

SO SÁNH MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP CHI TIẾT HÓA SỰ BIẾN ĐỔI MƯA TRÊN LƯU VỰC SÔNG CẢ TRONG BỐI CẢNH BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

Cù Thị Phương¹

Tóm tắt: Biến đổi khí hậu là một trong những vấn đề nóng bỏng trong hoàn cảnh hiện nay. Sự biến đổi khí hậu trong tương lai được mô phỏng bằng các mô hình biến đổi khí hậu toàn cầu (GCMs). Tuy nhiên các mô hình GCMs có tỷ lệ rất thô so với sự biến đổi của các yếu tố khí tượng của một vùng, nhất là đối với mưa. Do đó các phương pháp chi tiết hóa các yếu tố khí tượng (downscaling) được ứng dụng để mô phỏng sự biến đổi mưa trong tương lai chi tiết cho từng vùng, từng trạm khảo sát. Bài viết này sẽ giới thiệu 2 phương pháp mô phỏng sự biến đổi mưa năm trên lưu vực sông Cả dựa trên kết quả của mô hình biến đổi khí hậu toàn cầu HadCM3 và tài liệu thực đo mưa tại 12 trạm trên lưu vực. Từ đó có thể đánh giá cụ thể hơn về ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến nguồn nước mưa trên lưu vực.

1. GIỚI THIỆU VÙNG NGHIÊN CỨU

Khu vực nghiên cứu được lựa chọn ở đây là lưu vực sông Cả phần diện tích thuộc lãnh thổ Việt Nam và tính đến trạm Yên Thượng. Lưu vực thuộc Bắc Trung Bộ. Phần diện tích nằm ở Việt Nam chiếm 17.730 km². Lưu vực sông Cả nằm trong vùng thời tiết khí hậu nhiệt đới gió mùa. Chịu ảnh hưởng của các khối không khí chính: Khối không khí cực đới lục địa, khối không khí xích đạo- Thái Bình Dương, khối không khí Ấn Độ Dương. Các loại hình thời tiết

trên đã gây ra sự đa dạng về khí hậu ở lưu vực. Theo kịch bản biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên Môi trường 2009, xây dựng cho vùng Bắc Trung Bộ, lượng mưa năm tăng nhẹ qua từng thời kỳ và được hiển thị như trong bảng 1. Tuy nhiên khi nghiên cứu xu thế biến đổi của mưa ở các trạm quan trắc trên lưu vực, có thể nhận thấy rằng lượng mưa năm có xu thế giảm. Do đó nghiên cứu này sẽ tập trung khảo sát sự biến đổi mưa chi tiết tại 12 trạm khí tượng, phân bố tương đối đồng đều trên lưu vực.

Bảng 1: Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho vùng Bắc Trung Bộ [1]

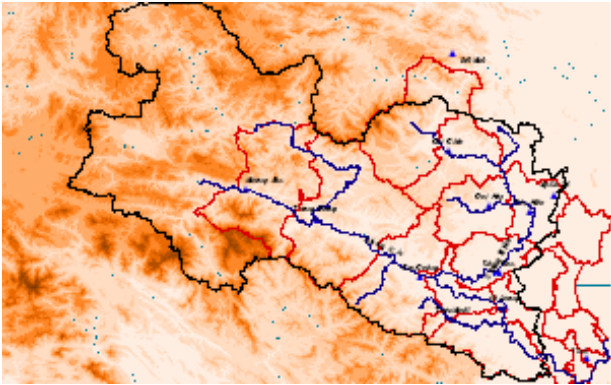
Kịch bản		2020	2040	2070	2100
Mức thay đổi lượng mưa (%)	B1	1.5	3.1	4.7	5.0
	B2	1.5	3.1	5.7	7.7
	A2	1.8	3.0	5.9	9.7

Trong nghiên cứu sẽ lựa chọn 12 trạm khí tượng phân bố tương đối đồng đều trên lưu vực và có số liệu đo mưa tương đối đầy đủ từ năm 1958 đến nay: Thác Muối, Con Công, Tương Dương, Khe Lá, Mường Xén, Vinh,

