VNU Journal of Science: Earth and Environmental Sciences
Journal homepage: https://js.vnu.edu.vn/EES

Original Article

Assessing the Current Status of Surface Water Hydrological Monitoring System Over Some Major Vietnam's River Basins

Do Xuan Hong[1], Le Hoang Tu[1,*], Le Manh Hung[2,3], Le Trong Dieu Hien[4], Nguyen Thi Thuy[5], Pham Chi Biet[1], Le Thi Mai Van[6]

[1]*Nong Lam University – Ho Chi Minh City, Quarter 9, Linh Xuan, Ho Chi Minh City, Vietnam*
[2]*NASA Goddard Space Flight Center, 8800 Greenbelt Rd, Greenbelt, Maryland, USA*
[3]*Science Systems and Applications Inc., 10210 Greenbelt Rd, Lanham, Maryland, USA*
[4]*Thu Dau Mot University, 6 Tran Van On, Phu Loi, Ho Chi minh City, Vietnam*
[5]*Hai Phong Meteorological and Hydrological Station, 01 Tran Tat Van, Phu Lien, Hai Phong, Vietnam*
[6]*Institute of Water Resources Planning, 162A Tran Quang Khai, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam*

Received 5th May 2025
Revised 9th July 2026; Accepted 01st October 2026

Abstract: Observational streamflow records in river basins play an important role in hydrological research, flood and drought forecasting, and water resources management. However, current streamflow records in Vietnam still have many limitations in terms of continuity and harmonization among different sources (including conventional and automatic stations). This study analyzes the completeness of available streamflow data and assesses the spatial density of streamflow gauging stations across the major river systems of Vietnam. The study synthesized information on streamflow gauging stations and computed basic statistical indicators for classifying stations by record length. The study also applied GIS to analyze the spatial density of streamflow monitoring network for both the current period and the planned network under Decision No. 90/QĐ-TTg issued by the Vietnamese Government for each river system. Among the major river systems in Vietnam, the Red -Thai Binh river system has the largest number of hydrological monitoring stations (29 stations) and a relatively longest number of monitoring years (over 60 years). The remaining river systems generally have relatively adequate data series, but the number of stations remains limited, which were insufficient to satisfy recommended density standards. Mean inter-station distances across the river systems ranged from 38 km to 124 km, with the exception of the Vu Gia–Thu Bon and other minor river systems, which recorded mean inter-station distances of 28 km and 27 km, respectively. The findings of this research may provide essential baseline information to guide the strategic planning and development of hydrological monitoring networks, thereby supporting water resources research and forecasting capacity in alignment with Vietnam's sustainable development goals.
Keywords: Streamflow, GIS, Hydrological station density, Network analysis.

* Corresponding author.
E-mail address: tu.lehoang@hcmuaf.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5311

Đánh giá hiện trạng mạng lưới quan trắc thuỷ văn nước mặt tại một số lưu vực sông lớn ở Việt Nam

Đỗ Xuân Hồng[1], Lê Hoàng Tú[1,*], Lê Mạnh Hùng[2,3], Lê Trọng Diệu Hiền[4], Nguyễn Thị Thúy[5], Phạm Chí Biết[1], Lê Thị Mai Vân[6]

[1]*Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, Khu phố 9, Linh Xuân, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

[2]*Trung tâm NASA Goddard Space Flight Center, 8800 Greenbelt Rd, Greenbelt, Bang Maryland, Hoa Kỳ*

[3]*Công ty Science Systems and Applications, 10210 Greenbelt Rd, Lanham, Bang Maryland, Hoa Kỳ*

[4]*Trường Đại học Thủ Dầu Một, 06 Trần Văn Ơn, Phú Lợi, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam*

[5]*Đài Khí tượng Thủy văn Thành phố Hải Phòng, 01 Trần Tất Văn, Phù Liễn, Hải Phòng, Việt Nam*

