

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

Đặng Đình Khá

**NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY CHO LƯU VỰC
THIẾU/KHÔNG CÓ SỐ LIỆU QUAN TRẮC MẶT ĐẤT
(ÁP DỤNG CHO LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG)**

Chuyên ngành: Thủy văn học

Mã số: 9440224.01

DỰ THẢO TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ THỦY VĂN HỌC

Hà Nội, năm 2021

Công trình được hoàn thành tại:
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Trần Ngọc Anh

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp
Đại học Quốc gia

Vào hồi giờ ngày tháng năm 20

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Trung tâm Thông tin Thư viện, ĐHQGHN

MỞ ĐẦU

1. Giới thiệu chung

Dòng chảy có ý nghĩa quan trọng trong nghiên cứu thủy văn và quy hoạch, quản lý tài nguyên nước, bao gồm những vấn đề về phân bổ nguồn nước, thủy điện, vận hành hồ chứa ... và quản lý rủi ro. Hiện nay, tình hình thực tế cho thấy mạng lưới trạm quan trắc lưu lượng đang có xu thế bị thu hẹp trên quy mô toàn cầu (Leon *et al.*, 2006). Những lưu vực đối mặt với tình trạng này được gọi là lưu vực thiếu hoặc không có số liệu (UB). Thuật ngữ lưu vực thiếu hoặc không có số liệu trong nghiên cứu này phủ rộng các trường hợp bao gồm (i) hoàn toàn không có trạm quan trắc lưu lượng (ii) số liệu quan trắc thủy văn không đầy đủ (cả số lượng và chất lượng) (IAHS) (Hrachowitz *et al.*, 2013) (iii) trạm quan trắc trong thời gian ngắn, đo đạc không liên tục (iv) có trạm nhưng không thể truy cập/tiếp cận; (v) cũng bao gồm cả lưu vực không có dữ liệu quan trắc của cả yếu tố khí tượng và dòng chảy.

Lưu vực sông Mê Công là lưu vực sông lớn, xuyên biên giới, chảy nhiều nước (Trung Quốc, Myanmar, Lào, Thái Lan, Campuchia, Việt Nam) chủ yếu là các nước đang phát triển nên nguồn kinh phí dành cho quan trắc số liệu KTTV còn nhiều hạn hẹp. Mạng lưới trạm quan trắc chưa đáp ứng được như theo yêu cầu của WMO. Sự phân bố mật độ các trạm cũng không đồng đều, chủ yếu tập trung ở khu vực đồng bằng, thành phố, thưa thớt ở vùng miền núi hẻo lánh. Ngoài ra các trạm quan trắc hiện có trên lưu vực lại thuộc sự quản lý của các nước sở tại, các sở ban ngành khác nhau. Dẫn đến sự chia sẻ dữ liệu quan trắc giữa các cơ quan (như bộ Công Thương, bộ Nông nghiệp và PTNT, bộ TN&MT) còn hạn chế do có sự mâu thuẫn trong sử dụng nguồn nước giữa các ngành. Sự chia sẻ dữ liệu

giữa các vùng lãnh thổ trên lưu vực với nhau cũng gặp nhiều khó khăn, như Trung Quốc là nước nằm ở thượng nguồn sông Mê Công nhưng lại không tham gia làm thành viên trong MRC. Có thể thấy lưu vực sông Mê Công gặp nhiều khó khăn trong quan trắc, thu thập các nguồn dữ liệu khí tượng thủy văn trên lưu vực. Điều này sẽ ảnh hưởng đến sự chủ động, tính chính xác trong công tác đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực khi nguồn số liệu phụ thuộc vào các nước khác.

Tính cấp thiết

Dòng chảy của sông Mê Công chảy từ ngoài vào Việt Nam chiếm 91% tổng lượng dòng chảy, đây là dòng ngoại nhập nên khó kiểm soát, điều tiết, phân phối cả về lượng và chất. Mạng lưới các trạm quan trắc khí tượng thủy văn trên lưu vực được vận hành và quản lý riêng biệt bởi các nước, do đó khả năng truy cập dữ liệu có nhiều biến động và mạng lưới trạm phân bố không đều giữa các vùng. Dẫn đến khó khăn và thiếu chủ động trong thu thập các nguồn dữ liệu khí tượng thủy văn trên lưu vực sông Mê Công. Nhằm bổ khuyết số liệu cho lưu vực trong điều kiện thiếu hoặc không có số liệu quan trắc, Luận án “*Nghiên cứu tính toán dòng chảy cho lưu vực thiếu/không có số liệu quan trắc mặt đất (áp dụng cho lưu vực sông Mê Công)*” được thực hiện nhằm nghiên cứu lựa chọn nguồn dữ liệu, phương pháp phù hợp, khả dụng trong tính toán lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Mê Công.

2. Mục tiêu luận án

- Đề xuất và lựa chọn được phương pháp và nguồn dữ liệu phù hợp để tính toán dòng chảy cho lưu vực sông Mê Công trong điều kiện thiếu hoặc không có dữ liệu quan trắc mặt đất.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

- *Đối tượng nghiên cứu của luận án:* tính toán lưu lượng dòng chảy cho lưu vực sông Mê Công khi thiếu hoặc không có số liệu quan trắc mặt đất.
- *Phạm vi không gian của luận án:* Từ thượng nguồn sông Mê Công đến trạm Kratie (vùng không ảnh hưởng của thiếu triều).