Quý Châu, Quý Hợp, Tây Hiếu, Đô Lương, Nghĩa Lợi, Bát Mọt. Vị trí các trạm đo mưa được hiển thị như trong hình 1.2 phương pháp ứng dụng trong nghiên cứu là: Tạo thời tiết ngẫu nhiên theo chuỗi (Series weather generation) và phân tích tương quan đa biến (Transper function) để chi tiết hóa lượng mưa từ mô hình khí tượng toàn cầu HadCM3 cho

¹ Khoa Thủy văn và Tài nguyên nước - Trường Đại học Thủy lợi

lượng mưa ngày tại 12 trạm nói trên cho tương lai tính đến năm 2099.

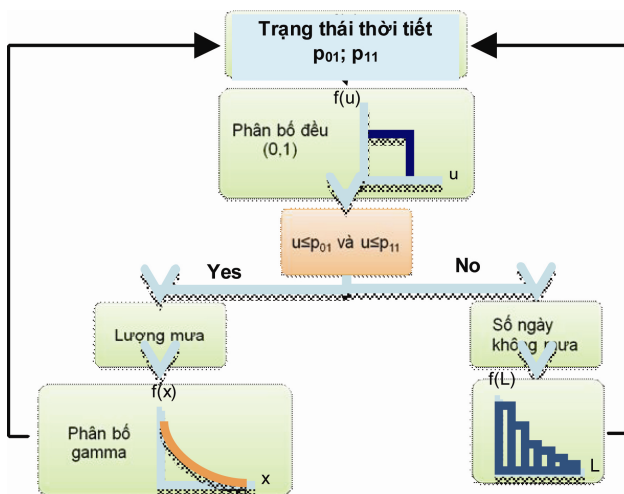


Hình 1. Phân bố các trạm khí tượng trên lưu vực sông Cả

2. Phương pháp nghiên cứu:

a. Phương pháp Tạo chuỗi thời tiết ngẫu nhiên (Series weather generation):

Trong phương pháp này chuỗi mưa được mô phỏng theo chuỗi Markov bậc 1 [10]. Sơ đồ mô phỏng phương pháp tạo thời tiết ngẫu nhiên được mô phỏng như trong hình 2. Phương pháp này bao gồm 2 bước: Mô phỏng ngày có mưa, không mưa và mô phỏng lượng mưa của những ngày có mưa.



Hình 2: Sơ đồ tạo chuỗi Markov

Mô phỏng ngày có mưa, không mưa: Nếu gọi tần suất xuất hiện mưa của ngày hiện tại là

p_{11} nếu ngày trước đó có mưa và p_{01} là tần suất xuất hiện mưa của ngày hiện tại nếu ngày trước đó không mưa. Như vậy p_{01} và p_{11} sẽ là xác suất có điều kiện và được gọi là tần suất chuyển đổi. Hay có thể chuyển đổi 2 đại lượng này về 2 đại

lượng đơn giản hơn. và r và π :
$$\pi = \frac{p_{01}}{1 + p_{01} - p_{11}}$$

và $r_1 = p_{11} - p_{01}$ như vậy π sẽ là tần suất xuất hiện mưa trung bình trong 1 ngày và r sẽ là đặc trưng thể hiện hệ số tự tương quan của chuỗi các ngày có mưa.

