

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG KẾT HỢP DỮ LIỆU VIỄN THÁI VÀ MÔ HÌNH TOÁN IFAS TRONG MÔ PHÒNG ĐỒNG CHẢY LŨ LƯU VỰC SÔNG NĂM NƠM THUỘC HỆ THỐNG SÔNG CẢ

Bùi Tuấn Hải¹, Lê Quang Vinh²

TÓM TẮT

Sông Cả là một sông lớn ở vùng Bắc Trung bộ, có diện tích lưu vực 27.200 km² phân bố trên lãnh thổ của hai quốc gia là Việt Nam và Lào. Lũ lụt là một loại thiên tai thường xuyên xảy ra ở khu vực Bắc Trung bộ, đặc biệt là vùng miền núi các tỉnh Nghệ An và Thanh Hoá. Việc nghiên cứu đồng chảy lũ là vô cùng quan trọng đối với việc cảnh báo lũ cho khu vực hạ du, giảm thiểu tác động của lũ gây ra, đặc biệt là nghiên cứu đồng chảy lũ từ thượng nguồn sông Cả. Tuy nhiên phần thượng lưu sông Cả nằm bên nước bạn Lào (chiếm 35% diện tích lưu vực) không có số liệu hoặc có rất ít số liệu phục vụ nghiên cứu. Gắn liền với sự phát triển mạnh mẽ của công nghệ vệ tinh, việc sử dụng dữ liệu viễn thám cùng với việc kết hợp mô hình toán trong các lĩnh vực khí tượng, thủy văn, quản lý nguồn nước lưu vực... đang từng bước phát huy được hiệu quả. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu kết hợp dữ liệu viễn thám với mô hình toán IFAS để mô phỏng đồng chảy lũ cho lưu vực sông Năm Nôm - một phụ lưu chính của sông Cả. Kết quả hiệu chỉnh mô hình IFAS trên lũ tháng 6/2011 cho hệ số tương quan $R^2 = 0,90$, hệ số NSE = 0,90; còn kết quả kiểm định lại mô hình IFAS với trận lũ tháng 8-9/2018 cho hệ số $R^2 = 0,83$ và hệ số NSE = 0,81. Kết quả nghiên cứu cho sông Năm Nôm có thể ứng dụng cho toàn bộ lưu vực sông Cả và các lưu vực sông có rất ít hoặc không có tài liệu đo đạc các yếu tố khí tượng, thủy văn.

Từ khóa: Sông Cả, lưu vực Năm Nôm, viễn thám, IFAS, GSMAP.

1. BẮT ĐẦU

Sông Cả có diện tích lưu vực 27.200 km² phân bố trên lãnh thổ hai nước Việt Nam và Lào. Ở Việt Nam, sông Cả nằm trên địa giới hành chính của các tỉnh Nghệ An, Hà Tĩnh và Thanh Hoá, có tổng diện tích 17.730 km², chiếm khoảng 65% diện tích toàn lưu vực. Dòng chính sông Cả dài 531 km, trong đó có 361 km phía hạ lưu chảy trên lãnh thổ Việt Nam. Với gần 35% diện tích lưu vực phía thượng nguồn nằm trên lãnh thổ nước bạn, cùng với nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú và đa dạng, sông Cả có vai trò đặc biệt quan trọng cho phát triển kinh tế - xã hội và an ninh quốc phòng đối với ba tỉnh vùng Bắc Trung bộ nói riêng và cả nước nói chung [1].

Lưu vực sông Cả là một trong những vùng chịu ảnh hưởng nặng nề của thiên tai lũ lụt. Hàng năm nước lũ từ thượng nguồn đổ về gây lũ quét và sạt lở đất các khu vực trung du miền núi, làm ngập lụt các thung lũng và vùng hạ lưu, làm tổn thất sinh mạng và

tài sản của nhân dân, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sự ổn định và phát triển kinh tế - xã hội của các tỉnh Nghệ An và Hà Tĩnh. Các trận lũ xảy ra vào tháng 6/2011, tháng 8/2016 và tháng 8/2018 là những ví dụ rất điển hình. Nghiên cứu quá trình hình thành đồng chảy lũ từ thượng nguồn sông Cả có ý nghĩa cực kỳ quan trọng đối với việc cảnh báo thiên tai cho khu vực hạ du. Tuy nhiên do phần lớn vùng thượng lưu sông Cả nơi hình thành và phát triển lũ lại nằm bên nước bạn Lào, không có số liệu hoặc có rất ít số liệu có liên quan phục vụ nghiên cứu.

