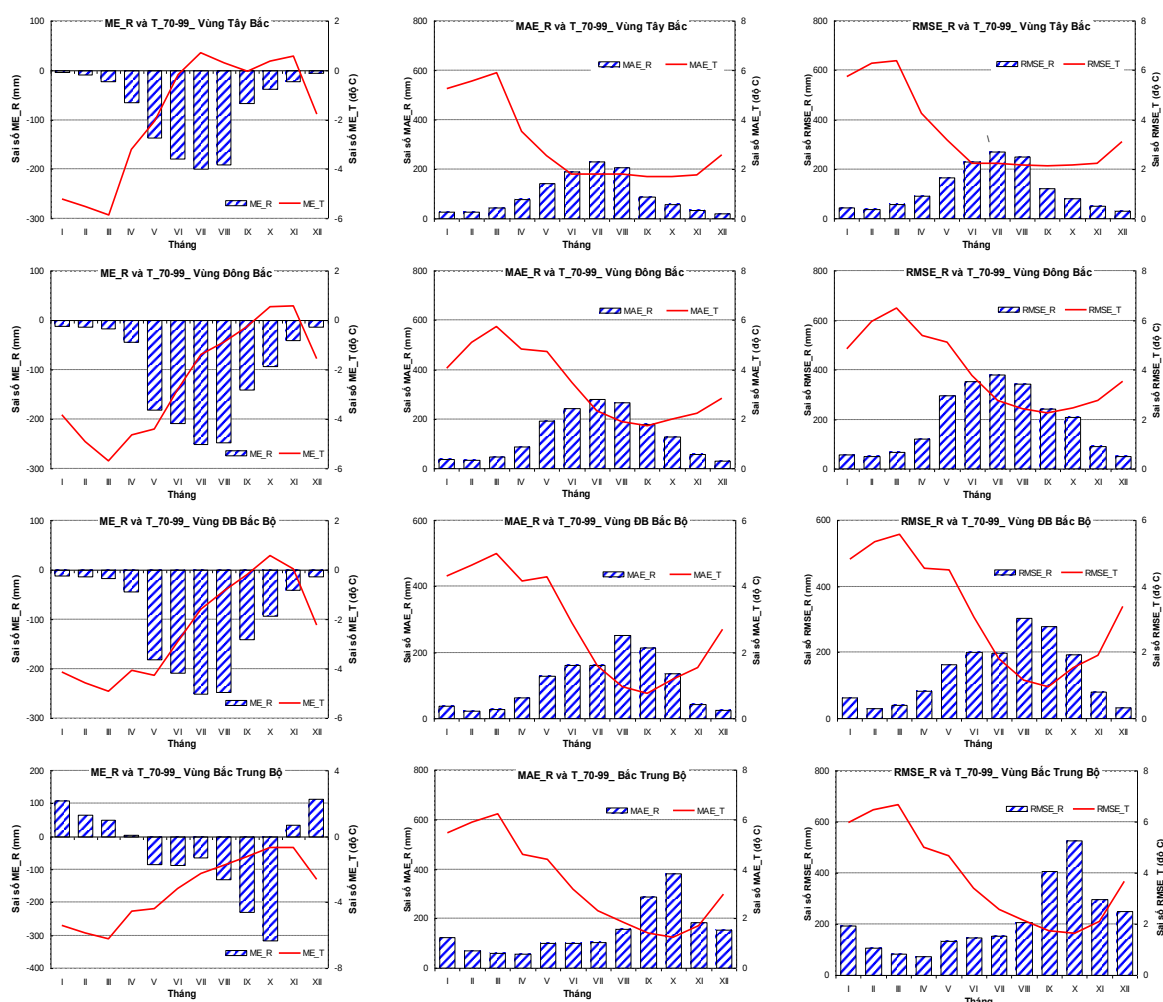
Như vậy kịch bản phát thải trung bình cho biết khả năng xảy ra nhiều nhất còn kịch bản phát thải cao là khả năng tiêu cực nhất có thể xảy ra, có ích trong việc cảnh báo những hậu quả của BĐKH. Trên thế giới, nhiều nghiên cứu hạn đã sử dụng kịch bản phát thải trung bình A1B (Do. Woo. Kim và cs, 2008; Kenneth Strzepek và cs, 2010) và kịch bản phát thải cao A2 (Topcu S. và cs, 2010; Kenneth Strzepek và cs, 2010). Gần đây nhất, ở Việt Nam đã có một nghiên cứu tổng quát nhất và đầy đủ nhất về kịch bản biến đổi khí hậu và kịch bản mực nước biển dâng ở các vùng khí hậu Việt Nam vào năm 2009 của Bộ Tài nguyên và Môi trường và cũng đã lựa chọn kịch bản phát thải trung bình B1 và kịch bản phát thải cao A2. Chính vì vậy, nghiên cứu về hạn hán trong tương lai được tính toán theo hai kịch bản phát thải khí nhà kính: một là kịch bản theo hướng cân bằng A1B, hai là kịch bản phát thải cao A2.

CHƯƠNG 3: KẾT QUẢ DỰ TÍNH SỰ BIẾN ĐỔI HẠN HÁN Ở CÁC VÙNG KHÍ HẬU VIỆT NAM GIAI ĐOẠN (2011-2050)

3.1. Kết quả tính toán các chỉ số hạn hán thời kỳ chuẩn (1970-1999)

3.1.1. Kết quả sai số của trường nhiệt và trường mưa

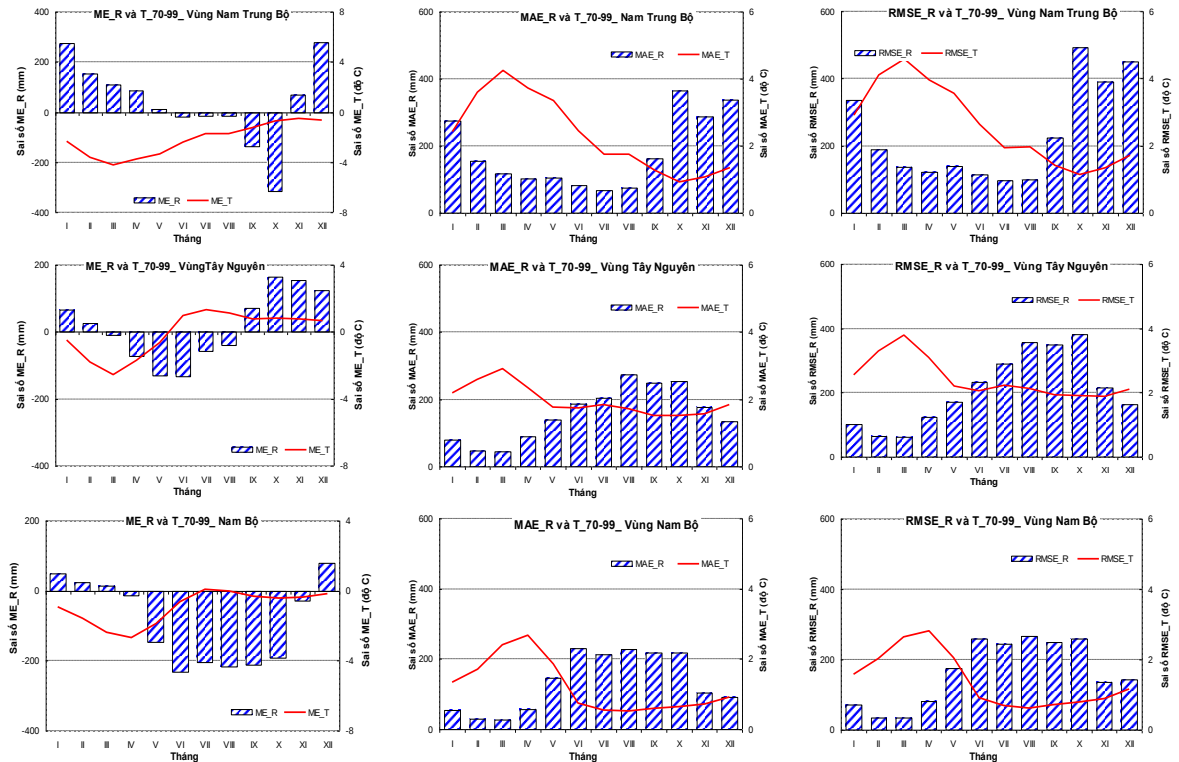
Trước khi tính toán các chỉ số hạn, chúng tôi xem xét khả năng mô phỏng của mô hình RegCM với số liệu đầu vào từ mô hình toàn cầu CCSM3.0 trong thời kỳ chuẩn (1970-1999). Ba chỉ số thống kê cơ bản được sử dụng để đánh giá sai số của trường nhiệt và trường mưa cho các vùng khí hậu là sai số trung bình (ME), sai số trung bình tuyệt đối (MAE) và sai số quân phương (RMSE).



Hình 3.1. Sai số trung bình ME (trái), sai số trung bình tuyệt đối MAE (giữa) và sai số quân phương RMSE (phải) của nhiệt độ và lượng mưa trung bình giai đoạn (1970-1999) ở các vùng khí hậu phía Bắc.

Hình 3.1 biểu diễn các sai số ME (trái), MAE (giữa), RMSE (phải) theo tháng của nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$, đường) và lượng mưa (mm, cột) trung bình giai đoạn (1970-1999) của 4 vùng khí hậu phía Bắc. Từ hình vẽ nhận thấy ở cả 4 vùng khí hậu đều có kết quả mô phỏng nhiệt độ là thiên thấp (ME âm), đặc biệt âm nhiều trong các tháng mùa đông và mùa xuân. Trong 4 vùng, giá trị tuyệt đối của sai số trung bình ME lớn nhất là $5,8^{\circ}\text{C}$ vào tháng III ở vùng Tây Bắc. Sai số ME của nhiệt độ thiên dương nhỏ trong các tháng mùa hè và mùa thu. Sai số ME dương nhỏ vào tháng VII, XI ở vùng Tây Bắc và vào tháng X, XI ở vùng Đông Bắc. Sai số trung bình tuyệt đối MAE lớn nhất ở vùng Tây Bắc xảy ra vào tháng III ($\text{MAE} = 5,89^{\circ}\text{C}$) và nhỏ nhất ở vùng Đồng bằng Bắc bộ xảy ra vào tháng IX ($\text{MAE} = 0,76^{\circ}\text{C}$). Tất cả các vùng đều thể hiện một điểm chung là sai số MAE và RMSE rất lớn trong các tháng mùa đông, mùa xuân và tương đối nhỏ trong các tháng mùa thu. Giá trị RMSE lớn nhất xảy ra vào tháng III ($\text{RMSE}=6,67^{\circ}\text{C}$) ở vùng Bắc Trung Bộ và nhỏ nhất vào tháng IX ở vùng Đồng bằng Bắc bộ ($\text{RMSE}=0,96^{\circ}\text{C}$). Điều này cho thấy thực tế là trong các tháng mùa đông, mùa xuân nhiệt độ biến đổi rất mạnh do ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc gây nên những cực tiểu nhiệt độ ở các vùng này nên mô hình mô phỏng kém, đồng thời sai số lớn xảy ra ở những vùng có địa hình phức tạp bởi yếu tố địa hình ảnh hưởng rất lớn đến sự biến đổi nhiệt độ.

Đối với lượng mưa, sai số ME ở cả 3 vùng khí hậu đều thiên âm trong tất cả các tháng, đặc biệt là trong các tháng mùa mưa (từ tháng V đến tháng X). Sai số ME lớn nhất xảy ra vào tháng VII, VIII khoảng 250mm ở vùng Đông Bắc và Đồng bằng Bắc bộ. Riêng vùng Bắc Trung Bộ, lượng mưa thiên âm từ tháng V cho đến tháng X ($\text{ME} < 0$) và thiên dương trong các tháng còn lại ($\text{ME} > 0$): thiên âm lớn nhất xảy ra vào tháng X ($\text{ME} = -316,07\text{mm}$) và thiên dương lớn nhất xảy ra vào tháng XII ($\text{ME} = 114,61\text{mm}$). Điều này cho thấy xu thế chung của mô hình là mô phỏng lượng mưa thiên thấp, đặc biệt là trong các tháng mùa mưa. Sai số MAE, RMSE cũng có giá trị lớn trong các tháng mùa mưa ở các vùng khí hậu. Trong 4 vùng khí hậu phía Bắc thì vùng Bắc Trung Bộ có sai số MAE và RMSE lớn nhất ($\text{MAE} = 382,5\text{mm}$; $\text{RMSE} = 526,62\text{mm}$) xảy ra vào tháng X.



Hình 3.2. Sai số trung bình ME (trái), sai số trung bình tuyệt đối MAE (giữa) và sai số quân phương RMSE (phải) của nhiệt độ và lượng mưa trung bình giai đoạn (1970-1999) ở các vùng khí hậu phía Nam

Hình 3.2 biểu diễn các sai số tương tự cho 3 vùng khí hậu phía Nam. Từ hình vẽ nhận thấy sai số ME của nhiệt độ ở các vùng khí hậu phía Nam đều nhỏ hơn các vùng khí hậu phía Bắc. Giá trị ME của nhiệt độ chủ yếu thiên âm, với giá trị tuyệt đối của ME lớn nhất xảy ra vào tháng III ở vùng Nam Trung Bộ ($ME = 4,25^{\circ}C$), và sai số ME nhỏ nhất bằng 0 xảy ra vào tháng VII, VIII ở Nam Bộ. Đối với sai số MAE và RMSE của nhiệt độ, chênh lệch sai số lớn nhất và nhỏ nhất ở cả 3 vùng khí hậu đều nhỏ hơn các vùng phía Bắc. Sai số MAE của nhiệt độ lớn nhất xảy ra ở vùng Nam Trung Bộ vào tháng III ($MAE = 4,25$) và nhỏ nhất xảy ra ở vùng Nam Bộ vào tháng VII, VIII, IX với giá trị khoảng $0,5^{\circ}C$. Sai số RMSE lớn nhất ở vùng Nam Trung Bộ xảy ra vào tháng III ($RMSE = 4,59$) và nhỏ nhất ở vùng Nam Bộ xảy ra vào tháng VI, VII, VIII với giá trị khoảng $0,6^{\circ}C$. Tóm lại ở cả 3 vùng, sai số nhiệt độ lớn nhất xảy ra vào các tháng mùa đông và mùa xuân và nhỏ nhất vào mùa hè và mùa thu. Mô hình mô phỏng nhiệt độ khá tốt ở Nam Bộ là do vùng này có nền

nhệt độ tương đối ổn định và không chịu ảnh hưởng bởi địa hình như vùng Tây Nguyên.

Mô hình mô phỏng lượng mưa thiên thấp trong các tháng mùa hè ($ME < 0$) và thiên cao trong các tháng mùa đông ($ME > 0$) và đầu xuân ở cả ba vùng. Lượng mưa mô phỏng thấp hơn quan trắc xảy ra ở nhiều tháng liên tiếp ở vùng Nam Bộ (từ tháng V đến tháng X). Sai số ME âm lớn nhất và dương lớn nhất đều xảy ra ở vùng Nam Trung Bộ với giá trị lần lượt là -315 mm vào tháng X và 278 mm tháng XII. Sai số MAE và RMSE rất lớn xảy ra trong các tháng mùa mưa ở các vùng khí hậu.

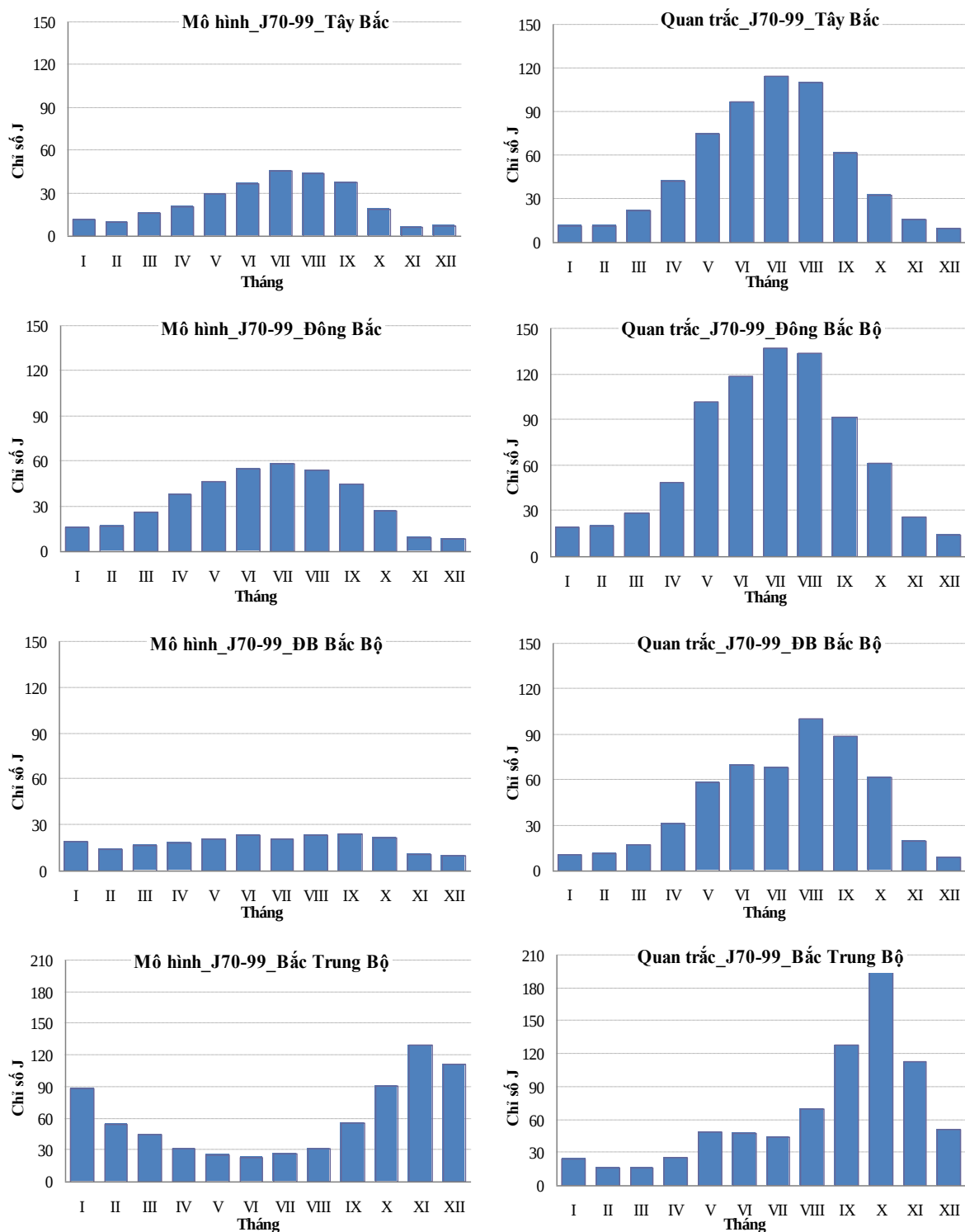
Trong mục tiếp theo, các chỉ số hạn được tính toán theo kết quả nhiệt độ và lượng mưa của mô hình RegCM3 sau đó so sánh với kết quả tính được theo số liệu quan trắc trong thời kỳ chuẩn (1970-1999) để xem xét sự phù hợp về khả năng mô phỏng các điều kiện hạn hán của mô hình cho 7 vùng khí hậu Việt Nam. Chỉ số J dùng để xác định hiện tượng hạn theo tháng tính theo công thức (1.5), chỉ số Ped tính theo công thức (1.4) để xem xét sự biến đổi của hiện tượng này trong cả thời kỳ.

3.1.2 Kết quả tính của chỉ số J

Hình 3.3 biểu diễn kết quả tính của chỉ số J theo tháng cho bốn vùng khí hậu phía Bắc là Tây Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng Bắc bộ và Bắc Trung Bộ theo số liệu quan trắc (phải) và theo số liệu mô hình RegCM3 (trái) trong thời kỳ chuẩn 1970-1999.

Từ hình vẽ nhận thấy phân bố các tháng ẩm ($J > 30$ mm/ $^{\circ}$ C) và các tháng hạn ($J < 30$ mm/ $^{\circ}$ C) trong năm theo tính toán từ số liệu mô hình RegCM và theo tính toán từ số liệu quan trắc là tương đối phù hợp ở hai vùng Tây Bắc và Đông Bắc. Tuy nhiên giá trị J trong các tháng mùa mưa tính được từ số liệu mô hình RegCM3 nhỏ hơn nhiều so với tính toán từ số liệu quan trắc. Cụ thể là, giá trị J lớn nhất thường xảy ra vào tháng VII ở vùng Tây Bắc, tính theo kết quả mô phỏng của mô hình RegCM3 là $45,89$ mm/ $^{\circ}$ C còn tính theo số liệu quan trắc là $115,03$ mm/ $^{\circ}$ C; ở

vùng Đông Bắc giá trị J lớn nhất tính theo kết quả mô phỏng của mô hình RegCM3 là 58,22 mm/°C còn tính theo số liệu quan trắc là 137,12 mm/°C.