Trạng thái thời tiết có thể xác định theo từng ngày bằng cách gieo giá trị ngẫu nhiên u có phân bố đều trong khoảng $(0;1)$ và so sánh với giá trị p_{01} và p_{11} . Nếu ngày trước đó là ngày mưa so sánh u với p_{11} , nếu ngày trước đó là ngày không mưa khi đó so sánh u với p_{01} . Nếu u lớn hơn p_{01} hoặc p_{11} đó sẽ là ngày mưa. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này sử dụng phương pháp mô phỏng chuỗi ngày không mưa (hoặc có mưa) liên tục. Chuỗi ngày không mưa (hoặc có mưa) liên tục được xác định theo phân bố bán thực nghiệm [5]. Phân bố bán thực nghiệm $Emp = \{a_0, a_i, h_i \text{ với } i=1, \dots, 10\}$ là biểu đồ bao gồm 10 khoảng giá trị (a_{i-1}, a_i) tương ứng với mỗi khoảng là số trường hợp ngẫu nhiên h_i rơi vào khoảng giá trị thứ i . Trong mỗi khoảng giá trị, các giá trị của chuỗi ngày mưa (không mưa) liên tục được xác định theo phân bố đều. Ưu điểm của phân bố bán thực nghiệm là tính mềm dẻo trong việc xây dựng hình dạng phân bố xác suất của đại lượng ngẫu nhiên. Tuy nhiên hạn chế ở đây là mô hình sẽ có tới 21 thông số, thay bằng 2, 3 thông số như trong phân bố thông thường ví dụ như phân bố Gamma hay phân bố mũ.

Mô phỏng lượng mưa của những ngày có mưa. Đối với những ngày có mưa, lượng mưa cũng sẽ được mô phỏng theo phân bố bán thực nghiệm của lượng mưa ngày. Phân bố này được xây dựng riêng lẻ cho từng tháng.

b. hương pháp phân tích tương quan đa biến kết hợp với phương pháp tạo thời tiết ngẫu nhiên.

Trong phương pháp này, trạng thái thời tiết được tính toán theo chỉ số thời tiết O_i như trong công thức dưới đây, phụ thuộc vào trạng thái thời tiết SH, U, H trong ngày và phụ thuộc vào chỉ số thời tiết tại ngày trước đó O_{i-1} [5]:

$$O_i = \alpha_0 + \alpha_{O_{i-1}} O_{i-1} + \alpha_{SH} SH_i + \alpha_U U_i + \alpha_H H_i$$

Trong đó α_i là các thông số. Nếu giá trị ngẫu nhiên $u \leq O_i$ đó sẽ là ngày có mưa. Lượng mưa trong ngày có mưa sẽ được mô phỏng dựa trên tương quan đa biến giữa các yếu tố khí tượng trong ngày và đại lượng ngẫu nhiên ξ có kỳ vọng bằng 0 và phương sai bằng 1, có hàm phân bố chuẩn như trong phương trình sau:

$$R_i = \exp(\beta_0 + \beta_{SH} SH_i + \beta_U U_i + \beta_H H_i + \varepsilon_i)$$

Giá trị mô phỏng lượng mưa cuối cùng sẽ được xác định như sau:

$$E(R_i) = \theta \cdot C_R \exp(\beta_0 + \beta_{SH} SH_i + \beta_U U_i + \beta_H H_i)$$

Với C_R là hệ số hiệu chỉnh xu thế mưa và θ là hệ số biến đổi (bias correction). Các biến thời tiết được sử dụng ở đây là: Độ cao địa thế vị 500 hPa, 850 hPa, độ ẩm tuyệt đối bề mặt, độ ẩm tuyệt đối ở độ cao địa thế vị 500hPa; độ ẩm tương đối và dòng xoáy của gió.

3. ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MÔ PHỎNG LƯỢNG MƯA NGÀY:

Kết quả mô phỏng từ mô hình biến đổi khí hậu toàn cầu HadCM3 sẽ được sử dụng để chi tiết hóa lượng mưa ngày cho tương lai ứng với 2 kịch bản gốc A2 và B2 trên 12 trạm đo mưa trên lưu vực. Bước thời gian tính toán được lựa chọn là ngày. Thời khoảng từ 1961 đến 1990 được lựa chọn để hiệu chỉnh mô hình và khoảng thời gian từ 1991 đến 2001 được sử dụng để kiểm định mô hình.