Trong những năm gần đây công nghệ viễn thám đang được nghiên cứu ứng dụng rộng rãi trong hầu hết mọi lĩnh vực trong đó có quản lý tài nguyên nước. Một trong những thế mạnh của công nghệ viễn thám là cung cấp số liệu chi tiết và chính xác sự biến động của điều kiện tự nhiên và xã hội các lưu vực sông theo không gian và thời gian không phân biệt đó là sông nội địa hay sông xuyên biên giới. Nghiên cứu sử dụng tài liệu viễn thám kết hợp với các công nghệ phù hợp trong dự báo khí tượng, thủy văn, đồng chảy và quản lý tài nguyên nước các lưu vực sông là một phương pháp hữu hiệu khác phục tình trạng thiếu các tài liệu thực đo đang được nhiều nhà khoa học

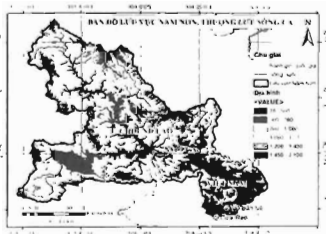
¹ Viện Quy hoạch Thủy lợi
² Trường Đại học Thủy lợi
Email: tuanhai@hvl.vn

quan tâm. Bài báo này giới thiệu kết quả bước đầu nghiên cứu kết hợp các số liệu viễn thám với mô hình toán mô phỏng dòng chảy lũ trên lưu vực thượng lưu sông Cà.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Vùng thượng nguồn lưu vực sông Cà có hai sông nhánh gồm Nậm Non và Nậm Mỏ. Cả hai nhánh sông này đều bắt nguồn từ lãnh thổ của nước bạn Lào, nhập lưu tại ngã ba Cửa Rào trước khi chảy về hạ du sông Cà. Phạm vi nghiên cứu ứng dụng số liệu viễn thám kết hợp mô hình toán mô phỏng dòng chảy mùa lũ được giới hạn cho lưu vực sông Nậm Non về đến thủy điện Bản Vè. Tổng diện tích lưu vực sông Nậm Non tính đến ngã ba Cửa Rào khoảng 8.700 km² nhưng chỉ có khoảng 20% diện tích với 1.730 km² nằm trong lãnh thổ nước ta, còn lại nằm trên lãnh thổ nước bạn Lào.



Hình 1. Bản đồ lưu vực Nậm Non, thượng lưu sông Cà

2.2. Mô hình IFAS

Mô hình IFAS là tập hợp các bộ công cụ với giao diện đồ họa phục vụ cho việc xây dựng mô hình phân bố mưa - dòng chảy. Để kết hợp số liệu từ công nghệ viễn thám vào trong mô hình phục vụ tính toán dòng chảy trên lưu vực sông Cà, nghiên cứu này lựa chọn mô hình IFAS. Mô hình IFAS có lõi là mô hình thủy văn phân bố Public Works Research Institute Distributed Hydrological model (PWRI-DHM) [2] có khả năng tự động và nhanh chóng xử lý số liệu viễn thám đưa vào mô hình tính toán; còn công nghệ viễn thám có khả năng cung cấp số liệu theo không gian và thời gian. Cấu trúc của mô hình PWRI-DHM gồm các mô hình dạng bể chứa như sau:

Mô hình bể chứa nước mặt (surface tank model): bao gồm các yếu tố dòng thấm vào tầng

chứa bão hòa, dòng chảy bề mặt, khu trừ bề mặt, bốc thoát hơi nước....

Mô hình bể chứa tầng chứa bão hòa (unsaturated tank model): bao gồm các yếu tố dòng thấm xuống tầng ngầm, dòng chảy dưới lớp mặt, khu trừ dưới lớp mặt....

Mô hình bể chứa ngầm (aquifer tank model): bao gồm các yếu tố dòng chảy ra khỏi tầng nước ngầm, tồn thất dòng chảy ngầm.

