

# Ứng dụng công cụ chi tiết hóa thống kê LARS-WG xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srêpôk

- Đào Nguyên Khôi
- Nguyễn Thị Hồng Nhung
- Trương Thanh Cảnh

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM.

(Bài nhận ngày 10 tháng 6 năm 2014, nhận đăng ngày tháng năm 2014)

## TÓM TẮT

Có nhiều phương pháp chi tiết hóa thống kê khác nhau như: SDSM, LARS-WG, WGEN..., được sử dụng để chuyển đổi thông tin từ các kết quả mô phỏng của mô hình hoàn lưu khí hậu toàn cầu (GCM) để dự báo các kịch bản khí hậu cho địa phương. Nghiên cứu này sử dụng công cụ LARS-WG để chi tiết hóa cho các thông số khí tượng: nhiệt độ cao nhất, nhiệt độ thấp nhất, và lượng mưa tại các trạm khí tượng và mưa trên lưu vực sông Srêpôk từ kết quả của 15 mô hình hoàn lưu toàn cầu (BCM2, CGMR2, CNCM3, CSMK3, FGOALS, GFCM21, GIAOM, HadCM3, HADGEM, INCM3, IPCM4, MIHR, MPEH5, NCCCSM, NCPCM) với hai kịch bản

phát thải khí nhà kính: B1 (kịch bản phát thải thấp) và A1B (kịch bản phát thải trung bình). Dữ liệu của 3 thông số khí tượng được hiệu chỉnh và kiểm định trong khoảng thời gian 1980 – 2009 dựa vào chuỗi số liệu đo đạc, từ đó sử dụng bộ thông số hiệu chỉnh để xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho các giai đoạn trong tương lai: 2020 (2011-2030), 2055 (2046 – 2065), 2090 (2080-2099). Kết quả tính toán cho thấy lượng mưa giảm và nhiệt độ tăng trong tương lai trên lưu vực sông Srêpôk, và từ những kết quả này giúp các nhà quản lý có những hoạch định, khung chương trình thích hợp để ứng phó với biến đổi khí hậu trong tương lai tại lưu vực.

**Từ khóa:** Chi tiết hóa thống kê, kịch bản biến đổi khí hậu, LARS-WG, lưu vực sông Srêpôk

## MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) liên quan đến sự thay đổi giá trị trung bình hoặc các thuộc tính của khí hậu đã tồn tại trong một thời gian dài, thường là vài thập kỷ hoặc lâu hơn, do tác động nhân sinh hoặc tự nhiên [2]. Các hoạt động của con người chủ yếu là đốt nhiên liệu hóa thạch và làm thay đổi cơ cấu sử dụng đất được cho rằng là nguyên nhân chính làm tăng nồng độ khí nhà kính trong khí quyển, nguyên nhân chính của biến đổi khí hậu. Về mặt thủy văn, BĐKH có tác

động đáng kể lên tài nguyên nước thông qua sự thay đổi lượng mưa và nhiệt độ, đây là hai thông số chính ảnh hưởng lên chu trình thủy văn. Để ước tính sự thay đổi khí hậu trong tương lai từ kết quả của việc tăng lượng khí nhà kính trong khí quyển, các mô hình hoàn lưu chung (GCM – General Circulation Model) thường được dùng. Tuy nhiên, các kết quả của mô hình GCM thể hiện kết quả khí hậu ở qui mô toàn cầu và không dùng được trực tiếp cho các nghiên cứu tác động

của BĐKH ở quy mô địa phương do sự khác biệt về độ phân giải không gian. Như chúng ta được biết, kết quả mô phỏng khí hậu của mô hình GCM thường được thể hiện ở quy mô toàn cầu với độ phân giải không gian khoảng 200-500 km, trong khi đó các nghiên cứu tác động thường được tiến hành trong quy mô nhỏ. Do đó, các kết quả mô phỏng ở quy mô toàn cầu không thể hiện được đặc trưng cho quy mô địa phương. Để giải quyết vấn đề này, các phương pháp chi tiết hóa thường được dùng để chuyển đổi thông tin từ mô hình GCM với độ phân giải không gian lớn sang độ phân giải không gian nhỏ hơn để sử dụng trong các đánh giá tác động của BĐKH ở quy mô vùng hoặc địa phương [1]. Phương pháp chi tiết hóa được phân thành hai loại: chi tiết hóa thống kê và chi tiết hóa động lực [3]. Chi tiết hóa động lực là phương pháp trích xuất các thông tin khí hậu ở tỷ lệ nhỏ (lưới tính mịn từ vài chục km hoặc nhỏ hơn) bằng cách sử dụng các mô hình khí hậu vùng (RCM – Regional Climate Model) với điều kiện biên là số liệu từ các mô hình toàn cầu GCM. Phương pháp chi tiết hóa thống kê dựa vào mối quan hệ định lượng giữa các biến khí quyển ở quy mô lớn (thường gọi là predictor) và các biến địa phương (thường gọi là predictant). Từ quan điểm này, đầu tiên các mô hình thống kê được dùng để xác định mối quan hệ giữa các biến toàn cầu và các biến địa phương (predictant là một hàm số của các predictor). Sau đó các kết quả mô phỏng của mô hình toàn cầu được đưa vào để ước lượng các đặc điểm khí hậu địa phương. Mỗi phương pháp có những ưu điểm và nhược điểm riêng, tuy nhiên phương pháp chi tiết hóa thống kê thường được dùng vì nó đơn giản hơn, tốn ít tài nguyên máy tính và thời gian hơn [8]. Hiện nay cộng đồng các nhà nghiên cứu về biến đổi khí hậu yêu cầu các phương pháp đánh giá nhanh, tốn ít chi phí và tài nguyên tính toán