Hình 3.3. Chỉ số J (mm/°C) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)

Điều này phù hợp với lượng mưa mô hình mô phỏng được là thấp hơn so với lượng mưa thực tế, đặc biệt vào các tháng mùa mưa, dẫn đến khả năng mô phỏng thiếu hụt ẩm hơn so với quan trắc. Mặt khác, giá trị nhỏ nhất của J tính theo số liệu mô hình là $6,68 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI còn tính theo số liệu quan trắc là $9,47 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII ở vùng Tây Bắc, tương ứng với vùng Đông Bắc là $8,54 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ và $14,52 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII. Khác biệt về giá trị J nhỏ nhất (rơi vào các tháng mùa khô) giữa tính toán từ số liệu mô hình và số liệu thực tế là không lớn. Tuy nhiên có thể thấy mô hình mô phỏng hạn nặng hơn (J nhỏ hơn) so với quan trắc ở cả hai vùng khí hậu. Trong thực tế, mùa khô hạn phổ biến ở Tây Bắc là từ tháng XI đến tháng IV, hạn nặng vào tháng XII, I, II, còn ở vùng Đông Bắc là từ tháng XI đến tháng III, hạn nặng nhất là tháng XII (GS. Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu, 2004). Kết quả tính toán cho thấy mô hình mô phỏng hạn ở vùng Tây Bắc từ tháng X đến tháng IV và khả năng hạn tính theo số liệu quan trắc là từ tháng XI đến tháng III. Đối với vùng Đông Bắc, các tháng hạn tính theo số liệu quan trắc là từ tháng XI đến tháng III, còn tính theo số liệu mô hình là từ tháng X đến tháng III. Từ những kết quả trên, có thể thấy rằng chỉ số J tính được trong các tháng hạn theo số liệu mô hình tương đối phù hợp với kết quả tính được theo số liệu quan trắc và phù hợp với thực tế.

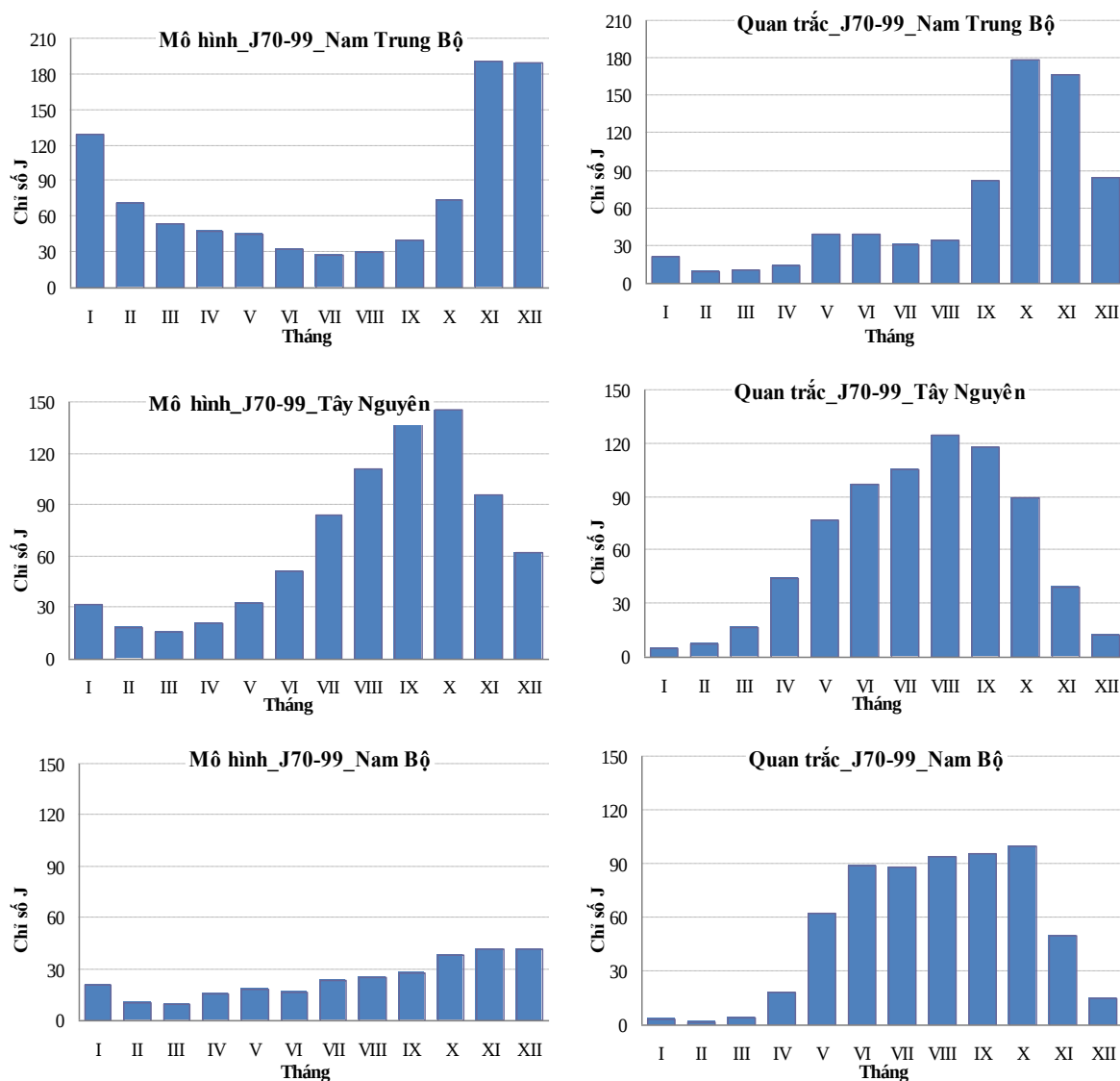
Khi so sánh chỉ số J tính từ số liệu quan trắc và số liệu mô hình thì kết quả cho thấy vùng khí hậu Đồng bằng Bắc bộ là một vùng đặc biệt nhất trong tất cả 7 vùng khí hậu. Giá trị J ở vùng Đồng bằng Bắc bộ tính theo số liệu quan trắc dao động giữa các tháng trong năm rất lớn: từ giá trị cực đại ($J=100,81 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) trong tháng VIII đến giá trị nhỏ nhất là ($J=9,39 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) trong tháng XII. Trong năm hạn hán xảy ra nghiêm trọng vào các tháng XI đến tháng III, còn tháng IV đến tháng X là cả thời kỳ ẩm ướt dài. Kết quả này khá phù hợp với tổng kết về hạn của GS. Nguyễn Đức Ngữ và GS. Nguyễn Trọng Hiệu (2004). Ngược lại, giá trị J tính theo số liệu mô phỏng từ mô hình dao động trong khoảng nhỏ hơn, với giá trị cực đại là ($J=24,6 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) trong tháng IX đến giá trị cực tiểu là ($J=10,25 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) trong tháng XII. Như vậy, kết quả J tính theo số liệu mô hình cho thấy cả 12 tháng đều có giá

nhỏ hơn 30, tức là hạn có khả năng xảy ra quanh năm. Điểm chung giữa tính toán theo mô hình và theo quan trắc là hạn nặng nhất cũng có khả năng xảy ra vào tháng XII. Kết quả chênh lệch nhiều như vậy là do mô hình mô phỏng tốt lượng mưa trong các tháng mùa khô và chưa mô phỏng tốt được các tháng xảy ra mưa lớn trong năm ở vùng khí hậu này.

Theo kết quả tính chỉ số J từ số liệu quan trắc, hạn hán ở vùng Bắc Trung Bộ có khả năng xảy ra vào cuối mùa đông, đầu mùa xuân (từ tháng I đến tháng IV), với hạn nặng nhất ($J = 15,99 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) xảy ra vào tháng III. Tuy nhiên, theo kết quả mô phỏng của mô hình, hạn hán có khả năng xảy ra vào trong các tháng mùa hè: Bắc Trung Bộ hạn kéo dài 3 tháng (từ tháng V đến tháng VII) với hạn nặng nhất vào tháng VI ($J = 22,94 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). Ở vùng Bắc Trung Bộ giá trị cực đại của chỉ số J tính theo số liệu quan trắc ($J = 200,45 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) trong tháng X, còn tính theo kết quả mô hình là tháng XI ($J = 130,32$). Theo GS. Nguyễn Đức Ngữ và GS. Nguyễn Trọng Hiệu (2004), mùa khô hạn ở Bắc Trung Bộ thường là từ tháng IV đến tháng VIII, hạn nặng nhất là tháng VI. Như vậy mô hình mô phỏng hạn trễ hơn, thời gian kéo dài ngắn hơn và mức độ hạn nhẹ hơn so với thực tế và kết quả tính theo số liệu quan trắc. Kết quả như vậy là do mô hình mô phỏng lượng mưa thiên âm trong các tháng mùa hè và thiên cao trong các tháng cuối mùa thu, và mùa mưa cũng trễ hơn so với thực tế.

Hình 3.4 biểu diễn kết quả của chỉ số J tính từ số liệu quan trắc và số liệu mô hình cho các vùng khí hậu Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ trong thời kỳ chuẩn. Từ hình vẽ cho thấy chỉ số J tính theo số liệu quan trắc ở vùng Nam Trung Bộ đều nhỏ hơn $30 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ trong 4 tháng đầu năm (từ tháng I đến tháng IV) với hạn nặng nhất ($J = 9,86 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) xảy ra vào tháng II. Tuy nhiên, theo kết quả mô phỏng của mô hình, hạn hán có khả năng xảy ra ở vùng Nam Trung Bộ vào tháng VII ($J = 27,05 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). Như vậy có thể thấy rằng mô hình mô phỏng chưa tốt về các tháng hạn trong năm, đặc biệt là tháng hạn nhất trong năm lệch đến 5 tháng. Giá trị J cực đại tính theo quan trắc ($J=179,45 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) vào tháng X còn tính theo mô hình ($J = 190,62 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) vào tháng XI. Kết quả chỉ số J trong các tháng ẩm ướt của mô hình

tương đối phù hợp với kết quả tính toán từ số liệu quan trắc, song vẫn nhận thấy có sự trễ pha của các tháng mùa mưa theo kết quả mô phỏng của mô hình so với thực tế.



Hình 3.4. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Nam tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)

Xem xét về số tháng hạn trong năm, mùa khô hạn ở Nam Trung Bộ là từ tháng II đến tháng VIII, hạn nặng trong các tháng II, III (Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu, 2004). Như vậy có thể thấy rằng kết quả mô phỏng thời gian xảy ra hạn ở vùng Nam Trung Bộ chưa tốt.

Ở khu vực Tây Nguyên nhìn chung có sự phù hợp hơn giữa kết quả tính J theo số liệu quan trắc và theo số liệu mô hình. Giá trị lớn nhất của J tính được theo số liệu quan trắc là tháng VIII ($J = 125,13 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) và theo số liệu mô hình là tháng X ($J = 145,71 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). Như vậy đối với khu vực này cũng có sự trễ của tháng mưa lớn theo kết quả mô phỏng của mô hình so với thực tế. Giá trị nhỏ nhất của J tính được theo số liệu quan trắc là tháng I ($J = 5,08 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) và theo số liệu mô hình là tháng III ($J = 15,79 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). Theo GS. Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu (2004), hạn ở khu vực này có thể xảy ra từ tháng XI đến tháng IV năm sau, tập trung từ tháng XII đến tháng III. Kết quả tính J theo số liệu quan trắc cho thấy các tháng có thể có hạn là từ tháng XII đến tháng III năm sau, trong khi đó các tháng có khả năng bị hạn theo kết quả tính J từ số liệu mô hình là từ tháng II đến tháng IV. Như vậy, thời gian hạn theo kết quả tính từ số liệu mô hình thường ngắn hơn và mức độ hạn cũng nhẹ hơn so với kết quả tính từ số liệu quan trắc.

Ở vùng Nam Bộ, giá trị của chỉ số J tính theo số liệu quan trắc lớn nhất trong tháng X ($J=1,76 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) và nhỏ nhất trong tháng II ($J=99,69 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). Tuy nhiên, theo kết quả mô phỏng của mô hình, chỉ số J có sự khác biệt với tính toán theo số liệu quan trắc lớn nhất được ghi nhận vào mùa hè và mùa thu. Giá trị lớn nhất của J theo kết quả mô hình là tháng XII ($J=42,06 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$) và nhỏ nhất của J là tháng II ($J=10,56 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). Như vậy có thể thấy rằng lượng mưa mô phỏng của mô hình thấp hơn lượng mưa quan trắc trong các tháng mùa mưa và cao hơn trong các tháng mùa khô. Mặt khác, xét theo chỉ tiêu $J < 30$ thì ở khu vực Nam Bộ thì những tháng có khả năng xảy ra hạn là tháng XII đến tháng IV, trong khi đó theo kết quả mô hình, những tháng bị hạn là tháng I đến tháng VII. Theo tài liệu thống kê của Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu (2004), hạn ở Nam Bộ thường xảy ra vào các tháng XII đến tháng IV. Như vậy mô hình mô phỏng số tháng hạn hán chưa thật phù hợp với kết quả tính theo số liệu quan trắc và thực tế.

Từ những kết quả tính toán ở trên, các đặc trưng hạn ở các vùng khí hậu Việt Nam xác định theo chỉ số J có thể được tổng kết trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1 Tổng kết một vài đặc trưng hạn theo kết quả tính của chỉ số J ở các vùng khí hậu Việt Nam trong thời kỳ chuẩn

Vùng khí hậu	Mô hình	Quan trắc
Tây Bắc	- $J_{\min} = 6,68 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - $J_{\max} = 45,89$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: X đến IV	- $J_{\min} = 9,47 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 115,03 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: XI đến III
Đông Bắc	- $J_{\min} = 8,54 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 58,22$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: X đến III	- $J_{\min} = 14,52 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - $J_{\max} = 137,12 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: XI đến III
ĐB Bắc Bộ	- $J_{\min} = 10,25 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 24,6 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: Cả năm	- $J_{\min} = 9,39 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 100,81 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VIII - Thời kỳ hạn: XI đến III
Bắc Trung Bộ	- $J_{\min} = 22,94 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VI - $J_{\max} = 130,32 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: V đến VII	- $J_{\min} = 15,99 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 200,45 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: I đến IV
Nam Trung Bộ	- $J_{\min} = 27,05 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - $J_{\max} = 190,64 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - Thời kỳ hạn: VII	- $J_{\min} = 9,86 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 179,45 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: I đến IV
Tây Nguyên	- $J_{\min} = 15,79 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 145,71 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: II đến IV	- $J_{\min} = 5,08 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng I - $J_{\max} = 125,13 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VIII - Thời kỳ hạn: XII đến III năm sau
Nam Bộ	- $J_{\min} = 9,79 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 42,6 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - Thời kỳ hạn: I đến IX	- $J_{\min} = 1,76 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 99,69 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: XII đến IV năm sau

Từ Bảng 3.1 cho thấy mô hình mô phỏng mùa khô hạn khá phù hợp với kết quả tính toán theo số liệu quan trắc ở vùng Tây Bắc và Đông Bắc. Ở vùng Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ, mô hình thường mô phỏng lượng mưa thiên âm trong các tháng mùa mưa và mùa mưa trễ hơn so với thực tế dẫn đến sự sai lệch về thời gian của các tháng hạn. Mô hình thường cho kết quả mô phỏng mức độ hạn nhẹ hơn và thời gian hạn xảy ra ngắn hơn so với thực tế ở vùng khí hậu Tây Nguyên còn Nam Bộ hạn kéo dài hơn nhưng ít khắc nghiệt hơn trong các tháng mùa khô và kém

ẩm ướt hơn trong các tháng mùa mưa đồng thời cũng xảy ra sự trễ thời gian về tháng khô hạn nhất và tháng ẩm ướt nhất.

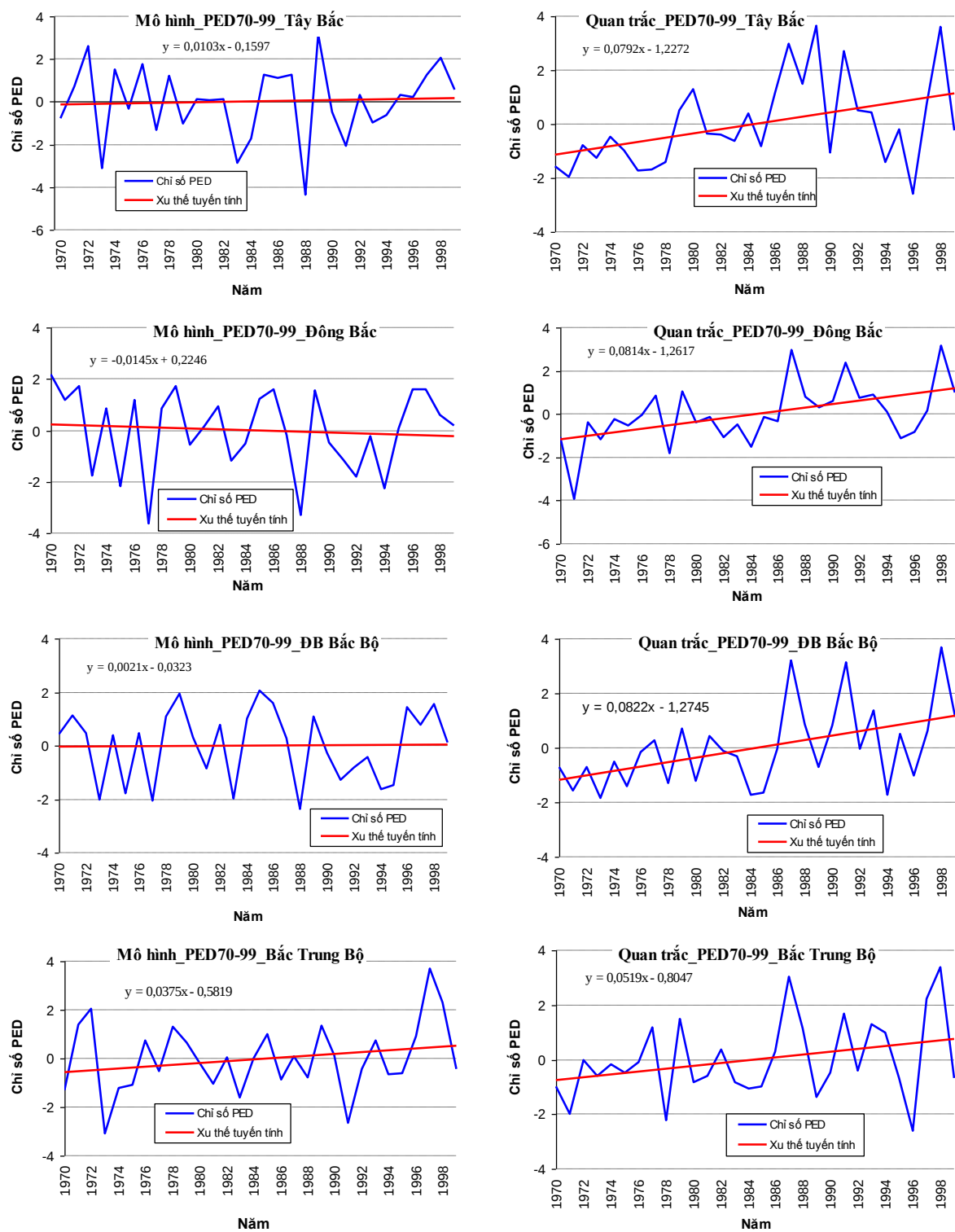
3.1.3. Kết quả tính của chỉ số Ped

Bên cạnh việc xem xét khả năng xuất hiện và mức độ hạn theo tháng thông qua chỉ số J, sự biến đổi của hạn theo thời gian trong giai đoạn 1970-1999 được đánh giá qua chỉ số Ped.

Hình 3.5 biểu diễn kết quả tính chỉ số Ped năm trong thời kỳ chuẩn 1970-1999 và đường xu thế biến đổi tuyến tính ở các vùng khí hậu Tây Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng Bắc bộ và Bắc Trung Bộ.

Từ hình vẽ nhận thấy ở cả bốn vùng khí hậu chỉ số Ped tính theo số liệu quan trắc đều có xu tăng lên có nghĩa là hạn hán có xu thế tăng lên theo thời gian trong giai đoạn này, với nhiều năm hạn vừa và hạn nặng như năm 1987, 1991, 1998. Trong khi đó chỉ số Ped tính từ số liệu mô hình ở bốn vùng khí hậu phía Bắc lại có xu thế tăng lên không rõ ràng hoặc giảm nhẹ, với năm ẩm ướt nhất là năm 1988 ở ba vùng khí hậu đầu và năm 1973 ở vùng Bắc Trung Bộ.