b. *Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định*

Hiệu chỉnh và kiểm định phương pháp Tao thời tiết ngẫu nhiên: Kiểm định mô hình trong phương pháp này được thực hiện bằng các kiểm định thống kê Kolmogorov-Smirnov đối với các thông số của mô hình: kiểm định thống kê đối với chuỗi ngày không mưa (có mưa) liên tục, kiểm định thống kê với kỳ vọng và phương sai của chuỗi lượng mưa ngày cho 12 tháng trong năm. Trong bảng 2,3 hiển thị kết quả hiệu chỉnh bộ thông số của mô hình tại trạm Quỳnh Châu. Kết quả kiểm định của các trạm đo khác tham khảo tài liệu [3].

Bảng 2: Kiểm định thống kê Kolmogorov-Smirnov chuỗi số ngày không mưa (có mưa) liên tục trạm Quỳnh Châu

Mùa	XII-II		III-V		VI-VIII		IX-XI	
	Mưa	Không mưa	Mưa	Không mưa	Mưa	Không mưa	Mưa	Không mưa
KS-test	0.3	0.19	0.32	0.23	0.22	0.34	0.22	0.14
p-Value	0.22	0.78	0.16	0.50	0.58	0.10	0.59	0.96

Bảng 3: Kiểm định thống kê giá trị kỳ vọng và phương sai của chuỗi lượng mưa ngày trạm Quỳnh Châu

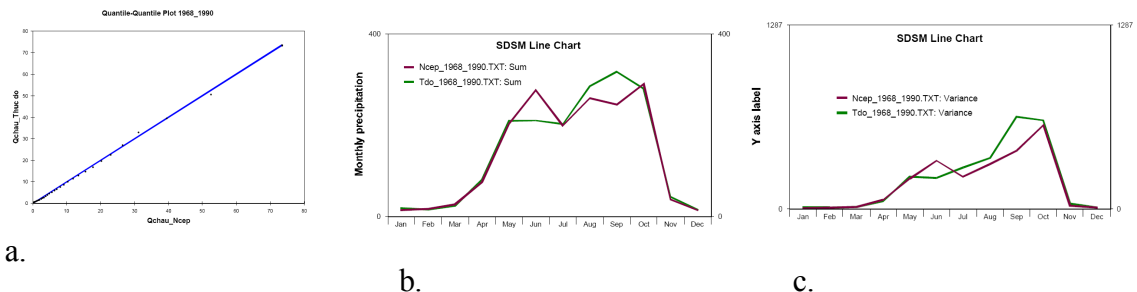
Tháng	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
μ (thực đo)	14.87	13.13	28.31	85.68	226.18	200.89	198.30	275.65	306.95	233.35	56.08	17.90
σ^2 (thực đo)	17.55	11.89	24.22	54.70	92.48	86.15	114.40	111.28	176.35	168.54	73.69	17.82
μ (mô phỏng)	17.32	14.06	37.90	88.29	208.84	187.07	198.80	293.44	363.21	264.56	82.36	27.81
σ^2 (mô)	15.07	14.61	25.38	50.88	89.55	76.80	95.19	104.52	170.41	153.43	87.64	30.78

Tháng	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
phông)												
KS-test	-0.74	-0.34	-1.90	-0.24	0.94	0.84	-0.02	-0.81	-1.60	-0.95	-1.60	-1.94
P t_test	0.46	0.73	0.06	0.81	0.35	0.41	0.98	0.42	0.11	0.34	0.11	0.06
KS test	1.36	1.51	1.10	1.16	1.07	1.26	1.44	1.13	1.07	1.21	1.41	2.98
P F-test	0.30	0.16	0.75	0.62	0.82	0.43	0.21	0.67	0.81	0.52	0.24	0.00