[6]*Viện Quy hoạch Thủy lợi, 162A Trần Quang Khải, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 5 tháng 5 năm 2025
Chỉnh sửa ngày 9 tháng 7 năm 2026; Chấp nhận đăng ngày 01 tháng 10 năm 2026

Tóm tắt: Số liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy tại các lưu vực sông đóng vai trò quan trọng trong nghiên cứu thuỷ văn, dự báo lũ lụt, hạn hán và quản lý tài nguyên nước. Dữ liệu này ở nước ta, tuy nhiên, vẫn còn nhiều hạn chế về tính liên tục, mạng lưới trạm quan trắc nhìn chung còn thưa thớt và hoạt động không đồng bộ (bao gồm các trạm truyền thống và trạm tự động). Nghiên cứu này phân tích và đánh giá hiện trạng dữ liệu và mật độ trạm quan trắc thuỷ văn tại các lưu vực sông chính nằm trên lãnh thổ nước ta. Nghiên cứu đã tổng hợp thông tin về các trạm quan trắc lưu lượng và tính toán một số chỉ số thống kê cơ bản nhằm phân nhóm trạm quan trắc lưu lượng theo độ dài chuỗi dữ liệu. Nghiên cứu cũng ứng dụng GIS để phân tích mật độ mạng lưới trạm quan trắc thủy văn cho giai đoạn hiện tại và quy hoạch theo Quyết định số 90/QĐ-TTg cho từng lưu vực sông. Trong số các lưu vực sông lớn tại Việt Nam, lưu vực sông Hồng–Thái Bình có số lượng trạm quan trắc lưu lượng nhiều nhất (29 trạm) và số lượng năm quan trắc tương đối dài (trên 60 năm). Các hệ thống sông khác nhìn chung có chuỗi số liệu quan trắc tương đối tốt nhưng số lượng trạm khá hạn chế, vẫn chưa đạt tiêu chuẩn khuyến nghị về mật độ trạm quan trắc lưu lượng. Khoảng cách trung bình giữa các trạm quan trắc trên các hệ thống sông dao động từ 38 km đến 124 km, riêng hệ thống sông Vu Gia Thu Bồn và nhóm các sông Khác có khoảng cách trung bình lần lượt là 28 km và 27 km. Các kết quả của nghiên cứu này có thể cung cấp thông tin cơ bản cho việc định hướng quy hoạch phát triển mạng lưới trạm quan trắc thủy văn để phục vụ cho công tác nghiên cứu, dự báo về tài nguyên nước nhằm góp phần hỗ trợ mục tiêu phát triển bền vững của Việt Nam.

Từ khóa: Lưu lượng dòng chảy, GIS, Mật độ trạm thủy văn, Phân tích mạng lưới.

1. Mở đầu

Tài nguyên nước ở Việt Nam rất đa dạng, phong phú với hệ thống sông ngòi khá dày đặc với mật độ sông ~ 0,5 - 1,2 km/km^2 [1]. Cả nước có khoảng 2.360 con sông có chiều dài từ 10 km trở lên, bao gồm nhiều hệ thống sông với tổng diện tích lưu vực 292.470 km^2 [1]. Ở nước ta có

* Tác giả liên hệ.
Địa chỉ email: tu.lehoang@hcmuaf.edu.vn

https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.5311

8 lưu vực sông chính gồm: i) Bằng Giang - Kỳ Cùng; ii) Hồng - Thái Bình; iii) Mã; iv) Cả; v) Vu Gia Thu Bồn; vi) Ba; vii) Đồng Nai; và viii) Cửu Long với diện tích lưu vực lớn hơn 10.000 km^2 và 8 lưu vực này chiếm 80% diện tích, 70% trữ lượng nguồn nước và trên 80% dân số cả nước [1, 2]. Các hệ thống sông này tạo nên các đồng bằng rộng lớn như đồng bằng sông Hồng, đồng bằng sông Cửu Long, duyên hải miền Trung. Ngoài ra, hệ thống sông ngòi còn tạo điều kiện thuận lợi cho việc tập trung dân cư và phát triển kinh tế xã hội. Xu hướng này đã tạo ra các áp lực về tài nguyên nước, đặc biệt là trong bối cảnh biến động phức tạp của chu trình thủy văn dưới tác động của biến đổi khí hậu, với nhiều hiện tượng thời tiết cực đoan đã làm giảm chất lượng nước, suy thoái nguồn nước, gia tăng xâm nhập mặn và nước biển dâng [3, 4]. Thực tế này khiến cho công tác dự báo, cảnh báo nguy cơ khan hiếm, suy giảm tài nguyên nước là một yêu cầu cấp bách tại Việt Nam.