3. Những đóng góp mới

- Đã khẳng định được tính khả dụng của dữ liệu đo cao từ vệ tinh để bổ sung số liệu dòng chảy cho lưu vực sông Mê Công với độ tin cậy tương đối tốt.
- Đã khẳng định được khả năng sử dụng nguồn dữ liệu mưa thu được từ vệ tinh và mưa tái phân tích kết hợp với mô hình thủy văn tựa phân bố để tính toán dòng chảy cho lưu vực sông Mê Công và đưa ra lựa chọn sản phẩm mưa phù hợp cho từng tiểu lưu vực trên Mê Công khi không có dữ liệu quan trắc mặt đất (mưa tái phân tích CPC cho khu vực thượng lưu và mưa vệ tinh TRMM cho khu vực hạ lưu sông Mê Công).

4. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

- Ý nghĩa khoa học: Luận án đã đánh giá thử nghiệm và đề ra 2 phương pháp bổ sung số liệu dòng chảy có đủ độ tin cậy cho lưu vực sông Mê Công trong bối cảnh thiếu hoặc không có số liệu quan trắc góp phần hoàn thiện thêm phương pháp trong tính toán dòng chảy trên lưu vực.
- Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả của luận án có thể sử dụng tính toán lưu lượng dòng chảy của lưu vực sông Mê Công khi không có hoặc hạn chế nguồn dữ liệu quan trắc mặt đất, nhằm chủ động trong công tác quy hoạch, đánh giá tài nguyên nước

phục vụ công tác phát triển kinh tế xã hội và giảm thiểu tác hại do thủy tai trên lưu vực.

5. Cấu trúc luận án:

Ngoài các phần mở đầu; kết luận và kiến nghị; tài liệu tham khảo; phụ lục, cấu trúc luận án gồm 03 Chương:

Chương 1. Tổng quan về lưu vực sông Mê công và tình hình nghiên cứu tính toán dòng chảy cho lưu vực thiếu hoặc không có số liệu

Trong chương 1, nghiên cứu sinh tiến hành tổng quan về đặc điểm địa lý tự nhiên và hiện trạng mạng lưới trạm khí tượng thủy văn trên lưu vực để từ đó làm nổi bật lên tình trạng thiếu dữ liệu quan trắc trên lưu vực. Ngoài ra, nghiên cứu sinh tiến hành tổng quan về các nguồn dữ liệu, phương pháp trong tính toán dòng chảy trên các lưu vực sông trên thế giới và trên lưu vực sông Mê Công để làm cơ sở đề xuất hướng nghiên cứu của luận án.

Chương 2. Xây dựng công cụ tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Mê Công

Dựa trên khung nghiên cứu của luận án, nghiên cứu sinh tiến hành xây dựng các phương pháp, nguồn số liệu cho lưu vực sông Mê Công. Các nguồn dữ liệu bao gồm các dữ liệu mưa tái phân tích, mưa viễn thám và dữ liệu đo cao từ vệ tinh. Phương pháp sử dụng bao gồm phương pháp mô hình toán kết hợp với các nguồn dữ liệu vệ tinh để tiến hành đánh giá tính khả dụng của các nguồn dữ liệu.

Chương 3. Tính toán và đánh giá kết quả tính toán cho lưu vực sông Mê Công

Trong chương 3 thể hiện các kết quả tính toán và đánh giá các nguồn dữ liệu và kết quả tính toán lưu lượng dòng chảy dựa trên nguồn số liệu và phương pháp đã lựa chọn. Từ đó, đưa ra các khuyến nghị về nguồn dữ liệu có thể bổ khuyết cho các nguồn dữ liệu quan

trắc mặt đất trên lưu vực sông Mê Công, cũng như khẳng định tính đúng đắn của phương pháp mà luận án đã lựa chọn.

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY CHO LƯU VỰC THIẾU/KHÔNG CÓ SỐ LIỆU QUAN TRẮC MẶT ĐẤT

1.1 GIỚI THIỆU VỀ LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Mê Công là một con sông liên quốc gia chảy qua 6 nước nằm trong vùng có vĩ độ $8^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$ và kinh độ $94^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$. Bắt nguồn từ vùng Cao nguyên Tây Tạng ở Trung Quốc, chảy qua tỉnh Vân Nam Trung Quốc, Myanmar, Lào, Thái Lan, Campuchia, và đổ ra biển Đông qua mạng lưới sông ngòi chằng chịt ở vùng đồng bằng sông Cửu Long Việt Nam. So với chỉ tiêu tối thiểu về mật độ trạm đo dòng chảy của WMO (miền núi là $1000\text{ km}^2/\text{trạm}$, vùng đồi và đồng bằng $1870\text{ km}^2/\text{trạm}$), mật độ trạm ở lưu vực sông Mê Công chỉ đạt 23% so với yêu cầu. Trong đó, chỉ có khu vực đồng bằng sông Cửu Long đạt xấp xỉ 100%, còn các khu vực khác chỉ dao động từ 5 – 35%.

Một vấn đề nữa về số liệu của lưu vực sông Mê Công là thiếu dữ liệu tối thiểu cho vùng thượng lưu. Nguyên nhân do Trung Quốc chưa tham gia vào MRC và chỉ cung cấp số liệu thủy văn mùa lũ để phục vụ phòng chống lũ. Tuy tổng lượng dòng chảy đóng góp trên toàn bộ hệ thống có thể coi là nhỏ nhưng nó đóng góp chủ yếu cho dòng chảy mùa khô trên lưu vực sông Mê Công. Có thể thấy lưu vực sông Mê Công là một lưu vực điển hình cho vấn đề thiếu/không có số liệu quan trắc.

Như vậy, có thể thấy, trên lưu vực sông Mê Công có nhiều phân đoạn nằm trong tình trạng thiếu số liệu hoặc không có các trạm quan trắc mặt đất. Vì thế cần triển khai cập nhật các nguồn số liệu, phương pháp mới để khắc phục tình trạng thiếu hoặc không có trên

các lưu vực. Nhằm nâng cao tính chính xác trong tính toán dòng chảy trong điều kiện thiếu hoặc không có dữ liệu quan trắc mặt đất.