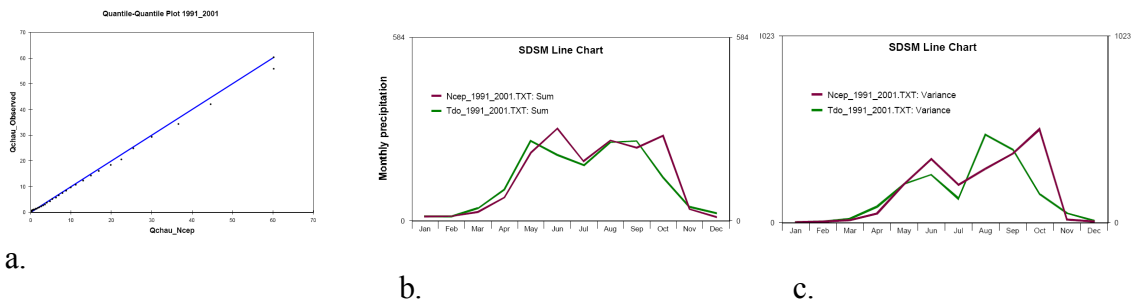
Từ bảng trên có thể thấy rằng các giá trị p hầu như đều nằm trong khoảng cho phép. Đối với các tháng mùa mưa, giá trị p luôn cao 0.4-0.8 cho thấy mô hình ứng dụng tốt đối với các tháng mưa nhiều. Các tháng mùa khô lượng mưa ít do đó kiểm định thống kê chuỗi lượng mưa ngày cho giá trị nhỏ, tháng 12 giá trị $p=0.00$ do lượng mưa trong tháng hầu như không đáng kể. Do đó bộ thông số của tháng 12 sẽ được đánh giá thông qua kiểm định chuỗi các ngày không mưa liên tục như trong bảng 2. Giá trị p đối với các tháng mùa khô cho chuỗi ngày không mưa liên tục tương đối cao đạt tới 0.78 như vậy bộ thông số của mô hình là có thể chấp nhận được và sẽ được sử dụng để mô phỏng lượng mưa trong tương lai.

Hiệu chỉnh và kiểm định theo phương pháp phân tích tương quan đa biến kết hợp

Bộ thông số của mô hình trong phương pháp này bao gồm các thông số thống kê chuỗi ngày mưa (không mưa) liên tục, các thông số của hàm chuyển đổi tuyến tính đa biến. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được thực hiện dựa trên 3 tiêu chí: Hiệu chỉnh giá trị lượng mưa ngày tần suất $Xp\%$ tính toán và thực đo. Hiệu chỉnh kỳ vọng và phương sai đối với từng tháng trong năm. Giai đoạn từ 1961 đến 1990 được sử dụng để hiệu xác định bộ thông số, giai đoạn từ 1991 đến 2001 được sử dụng để kiểm mô hình. Bộ thông số sau khi đã được kiểm định sẽ một lần nữa kiểm định đối với số liệu mô phỏng của mô hình HadCM3 cho các kịch bản gốc A2 và B2 trong giai đoạn từ 1961 đến 2001.



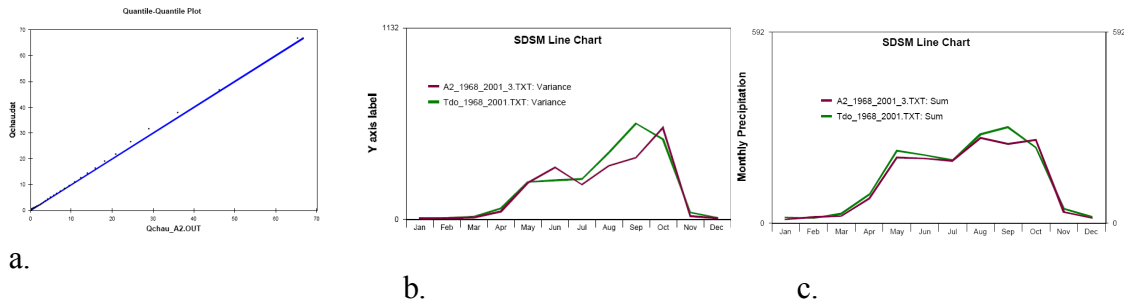
Hình 3: Kết quả hiệu chỉnh mô hình: (a) Đồ thị tương quan giữa giá trị Xp tính toán và thực đo, (b) So sánh kỳ vọng tính toán và thực đo theo tháng, (c) So sánh phương sai tính toán và thực đo.