Đối với vùng khí hậu Tây Bắc, khoảng giá trị của Ped tính được theo số liệu mô hình là $[-5,4]$ và theo số liệu quan trắc thì hẹp hơn, nằm trong khoảng $[-4,4]$. Theo tính toán từ mô hình, giá trị Ped lớn nhất (năm hạn nặng nhất) là 3,16 vào năm 1989 và giá trị Ped nhỏ nhất (năm ẩm ướt nhất) là -4,37 vào năm 1988. Theo tính toán từ số liệu quan trắc, năm hạn nặng nhất là năm 1998 ($Ped = 3,66$) và năm ẩm ướt nhất là năm 1996 ($Ped = -2,57$). Mặc dù các cực trị của chỉ số Ped giữa mô hình và quan trắc không xảy ra đồng thời tuy nhiên trong thời kỳ chuẩn số năm phù hợp giữa mô hình và quan trắc là 14/30 năm (đạt 47% trong đó có 6 năm hạn và 7 năm ẩm, 1 năm bình thường). Mặt khác, kết quả tính cho thấy những năm hạn nặng trùng với thời kỳ có El Nino mạnh và những năm ẩm ướt nhất là những năm có La Nina.

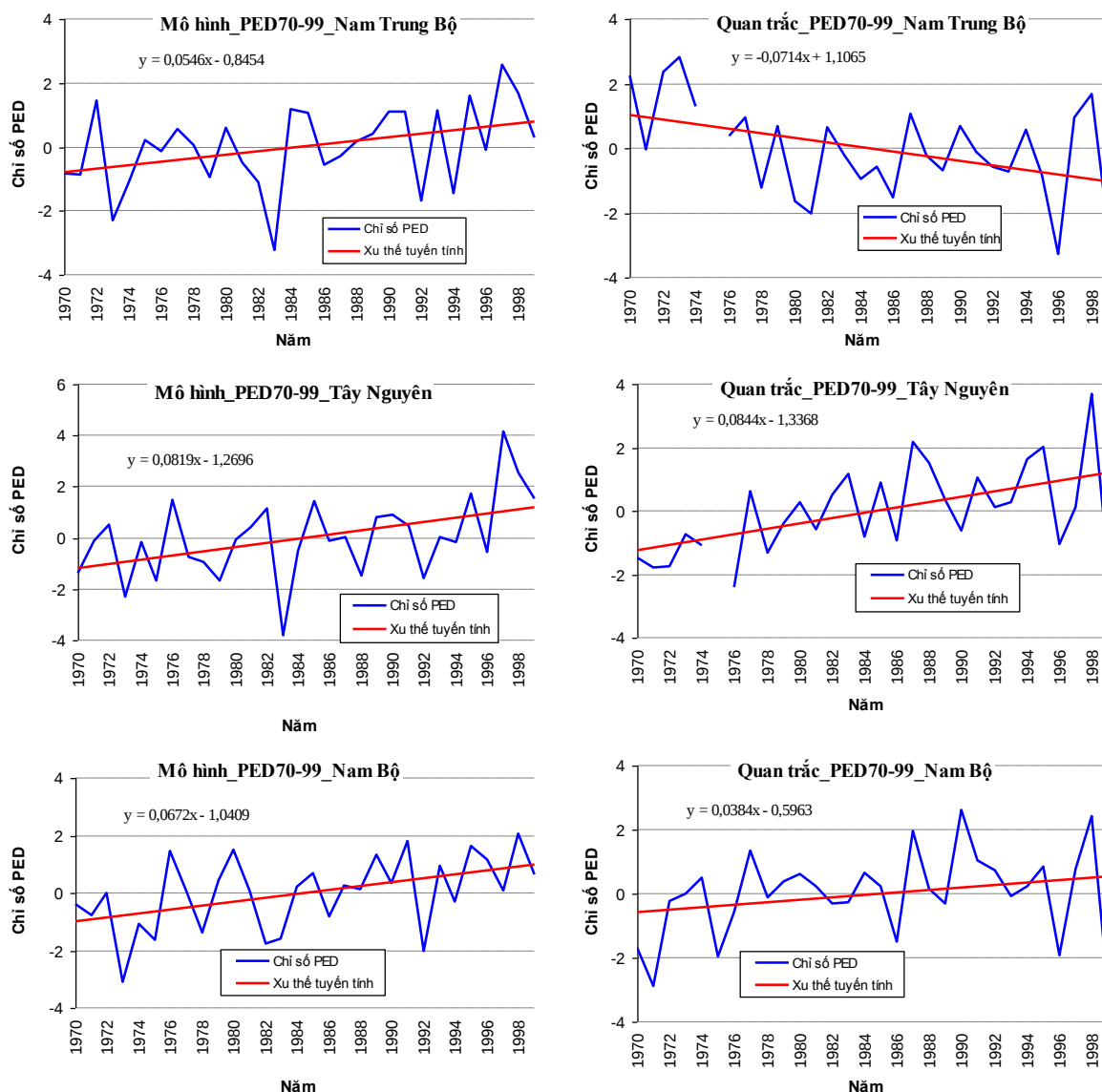


Hình 3.5. Biến đổi của chỉ số Ped trong thời kỳ chuẩn ở các vùng khí hậu phía Bắc tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)

Ở vùng khí hậu Đông Bắc, khoảng giá trị của Ped tính được theo số liệu mô hình và theo số liệu quan trắc lần lượt $[-4,2]$ và $[-4,4]$. Như vậy, mô hình mô phỏng hạn nhẹ hơn so với quan trắc. Mức độ phù hợp của chỉ số Ped giữa mô hình và quan trắc là khoảng 33,3%, trong đó có 3 năm hạn, 7 năm ẩm, 4 năm bình thường.

Đối với vùng khí hậu Đồng bằng Bắc bộ, khoảng giá trị của Ped tính được theo số liệu mô hình và theo số liệu quan trắc lần lượt là $[-3,3]$ và $[-2,4]$. Với giá trị Ped lớn nhất tính theo mô hình là (Ped = 2,05) vào năm 1985 và tính theo số liệu quan trắc là (Ped = 3,67) vào năm 1998. Tương tự, giá trị nhỏ nhất của Ped tính theo mô hình vào năm 1988 (Ped = -2,36) và tính theo quan trắc vào năm 1994 (Ped = -1,74). Như vậy mô hình mô phỏng hạn nhẹ hơn và ít phù hợp so với tính toán từ số liệu thực tế. Mức độ phù hợp về chỉ giữa mô hình và quan trắc về số năm hạn và năm ẩm là khoảng 27%.

Ở vùng khí hậu Bắc Trung Bộ, khoảng giá trị của Ped tính được theo số liệu mô hình và theo số liệu quan trắc tương đối phù hợp, nằm trong khoảng $[-4,4]$. Theo tính toán từ mô hình, giá trị Ped lớn nhất (năm hạn nặng nhất) là 3,68 vào năm 1997 và giá trị Ped nhỏ nhất (năm ẩm ướt nhất) là -3,09 vào năm 1973. Theo tính toán từ số liệu quan trắc, năm hạn nặng nhất là năm 1998 (Ped = 3,38) và năm ẩm ướt nhất là năm 1996 (Ped = -2,59). Xem xét sự phù hợp về số năm ẩm và số năm hạn của kết quả tính toán theo số liệu mô hình và số liệu quan trắc, chỉ số Ped cho thấy sự trùng khớp đạt khoảng 57% (trong đó có 2 năm hạn và 11 năm ẩm, 5 năm bình thường). Như vậy kết quả mô phỏng năm hạn của mô hình là phù hợp với thực tế, những năm có hạn nặng cũng là thời gian có El Nino mạnh và những năm ẩm ướt nhất là những năm có La Nina. Mặc dù kết quả tính chỉ số Ped theo số liệu mô hình và theo số liệu quan trắc có sự khác biệt về độ lớn và về dấu nhưng xét trong cả thời kỳ thì đều thể hiện chung một xu thế biến đổi tuyến tính là chỉ số Ped tăng nhẹ theo thời gian (hệ số a1 dương), có nghĩa là hạn có xu thế tăng nhẹ ở Bắc Trung Bộ trong thời đoạn 1970-1999.



Hình 3.6. Biến đổi của chỉ số Ped trong thời kỳ chuẩn ở các vùng khí hậu phía Nam tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải)

Hình 3.6 biểu diễn chỉ số Ped theo năm của các vùng khí hậu Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ tính theo mô hình (trái) và theo quan trắc (phải). Trong cả ba vùng khí hậu, riêng vùng khí hậu Nam Trung Bộ có xu thế biến đổi của chỉ số Ped ngược nhau giữa tính toán theo số liệu quan trắc và tính toán theo số liệu mô hình trong thời kỳ chuẩn. Đường xu thế tuyến tính cho thấy kết quả tính toán hạn ở vùng Nam Trung Bộ có xu thế tăng nhẹ trong thời kỳ chuẩn trong khi đó theo kết quả tính từ số liệu quan trắc lại thể hiện xu thế ngược lại. Giá trị Ped tính theo số

liệu quan trắc lớn nhất là 2,83 ghi nhận được vào năm 1973 và nhỏ nhất là -3,26 vào năm 1996. Theo kết quả tính từ số liệu mô phỏng của mô hình, giá trị Ped lớn nhất là 2,56 vào năm 1997 và nhỏ nhất là -3,23 vào năm 1983. Ở vùng khí hậu này mức độ phù hợp của chỉ số Ped giữa mô hình và quan trắc là 11/30 năm (đạt 37% trong đó có 2 năm hạn, 6 năm ẩm và 3 năm ở mức bình thường).

Nhìn chung, ở vùng khí hậu Tây Nguyên và Nam Bộ thể hiện sự phù hợp hơn so với vùng khí hậu Nam Trung Bộ về kết quả chỉ số Ped giữa mô hình và quan trắc. Về cơ bản, khoảng biến đổi của giá trị Ped ở vùng Tây Nguyên lớn hơn còn ở Nam Bộ dao động trong khoảng $[-4,3]$. Ở vùng Tây Nguyên, kết quả tính chỉ số Ped từ số liệu quan trắc cho thấy giá trị lớn nhất đạt 3,68 vào năm 1998 và nhỏ nhất là -2,4 vào năm 1976. Tương tự, kết quả tính từ số liệu mô hình có giá trị Ped cực đại là 4,16 vào năm 1997 và cực tiểu là -3,8 vào năm 1983. Nhìn chung, vùng khí hậu Tây Nguyên phải chịu hạn nặng hơn trong những năm hạn và dư thừa ẩm hơn trong những năm ẩm ướt. Đối với vùng Nam Bộ, theo kết quả tính từ số liệu mô phỏng của mô hình, giá trị Ped lớn nhất là 2,06 vào năm 1998 và nhỏ nhất là -3,1 vào năm 1973. Giá trị Ped tính theo số liệu quan trắc lớn nhất là 2,62 ghi nhận được vào năm 1990, và lớn thứ hai là năm 1998 ($\text{Ped}=2,41$) và nhỏ nhất là -2,87 vào năm 1971. Như vậy ở vùng N3 không có tình trạng hạn nặng trong thời kỳ chuẩn, và hạn vừa xảy ra vào năm 1998. Mức độ phù hợp của chỉ số Ped giữa mô hình và quan trắc ở vùng Tây Nguyên là 18/30 năm (đạt 60% trong đó có 2 năm hạn, 10 năm ẩm và 6 năm bình thường) và ở vùng Nam Bộ là 20/30 năm (đạt 67% trong đó có 2 năm hạn, 7 năm ẩm và 11 năm bình thường). Như vậy kết quả mô phỏng năm hạn sử dụng chỉ số Ped ở vùng Tây Nguyên và Nam Bộ là khá gần với thực tế.

Từ kết quả tính toán trên có thể tổng kết về những đặc trưng chính tính theo chỉ số Ped ở 7 vùng khí hậu Việt Nam trong Bảng 3.2. Từ Bảng 3.2 có thể thấy trong cả bảy vùng khí hậu, những năm hạn hán được xác định theo chỉ số Ped có sự phù hợp tương đối tốt ở vùng Tây Nguyên, Nam Bộ, Bắc Trung Bộ và ít phù hợp nhất là vùng Đồng bằng Bắc Bộ. Riêng vùng Nam Trung Bộ, mô hình mô phỏng khá tốt mức độ hạn cao nhất song xu thế hạn thì ngược lại so với quan trắc.

Bảng 3.2: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hán theo kết quả tính của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu Việt Nam trong thời kỳ chuẩn

Vùng khí hậu	Mô hình	Quan trắc
Tây Bắc	- Ped _{min} = -4,37 vào năm 1988 - Ped _{max} = 3,16 vào năm 1989 - Hệ số a ₁ = 0,0103	- Ped _{min} = -2,57 vào năm 1996 - Ped _{max} = 3,66 vào năm 1989 - Hệ số a ₁ = 0,0792
Đông Bắc	- Ped _{min} = -3,62 vào năm 1977 - Ped _{max} = 2,16 vào năm 1970 - Hệ số a ₁ = 0,0145	- Ped _{min} = -3,95 vào năm 1971 - Ped _{max} = 3,17 vào năm 1998 - Hệ số a ₁ = 0,0814
ĐB Bắc Bộ	- Ped _{min} = -2,36 vào năm 1988 - Ped _{max} = 2,05 vào năm 1985 - Hệ số a ₁ = 0,0021	- Ped _{min} = -1,74 vào năm 1994 - Ped _{max} = 3,67 vào năm 1998 - Hệ số a ₁ = 0,0822
Bắc Trung Bộ	- Ped _{min} = -3,09 vào năm 1973 - Ped _{max} = 3,68 vào năm 1997 - Hệ số a ₁ = 0,0375	- Ped _{min} = -2,59 vào năm 1996 - Ped _{max} = 3,38 vào năm 1998 - Hệ số a ₁ = 0,0510
Nam Trung Bộ	- Ped _{min} = -3,23 vào năm 1983 - Ped _{max} = 2,56 vào năm 1997 - Hệ số a ₁ = 0,0546	- Ped _{min} = -3,26 vào năm 1996 - Ped _{max} = 2,83 vào năm 1973 - Hệ số a ₁ = -0,0714
Tây Nguyên	- Ped _{min} = -3,8 vào năm 1983 - Ped _{max} = 4,16 vào năm 1997 - Hệ số a ₁ = 0,0819	- Ped _{min} = -2,4 vào năm 1976 - Ped _{max} = 3,68 vào năm 1998 - Hệ số a ₁ = 0,0844
Nam Bộ	- Ped _{min} = -3,1 vào năm 1973 - Ped _{max} = 2,06 vào năm 1998 - Hệ số a ₁ = 0,0672	- Ped _{min} = -2,93 vào năm 1999 - Ped _{max} = 2,62 vào năm 1990 - Hệ số a ₁ = 0,0384

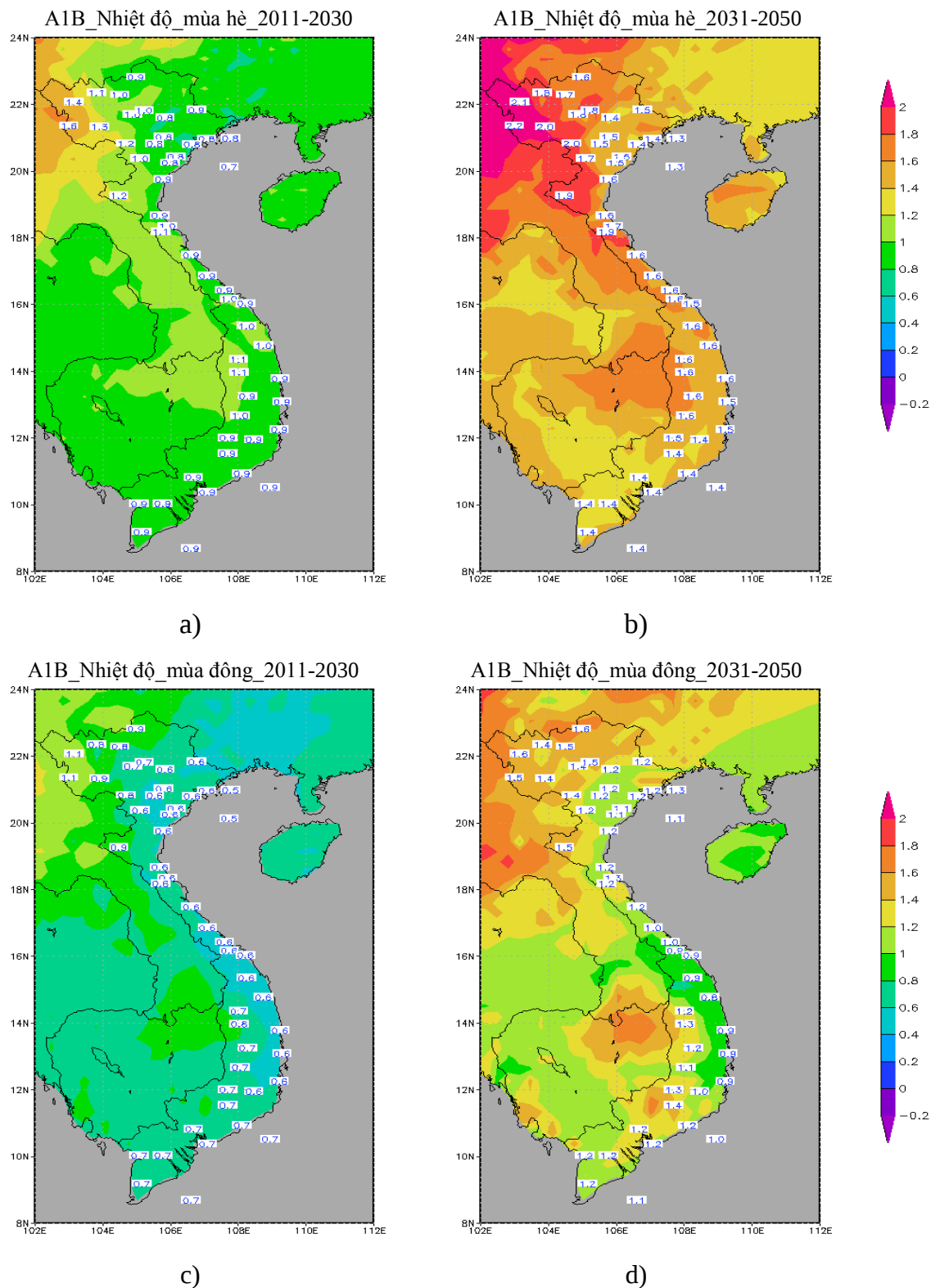
3.2. Kết quả dự tính hạn cho thời kỳ tương lai (2011-2050)

Trước khi dự tính sự biến đổi của hạn hán trong tương lai, sự chênh lệch giữa nhiệt độ và lượng mưa của mô hình theo hai kịch bản phát thải A1B và A2 so với thời kỳ chuẩn cũng được đề cập đến. Sự chênh lệch này được xem xét riêng cho các tháng mùa đông, các tháng mùa hè và trong hai giai đoạn (2011-2030) và (2031-2050).