1.2 TỔNG QUAN VỀ CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG CHO LƯU VỰC THIẾU/ KHÔNG CÓ TRẠM QUAN TRẮC

Lưu lượng dòng chảy là kết quả của quá trình tương tác giữa các thành phần của cảnh quan địa lý bao gồm; khí hậu, địa hình, địa chất, thổ nhưỡng, thảm thực vật và các yếu tố nhân sinh. Trong khi đó các yếu tố cảnh quan địa lý này luôn biến đổi theo không gian và thời gian, cho nên tính toán dòng chảy các cho các lưu vực sông là một thách thức lớn đối với các nhà khoa học từ trước đến nay do chưa có lý thuyết hay phương pháp có thể mô tả đầy đủ các quá trình diễn biến của dòng chảy trên lưu vực (Sivapalan, 2003).. Một số phương pháp hay được sử dụng trong tính toán thủy văn được thể hiện các giáo trình như giáo trình “*Tính toán thủy văn*” của tác giả Nguyễn Thanh Sơn và các tác giả khác (2003) (Sơn et al 2003) hay “*Sổ tay tính toán thủy văn, thủy lực cầu đường*” do Tổng công ty Tư vấn thiết kế Giao thông vận tải (TEDI) biên soạn, các phương pháp này đã được đưa vào các quy phạm, quy chuẩn trong tính toán thủy văn, thủy lực như QP.TL.C-6-77 hay TCVN 9845:2013 để phục vụ tính toán thiết kế các công trình thủy lợi thủy điện và tài nguyên nước trên lưu vực.

Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, hiện nay có rất nhiều cách tiếp cận đã được phát triển để tính toán dòng chảy mặt cho lưu vực không có trạm quan trắc. Nhằm bổ khuyết cho các tài liệu quan trắc KTTV trên mặt đất ở những lưu vực khó khăn (miền núi, vùng sâu vùng xa, địa hình chia cắt,...) một số nguồn số liệu mới, phương pháp mới đã được sử dụng nhằm nâng cao kết quả tính

toán của mô hình thủy văn ở những lưu vực thiếu trạm quan trắc, bao gồm;

- Chuyển đổi thông số mô hình từ lưu vực tương tự
- Cải thiện cấu trúc mô hình thủy văn
- Sử dụng dữ liệu thay thế và phát triển thuật toán hiệu chỉnh tối ưu
- Sử dụng dữ liệu ảnh vệ tinh và dữ liệu đo cao từ vệ tinh
- Sử dụng dữ liệu mưa lưới

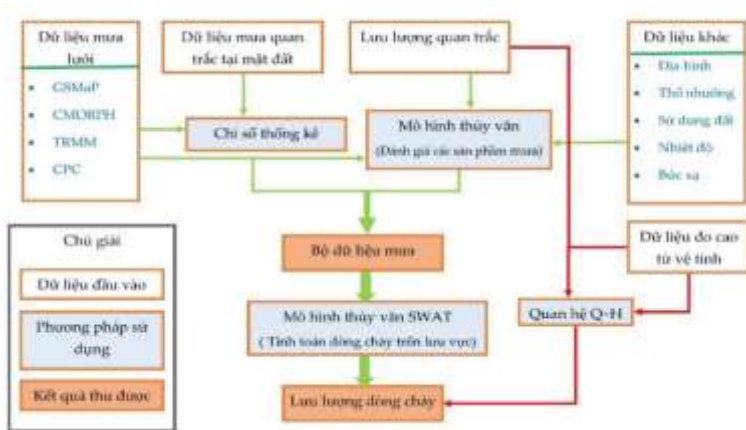
1.3 ĐỀ XUẤT HƯỚNG NGHIÊN CỨU TRONG LUẬN ÁN

Trên cơ sở (i) tham khảo phương pháp tính toán dòng chảy từ các tài liệu trên thế giới cho lưu vực thiếu hoặc không có số liệu quan trắc trực tiếp, (ii) đánh giá đặc điểm tự nhiên, thủy văn liên quan đến địa hình, khí hậu, dòng chảy và thực trạng mạng lưới trạm của lưu vực sông Mê Công; nghiên cứu đề xuất bổ sung số liệu lưu lượng nước cho lưu vực sông Mê Công bằng 2 phương pháp (1) quan trắc phi trực tiếp mực nước từ vệ tinh đo cao kết hợp với đường quan hệ giữa mực nước đo cao với lưu lượng quan trắc và (2) sử dụng kết hợp mô hình thủy văn và dữ liệu mưa vệ tinh (hình 1.10) .

Với những lưu vực thiếu hoặc không có số liệu quan trắc mặt đất, hướng nghiên cứu đầu tiên mà nghiên cứu sinh tiếp cận là sử dụng phương pháp quan trắc gián tiếp từ xa. Cụ thể nguồn dữ liệu đo cao từ vệ tinh sử dụng để xác định giá trị mực nước trong sông và thông qua phương trình tương quan mực nước ~ lưu lượng ($Q \sim H$) sẽ ước tính giá trị lưu lượng trong sông. Hướng tiếp cận thứ 2 mà nghiên cứu sinh sử dụng là phương pháp mô hình toán kết hợp dữ liệu mưa lưới (mưa vệ tinh và mưa tái phân tích) để tính toán lưu lượng dòng chảy trên lưu vực. Tuy nhiên, để chọn được nguồn dữ liệu mưa nào phù hợp cho lưu vực sông Mê Công, nghiên cứu đã tiến

hành đánh giá các nguồn dữ liệu mưa thông qua mô hình toán thủy văn và các chỉ số thống kê.