Hình 4: Kết quả hiệu chỉnh mô hình theo giá trị thực đo từ 1990-2001

Hiệu chỉnh và kiểm định được thực hiện đối với 12 chuỗi mưa của 12 trạm mưa trên lưu vực. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định đối với trạm Quý Châu được hiển thị như trong hình 3,4,5.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định đối với các trạm đo khác tham khảo tài liệu [3]. Nhìn chung, hiệu chỉnh và kiểm định cho thấy mô hình tương đối ổn định.



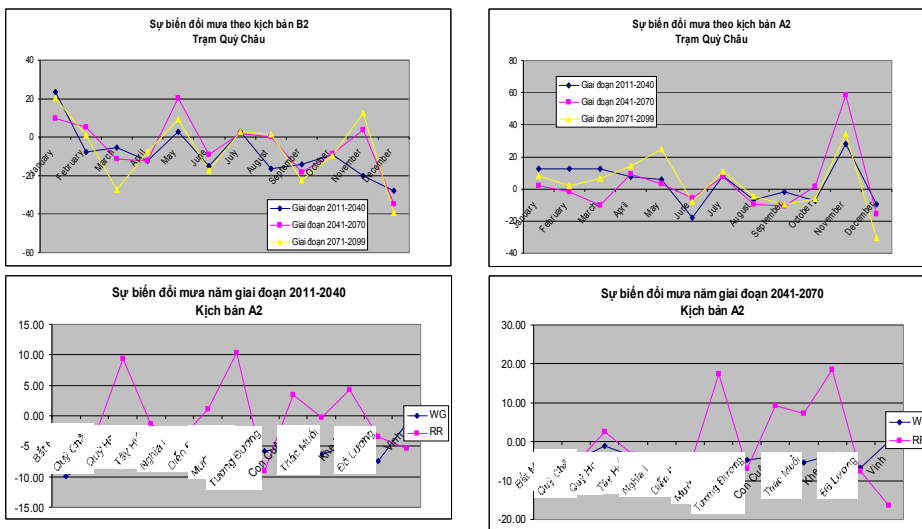
Hình 5: Kết quả hiệu chỉnh mô hình theo kịch bản A2 giai đoạn 1961-2001

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG:

Khi đã xác định được bộ thông số của mô hình. Tiến hành mô phỏng lượng mưa ngày của tại 12 điểm quan trắc trên lưu vực đến năm 2099 và tính toán sự thay đổi của mưa trong bối cảnh biến đổi khí hậu qua 3 giai đoạn: 2011-2040; 2041-2070; 2071-2099 cho 2 kịch bản gốc A2 và B2. Kết quả được hiển thị trong hình 6, 7, 8, 9.

Qua đồ thị 6 có thể nhận thấy rằng sự thay

đổi lượng mưa biến động lớn theo từng tháng trong năm. Trong những tháng mùa mưa lượng mưa tháng có xu thế giảm nhẹ trong cả 2 kịch bản. Tuy nhiên đối với những tháng mùa khô, theo kịch bản A2 lượng mưa có xu thế tăng nhẹ. Nhưng đối với kịch bản B2 lượng mưa giảm mạnh. Có những tháng ở Quý châu lượng mưa giảm tới hơn 20% như tháng 12. Các tháng 3, 4 lượng mưa giảm tương đối mạnh.