Để thực hiện được công tác đó, hệ thống quan trắc thủy văn (lưu lượng dòng chảy) quốc gia đóng vai trò hết sức quan trọng. Số lượng và sự phân bổ của các trạm trong hệ thống quan trắc cùng với nguồn dữ liệu quan trắc thủy văn là yếu tố quyết định chất lượng đánh giá tài nguyên nước và đóng vai trò rất quan trọng trong nghiên cứu khoa học, dự báo thiên tai và quản lý tài nguyên nước. Mặc dù vậy, do hạn chế về nguồn lực, hệ thống quan trắc của Việt Nam vẫn còn phải đối mặt với nhiều thách thức. Theo Quyết định số 90/QĐ-TTg về việc phê duyệt Quy hoạch mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường quốc gia giai đoạn 2016-2025, tầm nhìn đến năm 2030, hiện trên cả nước có 354 trạm thủy văn hiện hữu, được phân cấp dựa trên yếu tố quan trắc (tiêu chí quan trọng nhất), mục đích và nhiệm vụ, và vị trí đại diện của khu vực quan trắc. Theo yếu tố quan trắc các trạm thủy văn được phân thành 3 cấp gồm i) 121 trạm cấp I (Quan trắc các yếu tố gồm mực nước, lưu lượng nước, lưu lượng chất lơ lửng, nhiệt độ nước, độ đục và các yếu tố khí tượng]); ii) 36 trạm cấp II (Quan trắc các yếu tố gồm mực nước, nhiệt độ nước, độ đục và lượng mưa); iii) và 196 trạm cấp III (Quan trắc các yếu tố mực nước và lượng mưa) và iv) trạm do lưu lượng hồ chứa [5]. Có 132 trạm nằm ở khu vực sông không chịu ảnh hưởng của thủy triều và 222 trạm nằm ở khu vực sông có thể chịu ảnh hưởng của thủy triều. Có 133 trạm quan trắc phía ngoài Quảng Bình với chuỗi số liệu quan trắc khoảng 45 năm, và 98 trạm quan trắc phía ngoài Quảng Trị với chuỗi số liệu quan trắc khoảng 30 năm [6]. Mạng lưới này còn đối mặt với sự suy giảm số lượng khá đáng kể, cụ thể là từ năm 1980 đến năm 1989 đã có khoảng 100 trạm thủy văn, 20 trạm khí tượng và hàng trăm trạm khảo sát, đo độ mặn đã bị dỡ bỏ [6]. Có thể thấy, hiện trạng mạng lưới quan trắc khí tượng thủy văn nhìn chung còn khá thưa thớt, mật độ phân bố không đều và tập trung ở vùng đồng bằng và ven biển. Bên cạnh đó, tỷ lệ trạm khí tượng thủy văn đo lưu lượng còn rất thấp (80 trạm/354 trạm = 22%) với các thiết bị quan trắc lạc hậu, gây nhiều khó khăn trong công tác đánh giá tài nguyên nước mưa, nước mặt và làm giảm độ chính xác của số liệu tính toán và tổng hợp [6].