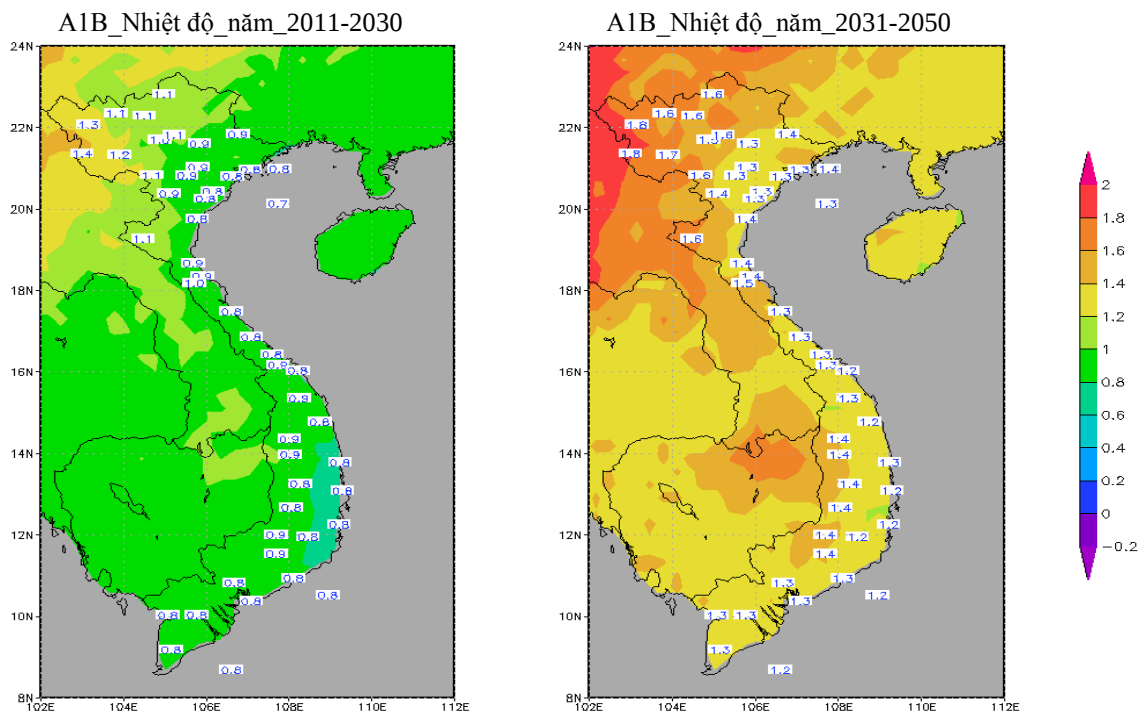
3.2.1. Kết quả dự tính hạn theo kịch bản A1B

3.2.1.1. Kết quả dự tính nhiệt độ và lượng mưa

Hình 3.7 và 3.8 biểu diễn sự chênh lệch nhiệt độ dự tính từ mô hình RegCM3 trong hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè, mùa đông và cả năm ở 7 vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A1B. Từ Hình 3.7 có thể thấy nhiệt độ ở 7 vùng khí hậu trong tương lai tăng lên trong cả mùa đông và mùa hè (các giá trị dương biểu thị vị trí các trạm trên hình vẽ). Kết quả dự tính nhiệt độ ở các vùng khí hậu trong giai đoạn (2031-2050) tăng lên mạnh hơn so với giai đoạn đầu, và vào mùa hè tăng cao hơn vào mùa đông so với thời kỳ chuẩn. Trong 7 vùng khí hậu, vùng Tây Bắc nhìn chung có nhiệt độ tăng cao hơn với giá trị chênh lệch nhiệt độ lớn nhất so với thời kỳ chuẩn có thể lên tới $2,2^{\circ}\text{C}$ vào mùa hè ở giai đoạn (2031-2050). Xét chung cho cả năm, chênh lệch nhiệt độ trong cả hai thời kỳ tương lai ứng với kịch bản A1B đều dương tức là nhiệt độ trong tương lai sẽ cao hơn so với thời kỳ chuẩn. Nhiệt độ trung bình năm ở giai đoạn (2031-2050) sẽ tăng cao hơn giai đoạn (2011-2030). Trong cả hai giai đoạn, nhiệt độ tăng mạnh nhất có thể xảy ra ở vùng Tây Bắc với giá trị lớn nhất $1,4^{\circ}\text{C}$ ở giai đoạn đầu và $1,8^{\circ}\text{C}$ ở giai đoạn sau. Nhiệt độ tăng ít nhất xảy ra ở vùng Nam Trung Bộ trong giai đoạn đầu và ở vùng Nam Bộ trong giai đoạn sau.

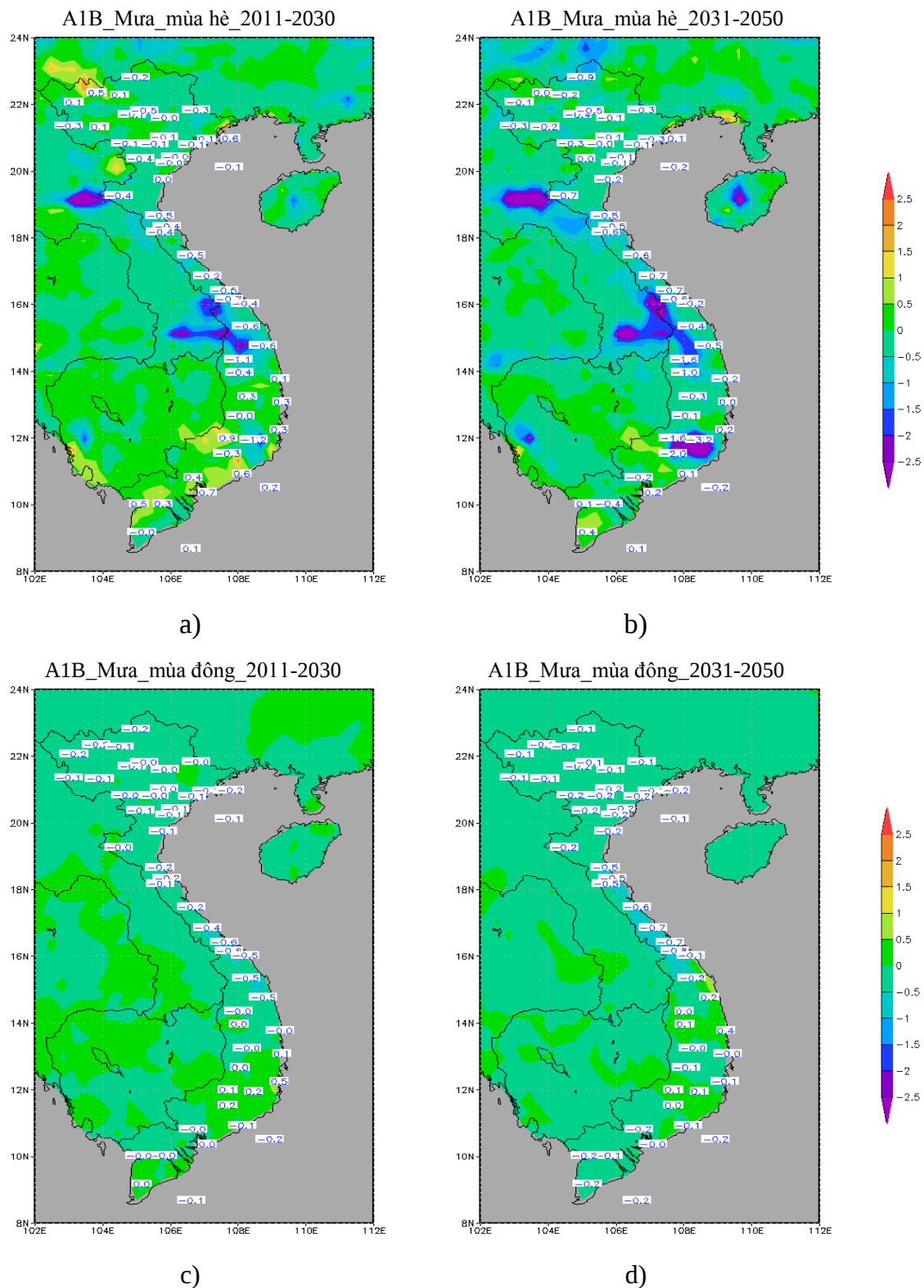


Hình 3.7. Chênh lệch nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A1B

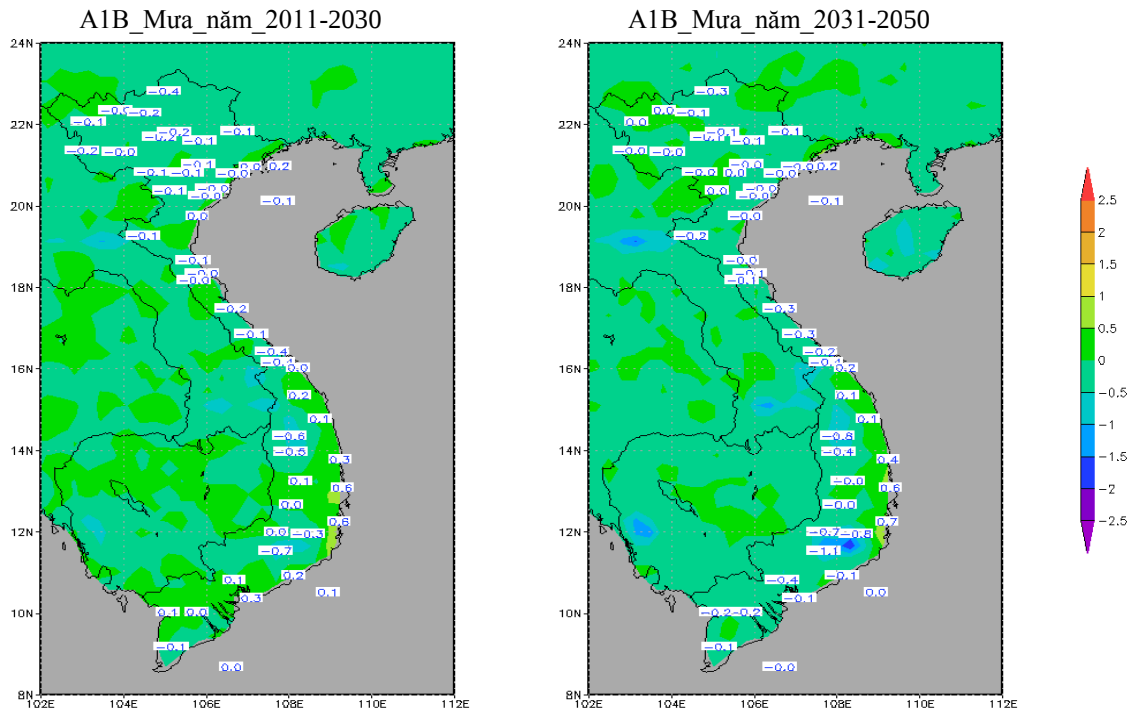


Hình 3.8. Chênh lệch nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn theo năm ứng với kịch bản A1B

Hình 3.9 và 3.10 biểu diễn kết quả chênh lệch lượng mưa dự tính từ mô hình RegCM3 trong hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè, mùa đông và cả năm ở 7 vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A1B. Ngược lại với nhiệt độ, sự chênh lệch lượng mưa trong tương lai ở bốn vùng khí hậu phía Bắc và vùng khí hậu Nam Trung Bộ chủ yếu có giá trị âm nghĩa là lượng mưa có xu thế giảm xuống trong tương lai ở cả hai giai đoạn và trong cả mùa đông và mùa hè (Hình 3.9). Vào mùa hè, sự chênh lệch lượng mưa dương lớn nhất trong giai đoạn (2011-2030) xảy ra ở khu vực Tây Nguyên với giá trị là 0,7mm/ngày và âm lớn nhất trong giai đoạn (2031-2050) là -3,2mm/ngày. Tuy nhiên trong các tháng mùa đông, lượng mưa ở Tây Nguyên giảm còn vùng Nam Bộ lượng mưa lại có xu thế tăng lên nhẹ với giá trị khoảng 0,1 đến 0,2mm/ngày trong cả hai giai đoạn. Hình 3.10 cho thấy lượng mưa ngày trung bình năm ở các vùng khí hậu giảm xuống trong cả hai giai đoạn, chỉ có vùng khí hậu Tây Nguyên là lượng mưa có xu thế tăng nhẹ trong giai đoạn (2011-2030) và giảm mạnh ở giai đoạn (2031-2050).



Hình 3.9. Chênh lệch lượng mưa (mm/ngày) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A1B

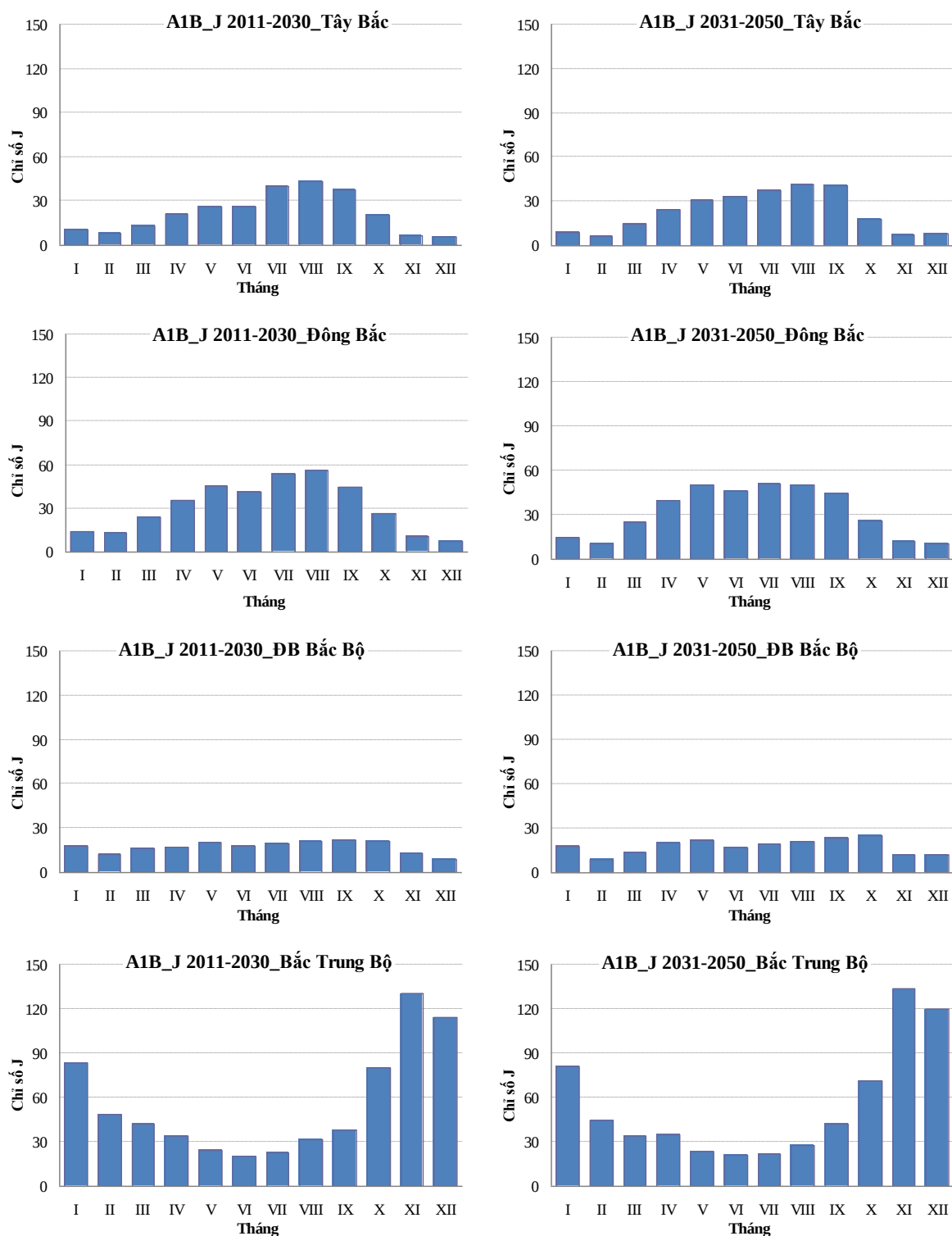


Hình 3.10. Chênh lệch lượng mưa (mm/ngày) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn theo năm ứng với kịch bản A1B

Từ kết quả dự tính của mô hình đối với biến nhiệt độ và lượng mưa, các chỉ số hạn hán được tính để xem xét sự biến đổi của hiện tượng hạn trong giai đoạn 2011-2050, trong đó các phân tích chi tiết được phân chia thành hai giai đoạn ngắn hơn là 2011-2030 và 2031-2050.

3.2.1.2. Kết quả dự tính hạn theo chỉ số J

Hình 3.11 biểu diễn kết quả tính của chỉ số J theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc trong hai giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản phát thải A1B. Từ hình vẽ nhận thấy phân bố của các tháng ẩm và các tháng hạn trong năm của bốn vùng khí hậu phía Bắc ở hai thời kỳ tương lai tương tự như trong thời kỳ chuẩn.



Hình 3.11. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B

Ở khu vực Tây Bắc, trong giai đoạn 2011-2030 những tháng có khả năng xảy ra hạn cao là các tháng X đến tháng VI, trong đó hạn nặng nhất là tháng XII. Sang

tới giai đoạn tiếp theo 2031-2050, số tháng hạn ngắn hơn, hạn xảy ra từ tháng X đến tháng IV và nặng nhất rơi vào tháng II. Như vậy, sự khác biệt so với thời kỳ chuẩn là trong tương lai hạn ở khu vực Tây Bắc có thể xảy ra cả trong tháng V, VI vào giai đoạn 2011-2030 và tháng hạn nặng nhất cũng xảy ra trễ hơn. Trong giai đoạn 2011-2030, giá trị lớn nhất của J là 43,15 mm/°C vào tháng VIII và nhỏ nhất là $J = 5,57 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII. Ở giai đoạn tiếp theo, giá trị lớn nhất của J là 41,2 mm/°C vào tháng VIII và nhỏ nhất là 6,84 mm/°C vào tháng II. Điều này cho thấy, chỉ số J có giá trị giảm đi trong các tháng mùa mưa và tăng lên trong các tháng mùa khô. Kết quả này khá phù hợp với sự phân bố lượng mưa giảm đi trong các tháng mùa hè và tăng lên trong các tháng mùa đông. Như vậy, dự tính hạn trong thời kỳ tương lai ở vùng khí hậu Tây Bắc có thể nặng hơn và kéo dài hơn trong giai đoạn đầu còn giai đoạn sau hạn nhẹ hơn và tháng xảy ra hạn nặng nhất trễ hơn.

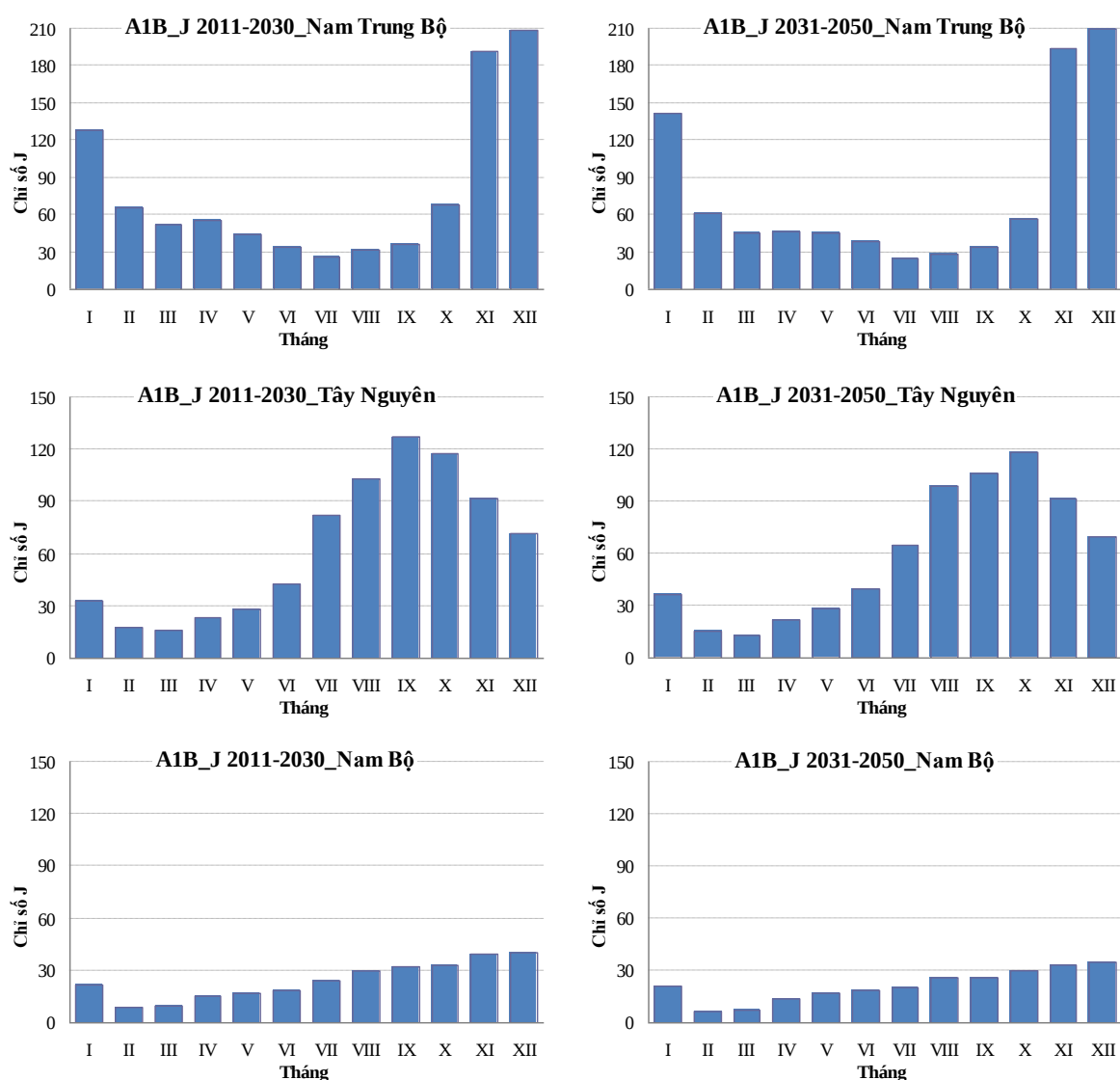
Tương tự ở vùng khí hậu Đông Bắc, giá trị J cực tiểu ở giai đoạn đầu nhỏ hơn và ở giai đoạn sau lớn hơn so với thời kỳ chuẩn, còn giá trị cực đại của J trong cả hai giai đoạn đều nhỏ hơn so với thời kỳ chuẩn. Theo kết quả dự tính trong cả hai thời kỳ, các tháng có khả năng xuất hiện hạn ở Đông Bắc là tháng X đến tháng III. Như vậy, so với thời kỳ chuẩn thì các tháng có khả năng xảy ra hạn trong tương lai không đổi, tuy nhiên mức độ hạn khắc nghiệt hơn vào các tháng mùa khô trong giai đoạn đầu và nhẹ hơn ở giai đoạn sau so với thời kỳ chuẩn.