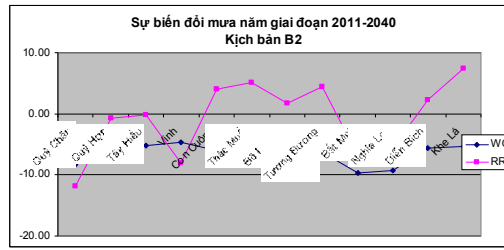
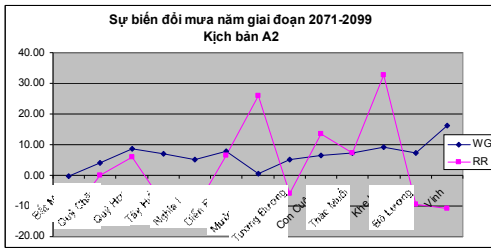


Hình 6: Sự biến đổi mưa tháng qua các thời kỳ chi tiết hóa tại trạm Quý Châu

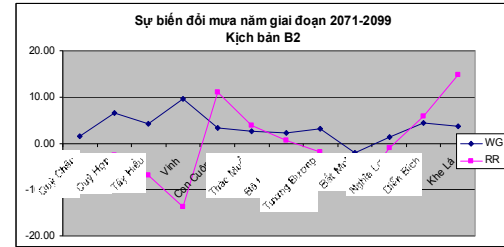
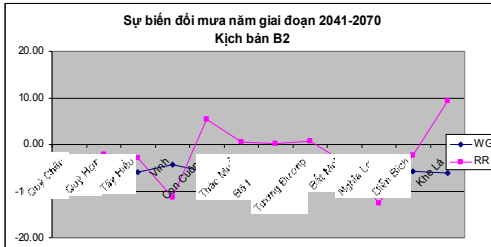
Hình 7: Sự biến đổi mưa năm (%) theo kịch bản A2 tính theo 2 phương pháp Tạo thời tiết ngẫu nhiên và Phân tích tương quan kết hợp

Sự biến đổi của mưa của các trạm trên lưu vực khác nhau tùy thuộc vào từng vùng. Đối với các trạm ở phía Nam của lưu vực thượng nguồn sông Cả (Thác Muối, Mường xén, Con Công, Khe Lá) lượng mưa năm có xu thế

tăng. Ngược lại đối với vùng thuộc hệ thống sông Hiếu, lượng mưa qua từng thời kỳ giảm. Tuy nhiên mức độ giảm của lượng mưa khi mô phỏng bằng 2 phương pháp có sự khác nhau rõ rệt.



Hình 8 : Sự biến đổi mưa năm (%) theo kịch bản A2 và B2 tính theo 2 phương pháp.



Hình 9 : Sự biến đổi mưa năm (%) theo kịch bản B2 tính theo 2 phương pháp

Trong phương pháp Phân tích tương quan kết hợp cho ta thấy lượng mưa năm có sự giao động lớn giữa các trạm đo trên lưu vực, trong khi đó phương pháp Tạo thời tiết ngẫu nhiên cho ta thấy sự biến đổi tương đối điều hòa hơn. Trong phương pháp phân tích tương quan kết hợp cho phép can thiệp sâu hơn đến hệ thống lưu vực, phản ánh được sự thay đổi của địa hình đến hoàn lưu của khí quyển trong mô hình khí tượng toàn cầu trong các mùa của năm, do đó sẽ phản ánh được sự biến động của mưa theo mùa và theo vùng một cách tốt hơn. Trong phương pháp Phân tích tương quan kết hợp cho phép kiểm định các thông số của mô hình theo 2 chuỗi: kiểm định theo số liệu thực đo tại điểm (chuỗi mưa đo được tại trạm đo) với số liệu thực đo theo vùng, và sau đó kiểm định số liệu thực đo tại điểm với số liệu mô phỏng từ mô hình. Do đó, nhìn chung phương pháp Phân tích tương quan kết hợp có độ tin cậy cao hơn.