Thực trạng của mạng lưới trạm quan trắc thưa thớt và hoạt động không đồng bộ với bộ dữ liệu ngắn đã đặt ra nhiều thách thức cho việc cung cấp góc nhìn nhất quán, chính xác về xu hướng phân bổ tài nguyên nước theo không gian và thời gian. Số liệu khí tượng thủy văn chủ yếu được theo dõi, quản lý và lưu trữ bởi Tổng Cục Khí tượng Thủy văn. Tuy nhiên, dữ liệu này vẫn còn nhiều hạn chế, đặc biệt là sự cần thiết phải đánh giá về độ tin cậy, tính liên tục và khả năng đồng bộ dữ liệu từ các nguồn khác nhau (ví dụ trạm đo truyền thống và trạm đo tự động). Vẫn còn khá ít (hoặc không có) dữ liệu quan trắc ở một số hệ thống sông xuyên biên giới như sông Hồng, sông Mã ở vùng ngoài lãnh thổ Việt Nam. Riêng số liệu đo đạc khí tượng thủy văn, môi trường lưu vực trung và hạ lưu sông Mê Kông thì có thể được tiếp cận thông qua Ủy ban sông Mê Kông.

Thời gian qua công tác điều tra và quan trắc thủy văn ở Việt Nam đạt được những kết quả quan trọng và đã có nhiều công trình quan trắc kiên cố có thể bảo đảm hoạt động ổn định, lâu dài, liên tục trong mọi điều kiện thời tiết. Mạng lưới quan trắc đã được điều chỉnh và bổ sung phù

hợp với điều kiện phát triển kinh tế - xã hội từng thời kỳ và tương đối phù hợp với điều kiện tự nhiên của nước ta. Mạng lưới quan trắc thủy văn theo Quyết định số 90/QĐ-TTg và Quyết định số 289/QĐ-TTg hay Quyết định số 433/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ cũng đều có quan điểm hướng tới việc phân định các loại trạm thuộc mạng lưới trạm quốc gia theo hệ thống trạm nền cơ bản hoạt động ổn định, lâu dài, quan tâm đến hệ thống trạm cố định, có đầu tư xây dựng cơ sở vật chất, nhân lực riêng và quan trắc thường xuyên [5, 7, 8]. Bên cạnh đó, bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành Kế hoạch thực hiện Quyết định số 1261/QĐ-TTg ngày 27 tháng 10 năm 2023 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Đề án "Hiện đại hóa ngành Khí tượng thủy văn đến năm 2025 và thời kỳ 2026-2030" [9]. Và gần đây nhất là Quyết định số 289/QĐ-TTg đặt ra nhiều hướng phát triển cho mạng lưới trạm khí tượng thủy văn quốc gia, bao gồm mở rộng phạm vi quan trắc, ưu tiên đầu tư vào các khu vực chiến lược như biên giới, hải đảo và vùng thiên tai [7]. Đồng thời, quyết định nhấn mạnh sự cần thiết của việc hiện đại hóa và ứng dụng công nghệ tiên tiến để nâng cao chất lượng dự báo và cảnh báo khí tượng thủy văn. Mặc dù có nhiều hướng đi mới, hệ thống quan trắc in-situ với độ tin cậy cao vẫn đóng vai trò cốt lõi. Việc duy trì và nâng cấp các trạm quan trắc truyền thống đảm bảo dữ liệu đầu vào chính xác, phục vụ cho các mô hình dự báo hiện đại. Đây là nền tảng quan trọng để tích hợp với các phương pháp quan trắc từ xa như vệ tinh, radar, và mô hình số, giúp tăng cường hiệu quả giám sát và dự báo khí tượng thủy văn trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng phức tạp. Việc quy hoạch hệ thống quan trắc thủy văn, do đó, là vấn đề rất được quan tâm tại Việt Nam [6, 7]. Để triển khai tốt công tác quy hoạch hệ thống quan trắc quốc gia, việc đánh giá mật độ của hệ thống quan trắc hiện hữu cùng với cơ sở dữ liệu quan trắc quốc gia là một hoàn động nền tảng cần triển khai. Một vài nghiên cứu cũng đã được tiến hành để đánh giá mật độ trạm quan trắc khí tượng thủy văn nói chung và trạm thủy văn nói riêng cho một số lưu vực sông ở nước ta [10, 11]. Tuy nhiên, những nghiên cứu này chỉ giới hạn ở một vùng hoặc lưu vực sông cụ thể, và (theo hiểu biết của nhóm nghiên cứu) hiện chưa có đánh giá toàn diện nào trên pham vi vùng miền hoặc nhiều hệ thống sông về mật độ và chất lượng nguồn dữ liệu thủy văn được công bố.