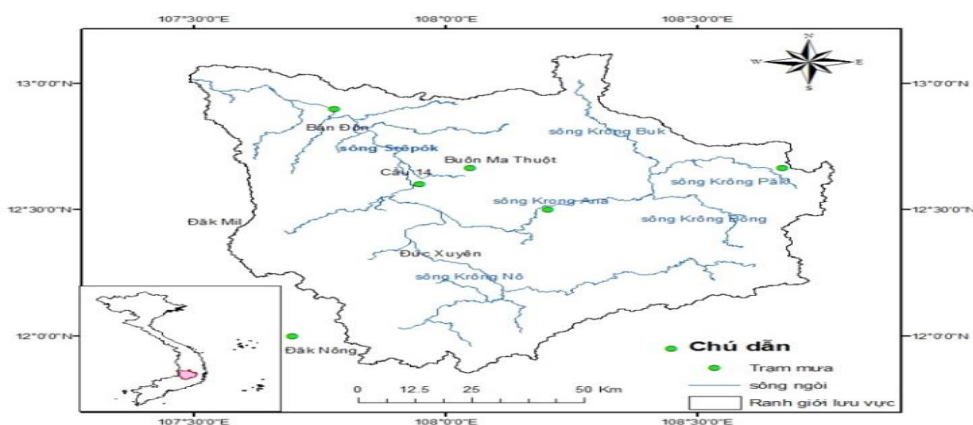
thì máy tạo thời tiết (weather generator) là một giải pháp hữu hiệu. LARS-WG là một máy tạo thời tiết ngẫu nhiên được thiết kế cho các nghiên cứu tác động của BĐKH. Công cụ này được được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu tác động của BĐKH trên thế giới và cho các kết quả nghiên cứu tốt [1]. Tuy nhiên, công cụ này vẫn chưa được ứng dụng rộng rãi trong xây dựng các kịch bản BĐKH ở Việt Nam ngoại trừ nghiên cứu của Vũ Thanh Tâm và cộng sự trong nghiên cứu xây dựng kịch bản BĐKH huyện Gio Linh tỉnh Quảng Trị [6]. Tây Nguyên là một trong những vùng trọng điểm trồng cây công nghiệp của cả nước, đóng vai trò quan trọng trong cung cấp nguyên liệu cho các ngành chế biến như: cao su, cà phê, tiêu, chè... Tuy nhiên, với tình hình biến đổi khí hậu toàn cầu như hiện nay, hạn hán, lũ quét, trượt lở thường xuyên xảy ra và có diễn biến phức tạp, không ngừng tăng lên cả về tần suất và cường độ đã ảnh hưởng không nhỏ đến tình hình kinh tế xã hội khu vực Tây Nguyên. Lưu vực sông Srêpôk là một lưu vực lớn ở Tây Nguyên, là nguồn cung cấp nước chính cho hoạt động sản xuất của hai tỉnh Tây Nguyên là Đắk Lắk và Đắk Nông. Do đó, xây dựng kịch bản BĐKH cho lưu vực là rất cần thiết cho các nhà quản lý và hoạch định chính sách của địa phương trong việc đề xuất các giải pháp thích ứng với BĐKH. Trong nghiên cứu của Wang và cộng sự [7] đã nhấn mạnh rằng tác động BĐKH là khác nhau cho từng vùng và cần phải có những nghiên cứu đánh giá cho quy mô vùng. Mục tiêu của nghiên cứu này là xây dựng kịch bản BĐKH cho lưu vực sông Srêpôk dựa vào công cụ chi tiết hóa thống kê LARS-WG và kết quả mô phỏng của 15 mô hình hoàn lưu toàn cầu. Kịch bản BĐKH được xây dựng cho giai đoạn 2011-2099 cho hai kịch bản phát thải thấp (B1) và phát thải trung bình (A1B).

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### Khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Srêpôk có tổng diện tích 16,420 km<sup>2</sup>, nằm trên khu vực 2 tỉnh Tây Nguyên: ĐăkLăk, ĐăkNông có tọa độ địa lý từ 11,860 ° đến 12,940 ° vĩ độ Bắc và 107,560 ° đến 108,780° kinh độ Đông. Srêpôk là một phụ lưu quan trọng của sông Mê Kông, bắt nguồn từ các vùng núi phía Bắc, Đông Bắc và Đông của tỉnh Đăk Lăk (có độ cao từ 800 m – 2,000 m) và nhập lưu với

sông Mê Kông ở Stung Treng - Campuchia. Lưu vực sông Srêpôk có chiều dài là 406 km, trong đó đoạn chảy trong lãnh thổ Việt Nam dài khoảng 126 km, đoạn chảy qua Campuchia dài khoảng 281 km và phần diện tích thuộc lãnh thổ Việt Nam có khoảng 18000 km<sup>2</sup>, bao gồm các phụ lưu của sông Srêpôk như Prek-Drang, Ya Hleo và Srêpôk thượng (Hình 1).



**Hình 1.** Vị trí khu vực nghiên cứu

Địa hình lưu vực khá phức tạp và chia cắt lớn, chuyển tiếp từ vùng cao nguyên ở phía Bắc và Đông Bắc dạng đồi núi và thấp dần xuống vùng tương đối bằng phẳng về phía Tây và Tây Nam. Do đặc điểm địa hình và vị trí địa lý của vùng thuộc Tây Nguyên nên khí hậu của lưu vực mang tính chất nhiệt đới gió mùa, một năm có hai mùa: mùa mưa và mùa khô với tổng lượng mưa năm khoảng 1800-2400 mm. Mùa mưa thường kéo dài 6 tháng từ tháng V- X trùng với mùa gió mùa tây nam hoạt động với lượng mưa chiếm trên 85 % lượng mưa cả năm. Mùa khô kéo dài 6 tháng từ tháng XI đến tháng IV năm sau với lượng mưa chiếm khoảng 15 % lượng mưa cả năm. Đất đai của lưu vực khá màu mỡ (chủ yếu

là đất bazan), phù hợp với phát triển nông nghiệp.