Tình hình hạn hán ở vùng khí hậu Đồng bằng Bắc bộ trong cả hai thời kỳ tương lai cũng giống như thời kỳ chuẩn được mô phỏng từ mô hình. Các kết quả tính toán đều cho thấy hạn xảy ra trong tất cả các tháng và hạn nặng nhất vẫn xảy ra vào tháng XII, tuy nhiên giai đoạn sau tháng hạn nặng đẩy lùi sang tháng II. Giá trị lớn nhất của chỉ số J trong giai đoạn đầu là 22,22 mm/°C vào tháng IX, còn giai đoạn sau là 25,3 mm/°C vào tháng X và tương ứng với giá trị nhỏ nhất trong giai đoạn đầu là 8,81 mm/°C vào tháng XII, còn giai đoạn sau là 9,12 mm/°C vào tháng II. So sánh với thời kỳ chuẩn thì dự tính khả năng xảy ra hạn trong tương lai ở vùng Đồng bằng Bắc bộ nghiêm trọng hơn. Tuy nhiên do mô hình đã mô phỏng lượng mưa trong thời kỳ chuẩn đã thấp hơn rất nhiều so với quan trắc dẫn đến tình trạng

hạn nghiêm trọng trong cả năm, do đó những kết quả hạn dự tính trong vùng này cũng nghiêm trọng tương tự.

Ở vùng khí hậu Bắc Trung Bộ, trong giai đoạn 2011-2030 những tháng có khả năng xảy ra hạn cao là các tháng V, VI, VII trong đó hạn nặng nhất là tháng VI. Sang tới giai đoạn tiếp theo 2031-2050, các tháng có hạn kéo dài hơn, từ tháng V đến tháng VIII và nặng nhất cũng xảy ra vào tháng VI. Như vậy, so với thời kỳ chuẩn, thì hạn trong tương lai có thể xảy ra cả trong tháng VIII ở khu vực Bắc Trung Bộ. Mặc dù các tháng xảy ra J cực đại, cực tiểu không đổi, song giá trị của chúng có sự thay đổi trong các giai đoạn. Trong thời kỳ chuẩn, giá trị J lớn nhất là $130,32 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ và nhỏ nhất là $22,94 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$, còn trong giai đoạn 2011-2030, giá trị lớn nhất của J là $130,54 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI và nhỏ nhất là $J = 20,1 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VI. Ở giai đoạn tiếp theo, cực đại của chỉ số J có thể đạt $133, \text{mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI và cực tiểu là $21,27 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VI. Như vậy, dự tính trong thời kỳ tương lai ở khu vực Bắc Trung Bộ hạn có thể khắc nghiệt hơn và thời gian hạn kéo dài hơn do sự tăng nhiệt độ và giảm lượng mưa trong tương lai như đã nêu ở phần trên.

Từ Hình 3.12 nhận thấy phân bố của các tháng ẩm và các tháng hạn trong năm của ba vùng khí hậu phía Nam: Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ ở thời kỳ tương lai tương tự như trong thời kỳ chuẩn. Ở vùng khí hậu Nam Trung Bộ, giá trị lớn nhất của J có thể đạt tới $208,76 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ ở giai đoạn đầu, $210,11 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ ở giai đoạn hai xảy ra vào tháng XII và tương ứng với hai giai đoạn này các giá trị nhỏ nhất của J là $25,65 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ và $24,94 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII. Theo kết quả dự tính, các tháng có khả năng xuất hiện hạn ở Nam Trung Bộ là tháng VII trong thời kỳ đầu và tháng VII, VIII trong thời kỳ tiếp theo. Như vậy, so với thời kỳ chuẩn thì trong tương lai vào tháng VIII khả năng xảy ra hạn là cao hơn, bên cạnh đó giá trị J trong các tháng hạn nặng cũng có chiều hướng giảm xuống có nghĩa là hạn có thể sẽ khắc nghiệt hơn trong các tháng mùa khô nhưng lại ẩm ướt hơn trong các tháng mùa mưa.



Hình 3.12. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B.

Đối với vùng khí hậu Tây Nguyên, Nam Bộ, sự phân bố các tháng ẩm ướt và các tháng hạn trong năm trong hai giai đoạn tương lai khá giống với thời kỳ chuẩn. Đối với vùng Tây Nguyên, khả năng xảy ra hạn ở giai đoạn đầu kéo dài từ tháng II đến tháng V, với hạn nặng nhất vào tháng III ($J=16,1 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$), sang đến giai đoạn tiếp theo hạn kéo dài từ tháng II đến tháng IV, với hạn nặng nhất xảy ra vào tháng III ($J= 12,81 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$). Tương ứng với tháng ẩm ướt nhất của hai giai đoạn lần lượt là tháng IX ở giai đoạn đầu ($J=127,32 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$) và tháng X ở giai đoạn sau

($J=118,17 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$). So sánh giữa hai giai đoạn trong tương lai ở khu vực này ta thấy giá trị J nhỏ hơn trong giai đoạn 2031-2050 kể cả trong tháng mưa nhiều và tháng ít mưa, điều đó có nghĩa là lượng mưa có thể giảm đi trong mùa mưa và hạn có thể sẽ nặng hơn trong mùa khô. So với thời kỳ chuẩn thì giá trị của J nhỏ hơn đáng kể trong cả tháng mưa nhiều và tháng ít mưa, đặc biệt là đối với giai đoạn 2031-2050. Như vậy, vùng khí hậu Tây Nguyên thường chịu hạn nặng nhất ở khu vực Trung Bộ thì trong tương lai có thể hạn hán xảy ra sẽ khắc nghiệt hơn, đặc biệt ở giai đoạn 2031-2050. Đối với vùng Nam Bộ, dự tính hạn trong tương lai sẽ nghiêm trọng hơn so với thời kỳ chuẩn, đặc biệt là giai đoạn (2031-2050) số tháng xảy ra hạn hán kéo dài hơn mức độ hạn cũng nặng hơn trong mùa khô và ẩm ướt giảm đi trong mùa mưa.

Từ những kết quả trên, một số đặc trưng chính được tổng kết lại trong Bảng 3.3. Có thể thấy rằng, trong cả 7 vùng khí hậu, hạn xảy ra nặng nhất ở vùng Tây Bắc trong giai đoạn đầu và Nam Bộ trong giai đoạn sau, còn thời gian kéo dài cả năm là ở vùng Đồng bằng Bắc bộ. So với thời kỳ chuẩn, kết quả dự tính hạn của chỉ số J theo kịch bản A1B cho các vùng khí hậu phía Bắc khắc nghiệt hơn trong giai đoạn đầu và ít khắc nghiệt hơn trong giai đoạn sau. Đối với các vùng khí hậu phía Nam, vùng Nam Trung Bộ có thể xảy ra hạn nặng hơn vào các tháng mùa khô và ẩm ướt hơn vào các tháng mùa mưa trong cả hai giai đoạn. Ở vùng Nam Bộ và Tây Nguyên, hạn hán có thể nặng hơn và xảy ra nhiều hơn trong giai đoạn sau.

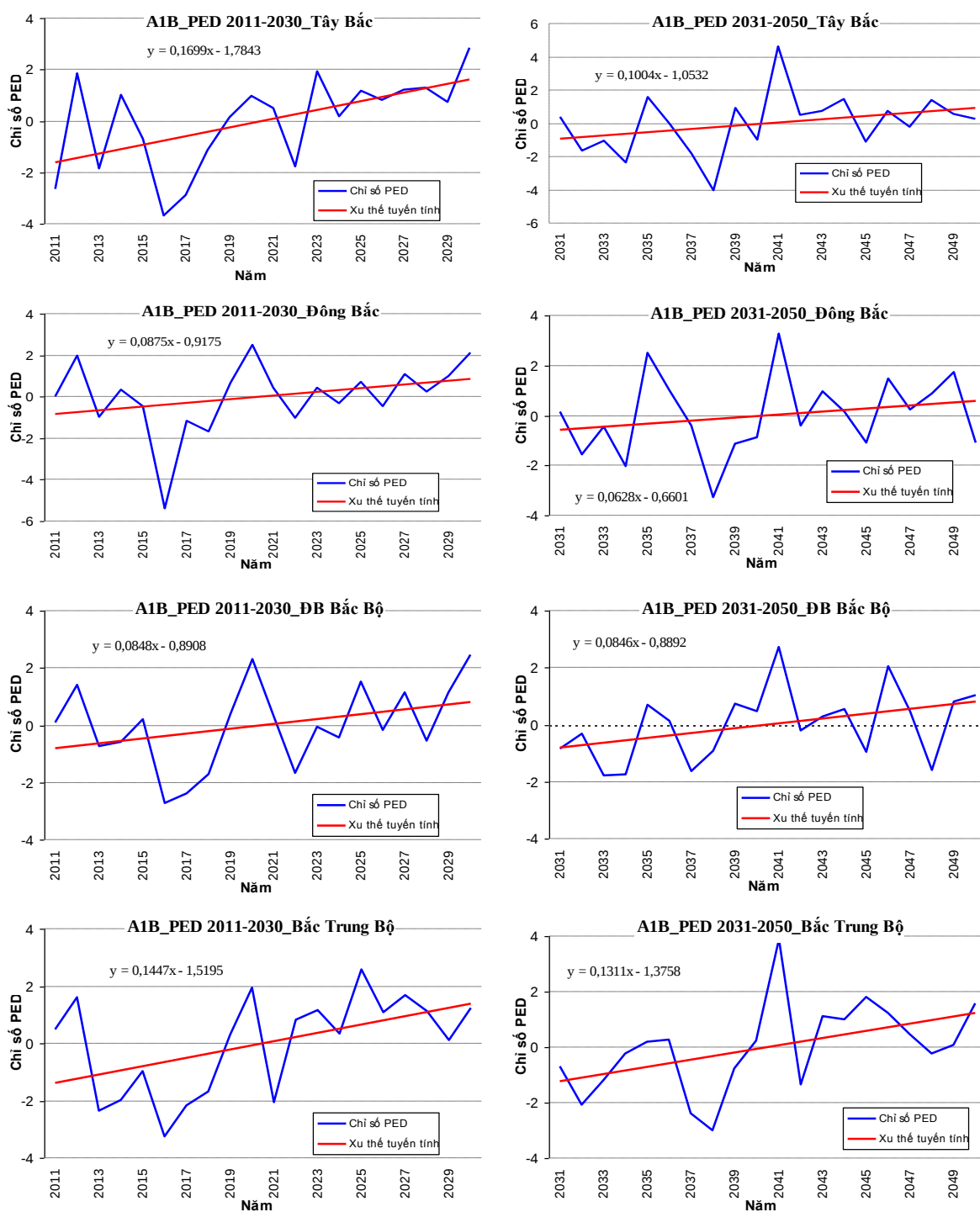
Bảng 3.3 Tổng kết một vài đặc trưng hạn hán theo kết quả tính của chỉ số J ở
các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A1B

Vùng khí hậu	Giai đoạn 2011-2030	Giai đoạn 2031-2050
Tây Bắc	- $J_{\min} = 5,57 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 43,15 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VIII - Thời kỳ hạn: X đến VI	- $J_{\min} = 6,84 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 41,2 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VIII - Thời kỳ hạn: X đến IV
Đông Bắc	- $J_{\min} = 7,2 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 56,23$ vào tháng VIII - Thời kỳ hạn: X đến III	- $J_{\min} = 10,18 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 50,98 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: X đến III
ĐB Bắc Bộ	- $J_{\min} = 8,81 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 22,22 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: Cả năm	- $J_{\min} = 9,12 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 25,3 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: Cả năm
Bắc Trung Bộ	- $J_{\min} = 20,1 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VI - $J_{\max} = 130,54 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: V, VI, VII	- $J_{\min} = 21,27 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VI - $J_{\max} = 133,4 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: V đến VIII
Nam Trung Bộ	- $J_{\min} = 25,65 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - $J_{\max} = 208,76 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - Thời kỳ hạn: VII	- $J_{\min} = 24,94 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - $J_{\max} = 210,11 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - Thời kỳ hạn: VII, VIII
Tây Nguyên	- $J_{\min} = 16,1 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 127,32 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: II, III, IV, V	- $J_{\min} = 12,81 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 118,4 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: II đến V
Nam Bộ	- $J_{\min} = 8,67 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 40,61 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - Thời kỳ hạn: I đến VII	- $J_{\min} = 6,62 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 34,74 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - Thời kỳ hạn: I đến IX

3.2.1.3 Kết quả dự tính hạn theo chỉ số Ped

Kết quả tính chỉ số Ped và xu thế biến đổi tuyến tính cho hai giai đoạn tương lai ở các vùng khí hậu phía Bắc được biểu diễn trên Hình 3.13.

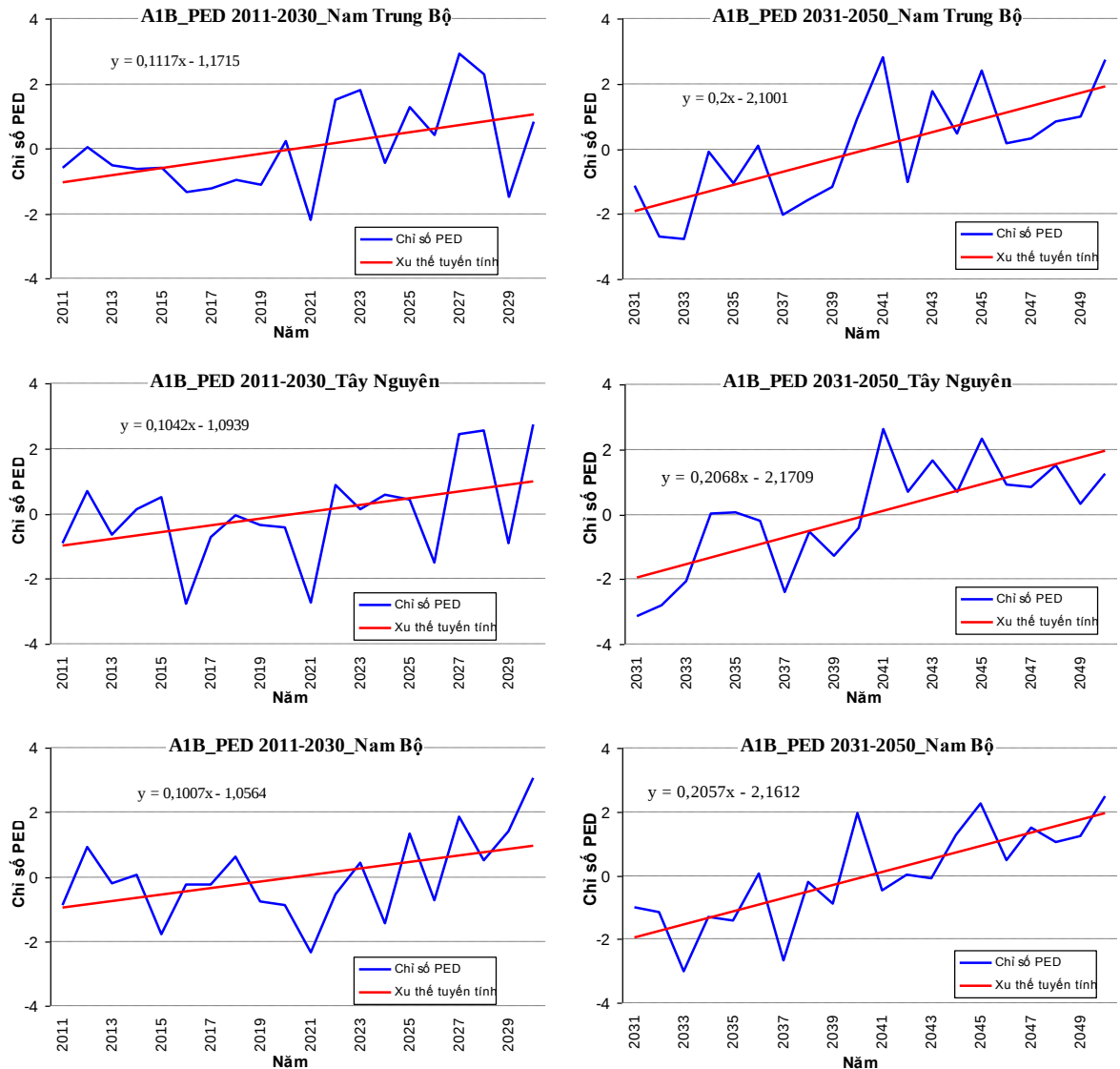
Từ hình vẽ nhận thấy ở cả bốn vùng khí hậu và trong cả hai giai đoạn chỉ số Ped đều có xu thế tăng lên có nghĩa là tăng khả năng xảy ra hạn và nếu có hạn xảy ra thì có khả năng hạn sẽ nặng hơn (hệ số a_1 dương). Mức độ tăng lên mạnh nhất là ở vùng khí hậu Tây Bắc trong giai đoạn 2011-2030. Trong khi đó, chỉ số Ped trong thời kỳ chuẩn tính từ số liệu mô hình lại cho thấy xu thế hạn giảm nhẹ ở vùng Tây Bắc, Đông Bắc và không đổi ở vùng Đồng bằng Bắc bộ và tăng nhẹ ở Bắc Trung Bộ (Hình 3.5). Như vậy có thể thấy rằng hạn được dự tính trong tương lai là có xu thế tăng lên cao hơn so với thời kỳ chuẩn. Mặt khác, giá trị của chỉ số Ped dao động $[-4,3]$ ở vùng Tây Bắc và Đồng bằng Bắc bộ và Bắc Trung Bộ, $[-6,3]$ ở vùng Đông Bắc trong giai đoạn đầu. Như vậy cả ba vùng đều không có năm nào xảy ra hạn nặng trong giai đoạn đầu. Cụ thể, hạn mức độ vừa có khả năng xảy ra vào năm 2020 ở vùng Đông Bắc ($Ped = 2,48$), ở vùng Đồng bằng Bắc bộ ($Ped = 2,32$) vào năm 2025, ở vùng Bắc Trung Bộ ($Ped = 2,58$) vào năm 2030. Năm ẩm ướt nhất tương ứng với giá trị Ped nhỏ nhất có thể xảy ra vào năm 2016 ở cả bốn vùng khí hậu. Trong giai đoạn 2031-2050, chỉ số Ped có giá trị cao nhất (năm hạn nặng nhất) vào năm 2041 trong cả bốn vùng khí hậu, và thấp nhất (năm ẩm ướt nhất) vào năm 2038 ở vùng Tây Bắc ($Ped = -4,04$), vùng Đông Bắc ($Ped = -3,27$) vào năm 2038, vùng Đồng bằng Bắc bộ ($Ped = -1,8$) vào năm 2033, vùng Bắc Trung Bộ ($Ped = -2,99$) vào năm 2038.



Hình 3.13. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B

Như vậy có thể dự tính khả năng xảy ra hạn cao nhất vào năm 2041 ở cả ba vùng khí hậu từ Tây Bắc đến Đồng bằng Bắc bộ, và ẩm ướt nhất vào năm 2038 ở

vùng Tây Bắc, Đông Bắc, Bắc Trung Bộ và vùng Đồng bằng Bắc Bộ vào năm 2033. Như vậy, trong giai đoạn 2031-2050 có thể xảy ra năm hạn nặng hơn và năm ẩm ướt nhất thì khô hơn so với thời kỳ chuẩn.



Hình 3.14. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B

Kết quả tính toán của chỉ số Ped và xu thế biến đổi tuyến tính ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A1B được minh họa ở Hình 3.14. Ở vùng khí hậu Nam Trung Bộ, năm hạn nặng nhất trong hai giai đoạn tương ứng có giá trị Ped bằng 2,9 vào năm 2025 và

2,82 vào năm 2041. Năm ẩm ướt nhất có giá trị Ped bằng -2,22 vào năm 2021 và -2,77 vào năm 2033. Như vậy, so với thời kỳ chuẩn thì năm hạn nặng nhất trong tương lai có giá trị Ped lớn hơn (hạn nặng hơn) và năm ẩm ướt nhất có giá trị Ped nhỏ hơn (khô hơn).

Đối với vùng khí hậu Tây Nguyên, giá trị Ped cực đại có thể đạt tới 2,73 vào năm 2030 và 2,62 vào năm 2041. Giá trị Ped cực tiểu trong hai giai đoạn lần lượt là -2,78 vào năm 2016 và -3,16 vào năm 2031. Như vậy so với thời kỳ chuẩn thì mức độ hạn ở vùng này trong tương lai có thể bớt khắc nghiệt hơn tuy nhiên khô hơn trong năm ẩm ướt.