Mô hình bể chứa sông suối (river tank model): mô tả lưu lượng dòng chảy trong sông.

2.3. Dữ liệu nghiên cứu

Số liệu mưa vệ tinh có độ bao phủ toàn cầu có khá nhiều với những đặc tính kỹ thuật khác nhau như độ phân giải về không gian, độ phân giải về thời gian. Các dữ liệu mưa vệ tinh GPM, GSMAP, CHIRPS, CMORPH được Bùi Tuấn Hải và Nguyễn Văn Tuấn (2018) [3] nghiên cứu, phân tích và so sánh với dữ liệu mưa thực đo tại 12 trạm khí tượng cấp 1 trên toàn lưu vực sông Cà. Kết quả nghiên cứu cho thấy mưa vệ tinh có khả năng nhận diện ngày mưa và không mưa khá tốt với mức độ chính xác đạt tới 70% số ngày; hệ số tương quan Pearson (R) giữa lượng mưa ngày thực đo và mưa vệ tinh đạt từ 0,26 đến 0,56, giữa tổng lượng mưa tháng thực đo và mưa vệ tinh hệ số R đạt từ 0,57 đến 0,96. Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu mưa GSMAP do nó có độ phân giải không gian cao 0,1° (khoảng 10 km), độ phân giải về thời gian là một giờ, dữ liệu được cung cấp liên tục, độ trễ thấp so với các dữ liệu khác.

Độ cao địa hình cùng hướng dốc địa hình là những số liệu đầu vào quan trọng trong việc xác định hướng dòng chảy và phân lưu dòng chảy, phân các tiểu lưu vực, phân bố dòng chảy trong mô hình phân bố. Dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) toàn cầu là số liệu phổ biến trong nghiên cứu về địa hình. Kết quả nghiên cứu của Bùi Tuấn Hải và nnk (2019) [4] về 3 dữ liệu của DEM là ALOS, ASTER và SRTM cho biết với độ cao từ 50 m trở lên các số liệu DEM toàn cầu thể hiện rất tốt địa hình của lưu vực sông Cà, trong đó hệ số tương quan R² giữa dữ liệu DEM toàn cầu và số liệu từ bản đồ địa hình lưu vực sông Cà 1/50.000 đều cao hơn 0,98. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy dữ liệu ALOS tốt hơn ASTER và SRTM. Trong nghiên cứu này, dữ liệu ALOS sẽ được sử dụng đưa vào phân chia lưu vực, tiểu lưu vực và xác định hướng dòng chảy trong mô hình IFAS.

Một số dữ liệu toán cấu khác cũng được sử dụng trong cùng cấp số liệu đầu vào như số liệu lớp phủ bề mặt toán cấu (GLCC) của Cơ quan Địa chất Hoa Kỳ (USGS) và Bản đồ số dữ liệu đất toán thể gion (DSMW) của Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hiệp Quốc (FAO).

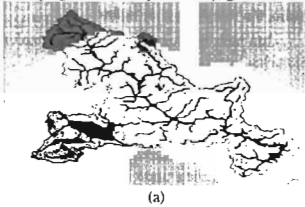
Để so sánh, đánh giá giữa số liệu thực đo và mô phỏng, trong nghiên cứu này đã sử dụng số liệu lưu

lượng dòng chảy lũ thực đo về thủy điện Bản Vẽ trong hai trận lũ tháng 6/2011 và tháng 8 2018.

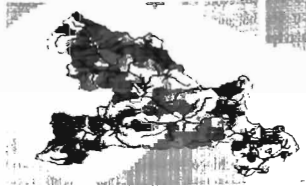
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thiết lập mô hình phân bố IFAS

3.1.1. Thiết lập thông tin chung về lưu vực cho mô hình IFAS

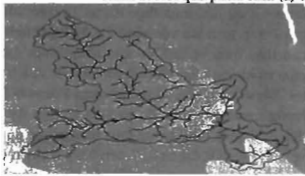


(a)

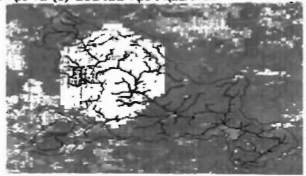


(b)