### Cơ sở lý thuyết công cụ chi tiết hóa thống kê LARS-WG

LARS-WG (Long Ashton Research Station Weather Generator) là một công cụ tạo ra thời tiết ngẫu nhiên, được sử dụng để mô phỏng các dữ liệu thời tiết tại một vị trí cụ thể [4]. Mô hình LARS-WG sử dụng dữ liệu khí tượng đo đạc để tính toán các tham số cho hàm phân bố xác suất của các biến khí tượng, các hàm phân bố này được dùng để phát sinh chuỗi dữ liệu khí tượng bằng việc lựa chọn ngẫu nhiên các giá trị từ các hàm phân bố phù hợp. Các sự kiện mưa được mô phỏng dựa vào hàm phân bố độ dài các chuỗi liên tục của ngày mưa và ngày không mưa, trong khi

đó các hàm phân bố  $T_{max}$  và  $T_{min}$  được mô phỏng dựa vào trạng thái hiện tại của chuỗi ngày mưa và không mưa [5]. Hàm phân bố bán thực nghiệm (SED) được dùng trong mô hình LARS-WG để xác định hàm phân bố xác suất của chuỗi ngày mưa và không mưa của lượng mưa,  $T_{max}$  và  $T_{min}$ . SED được định nghĩa là hàm phân phối xác suất tích lũy (PDF). Một giá trị của biến khí tượng (mưa hoặc nhiệt độ)  $v_i$  tương ứng với xác suất  $p_i$  được xác định như sau:

$$v_i = \min\{v : P(v_{obs} \leq v) \geq p_i\}, \quad i=0, \dots, n$$

Trong đó,  $P$  là xác suất dựa vào dữ liệu quan trắc  $\{v_{obs}\}$ . Cho mỗi biến khí tượng,  $P_0$  và  $P_n$  được xác định giá trị là 0 và 1 tương ứng với  $v_0 = \min\{v_{obs}\}$  và  $v_n = \max\{v_{obs}\}$ . Chi tiết về cơ sở lý thuyết của mô hình LARS-WG được thảo luận trong tài liệu [5]. Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu để xây dựng các kịch bản BĐKH cho khu vực nghiên cứu, các tham số nhiễu loạn của hàm phân bố cho một vị trí cụ thể với các sự thay đổi được dự báo bằng mô hình GCM được dùng. Sự thay đổi của các tham số trong tương lai là sự khác biệt giữa kết quả mô phỏng theo các kịch bản phát thải trong giai đoạn tương lai và giai đoạn hiện trạng. Các file kịch bản thể hiện sự thay đổi tương đối (so với giai đoạn hiện trạng) của mỗi giai đoạn: 2020, 2055 và 2090 từ kết quả mô phỏng của GCM. Chi tiết các ứng dụng của mô hình LARS-WG trong xây dựng các kịch bản BĐKH được thảo luận trong nghiên cứu của Semenov và Stratonovitch [5]. Các bước tiến hành trong Lars-wg Đầu tiên từ chuỗi số liệu quan trắc (mưa hoặc nhiệt độ) tại trạm khí tượng, mô hình LARS-WG sẽ tính toán các thuộc tính thống kê như tổng lượng mưa, độ lệch chuẩn,... để xây dựng hàm phân bố xác suất cho các thông số khí tượng (trong mô hình LARS-WG có 23 hàm phân bố bán thực nghiệm SED). Số liệu khí

tượng (mưa, nhiệt độ) mô phỏng trong giai đoạn hiện trạng của các mô hình GCM sẽ được dùng làm đầu vào cho hàm phân bố xác suất ở trên để kiểm tra khả năng mô phỏng dữ liệu khí tượng quan trắc. Bước này là hiệu chỉnh và kiểm định khả năng mô phỏng của LARS-WG nhằm xác định hàm phân bố SED nào là phù hợp.

Quá trình tạo ra dữ liệu thời tiết tổng hợp được chia thành ba bước riêng biệt:

Hiệu chỉnh mô hình (Model Calibration) – SITE ANALYSIS

Dữ liệu thời tiết quan sát được phân tích để xác định đặc tính thống kê của chúng. Thông tin này được lưu trữ trong hai tập tin tham số.

Một tập tin tham số (\* wgx.), Trong đó có các thông số theo yêu cầu của LARS-WG để tạo ra chuỗi thời tiết tổng hợp theo thời gian.

Một tập tin thống kê (\*stx.) có chứa các phân phối tần số thời gian theo mùa mưa và mùa khô và cho biết các thời kỳ nóng và lạnh, sau đó được sử dụng trong QTest.

Kiểm định mô hình (Model Validation) - QTEST

Những đặc điểm thống kê của các dữ liệu thời tiết quan sát và dữ liệu thời tiết mô phỏng được phân tích để xác định xem có bất kỳ sự khác biệt thống kê nào giữa các giá trị thời tiết đó hay không. Để đảm bảo rằng các xác suất phân phối dữ liệu mô phỏng gần với phân phối thực tế quan sát của địa phương. Kiểm định được sử dụng ở đây là kiểm định Kolmogorov-Smirnov (KS-test), và giá trị t-test, F-test và p được sử dụng để kiểm tra mức độ tương quan của giá trị trung bình và độ lệch chuẩn giữa biến thời tiết quan sát và biến thời tiết mô phỏng. Kết quả thống kê sẽ được lưu trữ trong tập tin \*.tst.

Tạo ra kịch bản và dữ liệu thời tiết tổng hợp (Generation of synthetic weather data) – GENERATOR.

Trong quá trình hiệu chỉnh – kiểm định mô hình được sử dụng để tạo ra dữ liệu thời tiết mô phỏng có đặc tính thống kê tương tự như các dữ liệu quan sát ban đầu, thì một chuỗi dữ liệu thời tiết mô phỏng có tính chất tương ứng với dữ liệu thời tiết quan sát sẽ được tạo ra bằng cách sử dụng GENERATOR, hoặc có thể tạo ra chuỗi dữ liệu thời tiết mô phỏng tương ứng với một kịch bản biến đổi khí hậu cụ thể bằng cách áp dụng mô hình khí hậu toàn cầu có nguồn gốc từ những thay đổi về lượng mưa, nhiệt độ vào các tập tin tham số LARS-WG.