Ở vùng Nam Bộ, giá trị lớn nhất của chỉ số Ped vào năm 2030 là 3,06 trong giai đoạn đầu và giảm xuống là 2,48 trong giai đoạn sau. Giá trị nhỏ nhất của chỉ số Ped tương ứng là -2,33 trong giai đoạn đầu và -3,2 trong giai đoạn sau. Mặt khác đường xu thế hạn của giai đoạn sau tăng lên cao hơn so với giai đoạn đầu ứng với hệ số góc ở giai đoạn sau ($a_1=0,1526$) lớn hơn hệ số góc ở giai đoạn đầu ($a_1=0,1007$). Như vậy so sánh với thời kỳ chuẩn thì hạn dự tính trong tương lai sẽ nghiêm trọng hơn trong giai đoạn đầu và xu thế tăng mạnh hơn trong giai đoạn sau ở vùng Nam Bộ. Nói tóm lại, cả ba vùng khí hậu phía nam đều có chỉ số Ped tăng lên, có nghĩa là khả năng xảy ra hạn hán tăng cao hơn so với thời kỳ chuẩn.

Khi xem xét sự biến đổi của hạn hán thông qua chỉ số Ped ở 7 vùng khí hậu theo kịch bản A1B trong thời kỳ 2011-2030, ta nhận thấy cả 7 vùng khí hậu hạn hán đều có xu thế tăng lên ứng với các hệ số góc dương, và sự gia tăng hạn hán mạnh nhất xảy ra ở vùng Tây Bắc với hệ số góc dương lớn nhất là 0,1699. Trong 7 vùng khí hậu thì 4 vùng có khả năng xảy ra hạn hán vào năm 2030 ($Ped > 2$) là vùng Tây Bắc, Đồng bằng Bắc bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ, 5 vùng có năm ướt nhất vào năm 2016 là vùng Tây Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng Bắc bộ, Bắc Trung Bộ và Tây Nguyên. Trong thời kỳ (2031-2050), ngoại trừ vùng Nam Bộ thì 6 vùng còn lại có khả năng xảy ra hạn hán vào năm 2041 ($Ped > 2$), 3 vùng có khả năng ẩm ướt nhất

vào năm 2033 là vùng Đồng bằng Bắc bộ, Nam Trung Bộ và Nam Bộ, 3 vùng có khả năng ẩm ướt nhất vào năm 2038 là Tây Bắc, Đông Bắc và Bắc Trung Bộ.

Bảng 3.4: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hán theo kết quả tính của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A1B

Vùng khí hậu	Giai đoạn 2011-2030	Giai đoạn 2031-2050
Tây Bắc	- Ped _{min} = -3,68 vào năm 2016 - Ped _{max} = 2,84 vào năm 2030 - Hệ số a ₁ = 0,1699	- Ped _{min} = -4,04 vào năm 2038 - Ped _{max} = 4,65 vào năm 2041 - Hệ số a ₁ = 0,1004
Đông Bắc	- Ped _{min} = -5,37 vào năm 2016 - Ped _{max} = 2,48 vào năm 2020 - Hệ số a ₁ = 0,0875	- Ped _{min} = -3,27 vào năm 2038 - Ped _{max} = 3,29 vào năm 2041 - Hệ số a ₁ = 0,628
ĐB Bắc Bộ	- Ped _{min} = -2,74 vào năm 2016 - Ped _{max} = 2,45 vào năm 2030 - Hệ số a ₁ = 0,0848	- Ped _{min} = -1,8 vào năm 2033 - Ped _{max} = 2,73 vào năm 2041 - Hệ số a ₁ = 0,0846
Bắc Trung Bộ	- Ped _{min} = -3,26 vào năm 2016 - Ped _{max} = 2,58 vào năm 2025 - Hệ số a ₁ = 0,1447	- Ped _{min} = -2,99 vào năm 2038 - Ped _{max} = 3,9 vào năm 2041 - Hệ số a ₁ = 0,1311
Nam Trung Bộ	- Ped _{min} = -2,22 vào năm 2021 - Ped _{max} = 2,9 vào năm 2027 - Hệ số a ₁ = 0,1117	- Ped _{min} = -2,77 vào năm 2033 - Ped _{max} = 2,82 vào năm 2041 - Hệ số a ₁ = 0,2
Tây Nguyên	- Ped _{min} = -2,78 vào năm 2016 - Ped _{max} = 2,73 vào năm 2030 - Hệ số a ₁ = 0,1042	- Ped _{min} = -3,16 vào năm 2031 - Ped _{max} = 2,62 năm 2041 - Hệ số a ₁ = 0,2068
Nam Bộ	- Ped _{min} = -2,33 vào năm 2021 - Ped _{max} = 3,06 vào năm 2030 - Hệ số a ₁ = 0,1007	- Ped _{min} = -3,02 vào năm 2033 - Ped _{max} = 2,48 vào năm 2050 - Hệ số a ₁ = 0,2057

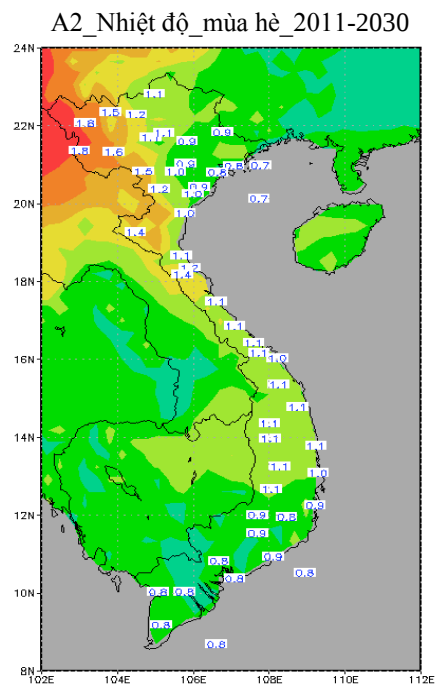
3.2.2. Kết quả dự tính hạn theo kịch bản A2

3.2.2.1. Kết quả dự tính nhiệt độ và lượng mưa

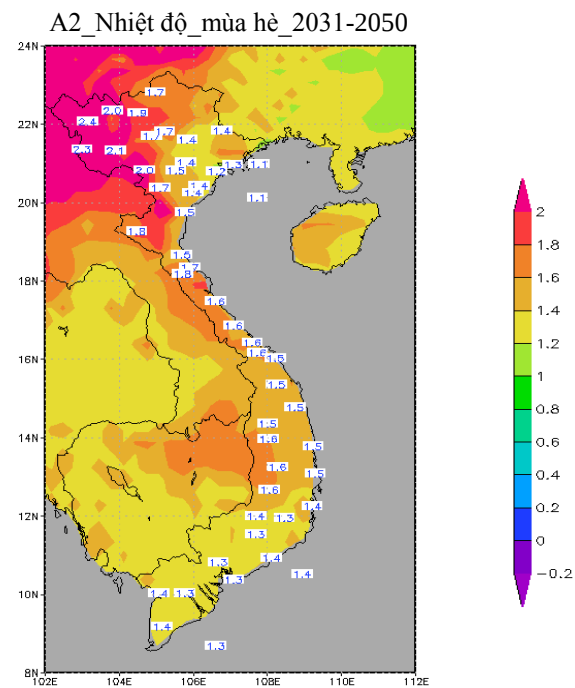
Hình 3.15 và 3.16 biểu diễn kết quả chênh lệch nhiệt độ dự tính từ mô hình RegCM3 trong hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn trong mùa hè, mùa đông và cả năm ở 7 vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A2.

Hình 3.15 (a, b) cho thấy vào mùa hè nhiệt độ ở 7 vùng khí hậu trong tương lai tăng lên rất mạnh (ứng với các giá trị dương trên hình vẽ). Trong giai đoạn (2011-2030) nhiệt độ tăng lên từ 0,7-1,8⁰C còn trong giai đoạn (2031-2050) nhiệt độ tăng lên mạnh hơn, đặc biệt là vùng Tây Bắc có nơi nhiệt độ tăng lên đến 2,4⁰C trong giai đoạn sau. Vào mùa đông, nhiệt độ ở 7 vùng khí hậu tăng ít hơn so với mùa hè và giai đoạn sau tăng nhiều hơn giai đoạn đầu. Vùng Nam Trung Bộ, nhiệt độ tăng ít nhất, chỉ vào khoảng 0,5-0,8⁰C.

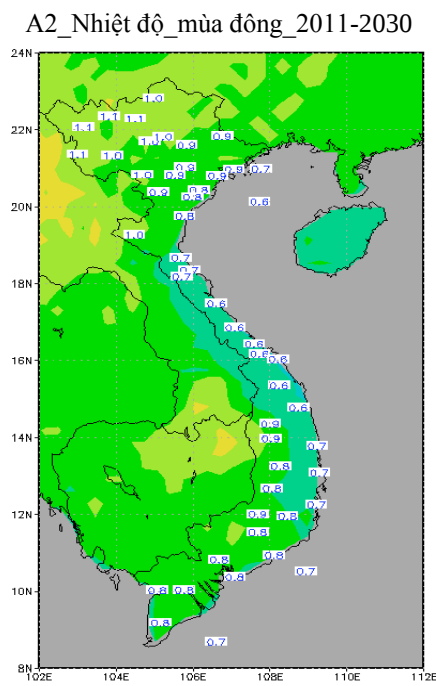
Hình 3.16 cho thấy chênh lệch nhiệt độ trung bình năm trong cả hai thời kỳ tương lai ứng với kịch bản A2 đều dương tức là nhiệt độ trung bình trong tương lai sẽ cao hơn so với thời kỳ chuẩn. Nhiệt độ trung bình năm ở các vùng khí hậu trong giai đoạn (2011-2030) tăng khoảng 0,6 đến 1,2⁰C còn trong giai đoạn (2031-2050) tăng khoảng 1,0 đến 1,8⁰C. Trong cả hai giai đoạn, nhiệt độ tăng mạnh nhất xảy ra ở vùng Tây Bắc và tăng ít nhất xảy ra ở vùng Nam Trung Bộ.



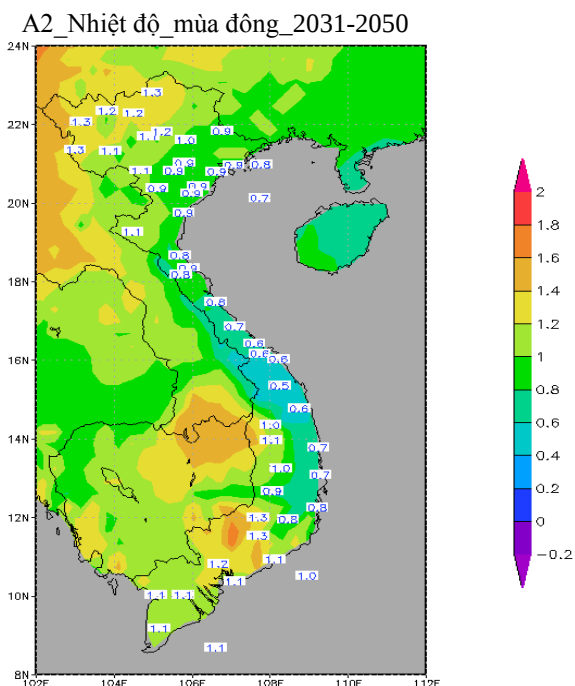
a)



b)

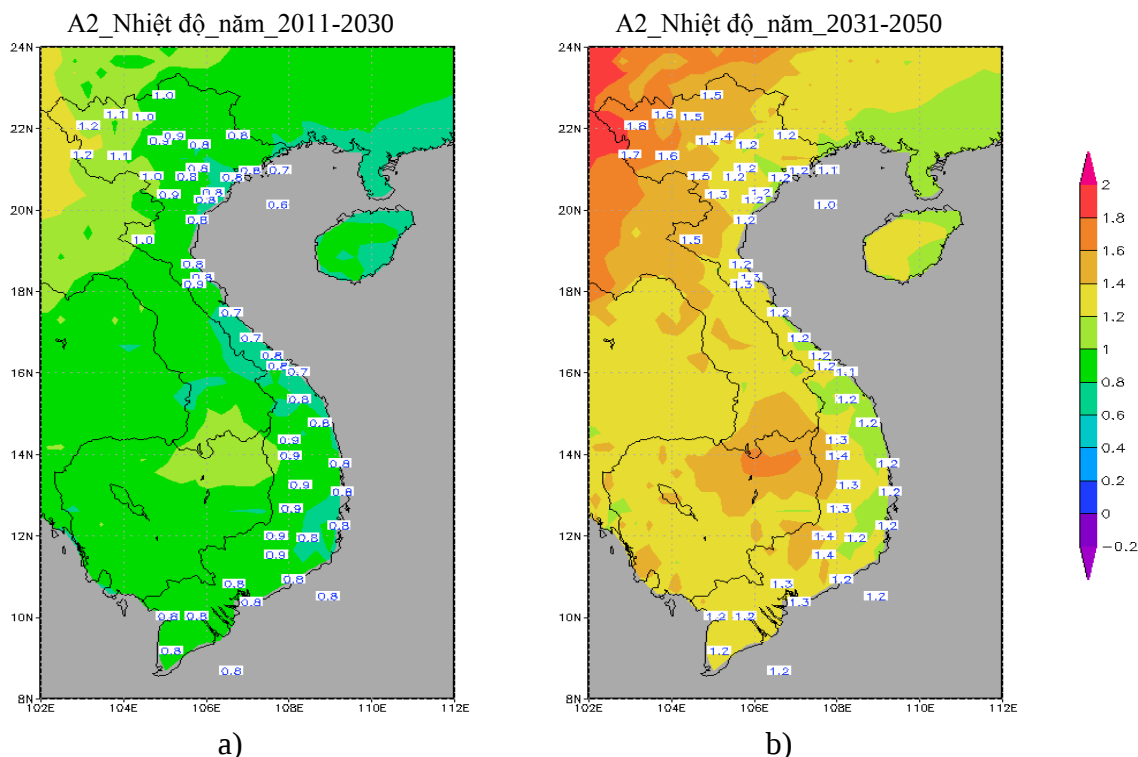


c)



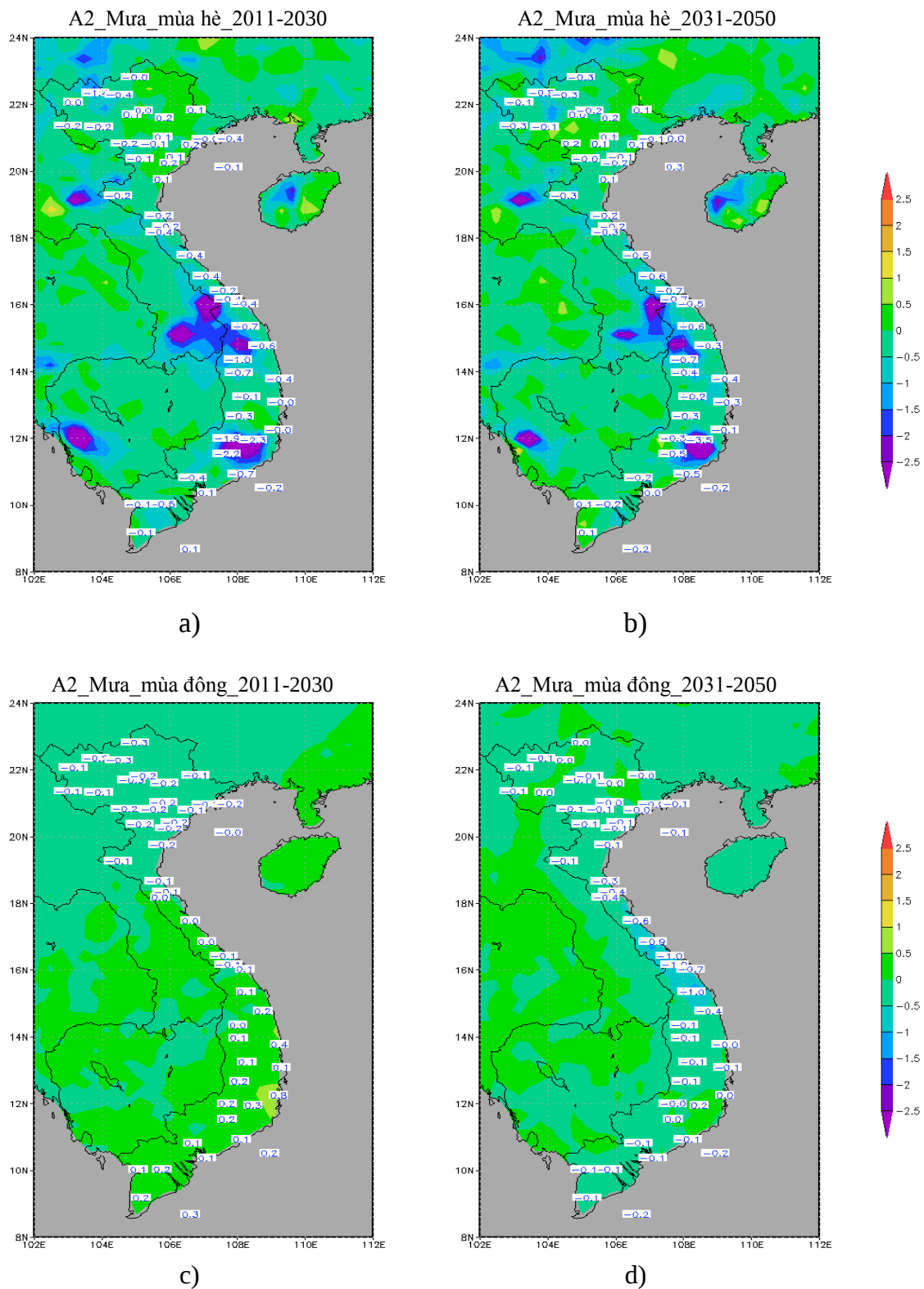
d)

Hình 3.15. Chênh lệch nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A2

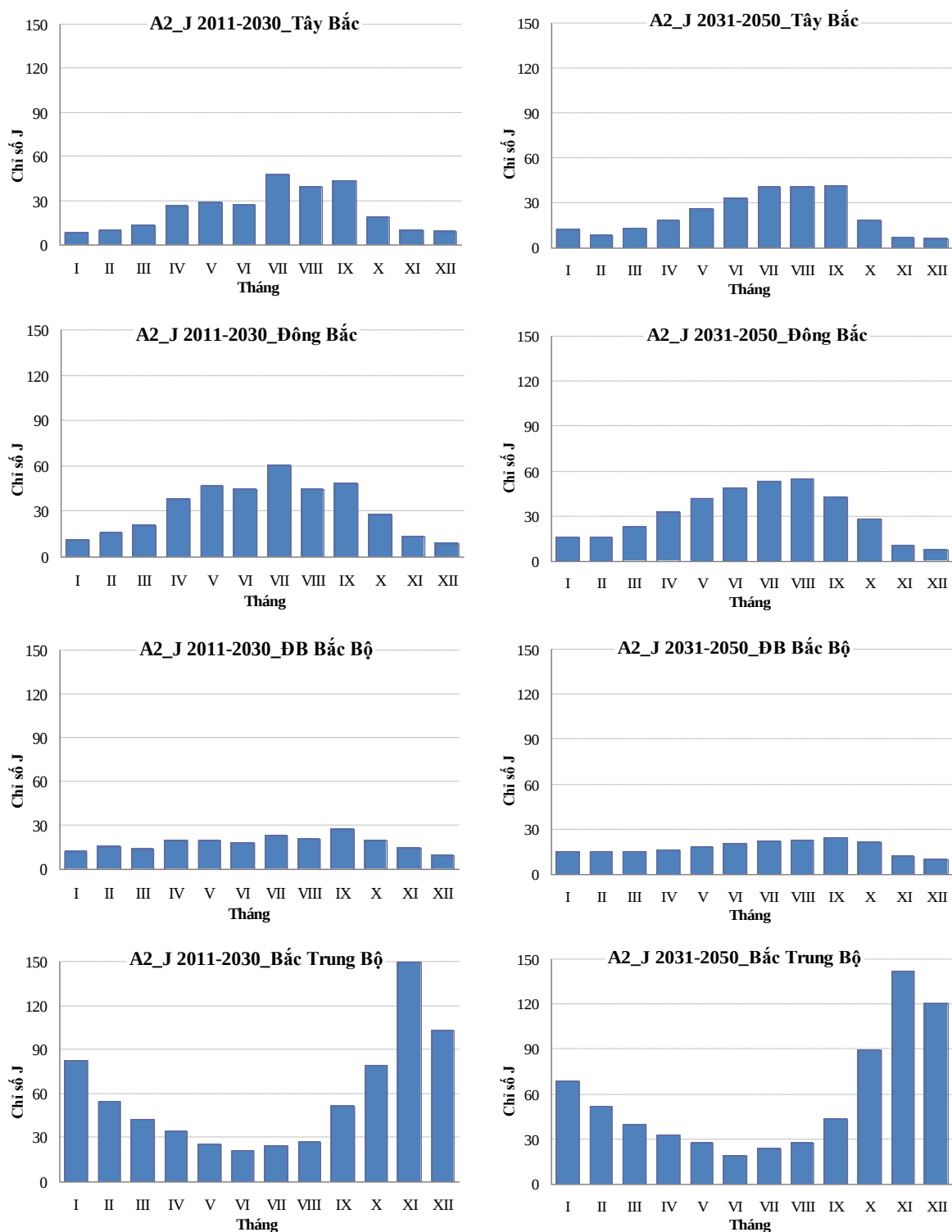


Hình 3.16. Chênh lệch nhiệt độ ($^{\circ}\text{C}$) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn (a, b) theo năm ứng với kịch bản A2

Hình 3.17 và 3.18 biểu diễn kết quả chênh lệch lượng mưa dự tính từ mô hình RegCM3 trong hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè, mùa đông và cả năm ở 7 vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A2. Vào mùa hè, ở các vùng khí hậu phía Bắc, lượng mưa trong tương lai có xu hướng tăng lên nhẹ ở vùng Đông Bắc và Đồng bằng Bắc Bộ, giảm nhẹ ở Tây Bắc và giảm mạnh Bắc Trung Bộ. Lượng mưa giảm hầu hết ở các vùng khí hậu phía Nam, trong đó giảm mạnh nhất ở vùng Tây Nguyên với giá trị âm nhỏ nhất là $-0,5\text{mm/ngày}$ so với thời kỳ chuẩn. Ngược lại vào mùa đông, lượng mưa tăng lên ở vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn (2011-2030) và giảm xuống ở các vùng phía Bắc, và giảm xuống trên cả nước trong giai đoạn (2031-2050) (Hình 3.15c, d). Tính trung bình cả năm, lượng mưa trong hai giai đoạn tương lai có xu thế tăng nhẹ ở Nam Trung Bộ và Nam Bộ và giảm nhẹ ở các vùng còn lại.