Hình 2. Kết quả phân chia (a) lưu vực và (b) tiểu lưu vực Nậm Non



(a)



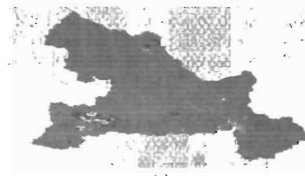
(b)

Hình 3. Số liệu (a) địa chất và (b) lớp phủ bề mặt đưa vào mô hình IFAS

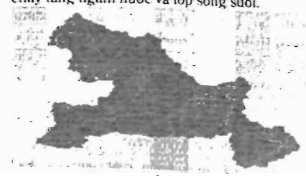
Do không có các số liệu địa hình, địa chất phân diện tích lưu vực nằm ở nước bạn Lào nên trong nghiên cứu này sử dụng dữ liệu DEM ALOS độ phân giải 30 m và công cụ GIS phân chia lưu vực, phân chia sông suối thông qua mô đun Basin Data Manager; sử dụng số liệu lớp phủ bề mặt toán cấu (GLCC) và bản đồ số dữ liệu đất DSMW để đưa vào mô hình IFAS (xem hình 2 và hình 3).

3.1.2. Thiết lập thông số mô hình IFAS cho lưu vực Nậm Non

Để đơn giản hóa mô hình cũng như tăng tốc độ chạy mô hình trong việc mô phỏng dòng chảy cho trận lũ có thời gian vài giờ hoặc vài ngày, nghiên cứu này lựa chọn mô hình bể chứa hai lớp. Với mô hình bể chứa hai lớp cần thiết lập thông số mô hình cho ba bộ thông số bao gồm lớp dòng chảy mặt, lớp dòng chảy tầng ngầm nước và lớp sông suối.



(a)



(b)

Hình 4. Thông số (a) dòng chảy mặt (surface) và (b) sông suối (river course)

3.1.3. Thiết lập dữ liệu mưa cho mô hình IFAS

Dữ liệu GSMAP được sử dụng trong nghiên cứu này là dữ liệu GSMAP_Gauge version 6 (Thuật toán GSMAP được nâng cấp lên phiên bản V6 vào tháng 9/2014). Dữ liệu mưa GSMAP_Gauge là sản phẩm được hiệu chỉnh số liệu GSMAP_MVK cùng với phân tích dữ liệu các trạm mưa toàn cầu được cung cấp bởi NOAA.

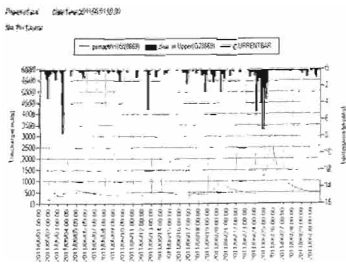
3.2. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình IFAS

Thủy điện Bản Vẽ được đưa vào vận hành và khai thác từ năm 2010. Từ năm 2011 đến 2019 trên dòng Nậm Non xuất hiện ba trận lũ lớn vào tháng 6/2011, tháng 8/2016 và tháng 8/2018. Nghiên cứu này sẽ sử dụng mô hình IFAS để mô phỏng trận lũ tháng 6/2011 với các thông số được hiệu chỉnh và kiểm định lại mô hình với trận lũ tháng 8/2018.

3.2.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình IFAS cho trận lũ tháng 6/2011

Để mô phỏng cho trận lũ tháng 6/2011 lưu vực Năm Nôn, các bộ thông số của mô hình đã được hiệu chỉnh đảm bảo việc mô phỏng là chính xác nhất về thời gian xuất hiện đỉnh lũ và lưu lượng lũ lớn nhất.

Trong các bộ thông số của mô hình, thông số lớp bề mặt (surface layer) và lớp ngầm nước (aquifer layer) được dùng để hiệu chỉnh mô hình; còn thông số lớp sông suối (river course) được thiết lập dựa trên thuộc tính của các sông và nhánh sông, do đó sẽ không được sử dụng để hiệu chỉnh nhằm tránh việc mất ổn định của mô hình, theo khuyến cáo hướng dẫn sử dụng của IFAS [2].