Từ những vấn đề đã nêu, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục tiêu i) phân tích độ dài và mức độ đầy đủ của hiện trạng dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy cho các trạm không chịu ảnh hưởng đáng kể của thủy triều; ii) đánh giá mật độ trạm quan trắc thuỷ văn tại một số hệ thống sông lớn được chọn nằm trên lãnh thổ nước ta. Việc đánh giá mật độ mạng lưới trạm thuỷ văn được thực hiện trên tập trạm rộng hơn và bao gồm các trạm tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Với kỳ vọng cung cấp thông tin về nguồn dữ liệu hiện hữu phục vụ cho việc đánh giá biến động dài hạn của tài nguyên nước ngọt, nghiên cứu đã tập trung vào việc thu thập, và đánh giá độ dài dữ liệu cho tập trạm thủy văn được phân tích. Kết quả nghiên cứu sẽ bước đầu cung cấp các góc nhìn dựa vào dữ liệu, hỗ trợ cho việc định hướng quy hoạch mạng lưới trạm quan trắc thủy văn tại các hệ thống sông được chọn phục vụ công tác nghiên cứu, dự báo và phát triển kinh tế xã hội nước nhà.

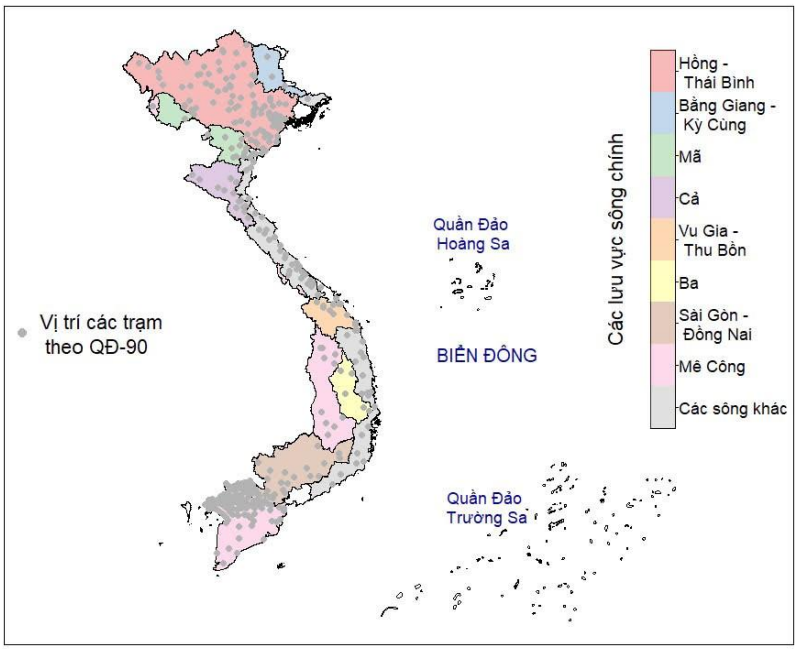
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập dữ liệu

Theo Quyết định số 90/QĐ-TTg, ngày 12 tháng 1 năm 2016 về Quy hoạch mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường quốc gia giai đoạn 2016–2025, tầm nhìn đến năm 2030 và Quyết định số 289/QĐ-TTg ngày 08 tháng 04 năm 2024 về Quy hoạch mạng lưới quan trắc tài nguyên và môi trường quốc gia giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050 của Thủ tướng Chính phủ, mạng lưới quan trắc của Việt Nam có tổng số 354 trạm thủy văn đến năm 2030 (Hình 1) và 526 trạm thủy văn đến năm 2050, bao gồm cả trạm thủy văn truyền thống và trạm thủy văn tự động [6, 7]. Các trạm thuỷ văn truyền thống là những trạm đã được lắp đặt trong nhiều thập kỷ và do đó thường cung cấp dữ liệu dài hạn quan trắc trong thời gian dài [12]. Việc xác định các trạm thủy văn phù hợp cho đánh giá trong nghiên