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình LARS-WG. Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình LARS-WG, giá trị dữ liệu khí tượng hàng ngày của chuỗi số liệu 30 năm (1980 – 2009) được sử dụng, quá trình hiệu chỉnh được tiến hành cho 20 năm đầu (1980 – 1999) và quá trình kiểm định được tiến hành cho 10 năm sau (2000 – 2009) bằng cách so sánh các giá trị các biến khí tượng quan trắc và các biến khí tượng mô phỏng (lượng mưa, nhiệt độ

thấp nhất và cao nhất). Quá trình này được tiến hành riêng lẻ cho 9 trạm khí tượng và mưa của lưu vực. LARS-WG sử dụng các kiểm định thống kê (KS-test, t-test và F-test) để tính toán giá trị p được sử dụng để chấp nhận hoặc bác bỏ giả thuyết rằng không có sự khác biệt giữa bộ dữ liệu thời tiết quan sát và bộ dữ liệu thời tiết mô phỏng. Để chấp nhận giả thuyết rằng không có sự khác biệt giữa các bộ dữ liệu thời tiết thì giá trị  $p > 0,05$ , nếu  $p < 0,05$  có nghĩa là chuỗi các biến khí tượng mô phỏng không giống như chuỗi các biến khí tượng quan sát. Các giá trị t nằm trong khoảng từ -1,96 đến 1,96, các giá trị  $p > 0,05$ , và  $F > 1$ , các giá trị kiểm định đều nằm trong khoảng chấp nhận được. Các kết quả kiểm định thống kê KS-test, t-test và F-test bằng công cụ LARS-WG được tiến hành cho lượng mưa trung bình tháng, nhiệt độ thấp nhất, nhiệt độ cao nhất của 9 trạm khí tượng và đo mưa. Hầu hết các giá trị kiểm định t, p, F của các trạm đều nằm trong khoảng chấp nhận được. Bên cạnh đó, tác giả có sử dụng chỉ số thống kê sai số quân phương (RMSE), hệ số tương quan (R) để đánh giá sai số của lượng mưa cho 9 trạm trong lưu vực sông Srêpôk. Kết quả được đưa ra trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Kết quả thống kê RMSE và R cho lượng mưa từ kết quả của LARS-WG

Trạm			<i>Buôn Mê Thuột</i>	<i>Đắk Nông</i>	<i>Bản Đôn</i>	<i>Cầu 14</i>	<i>Đức Xuyên</i>	<i>Đà Lạt</i>	<i>Giang Sơn</i>	<i>Madrak</i>	<i>Buôn Hồ</i>
Hiệu chỉnh	Ngày	Trung bình quan trắc	5,14	6,60	4,39	4,95	5,34	4,97	5,22	5,46	4,17
		Trung bình mô phỏng	5,36	4,35	4,41	5,10	5,45	5,19	5,04	5,94	4,31
		RMSE	18,11	18,18	15,96	18,05	16,86	14,73	18,55	24,23	15,37
		R	0,09	0,07	0,07	0,05	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05
	Tháng	Trung bình quan trắc	156,37	200,62	133,44	150,71	162,33	151,25	158,80	166,16	114,17
		Trung bình mô phỏng	162,90	132,21	133,99	155,11	165,70	157,87	153,19	180,81	117,87
		RMSE	117,08	154,63	101,74	115,02	109,08	108,57	129,99	137,46	100,52
		R	0,69	0,63	0,65	0,66	0,72	0,59	0,58	0,69	0,64
Kiểm định	Ngày	Trung bình quan trắc	5,27	7,65	4,31	4,67	5,11	4,92	5,09	5,97	4,50
		Trung bình mô phỏng	5,23	4,21	4,16	4,52	5,46	4,81	5,21	5,25	4,21
		RMSE	18,35	18,88	14,89	15,64	16,79	14,86	17,52	24,46	16,60
		R	0,11	0,07	0,10	0,08	0,12	0,07	0,09	0,06	0,06

	Tháng	Trung bình quan trắc	160,18	232,61	131,03	142,14	155,48	149,66	154,93	181,70	136,80
		Trung bình mô phỏng	159,02	128,04	126,43	137,55	165,93	146,19	158,49	159,82	128,04
		RMSE	112,06	193,55	93,52	107,20	112,23	95,76	104,00	211,62	119,48
		R	0,74	0,58	0,72	0,69	0,73	0,64	0,75	0,42	0,56

**Bảng 2.** Kết quả thống kê RMSE và R cho nhiệt độ thấp nhất từ kết quả của LARS-WG

Trạm			<i>Buôn Mê Thuột</i>	<i>Đăk Nông</i>	<i>Madrak</i>	<i>Buôn Hồ</i>
Hiệu chỉnh	Ngày	Trung bình quan trắc	20,52	18,40	20,56	18,71
		Trung bình mô phỏng	20,63	18,79	20,80	19,00
		RMSE	1,55	2,48	1,83	2,26
		R	0,56	0,54	0,64	0,48
	Tháng	Trung bình quan trắc	20,52	18,40	20,56	16,84
		Trung bình mô phỏng	20,63	18,79	20,80	17,10
		RMSE	21,79	38,94	20,10	48,53
		R	0,89	0,85	0,95	0,73
Kiểm định	Ngày	Trung bình quan trắc	20,70	19,29	21,19	19,32

		Trung bình mô phỏng	20,64	18,75	20,78	19,06
		RMSE	1,63	2,27	1,81	2,14
		R	0,55	0,58	0,65	0,53
	Tháng	Trung bình quan trắc	20,70	19,29	21,19	19,32
		Trung bình mô phỏng	20,64	18,75	20,78	19,06
		RMSE	19,64	29,80	23,86	36,18
		R	0,92	0,92	0,94	0,85