Thảo luận và kiến nghị

Lưu vực sông Cả là một trong những lưu vực có mức độ hạn hán vào mùa khô tương đối lớn. Nhất là khi biến đổi khí hậu toàn cầu gia tăng. Bảng 2 phương pháp trên, bài viết đã đưa ra các hướng tiếp cận tương đối phù hợp đối với lưu vực sông Cả khi nghiên cứu về lượng mưa – nguồn cấp nước chính cho các hệ thống sông ngòi và lưu vực. So sánh 2 phương pháp đánh

giá đều cho thấy rằng lượng mưa trên lưu vực biến đổi không đều. Phương pháp tương quan đa biến kết hợp cho thấy ở những vùng thuộc nguồn dòng chính sông Cả, phía nam lưu vực (Mường Xén, Con Công, Thác Muối, Khe Lá) lượng mưa năm có xu thế tăng từ 10% đến 32% theo kịch bản A2. Kịch bản B2 cho thấy lượng mưa tăng nhẹ hơn từ 5% đến 15%. Ngược lại ở vùng thượng nguồn sông Hiếu và hạ lưu sông Cả lượng mưa năm giảm. Lượng mưa năm giảm đến 16% đối với kịch bản A2 và B2. Tuy nhiên, diện tích lưu vực có lượng mưa giảm chiếm ưu thế hơn. So với phương pháp tương quan đa biến, phương pháp tạo thời tiết ngẫu nhiên cho kết quả tương đối điều hòa hơn. Ở các giai đoạn 2011-2070 lượng mưa năm giảm đến 10% đối với kịch bản A2 và B2. Giai đoạn 2071-2099 lượng mưa năm tăng nhẹ. Nguyên nhân của sự khác biệt kết quả trong 2 phương pháp tính toán đó có thể là do phương pháp tương quan đa biến kết hợp cho phép dựa trên kết quả của mô hình khí tượng toàn cầu can thiệp sâu hơn vào hệ thống mô phỏng trong khi mô hình tạo thời tiết ngẫu nhiên hoàn toàn chỉ dựa trên các thông số thống kê. Tuy nhiên 2 phương pháp đều cho phép mô phỏng lượng mưa ngày. Do đó rất thích hợp cho việc nghiên cứu dòng chảy trong bối cảnh biến đổi khí hậu đối với lưu vực nghiên cứu.

Lượng mưa năm trung bình trên lưu vực nghiên cứu giảm. Đây sẽ là một trong những thử thách của vùng, nhất là vùng hạ lưu sông trong vấn đề ứng phó với biến đổi khí hậu trong tương lai. Lượng mưa giảm sẽ dẫn đến các nguồn nước trong sông sẽ giảm, làm cho mùa khô ở đây đã khan hiếm nước lại càng trở nên khắc

nghiệt hơn. Do đó vấn đề bảo vệ, điều hòa và phân bổ nguồn nước hợp lý sẽ cần phải có sự tham gia của các cộng đồng xã hội, các nhà quản lý và đồng thời cũng rất cần đến sự hỗ trợ của nhà nước trong việc ra quyết định, chính sách nâng cao nhận thức của cộng đồng về biến đổi khí hậu, bảo vệ môi trường và xã hội.

Tài liệu tham khảo

1. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng, 2009, Bộ Tài nguyên và Môi trường.
2. Carter T.R. (2004). "General guideline on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment " Intergovernmental Panel on Climate Change Version2.
3. Cu Thi Phuong, 2011, Impacts of climate change on runoff and reservoir system regulation of Ca river in Vietnam. Small Grant project, AusAID.
4. MONRE (2009). Integrated water resources management of Ca basin.
5. Wilks D.S. (1998). "Multisite generalization of a daily stochastic precipitation generation model." Journal of Hydrology 210.

Abstract:

COMPARISON OF SEVERAL DOWNSCALING METHODS OF RAINFALL IN CA RIVER BASIN UNDER CLIMATE CHANGE

Climate change is an challenge problem worldwide. Climate change is simulated by a number of Global Climate Models (GCMs) which have very coarse resolution. Downscaling methods are used to simulate rainfall more details. Weather generation and Transfer function are typical downscaling methods and have been successfully applied to many areas in the world. This paper compares these two methods of downscaling daily rainfall series at 12 stations across Ca basin based on global climate model HadCM3.

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Bá Quý