cứu này được thực hiện trên cơ sở áp dụng các tiêu chí đã được đưa ra trong công bố trước đó [13], cụ thể gồm i) các trạm có chất lượng dữ liệu tốt tính đến tháng 12 năm 2019 (thời điểm kết thúc thu thập dữ liệu phục vụ cho nghiên cứu này); và ii) các trạm được phân loại là trạm cấp I và cấp II theo Quyết định số 90/QĐ-TTg (tức là các trạm đo cả lưu lượng dòng chảy và mực nước theo quyết định này). Trong khi, Do và cộng sự [13] tập trung xác định các trạm thủy văn tham chiếu không chịu ảnh hưởng đáng kể của thủy triều nhằm nghiên cứu biến động tài nguyên nước mặt. Nghiên cứu này: i) kế thừa tập dữ liệu này để làm rõ hơn mức độ đầy đủ của chuỗi số liệu tại các trạm quan trắc lưu lượng (72 trạm); và ii) mở rộng đánh giá về mật độ không gian của mạng lưới trạm lưu lượng cho cả hệ thống các trạm quan trắc thuỷ văn ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long.

Dữ liệu quan trắc và thông tin về trạm thủy văn được chọn sử dụng trong nghiên cứu này đã được thu thập từ Trung tâm Dự báo Khí Tượng Thủy Văn (KTTV), các đài KTTV khu vực và địa phương. Để đánh giá mật độ mạng lưới trạm quan trắc thủy văn, nghiên cứu thu thập dữ liệu về phân bố không gian của mạng lưới sông cho các lưu vực sông trên phạm vi lãnh thổ Việt Nam. Dữ liệu phân bố không gian của mạng lưới sông được tải từ trang thông tin điện tử của HydroSHEDS (Hydrological Data and Maps Based on Shuttle Elevation Derivatives at Multiple Scales; https://www.hydrosheds.org/products/hydrorivers).



Hình 1. Ranh giới các lưu vực sông chính và vị trí các trạm quan trắc thủy văn theo Quyết định số 90/QĐ-TTg ngày 12 tháng 01 năm 2016 của Thủ tướng Chính phủ (các chấm màu xám).

2.2. Chuẩn hoá dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy

Thực tế, công tác quan trắc và quản lý dữ liệu quan trắc thủy văn ở Việt Nam còn nhiều hạn chế và đang ở mức độ thủ công hoặc bán tự động. Việc quan trắc và thu thập dữ liệu thủy văn nói chung và lưu lượng dòng chảy nói riêng trên các hệ thống sông ở nước ta chủ yếu vẫn sử dụng phương pháp thủ công [14]. Trong khi đó, dưới sự tác động của các yếu tố khác nhau (phát âm, tín hiệu điện thoại,…) quá trình ghi nhận giá trị quan trắc thủy văn và gửi số liệu quan trắc thủy văn về nơi lưu trữ có thể ở nhiều định dạng, sai