Sau khi đánh giá lựa chọn sản phẩm mưa phù hợp cho tính toán dòng chảy lưu vực sông Mê Công, các kết quả tính toán lưu lượng và các thành phần trong vòng tuần hoàn thủy văn cũng sẽ được tính toán và phân tích tính bất định để đảm bảo kết quả có độ tin cậy trên lưu vực sông Mê Công. Dựa trên số liệu mực nước tính toán từ vệ tinh đo cao và số liệu lưu lượng tính toán bằng mô hình toán thủy văn, nghiên cứu đã xây dựng phương trình tương quan giữa mực nước và lưu lượng tại các vị trí có dữ liệu đo cao phục vụ tính toán nhanh lưu lượng dòng chảy trên dòng chính sông Mê Công tại các vị trí có dữ liệu mực nước từ vệ tinh đo cao thay vì phải sử dụng mô hình toán tính toán từ dữ liệu mưa.



Hình 1.1. Sơ đồ nghiên cứu của luận án

CHƯƠNG 2 . XÂY DỰNG CÔNG CỤ TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

2.1 PHƯƠNG PHÁP SỬ DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

2.2.1 Phương pháp ước tính lưu lượng từ vệ tinh đo cao

Quá trình ước tính lưu lượng nước trong sông được thực hiện gián tiếp qua sự biến động mực nước trong sông và quan hệ mực nước – lưu lượng (Q~H) đã được xây dựng từ những trạm quan trắc lân cận. Dữ liệu đo cao từ vệ tinh là khoảng cách từ vệ tinh đến các đối tượng trên bề mặt trái đất và được xác định dựa trên nguyên lý bài toán vật lý tính quãng đường khi đã biết vận tốc (sóng) và thời gian thu nhận lại thông tin từ các Radar gắn trên vệ tinh. Trong nghiên cứu này, sẽ sử dụng dữ liệu đo cao từ vệ tinh Envisat và Jason-2/3 để tính toán lưu lượng trên dòng chính sông Mê Công theo phương pháp của Schwatke và ccs (2015).

Bảng 2.1. Các vệ tinh sử dụng dữ liệu đo cao cho nghiên cứu

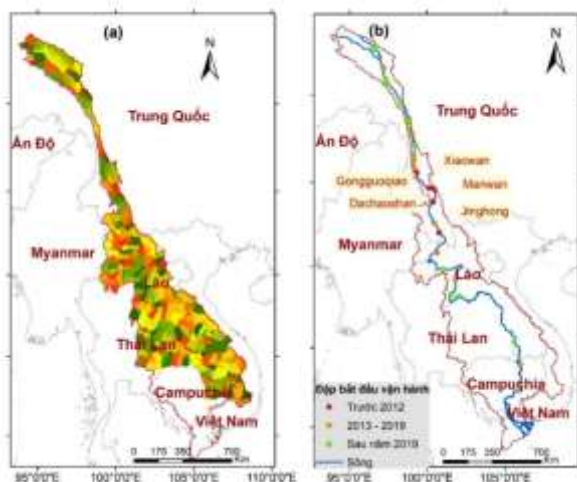
Vệ tinh	Thời kỳ hoạt động	Chu kỳ lặp (ngày)
Envisat	2002 – 2010	35
Jason-2/3	2008 – 2040	10

2.2.2 Phương pháp thống kê

Để đánh giá các sản phẩm mưa lưới với dữ liệu mưa quan trắc tại trạm, các nhà khoa học thường sử dụng các chỉ số thống kê định lượng và chỉ số thống kê định tính. Trong nghiên cứu này, nghiên cứu sinh sẽ sử dụng phương pháp nội suy các dữ liệu mưa lưới về giá trị mưa tại các trạm quan trắc để đánh giá so sánh.

2.2.3 Phương pháp mô hình toán

Bộ mô hình ArcSWAT 2012 được sử dụng để thiết lập mô hình thủy văn trên lưu vực sông Mê Công. Dựa trên bản đồ số độ cao (DEM) và mạng lưới sông trên lưu vực đã phân chia lưu vực thành 363 tiểu lưu vực, diện tích mỗi tiểu lưu vực trung bình khoảng 2000 km² (Hình 2.11).



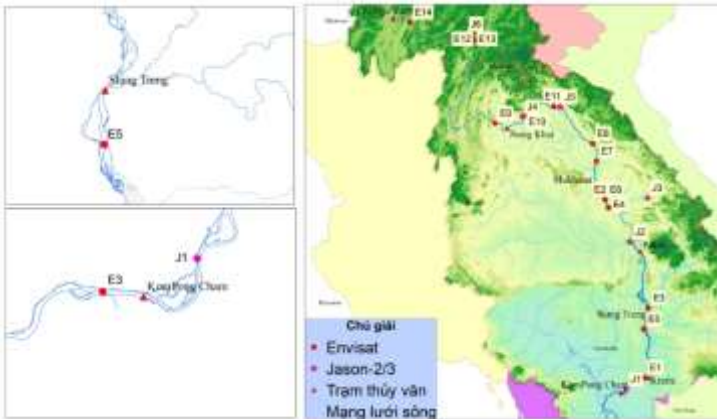
Hình 2.11. Bản đồ phân chia các tiểu lưu vực (a) và vị trí các đập thủy điện (b) trên dòng chính sông Mê Công

Có tất cả 2850 HRUs được tạo thành theo 5 mức độ phân cấp của dữ liệu độ dốc trên lưu vực 0–2%, 2–6%, 6–15%, 15–25%, và >25%. Các dữ liệu khí tượng được sử dụng làm đầu vào cho mô hình bao gồm; lượng mưa, nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất theo từng ngày, bức xạ mặt trời, tốc độ gió, độ ẩm.