Từ kết quả ở Bảng 1 có thể thấy rằng chênh lệch giữa giá trị lượng mưa trung bình quan trắc và mô phỏng giai đoạn hiệu chỉnh là rất thấp, trong khoảng từ 0,02–0,48 mm/ngày và 0,54 – 14,65 mm/tháng (riêng có trạm Đăk Nông là 2,25 mm/ngày và 68,41 mm/tháng). Và chênh lệch giữa giá trị lượng mưa trung bình quan trắc và mô phỏng giai đoạn kiểm định cũng khá thấp, từ 0,04–0,72 mm/ngày và 1,16–21,88 mm/tháng. Đối với sai số quân phương (RMSE) thì giá trị giao động trong khoảng 14,73–24,23 mm/ngày và 100,52–154,63 mm/tháng, theo các công bố quốc tế về sử dụng công cụ LARS-WG để chi tiết hóa thống kê cho lượng mưa cho thấy giá trị

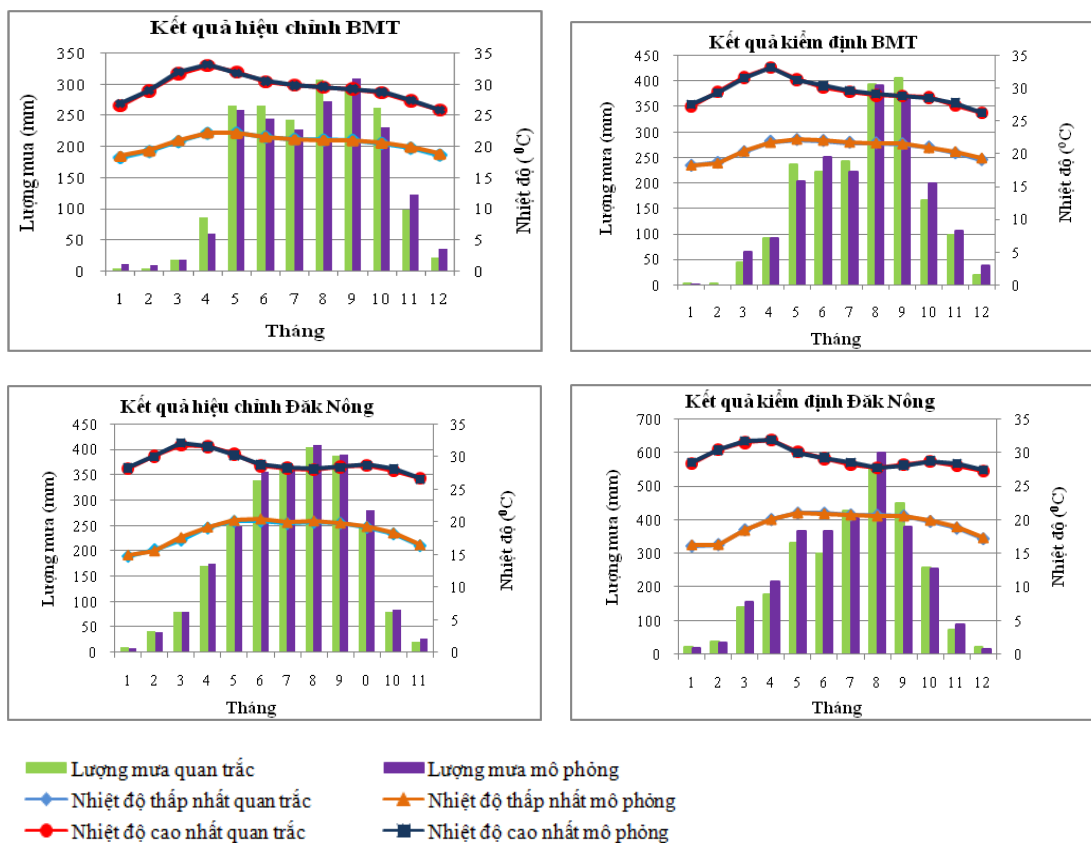
RMSE nằm trong khoảng chấp nhận được, nếu giá trị RMSE quá lớn (>200 mm/tháng) điều này chứng tỏ rằng khả năng mô phỏng của mô hình kém (có thể là do sự biến đổi rất lớn của lượng mưa vào mùa mưa, mùa khô trong khu vực nên mô phỏng của mô hình sẽ kém hơn). Còn hệ số tương quan (R) cho kết quả khá tốt, từ 0,05-0,11 cho mô phỏng theo ngày và 0,58 – 0,72 cho mô phỏng theo tháng, riêng đối với hệ số tương quan của lượng mưa trung bình ngày thấp là do yếu tố lượng mưa thể hiện theo sự kiện (phụ thuộc vào ngày mưa, ngày không mưa) nên hệ số tương quan của lượng mưa trung bình ngày là thấp.

**Bảng 3.** Kết quả thống kê RMSE và R cho nhiệt độ cao nhất từ kết quả của LARS-WG

Trạm			<i>Buôn Mê Thuột</i>	<i>Đăk Nông</i>	<i>Madrak</i>	<i>Buôn Hồ</i>
Hiệu chỉnh	Ngày	Trung bình quan trắc	29,43	29,08	28,81	26,79
		Trung bình mô phỏng	29,55	29,13	28,89	27,03
		RMSE	2,52	2,71	3,24	3,29
		R	0,57	0,38	0,62	0,48
	Tháng	Trung bình quan trắc	29,43	29,08	28,81	24,11
		Trung bình mô phỏng	29,55	29,13	28,89	24,33
		RMSE	34,68	35,98	36,65	67,42
		R	0,89	0,78	0,93	0,73
Kiểm định	Ngày	Trung bình quan trắc	29,44	29,11	28,77	27,13
		Trung bình mô phỏng	29,49	29,04	28,87	27,07
		RMSE	2,65	2,70	3,28	2,93
		R	0,52	0,37	0,60	0,51
	Tháng	Trung bình quan trắc	29,44	29,11	28,77	27,13
		Trung bình mô phỏng	29,49	29,04	28,87	27,07
		RMSE	30,00	29,99	35,43	31,57
		R	0,89	0,82	0,93	0,90