Hình 3.17. Chênh lệch lượng mưa (mm/ngày) giữa hai thời kỳ tương lai so với thời kỳ chuẩn vào mùa hè (a, b) và mùa đông (c, d) theo kịch bản A2



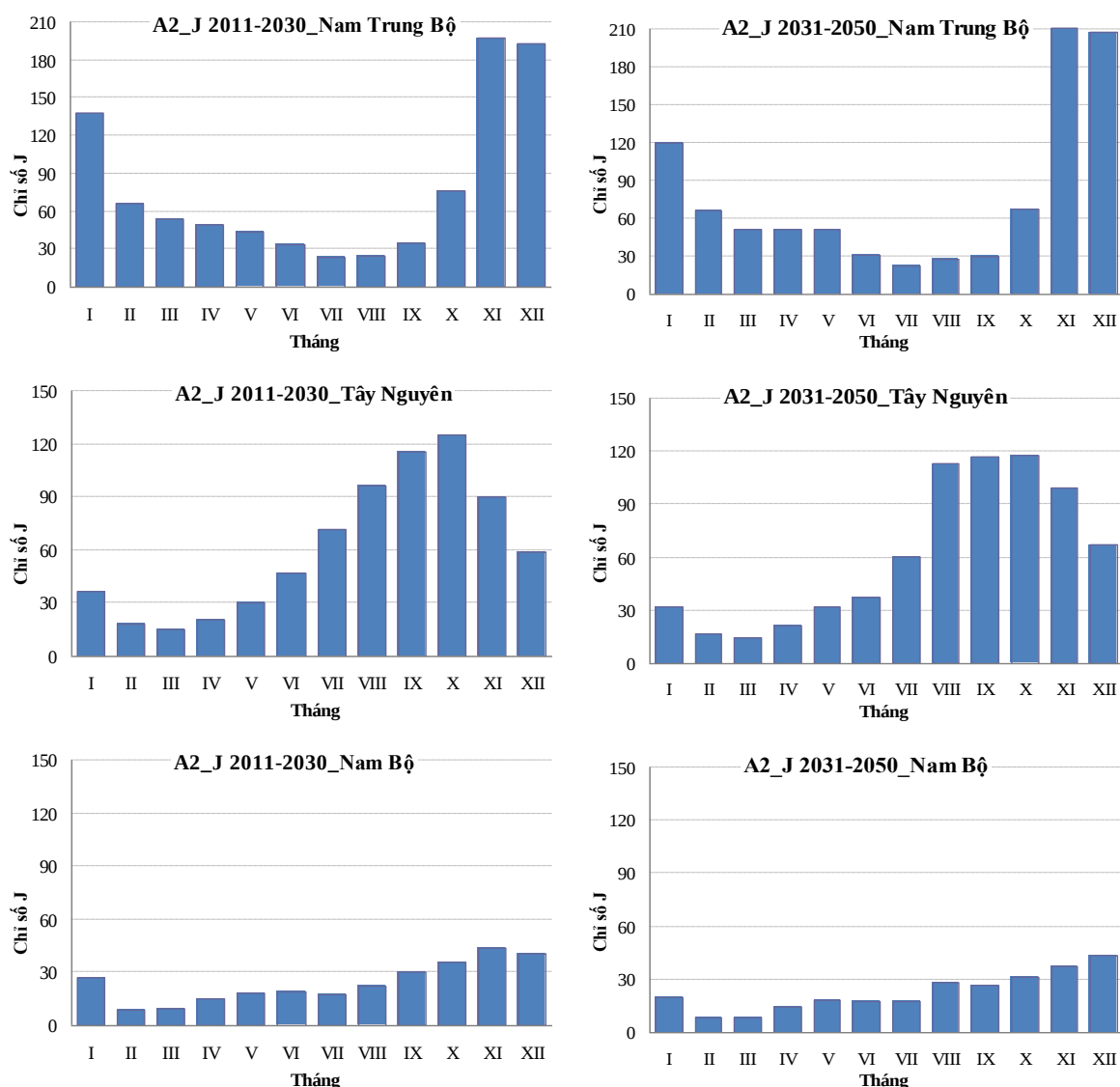
Hình 3.19. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2

Ngược lại, ở khu vực Đông Bắc, số tháng có khả năng xảy ra hạn thì không đổi. Tuy nhiên, so với thời kỳ chuẩn mức độ hạn của cả vùng Tây Bắc và Đông Bắc

đều tăng lên trong giai đoạn 2011-2030 và giảm đi trong giai đoạn 2031-2050. Cụ thể như sau, ở vùng Tây Bắc chỉ số J có giá trị lớn nhất là 48,08 mm/°C vào tháng VII trong giai đoạn đầu và giảm xuống là 41,38 mm/°C vào tháng VIII trong giai đoạn sau, tương ứng với hai giá trị nhỏ nhất cùng giai đoạn là $J = 7,86 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng I và $J = 6,07 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II. Đối với khu vực Đông Bắc, giá trị cực đại của J là 60,41 mm/°C ra vào tháng VII ở giai đoạn đầu, giảm xuống còn 50 mm/°C vào tháng VIII ở giai đoạn sau, tương ứng với hai giai đoạn này các giá trị cực tiểu của J cùng xảy ra vào tháng XII là 8,86 mm/°C và 7,75 mm/°C. Như vậy có thể thấy rằng, dự tính hạn hán trong tương lai ở hai vùng khí hậu này ít nghiêm trọng hơn trong các tháng mùa khô và cũng ít ẩm ướt hơn trong các tháng mùa mưa so với thời kỳ chuẩn.

Ở vùng khí hậu Đồng bằng Bắc bộ, do mô hình mô phỏng lượng mưa thấp hơn rất nhiều so với lượng mưa quan trắc trong các tháng mùa mưa trong thời kỳ chuẩn, dẫn đến khả năng xảy ra hạn trong tất cả các tháng trong năm trong thời kỳ chuẩn và thời kỳ tương lai. Tuy nhiên khả năng xảy ra hạn hán trong các tháng mùa khô ở cả hai giai đoạn tương lai đều cao hơn so với thời kỳ chuẩn.

Ở vùng Bắc Trung Bộ, điểm khác biệt nhất so với thời kỳ chuẩn là số tháng có khả năng xảy ra hạn nhiều hơn một tháng và mức độ nặng hơn thông qua giá trị J nhỏ nhất giảm dần theo theo gian. Dự tính hạn trong tương lai có thể xảy ra cả vào tháng VIII, giá trị J nhỏ nhất vào tháng VI là 21,14 mm/°C và giảm xuống là 19,51 mm/°C trong giai đoạn sau; giá trị lớn nhất của J vào tháng XI là 149,92 mm/°C trong giai đoạn đầu và giảm xuống còn 142,59 mm/°C trong giai đoạn sau.



Hình 3.20. Chỉ số J ($\text{mm}/^{\circ}\text{C}$) theo tháng ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.

Hình vẽ cho thấy sự phân bố các tháng khô hạn và các tháng ẩm ướt ở ba vùng khí hậu Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ trong hai giai đoạn tương lai là khá giống nhau và giống với thời kỳ chuẩn (Hình 3.4). Tuy nhiên trong từng vùng, giá trị của J cũng có sự biến đổi theo từng giai đoạn. Ở vùng Nam Trung Bộ hạn trong thời kỳ chuẩn chỉ xảy ra vào tháng VI với giá trị $J = 27,05 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ đến giai đoạn (2011-2030) hạn có khả năng xảy ra vào cả tháng VI, VII với giá trị J nhỏ nhất là $23,76 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ sang tới giai đoạn (2031-2050) hạn có khả năng xảy ra vào tháng

VII, VIII với giá trị J nhỏ nhất là $J=22,11 \text{ mm}^0\text{C}$. Như vậy có thể thấy rằng hạn trong tương lai có khả năng xảy ra nặng hơn so với thời kỳ chuẩn và thời gian hạn trễ dần theo thời gian.

Ở vùng khí hậu Tây Nguyên, giá trị J nhỏ nhất trong năm xảy ra vào tháng III trong giai (2011-2030) là $15,47 \text{ mm}^0\text{C}$ và trong giai đoạn (2031-2050) là $12,81 \text{ mm}^0\text{C}$, tương ứng với giá trị lớn nhất xảy ra vào tháng X lần lượt là $125,03 \text{ mm}^0\text{C}$ và $118,4 \text{ mm}^0\text{C}$. Đối với vùng Nam Bộ, giá trị cực tiểu của J xảy ra vào tháng II là $8,67 \text{ mm}^0\text{C}$ trong giai đoạn đầu và là $6,62 \text{ mm}^0\text{C}$ trong giai đoạn sau, tương ứng với hai giai đoạn này các giá trị cực đại của J cùng xảy ra vào tháng XI là $43,54 \text{ mm}^0\text{C}$ và $34,73 \text{ mm}^0\text{C}$. Như vậy có thể thấy rằng thời gian xảy ra tháng hạn nặng nhất và ẩm ướt nhất trong tương lai của cả hai vùng khí hậu gần như không đổi nhưng với mức độ hạn nghiêm trọng hơn còn ẩm ướt nhẹ hơn. Thời gian xảy ra hạn ở vùng Tây Nguyên trong giai đoạn (2031-2050) kéo dài hơn thời kỳ chuẩn và giai đoạn (2011-2030) là một tháng. Riêng ở vùng khí hậu Nam Bộ, số tháng có khả năng xảy ra hạn nhiều nhất so với tất cả các vùng trên. Thời gian xảy ra hạn trong thời kỳ chuẩn và trong giai đoạn (2031-2050) kéo dài 9 tháng (tháng I đến tháng VII), còn giai đoạn (2011-2030) chỉ kéo dài 7 tháng (tháng I đến tháng VIII).

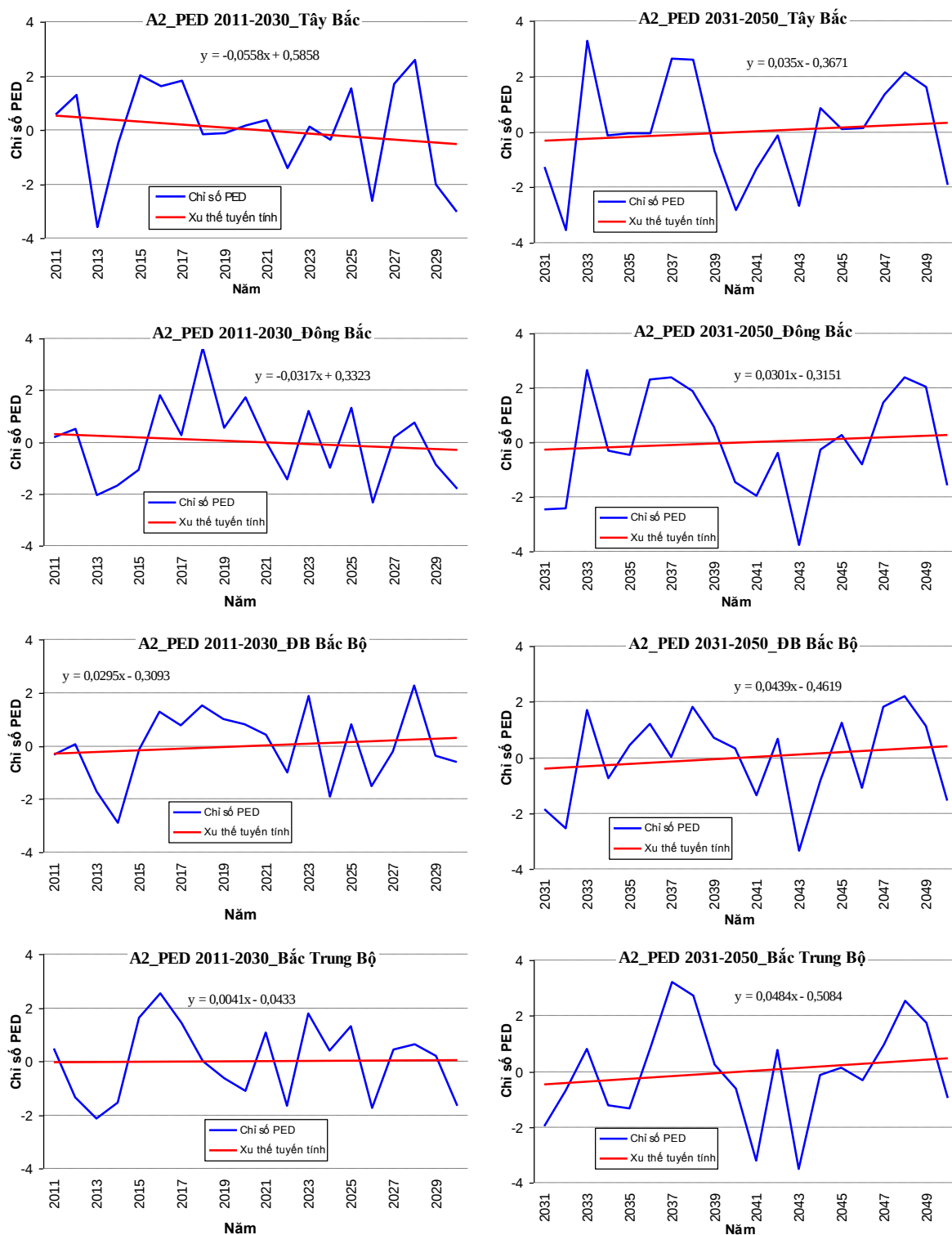
Từ các kết quả trên có thể tổng kết một số đặc trưng hạn hán ở các vùng khí hậu Việt Nam trong tương lai theo kịch bản A2 ở Bảng 3.5.

Theo Bảng 3.5 hạn hán dự tính trong tương lai theo kịch bản phát thải A2 có khả năng xảy ra với mức độ nhẹ hơn vào mùa khô và ít ẩm ướt hơn vào mùa mưa ở vùng khí hậu Tây Bắc và Đông Bắc và Tây Nguyên và Nam Bộ. Ở Đồng bằng Bắc Bộ, hạn trong tương lai có khả năng nặng hơn vào mùa khô và ẩm ướt hơn vào mùa mưa so với thời kỳ chuẩn. Đối với Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ hạn cũng nghiêm trọng hơn vào mùa khô và kéo dài hơn so với thời kỳ chuẩn. Thời gian xảy ra hạn kéo dài hơn trong giai đoạn sau ở vùng Tây Bắc và Tây Nguyên và ngắn hơn trong giai đoạn đầu ở vùng Nam Bộ và gần như không thay đổi ở các vùng còn lại trong cả hai giai đoạn.

Bảng 3.5: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hán theo kết quả tính của chỉ số J ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A2

Vùng khí hậu	Giai đoạn 2011-2030	Giai đoạn 2031-2050
Tây Bắc	- $J_{\min} = 7,86 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng I - $J_{\max} = 48,08$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: X đến VI	- $J_{\min} = 6,07 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 41,38 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: X đến V
Đông Bắc	- $J_{\min} = 8,66 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 60,41$ vào tháng VII - Thời kỳ hạn: X đến III	- $J_{\min} = 7,57 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 55 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VIII - Thời kỳ hạn: X đến III
ĐB Bắc bộ	- $J_{\min} = 9,5 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 27,73 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: Cả năm	- $J_{\min} = 9,93 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 24,77 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng IX - Thời kỳ hạn: Cả năm
Bắc Trung Bộ	- $J_{\min} = 21,14 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VI - $J_{\max} = 149,93 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: V đến VIII	- $J_{\min} = 19,51 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XII - $J_{\max} = 142,59 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: V đến VIII
Nam Trung Bộ	- $J_{\min} = 23,76 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - $J_{\max} = 198,2 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: VI, VII	- $J_{\min} = 24,94 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng VII - $J_{\max} = 210,11 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: VII, VIII
Tây Nguyên	- $J_{\min} = 15,47 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 125,03 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: II đến IV	- $J_{\min} = 12,81 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng III - $J_{\max} = 118,4 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng X - Thời kỳ hạn: II đến IV
Nam Bộ	- $J_{\min} = 8,67 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 43,54 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: I đến VIII	- $J_{\min} = 6,62 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng II - $J_{\max} = 34,73 \text{ mm/}^{\circ}\text{C}$ vào tháng XI - Thời kỳ hạn: I đến VIII

3.2.2.3. Kết quả dự tính hạn theo chỉ số Ped

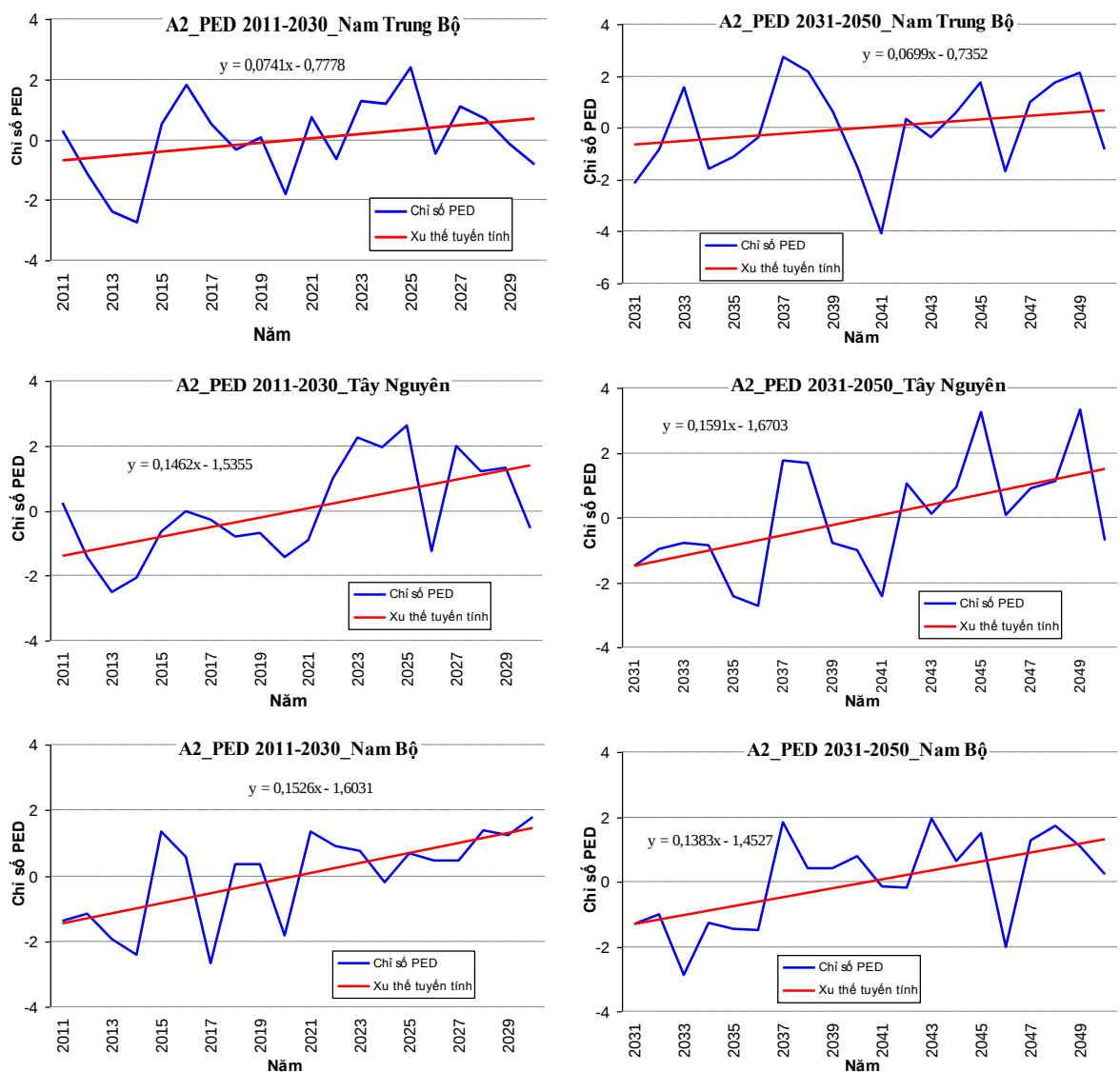


Hình 3.21. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Bắc trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2

Kết quả tính chỉ số Ped cho hai giai đoạn tương lai và xu thế biến đổi tuyến tính của nó ở các vùng khí hậu phía Bắc theo kịch bản A2 được biểu diễn trên Hình 3.21.