CHƯƠNG 3 TÍNH TOÁN VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ TÍNH TRÊN LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

3.1 ĐÁNH GIÁ TÍNH KHẢ DỤNG CỦA DỮ LIỆU ĐO CAO VỆ TINH ĐỂ TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG

Các kết quả tính toán lưu lượng từ dữ liệu đo cao của vệ tinh Envisat và Jason-2/3 cho kết quả khá tốt, do đó có thể sử dụng phương pháp này để tính toán cho các vị trí khác nhau và tại thời điểm khác nhau khi thiếu dữ liệu quan trắc mặt đất. Và có thể chủ động trong quan trắc lưu lượng ở những vùng xa, hẻo lánh hay trên lưu vực sông xuyên biên giới.



Hình 3.1. Vị trí các trạm quan trắc từ vệ tinh Envisat và Jason-2/3

Các kết quả tính toán lưu lượng từ dữ liệu mực nước trích xuất từ các vệ tinh đo cao Envisat và Jason-2/3 tại 20 điểm quan trắc bằng vệ tinh đo cao cho kết quả mô phỏng tốt, giá trị lưu lượng tính toán và quan trắc có quan hệ rất chặt với nhau với hệ số tương quan $R > 0.67$. do đó phương pháp tính lưu lượng từ mực nước đo cao nói chung và đường quan hệ tương quan $Q \sim H$ nói riêng có thể sử dụng để cung cấp chuỗi số liệu lưu lượng độ tin cậy cao. Nhờ đó có thể

chủ động trong quan trắc lưu lượng ở những vùng không có số liệu hay khó truy cập đặc biệt các lưu vực sông liên quốc gia.

3.2 ĐÁNH GIÁ TÍNH KHẢ DỤNG CỦA NGUỒN DỮ LIỆU MƯA

Để đánh giá các sản phẩm mưa lưới (GPPs) làm đầu vào cho mô hình thủy văn, nghiên cứu đã sử dụng các chỉ số thống kê để đánh giá chuỗi số liệu mưa GPPs và số liệu mưa quan trắc tại các trạm mặt đất theo các bước thời gian; lượng mưa trung bình nhiều năm, lượng mưa theo 2 mùa (mùa khô, mùa mưa), lượng mưa theo ngày.

3.2.1 Đánh giá chuỗi số liệu GPPs theo mùa và năm

Kết quả từ phân tích các biến đổi theo mùa và theo năm của lượng mưa của tất cả các nguồn dữ liệu mưa GPPs và mưa quan trắc tại trạm trong giai đoạn 1998 – 2012 được thể hiện trong. Kết quả cho thấy xu hướng tăng dần từ lượng mưa phân phía bắc (thượng lưu) đến phần đông nam (hạ lưu) của MRB trong tất cả các dữ liệu lượng mưa cho mùa khô và mưa, cũng như cả năm.

Kiểm tra trực quan các phân phối không gian cho thấy TRMM có kết quả tốt nhất với số liệu thực đo. Sự phân bố không gian và lượng mưa của CPC và GSMaP tương tự nhau, nhưng có sự sai khác nhiều với số liệu thực đo. Đặc biệt, CPC và GSMaP cho thấy lượng mưa thấp hơn nhiều so với các vùng đông bắc và giữa vĩ độ 20°.

3.2.2 Đánh giá chuỗi số liệu GPPs theo tháng

Hệ số tương quan số liệu mưa tháng trung bình của các trạm của các GPPs khá cao khoảng 0.77 đến 0.84, trong đó mưa TRMM có hệ số tương quan cao nhất là 0.84, mưa CPC có hệ số tương quan thấp nhất là 0.77. Xét trên toàn lưu vực cho thấy, mưa TRMM có sai

số thiên cao hơn so với thực đo là 3.34%, các sản phẩm mưa khác chủ yếu thiên thấp hơn so với thực đo từ -14.49% đến -17.04%, mưa GSMaP và CPC có sai số đặc biệt lớn ở khu vực phía đông nam của lưu vực.

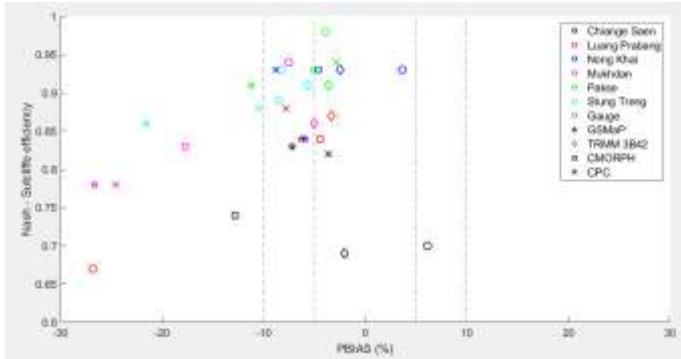
3.2.3 Đánh giá chuỗi số liệu GPPs theo ngày

Các chỉ số thống kê giữa lượng mưa ngày quan trắc tại trạm và dữ liệu mưa GPPs được thể hiện trong **Error! Reference source not found.5** cho thấy; mưa TRMM có giá trị trung bình ngày (Mean) gần với giá trị thực đo nhất 4.68mm/ngày so với 4.11 mm/ngày, các sản phẩm mưa khác thiên thấp chỉ khoảng 3.45 đến 3.73mm/ngày.

Kết quả cho thấy, TRMM cho giá trị mưa tốt nhất trong các GPPs cho toàn bộ MRB ở các bước thời gian khác nhau: mưa tháng, mưa mùa và mưa năm. Với số liệu mưa ngày, các sản phẩm GSMaP và CPC cho thấy hiệu suất tốt hơn so với các GPPs khác ở khu vực thượng nguồn của lưu vực.