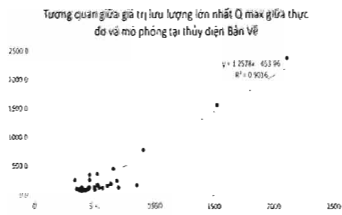
Hình 5. Kết quả mô phỏng trận lũ 6/2011 với mô hình IFAS

Hình 5 và hình 6 giới thiệu kết quả sử dụng mô hình IFAS để mô phỏng trận lũ 6/2011 tại thủy điện Bản Vẽ sau khi đã hiệu chỉnh các bộ thông số lớp bề mặt (surface layer) và lớp ngầm nước (aquifer layer) và so sánh giữa giá trị thực đo với giá trị mô phỏng.

Kết quả tính toán hệ số tương quan R^2 giữa lưu lượng lũ thực đo và mô phỏng đạt $R^2 = 0,90$ còn hệ số Nash-Sutcliffe (NSE) giữa thực đo và mô phỏng cũng đạt $NSE = 0,90$. Như vậy kết quả mô phỏng dòng chảy lũ tháng 6/2011 là chấp nhận được (xem hình 7).



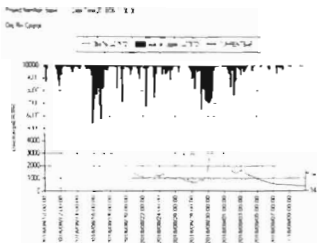
Hình 6. So sánh kết quả mô phỏng với thực đo trận lũ 6/2011



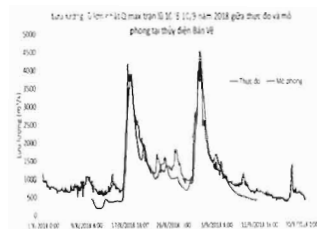
Hình 7. Tương quan giữa mô phỏng và thực đo trận lũ 6/2011

3.2.2. Kết quả kiểm định lại mô hình IFAS với trận lũ tháng 8/2018

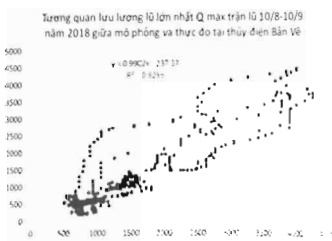
Mặc dù kết quả mô phỏng với việc hiệu chỉnh các bộ thông số cho dòng chảy lũ sông Nậm Non với trận lũ tháng 6/2011 là khá tốt, tuy nhiên vẫn cần kiểm định lại mô hình để đảm bảo kết quả mô phỏng của mô hình với bộ thông số là chính xác. Trong nội dung nghiên cứu này, trận lũ tháng 8/2018 đã được xem xét để đánh giá kiểm định lại mô hình IFAS.



Hình 8. Kết quả mô phỏng trận lũ từ 10/8 đến 10/9/2018 bằng mô hình IFAS



Hình 9. So sánh kết quả mô phỏng và thực đo trận lũ từ 10/8 đến 10/9/2018



Hình 10. Tương quan giữa mô phỏng và thực đo trận lũ từ 10/8 đến 10/9 năm 2018

Trận lũ tháng 8/2018 ở thượng lưu sông Cà có 2 đỉnh: một đỉnh xuất hiện vào ngày 17/8 với lưu lượng 4.199 m³/s, đỉnh thứ 2 vào ngày 31/8 với lưu lượng 4.263 m³/s được sử dụng để kiểm định lại mô hình lũ. Kết quả kiểm định lưu mô hình cho trận lũ kéo dài từ 10/8 đến 10/9/2018 tại Bản Vệ được thể hiện trên

hình 8 và hình 9. Kết quả tính toán hệ số tương quan R^2 giữa lưu lượng lũ thực đo và mô phỏng là $R^2 = 0,83$, xem hình 10, còn hệ số Nash giữa mô phỏng và thực đo là $NSE = 0,81$.