Bên cạnh đó, kết quả so sánh lượng mưa,  $T_{max}$  và  $T_{min}$  quan trắc và mô phỏng trong hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định tại 2 trạm: Buôn Mê Thuột và Đăk Nông được trình bày trong Hình 2. Kết quả so sánh cho thấy giá trị lượng mưa trung bình tháng, nhiệt độ trung bình tháng thấp nhất, nhiệt độ trung bình tháng cao nhất giữa mô phỏng và quan trắc là khá giống nhau trong

hai giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định. Đồ thị so sánh kết quả mô phỏng lượng mưa giữa quan trắc và mô phỏng cho 7 trạm mưa còn lại cũng cho thấy sự tương đồng giữa hai kết quả.



**Hình 2.** Đồ thị so sánh các giá trị khí tượng trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Hệ số tương quan (R) và sai số quân phương (RMSE) của nhiệt độ thấp nhất và nhiệt độ cao nhất cho 9 trạm trong lưu vực sông Srêpôk được thể hiện trong Bảng 2 và 3. Giá trị RMSE của nhiệt độ cho kết quả khá tốt, RMSE của nhiệt độ thấp nhất là 1,55 – 2,48 °C, RMSE của nhiệt độ cao nhất là 2,52 – 3,29 °C cho mô phỏng ngày. Còn giá trị R cho kết quả rất tốt, R của nhiệt độ thấp nhất là 0,73 – 0,95 và R của nhiệt độ cao nhất là 0,73 – 0,93 cho mô phỏng tháng, điều này chứng tỏ rằng khả năng mô phỏng của mô hình cho yếu tố nhiệt độ là rất tốt.

Như vậy từ các kết quả kiểm định thống kê KS-test, t-test và F-test bằng công cụ LARS-

WG, chỉ số thống kê sai số quân phương (RMSE), hệ số tương quan (R) và đồ thị so sánh các giá trị trung bình tháng giữa đo đạc và mô phỏng của các yếu tố lượng mưa, nhiệt độ thấp nhất, nhiệt độ cao nhất cho thấy tính đúng đắn trong kết quả mô phỏng ở giai đoạn hiện trạng 1980-2009 của mô hình LARS-WG. Đây là tiền đề cho các bước mô phỏng tiếp theo để xây dựng kịch bản BĐKH cho khu vực nghiên cứu.

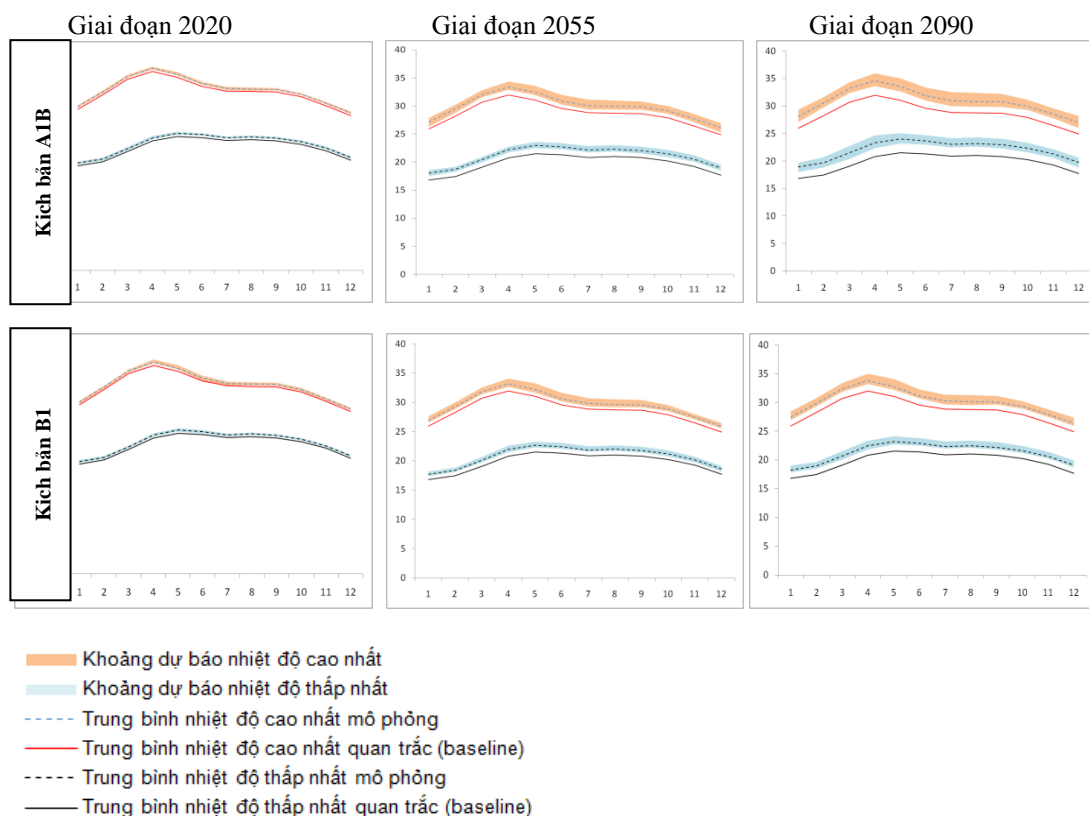
**Kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực Srêpôk**  
**Kết quả mô phỏng cho nhiệt độ**

Các kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srêpôk được xây dựng dựa vào kết quả mô phỏng của 15 mô hình hoàn lưu khí quyển

(BCM2, CGMR2, CNCM3, CSMK3, FGOALS, GFCM21, GIAOM, HadCM3, HADGEM, INCM3, IPCM4, MIHR, MPEH5, NCCCSM, NCPCM) cho 2 kịch bản phát thải A1B và B1 trong 3 giai đoạn: giai đoạn 2020 (2011 – 2031), giai đoạn 2055 (2046– 2065), và giai đoạn 2090 (2080 – 2099), và giai đoạn hiện trạng được lấy là 1980 – 2009. 15 mô hình GCM được thu thập từ Trung tâm dữ liệu IPCC - bảng báo cáo lần thứ 4 (AR4) và được tích hợp sẵn trong thu mục cài đặt của mô hình LARS-WG. Hình 3 thể hiện các kịch bản thay đổi của nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất trong tương lai cho lưu vực sông Srêpôk theo giá trị mô phỏng trung bình của 15 mô hình hoàn lưu khí quyển.