3.3 ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SỬ DỤNG CÁC BỘ DỮ LIỆU MƯA LƯỚI TRONG TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY

Quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được thực hiện trong giai đoạn 2000 – 2006 và 2007 – 2012. Các chỉ số Nash, R^2 , PBIAS được sử dụng để đánh giá kết quả tính toán mô hình và số liệu thực đo tại các trạm quan trắc trên dòng chính sông Mê Công. Kết quả tối ưu bộ thông số cho từng dữ liệu mưa được thể hiện trên Hình 3.23.



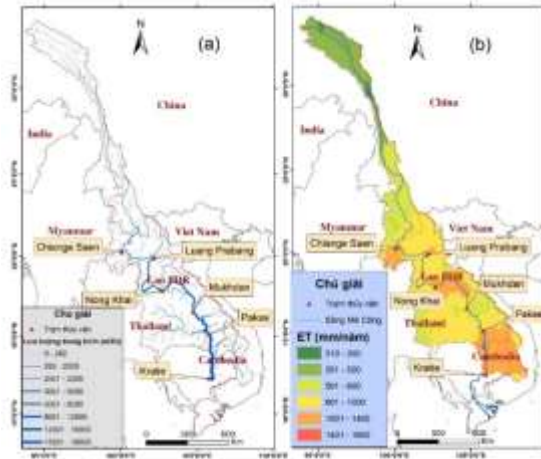
Hình 3.23 Hệ số hiệu quả của Nash- Sutcliffe (NSE) và PBIAS của các giá trị của các trạm thủy văn

Nhìn chung, phần thượng nguồn của lưu vực, CPC đạt được hiệu suất tốt nhất, trong khi ở khu vực giữa và vĩ độ thấp, thì kết quả tính toán từ mưa TRMM cho kết quả tốt hơn các GPPs khác. Dựa trên các kết quả đánh giá dữ liệu mưa bằng các chỉ số thống kê và kết quả tính toán bằng mô hình toán, nghiên cứu đề xuất khu vực thượng lưu của sông Mê Công (phần lãnh thổ Trung Quốc) thì sử dụng nguồn số liệu mưa CPC, còn khu vực phía hạ lưu sử dụng mưa TRMM để tính toán dòng chảy, trong trường hợp không thu thập được số liệu quan trắc tại các trạm.

3.4 TÍNH TOÁN KHÔI PHỤC DÒNG CHẢY TRÊN LƯU VỰC SÔNG MÊ CÔNG

Lưu lượng trung bình trong giai đoạn 1998 – 2012 được trên dòng chính sông Mê Công và các phụ lưu được thể hiện trên Hình 3.27a, cho thấy lưu lượng dòng chảy biến đổi theo xu hướng tăng dần từ thượng lưu đến hạ lưu. Ở khu vực thượng lưu, dòng chảy có giá trị lưu lượng trung bình khoảng $2500\text{m}^3/\text{s}$ (tại biên giới Trung Quốc) và lưu lượng dòng chảy trung bình có giá trị khoảng $15.000\text{m}^3/\text{s}$ (khi đổ vào sông Tiền và sông Hậu). Trên các phụ lưu của dòng Mê Công, lưu lượng dòng chảy cũng biến đổi theo từng vị trí, khu

vực của phụ lưu trong khoảng từ 10 – 2000m³/s. Giá trị lưu lượng dòng chảy có thể được trích xuất tại bất kỳ vị trí nào sẽ bỏ khuyết cho những vị trí mà không có trạm quan trắc.



Hình 3.27. Bản đồ phân bố lưu lượng dòng chảy (a) và lượng bốc thoát hơi nước (b) trên lưu vực Mê Công

6 XÂY DỰNG PHƯƠNG TRÌNH TƯƠNG QUAN GIỮA MỨC NƯỚC VÀ LƯU LƯỢNG

Dựa trên kết quả tính toán mực nước từ dữ liệu đo cao của vệ tinh (mức 3.1) và kết quả khôi phục dòng chảy bằng mô hình toán trong giai đoạn 1998 – 2012, nghiên cứu sinh đã xây dựng phương trình tương quan giữa mực nước và lưu lượng tại các vị trí có dữ liệu đo cao từ vệ tinh. Phương trình tổng quát của phương trình tương quan được thể hiện trên phương trình sau;

$$Q = a * H^2 + b * H + c \quad (7)$$

Trong đó, Q là lưu lượng (m³/s)

a,b,c là hệ số của phương trình của các vị trí được thể hiện trong bảng Bảng 3.9

H: giá trị mực nước (m)

Bảng 3.9 Hệ số tương quan giữa mực nước và lưu lượng

STT	Vị trí	Hệ số tương quan R	Hệ số phương trình tương quan		
			a	b	c
1	E1	0.96	27.9	1347.6	-5190.9
2	E2	0.95	-64.1	19067.5	-1380394.6
3	E3	0.92	111.5	-9604.7	206699.7
4	E4	0.95	-30.7	9485.9	-694180.7
5	E5	0.95	260.0	15325.0	197941.0
6	E6	0.96	-50.4	15489.8	-1148275.0
7	E7	0.96	-13.0	5394.1	-482842.2
8	E8	0.87	-79.8	23525.2	-1717993.1
9	E9	0.84	-143.0	50428.2	-4417598.0
10	E10	0.96	-13.8	5671.5	-541724.1
11	E11	0.90	-67.0	21187.6	-1661512.7
12	E12	0.96	41.2	-21600.2	2832431.9
13	E13	0.96	15.5	-8376.4	1130135.4
14	E14	0.72	1.1	-748.5	123366.0
15	J1	0.900	304.3	-2389.0	6756.0
16	J2	0.93	-5.1	3231.6	-250907.1
17	J3	0.67	-16.8	4871.8	-353263.5
18	J4	0.97	4.0	88.3	-103966.8
19	J5	0.94	-18.5	6935.4	-611596.3
20	J6	0.94	15.2	-8361.9	1144107.3