Từ hình vẽ có thể thấy rằng đường xu thế tuyến tính của chỉ số Ped trong giai đoạn 2011-2030 giảm xuống ở hai vùng khí hậu Tây Bắc, Đông Bắc và tăng lên ở vùng Đồng bằng Bắc bộ và gần như không đổi ở vùng Bắc Trung Bộ. Tần suất xảy ra hạn ở giai đoạn đầu thấp hơn giai đoạn sau. Trong giai đoạn đầu, mỗi vùng chỉ có thể xảy ra một năm hạn vừa hoặc hạn nặng: vùng Tây Bắc hạn năm 2028 (Ped=2,58), vùng Đông Bắc hạn nặng vào năm 2018 (Ped=3,63), vùng Đồng bằng Bắc bộ hạn vào năm 2028 (Ped=2,26), vùng Bắc Trung Bộ hạn vào năm 2016 (Ped=2,54). Ngược lại trong giai đoạn 2031-2050, đường xu thế của chỉ số Ped ở cả bốn vùng khí hậu đều tăng lên, ứng với hệ số a_1 dương. Điều đó có nghĩa là mức độ hạn có khả năng tăng lên theo thời gian cùng với nhiều năm hạn hơn. Từ kết quả của chỉ số Ped cho thấy, vùng Tây Bắc có thể xảy ra hạn nặng vào năm 2033 (Ped=3,27) và các năm hạn vừa với giá trị Ped lớn hơn 2 là năm 2037, 2038, 2048. Vùng Đông Bắc có thể xảy ra các năm hạn vừa là 2033, 2036, 2037, 2048. Đối với vùng Đồng bằng Bắc bộ chỉ có một năm hạn vừa là năm 2048. Vùng Bắc Trung Bộ có khả năng xảy ra hạn nặng vào năm 2037 (Ped=3,22) và các năm hạn vừa là 2038, 2048. Nhìn chung, những năm ẩm ướt nhất của các vùng khí hậu trên chủ yếu xảy ra vào năm 2026, 2043. Như vậy, dự tính hạn hán trong tương lai ở vùng Tây Bắc và Đông Bắc và Bắc Trung Bộ có xu hướng thấp hơn so với thời kỳ chuẩn trong giai đoạn đầu và tăng lên cao hơn trong giai đoạn sau, riêng vùng Đồng bằng Bắc bộ hạn hán tăng lên trong cả hai giai đoạn.

Hình 3.22 minh họa xu thế tuyến tính và sự biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía nam giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.



Hình 3.22. Biến đổi của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn 2011-2030 (trái) và 2031-2050 (phải) ứng với kịch bản A2.

Hình 3.22 cho thấy, giá trị của chỉ số Ped của ba vùng khí hậu và trong cả hai giai đoạn đều dao động trong khoảng $[-4, 4]$ cùng với xu thế tuyến tính của chỉ số Ped tăng lên (hệ số $a_1 > 0$). Ở vùng khí hậu Nam Trung Bộ, Ped đạt giá trị cực đại là 2,39 vào năm 2025 và giá trị cực tiểu là -2,74 vào năm 2014 trong giai đoạn đầu, và giá trị lớn nhất là 3,72 được ghi nhận vào năm 2037 và nhỏ nhất là -4,07 vào năm 2041 trong giai đoạn sau. Trong cả hai giai đoạn, vùng khí hậu Nam Trung Bộ chỉ xảy ra 3 năm hạn vừa là năm 2025, 2037, 2049.

Trong các vùng khí hậu phía nam, hạn hán ở Tây Nguyên tính theo kịch bản phát thải A2 trong tương lai tập trung nhiều năm hạn nhất. Giai đoạn đầu gồm các năm hạn như 2023, 2025, 2027, còn giai đoạn sau gồm các năm hạn nặng với giá trị Ped lớn hơn 3 như năm 2045, 2049. Trong khi đó những năm ẩm ướt nhất có khả năng xảy ra vào năm 2013 (Ped = -2,53) trong giai đoạn đầu và vào năm 2036 trong giai đoạn sau (Ped= - 2,74).

Đối với vùng khí hậu Nam Bộ, khoảng giá trị của chỉ số Ped trong cả hai giai đoạn đều hẹp hơn so với thời kỳ chuẩn là [-3,3]. Giá trị Ped lớn nhất là 1,77 vào năm 2030 và nhỏ nhất là -2,67 vào năm 2017 trong giai đoạn đầu, và lớn nhất là 1,95 vào năm 2043 và nhỏ nhất là -2,87 vào năm 2033 trong giai đoạn sau. Như vậy có thể thấy rằng dự tính khả năng xảy ra hạn trong vùng này thấp hơn và những năm ẩm ướt cũng khô hơn so với thời kỳ chuẩn.

Mặc dù giá trị Ped trong từng năm ở mỗi vùng khí hậu có dấu trái ngược nhau, song xét trong cả giai đoạn, đường xu thế tuyến tính của chỉ số Ped ở cả ba vùng khí hậu trong cả hai giai đoạn đều tăng lên rõ rệt.

Bảng 3.6 cho thấy hạn ở trong tương lai có xu thế tăng lên rõ rệt ở nhiều vùng khí hậu trong cả hai giai đoạn ứng với hệ số a_1 dương trong cả hai giai đoạn, duy chỉ có vùng Tây Bắc và Đông Bắc hạn có xu thế giảm xuống trong giai đoạn 2011-2030. Trong giai đoạn (2011-2030), năm xảy ra hạn nặng nhất ở nhiều vùng là năm 2025 và 2030, năm ẩm nhất chủ yếu là năm 2013 và 2014. Trong giai đoạn (2031-2050), năm xảy ra hạn nặng nhất ở nhiều vùng là năm 2033 và 2037 và năm ẩm nhất ở nhiều vùng là năm 2043.

Bảng 3.6: Tổng kết một vài đặc trưng hạn hán theo kết quả tính của chỉ số Ped ở các vùng khí hậu Việt Nam theo kịch bản A2.

Vùng khí hậu	Giai đoạn 2011-2030	Giai đoạn 2031-2050
Tây Bắc	- Ped _{min} = -3,58 vào năm 2013 - Ped _{max} = 2,58 vào năm 2028 - Hệ số a ₁ = -0,0558	- Ped _{min} = -3,54 vào năm 2032 - Ped _{max} = 3,27 vào năm 2033 - Hệ số a ₁ = 0,035
Đông Bắc	- Ped _{min} = -2,34 vào năm 2026 - Ped _{max} = 3,63 vào năm 2018 - Hệ số a ₁ = -0,0317	- Ped _{min} = -3,77 vào năm 2043 - Ped _{max} = 2,66 vào năm 2033 - Hệ số a ₁ = 0,0301
ĐB Bắc Bộ	- Ped _{min} = -2,91 vào năm 2014 - Ped _{max} = 2,26 vào năm 2028 - Hệ số a ₁ = 0,0295	- Ped _{min} = -3,34 vào năm 2043 - Ped _{max} = 2,19 vào năm 2048 - Hệ số a ₁ = 0,0439
Bắc Trung Bộ	- Ped _{min} = -2,14 vào năm 2013 - Ped _{max} = 2,54 vào năm 2016 - Hệ số a ₁ = 0,0041	- Ped _{min} = -3,52 vào năm 2043 - Ped _{max} = 3,22 vào năm 2037 - Hệ số a ₁ = 0,0484
Nam Trung Bộ	- Ped _{min} = -2,74 vào năm 2014 - Ped _{max} = 2,39 vào năm 2025 - Hệ số a ₁ = 0,0741	- Ped _{min} = -4,07 vào năm 2041 - Ped _{max} = 2,72 vào năm 2037 - Hệ số a ₁ = 0,0699
Tây Nguyên	- Ped _{min} = -2,53 vào năm 2013 - Ped _{max} = 2,63 vào năm 2025 - Hệ số a ₁ = 0,1462	- Ped _{min} = -2,74 vào năm 2036 - Ped _{max} = 3,31 vào năm 2049 - Hệ số a ₁ = 0,1591
Nam Bộ	- Ped _{min} = -2,67 vào năm 2017 - Ped _{max} = 1,77 vào năm 2030 - Hệ số a ₁ = 0,1526	- Ped _{min} = -2,87 vào năm 2033 - Ped _{max} = 1,95 vào năm 2043 - Hệ số a ₁ = 0,1383

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ những phân tích trên có thể đưa ra những nhận xét sau đây:

- Mô hình RegCM có khả năng mô phỏng hạn ở các vùng khí hậu ở Việt Nam.

- Phân tích theo chỉ số J cho thấy thời gian hạn mô phỏng thường nhẹ hơn và ngắn hơn so với kết quả thực tế. Tuy nhiên kết quả mô phỏng số tháng hạn ở hai vùng khí hậu Tây Bắc và Đông Bắc thì khá phù hợp với kết quả tính toán từ số liệu quan trắc và thực tế, ít phù hợp nhất ở vùng khí hậu Đồng bằng Bắc bộ, đặc biệt là vào mùa mưa do mô hình mô phỏng lượng mưa thiên thấp so với quan trắc. Kết quả tính toán chỉ số Ped cũng cho thấy được sự phù hợp giữa kết quả mô phỏng hạn từ mô hình và theo tính toán thực tế ở vùng khí hậu Tây Nguyên và Nam Bộ, với tỷ lệ phù hợp lên đến 60-70%, đặc biệt là một số năm hạn nặng trùng với những năm xảy ra hiện tượng El Nino và năm ẩm ướt nhất trùng với những năm xảy ra hiện tượng La Nina.

- Kết quả dự tính hạn hán theo kịch bản A1B và A2 khá phù hợp với sự biến đổi của lượng mưa theo thời gian ở các vùng khí hậu, với hạn nặng thường xảy ra khi có sự giảm sút lượng mưa đáng kể và hạn nhẹ hơn khi lượng mưa tăng lên so với thời kỳ chuẩn.

- Kết quả dự tính hạn theo kịch bản A1B cho các vùng khí hậu ở Việt Nam cho thấy hạn hán xảy ra nhiều hơn với mức độ nghiêm trọng hơn trong tương lai, đặc biệt là giai đoạn (2011-2030) ở vùng khí hậu Tây Bắc và giai đoạn 2031-2050 ở ba vùng khí hậu Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ. Hạn nhẹ hơn trong tương lai xảy ra ở vùng Đông Bắc và Bắc Trung Bộ. Kết quả dự tính dự biến đổi của hạn theo thời gian thông qua chỉ số Ped cho thấy hạn hán đều có xu thế tăng lên rõ rệt ở cả 7 vùng khí hậu (hệ số $a_1 > 0$). Đối với các vùng khí hậu phía Bắc, giai đầu hạn tăng mạnh hơn giai đoạn sau, còn ở các vùng khí hậu phía Nam giai đoạn sau tăng mạnh hơn giai đoạn đầu.

- Theo kịch bản A2, nhiệt độ trong tương lai tăng lên rất mạnh, đặc biệt là giai đoạn (2031-2050), còn lượng mưa trong tương lai thì thay đổi rõ rệt trong mùa đông và mùa hè ở 7 vùng khí hậu. Mùa hè lượng mưa giảm mạnh ở Bắc Trung Bộ và Nam Trung Bộ. Vào mùa đông, lượng mưa giảm nhẹ ở các vùng khí hậu phía Bắc trong cả hai giai đoạn, tăng nhẹ ở các vùng khí hậu phía Nam trong giai đoạn (2011-2030) và giảm nhẹ trong giai đoạn (2031-2050). Chính vì vậy mà có sự phân biệt rõ về tháng hạn và tháng ẩm trong năm. Theo kết quả dự tính hạn trong tương lai thông qua chỉ số J cho thấy các tháng xảy ra hạn nặng trở nên nghiêm trọng hơn trong cả hai thời kỳ ở vùng Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Nam Bộ, còn vùng Tây Bắc, Đông Bắc và Tây Nguyên hạn nặng hơn trong giai đoạn đầu và nhẹ hơn trong giai đoạn sau.

- Kết quả dự tính dự biến đổi của hạn theo thời gian thông qua chỉ số Ped theo kịch bản A2 cho thấy: xu thế hạn trong giai đoạn (2011-2030) giảm xuống ở các vùng khí hậu Tây Bắc, Đông Bắc (hệ số $a_1 < 0$) và gần như không thay đổi ở vùng khí hậu Bắc Trung Bộ nhưng lại tăng lên rõ rệt trong giai đoạn (2031-2050). Ở các vùng khí hậu còn lại, hạn tăng lên rõ rệt trong cả hai giai đoạn, đặc biệt là Tây Nguyên và Nam Bộ (hệ số $a_1 > 0$).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009, *Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam*, Hà Nội.
2. Nguyễn Trọng Hiệu (1995), *Phân bố hạn hán và tác động của chúng ở Việt Nam*, Đề tài NCKH cấp Tổng cục.
3. Nguyễn Trọng Hiệu, Phạm Thị Thanh Hương (2003), *Đặc điểm hạn và phân vùng hạn ở Việt Nam*, Tuyển tập Báo cáo Hội thảo khoa học lần thứ 8, Viện KTTV, Bộ Tài nguyên và Môi trường, tr 95-106.
4. TS. Nguyễn Văn Liêm (2008), *Diễn biến của hạn hán và giải pháp ứng phó với sản xuất lương thực ở đồng bằng sông Cửu Long*, Hội thảo khoa học lần thứ 8, Viện KTTV, Bộ Tài nguyên và Môi trường, tr 139-146.
5. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (1998), *Tài nguyên khí hậu Việt Nam*, Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật.
6. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (2002), *Tìm hiểu về hạn hán và hoang mạc hoá*, NXB KH&KT, Hà Nội.
7. Nguyễn Đức Ngữ, Nguyễn Trọng Hiệu (2004), *Khí hậu và Tài nguyên Khí hậu Việt Nam*, Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 295 trang.
8. Lê Sâm, Nguyễn Đình Vượng (2008), *Nghiên cứu lựa chọn công thức tính chỉ số khô hạn và áp dụng vào việc tính toán tần suất khô hạn năm ở khu vực Ninh Thuận*, Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ, Viện khoa học thủy lợi miền Nam, tr 186-195.
9. Mai Trọng Thông (2006), “Đánh giá mức độ khô hạn vùng Đông Bắc và Đồng bằng Bắc bộ bằng các chỉ số cân cân nhiệt”, *Tạp chí KTTV*, tháng 11/2006, tr 8-17.

10. Trần Thục (2008), Báo cáo tổng kết đề án: *Xây dựng bản đồ hạn hán và mức độ thiếu nước sinh hoạt ở Nam Trung Bộ và Tây Nguyên*, Viện KTTV, Bộ Tài nguyên và Môi trường.

Tiếng Anh

11. Arakawa A., Schubert W. A. (1974), “Interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment”, *Part I. Journal of Atmospheric Science*, 31, pp. 674- 701.
12. Benjamin Lloyd-Hughes and Mark Asauders (2002), A drought climatology for Europe, *International journal of climatology*, 22, pp. 1571-1592.
13. Bordi I., Fraedrich K., Jiang M., Sutera A (2004b) , “Spatio-temporal variability of dry and wet periods in eastern China”, *Theoretical and Applied Climatology*, 79, pp. 81-91.
14. Csaba Torma (2011), “Validation of a high resolution version of the regional climate model RegCM3 over the Carpathian Basin”, *Journal of Hydrometeorology*, 12, pp. 84-100.
15. Dai A., Trenberth K. E., Qian T. (2004), “A global dataset of palmer drought severity index for 1870-2002: relationship with soil moisture and effects of surface warming”, *Journal of Hydrometeorology*, 7, pp. 1117-1130.
16. Dewi G. C Kirono, Kevin Hennessy, Freddie Mpelasoka, David Kent (2011), *Approaches of generating climate changes scenarios for use in drought projections- a review*, CAWCR Technical Report (No. 034).
17. Do-Woo Kim and Hi-Ryong Byun (2009), “Future pattern of Asian drought under global warming scenario”, *Theoretical and Applied Climatology*, 98, pp. 137-150.
18. Hayes M. J., Svoboda M. D., Wilhite D. A, Vanyarkho O. V. (1999), “Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index”, *Bullentin of the American Meteorological Society*, 80, pp. 429-438.

19. IPCC, *Climate Change 2007* (2007), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
20. Kenneth Strzepek, Gary Yoke, Jame Neumann and Brent Boehlert (2010) *Charactering changes in drought risk for the United States from climate change*, Enviroment. Res.
21. Koleva E. (1988), "Some features of precipitation distribution in lower areas in Bulgaria", *Problems of Meteorology and Hydrology*, 2, pp. 41-48.
22. Koleva E. and Alexandrov V. (2008), "Drought in the Bulgarian low regions during the 20th century", *Theoretical and Applied Climatology*, 92, pp. 113-120.
23. Loukas A., Vasiliades L. (2004), "Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region", *Greece, Natural Hazards and Earth System Sciences*, 4, pp. 719- 731.
24. Mckee T. B., Doesken N. J. and Kleist J. (1993), "The relationship of drought frequency and duration to time scale", *Preprints, Eighth Confrence on Applied Climatology, Anaheim, CA, American Meteorological Society*, pp. 179-184.
25. Nakicenovic N., Swart R. (2000), *Special Report on Emission Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergoverment Panel on Climate Change*, 599 pp.
26. Palmer W. C. (1965), *Meteorological drought*, Research Paper No. 45, U.S. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D. C.
27. Ped D. A. (1975), *On parameters of drought and humidity*, Papers of the USSR hydrometeorological center, 156, pp. 19-38 (in Russian).
28. Piechota T. C. and Dracup J. A. (1996), "Drought and regional hydrologic Variation in the United States Association with the El Nino-Southern Oscillation", *Water Res. Res*, 32, (5), pp. 1359-1373.

29. Potop V., Soukup J. (2008), "Spatiotemporal characteristics of dryness and drought in the Republic of Moldova", *Theoretical and Applied Climatology*, 96, pp. 305-318.
30. Potop V., Turkkott L., Koznarova V. (2008), "Spatiotemporal characteristics of drought in Czechia", *Sci Agric Bohem*, 39 (3), pp. 258-268.
31. Richard Heim (2002), "A review of twentieth- century drought indices used in the United States", *Bull American Meteorology Society*, 83 (8), pp. 1149-1165.
32. Sheffield J. and Wood E. (2008), *Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario*, IPCC AR4 simulations Clim. Dyn.
33. Singh M. (2006), *Identifying and assessing drought hazard and risk in Africa*, Regional Conference on Insurance and Reinsurance for Natural Catastrophe Risk in Africa, Casablanca Morocco, 37 pp.
34. Soule P. T. (1990), *Spatial patterns of multiple drought types in the contiguous United States: a seasonal comparison*, Clim. Res., 1, pp. 13-21.
35. Tallaksen L.M & Lanen H. A. Van (2000), *Drought event definition: In: Assessment of the Regional impact of droughts in Europe*, Technical Report.
36. Topcu S., Turkes M. and Sen B. (2010), *Observed and projected changes in drought conditions of Turkey*, 95, pp. 123-127.
37. Van Rooy M. P. (1965), *A rainfall anomaly index, independent of time and space*, Notos 14, pp. 43-47.
38. Wilhite D. A. and Glantz M. H. (1985), *Understanding of the drought phenomenon: The role of definitions*. Water International, 10, pp. 111-120.
39. Wilhite D. A. (2000), *Drought as a natural hazard: concepts and definitions: In: Wilhite D. A. Wilhite (ed.), Drought: A Global Assessment, Natural Hazards and Disasters Series*, Routledge Publishers, New York, pp. 3-18.

40. World Meteorological Organization (WMO) (1975), *Drought and agriculture*, WMO Note 138 Public WMO-392, WMO, Geneva, pp. 127.
41. Xukai Zou, Panmao Zhai and Qiang Zhang (2005), Variations in droughts over China: 1951-2003, *Geophysical research letters*, 32, pp. 1-4.
42. Http:// [www.drought.unl.edu/what is/indices.htm](http://www.drought.unl.edu/what_is/indices.htm)