Nhìn chung, trong các kịch bản đều thể hiện sự tăng nhiệt độ trong tương lai. Cụ thể trong

kịch bản A1B nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất tăng giao động trong khoảng 0,42 đến 0,52°C với mức trung bình là 0,45 °C trong những năm 2020, từ 1,24 đến 1,47 °C với mức trung bình là 1,32 °C trong những năm 2055, và từ 2,04 đến 2,63 °C với mức trung bình là 2,24 °C trong những năm 2090. Trong khi đó ở kịch bản B1 nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất tăng nhẹ hơn so với kịch bản A1B, trung bình khoảng 0,42, 1,02, và 1,55°C tương ứng với 3 giai đoạn 2020, 2055, 2090. Nhìn chung, nhiệt độ tăng cao hơn vào những tháng cuối mùa khô đến đầu mùa mưa (từ tháng 3 đến tháng 6). Chi tiết về sự thay đổi nhiệt độ theo tháng trong các kịch bản A1B và B1 của lưu vực sông được thể hiện trong Hình 3.



**Hình 3.** Sự thay đổi nhiệt độ (°C) cho hai kịch bản phát thải A1B và B1

### ***Kết quả mô phỏng cho lượng mưa***

Các kịch bản về sự thay đổi lượng mưa trong tương lai thể hiện xu hướng giảm nhẹ của lượng mưa năm trong tương lai và khoảng chênh lệch của lượng mưa mô phỏng sẽ tăng dần qua các giai đoạn. Chi tiết về sự thay đổi lượng mưa theo tháng trong các kịch bản A1B và B1 của lưu vực sông được thể hiện trong Hình 4.

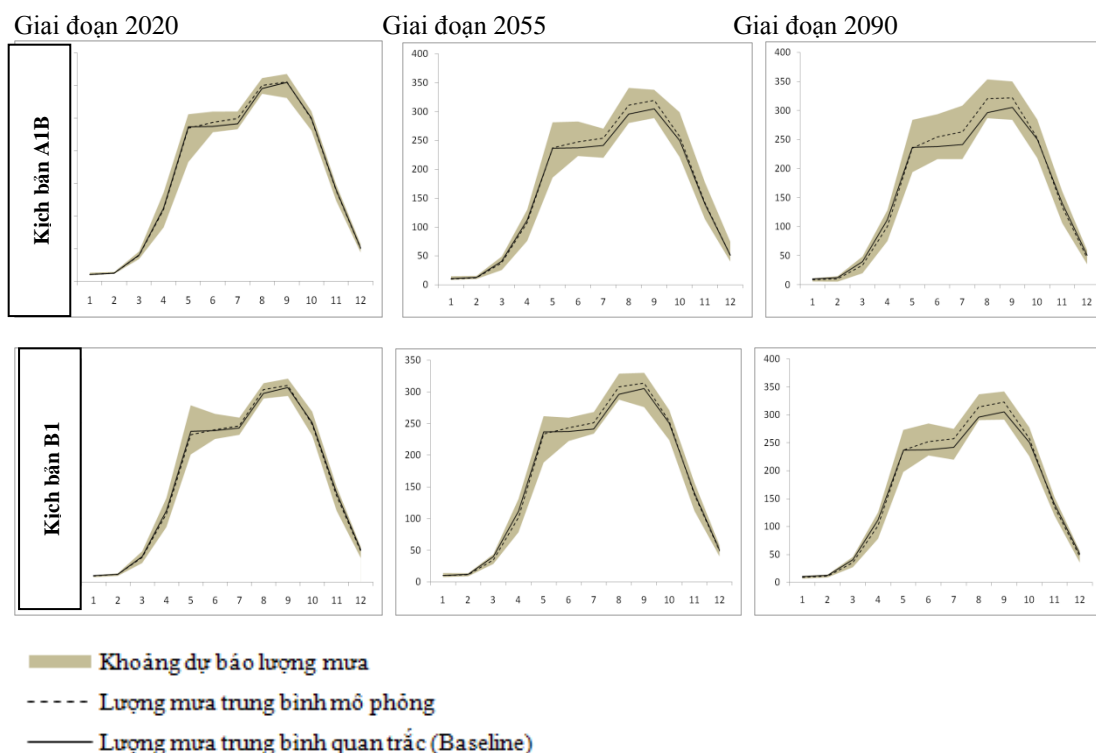
Trong kịch bản A1B theo trung bình của 15 mô hình, sự thay đổi lượng mưa trung bình hàng năm tăng nhẹ trong những năm 2020 và 2055, trong đó tăng 0,18 % (khoảng -2,14 đến 3,22 %) trong những năm 2020, và tăng 0,93 % (khoảng -4,83 đến 5,02 %) trong những năm 2055. Trong những năm 2090, lượng mưa hàng năm giảm khoảng 3,49 % (-17,88 đến 8,92 %); trong khi đó ở kịch bản B1 thì lượng mưa trung bình hàng năm mô phỏng đều giảm ở cả 3 giai đoạn, lần lượt là 1,21; 1,83 và 1,84 %.

Xét về sự thay đổi theo mùa thì lượng mưa giảm trong mùa khô, đặc biệt lượng mưa giảm mạnh vào tháng I đến tháng III.