3.2.3. Nhận xét chung về kết quả nghiên cứu

Kết quả nghiên cứu cho thấy việc sử dụng mô hình IFAS kết hợp với thông số đầu vào từ dữ liệu viễn thám để mô phỏng các trận lũ xuất hiện trên lưu vực sông Nậm Non đảm bảo chính xác và phù hợp với quá trình hình thành các trận lũ đã xảy ra trong thực tế.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã sử dụng mô hình IFAS với số liệu đầu vào từ dữ liệu viễn thám để mô phỏng dòng chảy lũ cho lưu vực Nậm Non ở thượng lưu sông Cà và thung diện Bản Vệ. Mô hình IFAS có ưu điểm là khả năng xử lý khối lượng lớn và đa dạng các nguồn dữ liệu viễn thám, đặc biệt là các dữ liệu mưa vệ tinh, thời gian tính toán mô phỏng nhanh. Các dữ liệu viễn thám được nghiên cứu sử dụng là số liệu mưa vệ tinh GSMAP và dữ liệu DEM ALOS. Kết quả ứng dụng mô hình IFAS để mô phỏng, hiệu chỉnh cho trận lũ 6/2011 và kiểm định lại trận lũ tháng 8/2018 cho các hệ số tương quan R^2 và hệ số Nash giữa thực đo và mô phỏng là chấp nhận được như đã nêu ở trên. Kết quả của các nghiên cứu cho thấy việc sử dụng dữ liệu viễn thám đã cải thiện chất lượng của các mô phỏng dòng chảy lũ cho khu vực ít số liệu hoặc không có số liệu, hỗ trợ công tác vận hành thủy điện Bản Vệ trong điều tiết dòng chảy lũ, giảm thiểu tác động cho hạ du lưu vực sông Cà.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện Quy hoạch Thủy lợi (2012). *Rà soát quy hoạch thủy lợi lưu vực sông Cà đến 2020*, Hà Nội, 2012.
2. International Centre for Water Hazard and Risk Management (ICHARM). *IFAS ver.2.0 technical manual*.
3. Bùi Tuấn Hải, Nguyễn Văn Tuấn (2018). *Nghiên cứu đánh giá và so sánh các dữ liệu mưa vệ tinh độ phân giải cao lưu vực sông Cà*. Tạp chí Khí tượng - Thủy văn, số 695, tr. 17-28, 11/2018.
4. Bùi Tuấn Hải, Vương Lấn Công, Phạm Quang Vinh (2019). *Số sánh, đánh giá các dữ liệu mô hình số độ cao (DEM) trên lưu vực sông Cà*. Tuyển tập Hội nghị Khoa học Địa lý môi trường quốc tế lần thứ XI năm 2019, Thừa Thiên - Huế, 2019.

STUDY ON APPLICATION OF COMBINATION REMOTE SENSING DATA AND IFAS MODEL IN SIMULATING FLOOD FLOW IN NAM NON WATERSHED OF CA RIVER

Bui Tuan Hai, Le Quang Vinh

Summary

The Ca River is a large river basin in the North Central region, with a catchment area of 27,200 km² distributed in the territory of two countries: Vietnam and Laos. Floods are a type of natural disaster that frequently occurs in the North Central region, especially in the mountainous areas of Nghe An and Thanh Hoa provinces. The study of flood flow is extremely important for alerting downstream areas, minimizing the impact of floods, especially the study of flood flows from the upper Ca river. However, the upper part of Ca river is located in Lao PDR (accounting for 35% of the catchment area) without data or sparse data for research. Recently with the strong development of satellite technology, the use of remote sensing data together with the combination of mathematical models in the fields of meteorology, hydrology, basin water management ... are gradually developing effective. This paper introduces research results combining remote sensing data with IFAS model to simulate flood flow for the Nam Non river basin - a major tributary of Ca river. The simulation results by IFAS model is quite good, modification model with the 6/2011 flood event, the correlation coefficient $R^2 = 0.90$, Nash-Sutcliffe model efficiency coefficient (NSE) = 0.90; and validation model with the 08-09/2018 flood event, the coefficient of $R^2 = 0.83$, NSE = 0.81. This research can be applied to the whole of Ca River basin and river basins with little or no meteorological and hydrological documents.

Keywords: *Ca river, Nam Non watershed, remote sensing, IFAS, GISMAP.*

Người phân biện: TS. Lê Hùng Nam

Ngày nhận bài: 26/7/2019

Ngày thông qua phân biện: 27/8/2019

Ngày duyệt đăng: 4/9/2019