Các phương trình được sử dụng để tính toán nhanh giá trị lưu lượng dòng chảy khi biết số liệu mực nước tại các vị trí, thay vì phải sử dụng mô hình toán thủy văn cho toàn lưu vực với hệ số tương quan $R > 0.67$.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

[1] Nghiên cứu đã đánh giá lựa chọn phương pháp và nguồn dữ liệu phù hợp để tính toán dòng chảy cho lưu vực sông thiếu/không có trạm quan trắc. Bên cạnh các phương pháp truyền thống để tính toán dòng chảy trên các lưu vực sông thiếu/không có trạm quan trắc, nghiên cứu đã tổng quan các phương pháp mà các nhà thủy văn hiện nay hay sử dụng thông qua kết hợp các phương pháp truyền thống cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, đặc biệt là các nguồn dữ liệu quan trắc phi trực tiếp thu được từ vệ tinh. Trong đó, phương pháp sử dụng mô hình toán thủy văn kết hợp với các nguồn dữ liệu mưa lưới và phương pháp ước tính từ dữ liệu đo cao từ vệ tinh đã cho thấy tính hiệu quả và khả dụng trong tính toán lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Mê Công trong điều kiện thiếu hoặc không có trạm quan trắc mặt đất, cụ thể;

- i. Với 2 vị trí được đánh giá, kết quả tính toán lưu lượng từ dữ liệu mực nước trích xuất từ các vệ tinh đo cao Envisat và Jason-2/3 rõ ràng cho kết quả mô phỏng tốt, đường quan hệ tương quan Q~H do đó có thể sử dụng để cung cấp chuỗi số liệu lưu lượng độ tin cậy cao (với chỉ tiêu NSE đạt khoảng 0.8).
- ii. Các dữ liệu mưa lưới (GPPs) đều cung cấp đầu vào tốt, ngang với mưa trạm trong tính toán thủy văn cho khu vực thuộc Lào và Campuchia (NongKhai, Parkse, Kratie) đặc biệt là mưa TRMM (chỉ số NSE lớn, PBIAS nhỏ). Trong đó CPC cho kết quả tốt nhất ở khu vực thượng lưu (trạm Chiang Sen và Luang Prabang thuộc Myanmar), TRMM lại cho kết quả tốt nhất ở khu vực hạ lưu Mê Công. Tuy nhiên kết quả tính toán dòng chảy tại trạm Chiang Saen với mưa CMORPH cho kết quả không cao

(NSE 0.63), do khả năng xác định mưa của CMORPH ở vùng thượng nguồn MRB kém. Tương tự, kết quả tính dòng chảy GSMaP và CPC cũng cho kết quả không cao ở trạm Mukhdan, điều này có thể là do ảnh hưởng của khả năng xác định mưa ở vùng biên giới Lào, Thái Lan và Đông Campuchia.

[2] Dựa trên những đánh giá mà nghiên cứu thực hiện, luận án đã đưa một số lưu ý trong lựa chọn dữ liệu mưa cho các tiểu vùng. Cụ thể, các số liệu GPPs có sự khác nhau đáng kể về lượng và phân bố mưa; do đó, trong điều kiện thiếu số liệu để tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Mê Công thì việc lựa chọn sản phẩm mưa cho từng tiểu vùng có ảnh hưởng lớn đến kết quả tính toán dòng chảy. Vì thế khi sử dụng số liệu và mô hình cần lưu ý một số điểm sau (trong số các GPPs được thử nghiệm trong nghiên cứu này):

- i) Mưa TRMM phù hợp nhất để xác định mưa cường độ lớn trên lưu vực sông Mê Công. Nhìn chung TRMM có khả năng mô phỏng tốt đặc điểm mưa và dòng chảy trên lưu vực MRB ở các quy mô thời gian khác nhau.
- ii) Ở khu vực thượng nguồn và vùng lãnh thổ Thái Lan, khả năng mô phỏng mưa giữa các GPPs tương đối ổn định. Các sản phẩm GPPs đều có thể là nguồn dữ liệu bổ sung thay thế cho mưa trạm để tính toán dòng chảy cho khu vực thuộc Lào và Campuchia (NongKhai, Parkse, Kratie). Ở thượng lưu sông Mê Công tác giả kiến nghị sử dụng mưa CPC, và sử dụng TRMM ở khu vực hạ lưu.
- iii) Cần đặc biệt lưu ý khi sử dụng các sản phẩm GPPs cho các vùng mưa nhiều, các GPPs có xu thế thiên cao ở vùng mưa ít và thiên thấp ở vùng mưa nhiều, đặc biệt GSMaP và CPC không

nên sử dụng để mô phỏng cho khu vực biên giới Lào, Thái Lan và Đông Campuchia.

[3] Dựa trên lựa chọn nguồn dữ liệu mưa phù hợp, kết quả đánh giá dòng chảy, các thành phần trong cán cân cân bằng nước cho các tiểu vùng trên lưu vực sông Mê Công đã cung cấp bổ sung các thông tin về phân bố lưu lượng, tổng lượng và các thành phần trong cán cân cân bằng nước cho lưu vực sông Mê Công, cụ thể như sau:

- i) Thượng lưu sông Mê Công, lượng mưa trung bình năm khoảng 857mm, thành phần bốc thoát hơi chiếm khoảng 58%, lớp dòng chảy mặt khoảng 357.3 mm/năm, lượng bổ cập nước ngầm là 3.7mm/năm
- ii) Tiểu vùng R2a, R2b, R2c, R3 có sự biến đổi lượng mưa đáng kể giữa các vùng dao động trong khoảng 1615 – 2338mm/năm, lượng bốc thoát hơi nước khoảng 921 – 967 mm/năm, tỷ lệ sinh dòng chảy mặt trên các tiểu vùng có sự khác nhau rõ rệt do hiện trạng sử dụng đất của các tiểu vùng khác nhau. Tiểu vùng R2a có tỷ lệ rừng bao phủ là 88% thì tỷ lệ sinh dòng chảy mặt chỉ khoảng 32% so với tổng lượng mưa, tiểu vùng R2b, R2c có tỷ lệ che phủ của rừng thấp hơn (khoảng 50 – 60%) thì tỷ lệ lớp dòng chảy mặt chiếm khoảng 53 – 56%, tiểu vùng R3 chủ yếu là đất nông nghiệp, nên lượng nước thường được trữ lại phục vụ cho tưới tiêu nên tỷ lệ lượng dòng chảy mặt chảy vào sông Mê Công chỉ khoảng 34% so với tổng lượng mưa trong vùng.
- iii) Khu vực R4 có lớp dòng chảy mặt khá dồi dào (1174.5 mm/năm) chiếm 52% so với lượng mưa trong khu vực. Lượng bốc thoát hơi nước và bổ cập nước ngập lần lượt là 1114.9 mm/năm và 33.52mm/năm.

Kiến nghị

Nghiên cứu đã sử dụng 4 nguồn dữ liệu mưa phổ biến có độ ổn định cao (TRMM, CMORPH, GSMaP, CPC) và dữ liệu đo cao từ vệ tinh Envisat và Jason-2/3 để đánh giá nhằm bổ khuyết hoặc thay thế nguồn dữ liệu quan trắc trên mặt đất trong tính toán thủy văn trên lưu vực. Hiện nay và trong tương lai với sự phát triển của khoa học viễn thám sẽ có nhiều nguồn dữ liệu đo cao, mưa khác được hình thành và làm phong phú thêm các nguồn dữ liệu trên lưu vực Mê Công, do vậy nghiên cứu kiến nghị cần có thêm các đánh giá các nguồn dữ liệu mưa, đo cao trong tính toán thủy văn trên lưu vực.

Nghiên cứu này chỉ mới đánh giá được riêng lẻ mức độ phù hợp của các sản phẩm viễn thám mà chưa đánh giá được phương pháp kết hợp, vì thế nghiên cứu kiến nghị đánh giá hiệu quả của mô hình kết hợp dựa vào cả độ rộng sông, độ sâu và độ dốc v.v., mô hình kết hợp này được mong đợi có khả năng sẽ tăng độ chính xác so với dùng từng sản phẩm riêng lẻ.

Do hạn chế trong thu thập các nguồn dữ liệu vận hành các đập thủy điện nên nghiên cứu mới chỉ sử dụng các thông tin cơ bản các đập tính toán, nghiên cứu kiến nghị sử dụng các phương pháp khác để thu thập các nguồn dữ liệu này như sử dụng dữ liệu vệ tinh kết hợp với thuật toán ANN để nâng cao kết quả tính toán dòng trên lưu vực.

Lưu vực sông Mê Công là lưu vực sông lớn, nên thời gian chảy truyền trên dòng chảy từ thượng nguồn về đồng bằng sông Cửu Long sẽ khá lâu, nên nghiên cứu kiến nghị nghiên cứu sử dụng các nguồn dữ liệu mưa lưới trong dự báo thời gian thực tại các trạm ở hạ lưu của lưu vực sông Mê Công, nhằm bổ khuyết các nguồn dữ liệu mưa trên mặt đất và tăng tính chủ động trong công tác dự báo.

Khu vực từ trạm Kratie đến cửa biển là vùng ảnh hưởng của triều, có chế độ dòng chảy phức tạp, nghiên cứu kiến nghị bổ sung các mô hình thủy lực kết nối với mô hình SWAT để đánh giá chế độ dòng chảy tại khu vực này.

Trên cơ sở các kết quả tính toán các thành phần cân cân bằng nước, đặc biệt là mưa và dòng chảy cho giai đoạn trước 2012; và việc thực hiện thêm nghiên cứu đánh giá cho giai đoạn sau 2012 sẽ giúp các nhà quản lý tài nguyên nước đưa ra được những nhận định rõ ràng về nguyên nhân dẫn đến hiện trạng tài nguyên nước ở lưu vực sông Mê Công cũng như đánh giá được mức ảnh hưởng của các công trình đập thủy điện đến dòng chảy sông Mê Công và các thành phần trong cân cân bằng nước (tuy nhiên nội dung đánh giá cho giai đoạn sau 2012 chưa được thực hiện trong phạm vi của luận án này).

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN ĐẾN LUẬN ÁN

1. **Kha, D.D.**; Anh, T.N.; Nguyen, N.Y.; Bui, D.D.; Srinivasan, R (2020), “Evaluation of Grid-Based Rainfall Products and Water Balances over the Mekong River Basin”, (2020), *Remote Sens*, 12, 1858. <https://doi.org/10.3390/rs12111858>
2. **Đặng Đình Khả**, Trần Ngọc Anh, “Thiết lập bộ mô hình thủy văn thông số phân bố phục vụ đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực sông Mê Công”, *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, (đã chấp nhận đăng).
3. **Dang Dinh Kha**, Tran Ngoc Anh, Nguyen Y Nhu, Bui Du Duong (2019), “The gridded precipitation products for hydrological application over the Mekong river basin”, *Vietnam International Water Week-VACI2019*, HaNoi, VietNam.
4. Vadim Kuzmin, Inna Pivovarova, Kiril Shemanaev, Daria Sokolova, Artur Batyrov, Ngoc Anh Tran, **Dinh Kha Dang** (2019), “Method of Prediction of the Stream Flows in Poorly Gauged and Ungauged Basins”, *Journal of Ecological Engineering*. Vol. 20, Issue 1, pp. 180-187, <https://doi.org/10.12911/22998993/94915>