Trong kịch bản A1B, sự giảm lượng mưa trong mùa khô lần lượt là 0,57, 1,78, và 11,90 % cho các giai đoạn 2020, 2055, và 2090; trong khi

đó ở kịch bản B1 sự giảm lượng mưa lần lượt là 2,65, 5,85 và 8,24%. Sự thay đổi lượng mưa trong mùa mưa thì lượng mưa có xu hướng tăng nhẹ ở hầu hết các tháng mùa mưa, đặc biệt tăng mạnh vào tháng VII, VIII, nhưng giảm đi vào giai đoạn cuối của mùa mưa (tháng X), khoảng 0,92 đến 4,91 % cho kịch bản A1B và khoảng 0,23 đến 4,55 % cho kịch bản B1 cho cả 3 giai đoạn 2020, 2055 và 2090.

Xét các kịch bản cho nhiệt độ và lượng mưa thì sự thay đổi này là rõ ràng. Đối với lượng mưa trung bình năm từng thời kỳ so với giai đoạn nền (Baseline) thì lượng mưa trung bình năm các giai đoạn trong tương lai có xu hướng giảm đi, giai đoạn sau giảm mạnh hơn giai đoạn trước. Còn đối với nhiệt độ thì các giai đoạn sau có xu hướng tăng cao hơn so với giai đoạn trước và nhiệt độ tăng ở kịch bản A1B có xu hướng tăng mạnh hơn so với kịch bản B1. Từ các kịch bản này, tác giả tiếp tục xem xét các ảnh hưởng của các kịch bản biến đổi khí hậu lên sự thay đổi hạn hán của lưu vực này. Các kết quả này sẽ được trình bày trong các bài báo tiếp theo.



Hình 4. Sự thay đổi lượng mưa cho hai kịch bản phát thải A1B và B1

**KẾT LUẬN**

Từ kết quả chi tiết hóa thống kê các yếu tố khí tượng trên lưu vực sông Srêpôk, ta có thể kết luận rằng trong tương lai lưu vực sông Srêpôk sẽ phải đối mặt với những chiều hướng thay đổi không tốt của các yếu tố khí tượng, lượng mưa sẽ giảm dần và nhiệt độ sẽ tăng dần, đặc biệt là thường xảy ra vào các tháng mùa khô. Do vậy tình trạng khô hạn, lượng nước mặt và nước ngầm sụt giảm gây thiết hụt nguồn nước cho sinh hoạt, sản xuất của người dân có thể xảy ra trong tương lai. Chính vì vậy việc xây dựng các kịch bản biến đổi khí hậu cho khu vực nghiên cứu là rất cần thiết nhằm giúp các nhà hoạch định chính

sách có những biện pháp ứng phó kịp thời đối với sự thay đổi khí hậu đang diễn ra.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình LARS-WG cũng đã chứng minh độ tin cậy và sự hữu dụng của công cụ LARS-WG trong xây dựng các kịch bản BĐKH cho khu vực nghiên cứu, và công cụ này cũng có thể được áp dụng trong xây dựng các kịch bản BĐKH cho các khu vực khác.

*Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số “105.06-2013.09”.*

# Application of LARS - WG downscaling model for building climate change scenarios in the Srepok watershed

- Dao Nguyen Khoi
- Nguyen Thi Hong Nhung
- Truong Thanh Canh

University of Science, VNU-HCM

## ABSTRACT

There are statistical downscaling methods such as: SDSM, LARS-WG, WGEN..., used to convert information on climate variables from the simulation results of General Circulation Model (GCM) to build climate change scenarios for local region. In this study, we used the LARS-WG model and HadCM3 GCM for two emission scenarios: B1 (low emission scenario) and A1B (medium emission scenario) to generate future scenarios for temperature and precipitation at meteorological stations and rain gauges in the Srepok watershed. The LARS-WG model

was calibrated and validated against observed climate data for the period 1980-2009, and the calibrated LARS-WG was then used to generate future climate variables for the 2020s (2011-2030), 2055s (2046-2065), and 2090s (2080-2099). The climate change scenarios suggested that the climate in the study area will become warmer and drier in the future. The results obtained in this study could be useful for policy makers in planning climate change adaptation strategies for the study area.

**Keywords:** Statistical downscaling, Climate change scenarios, LARS-WG, Srepok watershed

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Z. Hassan, S. Shamsudin, S. Harun, Application of SDSM and LARS-WG for simulating and downscaling of rainfall and temperature, *Theoretical and Applied Climatology*, 116(1-2), 243-257 (2014).
- [2]. IPCC, Climate change (2007): Synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge (2007).
- [3]. D. Maraun, F. Watterhall, A.M. Ireson, Precipitation downscaling under climate change: recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. *Review of Geophysics*, 48, RG3003 (2010).

- [4]. P. Racksko, L. Szeidl, M. Semenov, A serial approach to local stochastic weather models, *Ecological Modelling*, 57, 27-41 (1991).
- [5]. M.A. Semenov, P. Stratonovitch , Use of multimodel ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts, *Climate Research*, 41, 1-14 (2010).
- [6]. V.T. Tâm, O. Batelaan, T.T. Lê, Áp dụng phương pháp chi tiết hóa thông kê và “máy” tạo thời tiết LARS-WG để đánh giá các đại lượng mưa cực trị theo các kịch bản khí hậu cho vùng đồng bằng ven biển huyện Gio Linh tỉnh Quảng Trị. Tạp chí các Khoa học về Trái đất, VAST, 35, 88-96 (2013).
- [7]. W. Wang, Q. Shao, T. Yang, S. Peng, W. Xing, F. Sun, Y. Luo, Quantitative assessment of the impact of climate variability and human activities on runoff changes: a case study in four catchments of Haihe River basin, China, *Hydrological Processes*, 27, 1158-1174 (2013).
- [8]. R.L. Wilby, C.W. Dawson, SDSM4.2 – A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts, User manual (2007).