sót hoặc nhầm lẫn so với giá trị thực tế được ghi nhận [14]. Như vậy, dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy từ các trạm thuỷ văn đã thu thập được có sự khác biệt về định dạng, thời gian quan trắc, và/hoặc giá trị bị thiếu. Để đảm bảo tính nhất quán và chính xác khi phân tích, dữ liệu thu thập đã được chuyển đổi và điều chỉnh sao cho tất cả các giá trị, tên gọi của các trạm thủy văn đều tuân theo một đơn vị và định dạng tiêu chuẩn. Theo đó, việc chuẩn hóa dữ liệu quan trắc thủy văn đã được thực hiện theo quy trình gồm các bước sau: i) Rà soát kiểm tra dữ liệu; ii) Phân loại định dạng dữ liệu; iii) Chuyển đổi định dạng dữ liệu; iv) Xử lý và biên tập dữ liệu; và v) Kiểm tra dữ liệu. Ngoài ra, việc xử lý và điền giá trị thiếu cũng đã được thực hiện một cách cẩn thận để không ảnh hưởng đến kết quả phân tích. Khi đánh giá số liệu thu thập, nghiên cứu đánh giá trạm thuỷ văn có số liệu trong một năm nhất định khi ít nhất 80% thời gian của năm đó có số liệu quan trắc. Trong phần này, để tiện cho việc chuẩn hoá, tên các hệ thống sông được viết tắt bởi hai ký tự và các tên trạm thủy văn được viết tắt bởi ba ký tự. Ví dụ, hệ thống sông Hồng - Thái Bình được viết tắt thành "HT", và trạm thủy văn Gia Bảy được viết tắt thành "GBA".

2.3. Xử lý và phân nhóm dữ liệu quan trắc theo hệ thống sông

Sau khi dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy được chuẩn hoá, bước tiếp theo nghiên cứu tiến hành xác định và phân loại các dữ liệu này theo các hệ thống lưu vực sông. Cụ thể, dữ liệu quan trắc lưu lượng từ những trạm thủy văn nằm trong một hệ thống lưu vực sông thì được phân thành một nhóm. Ví dụ, dữ liệu quan trắc lưu lượng từ các trạm thủy văn An Khê, Pơ mơ re, Ayunpa và Củng Sơn thuộc hệ thống lưu vực sông Ba nên được gộp lại chung một nhóm lưu vực sông Ba. Đối với các trạm quan trắc thủy văn trên những lưu vực sông nhỏ chỉ có một trạm quan trắc thì được gom lại nhóm "Lưu vực sông khác".

2.4. Đánh giá mật độ trạm quan trắc

Ngoài việc đánh giá chất lượng dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy, nghiên cứu còn tiến hành đánh giá mật độ trạm quan trắc thủy văn. Mật độ trạm quan trắc được đánh giá dựa trên tiêu chuẩn tối thiểu cho hai trạm thủy văn liền kề cách nhau khoảng 43 km cho khu vực đồng bằng và 32 km cho khu vực trung du, miền núi của tổ chức Khí tượng Thế giới và Tổng cục Khí tượng Thủy văn [17, 18]. Việc đánh giá mật độ trạm quan trắc thủy văn trên các hệ thống lưu vực sông được tiến hành cho số lượng trạm thủy văn quan trắc lưu lượng đang hoạt động tính tại hiện trạng và cả những trạm quan trắc thủy văn (bao gồm cả lưu lượng và mực nước) được quy hoạch trong giai đoạn tương lai theo Quyết định số 90/QĐ-TTg. Nhằm cung cấp những thông tin đầy đủ nhất về mật độ hệ thống trạm quan trắc lưu lượng trên phạm vi cả nước, ngoài các hệ thống lưu vực sông đã nêu ở trên nghiên cứu còn đánh giá mật độ hệ thống trạm quan trắc lưu lượng cho khu vực đồng bằng sông Cửu Long (hạ lưu sông Mê Kông – "CL"). Thêm vào đó việc đánh giá còn được thực hiện ở 2 mức độ khác nhau:

- Mức độ thứ nhất, nghiên cứu trích xuất thông tin về tổng chiều dài của mạng lưới sông trong từng hệ thống sông. Sau đó, nghiên cứu tính trung bình chiều dài sông mà mỗi trạm quan trắc thủy văn đại diện bằng cách lấy tổng chiều dài của mạng lưới sông chia cho tổng số lượng trạm quan trắc thủy văn trong hệ thống sông. Tiếp theo, tiến hành so sánh và đánh giá chiều dài sông mà mỗi trạm quan trắc thủy văn đại diện với tiêu chuẩn khuyến nghị đã nêu.
- Mức độ thứ hai, nghiên cứu tiến hành trích xuất dữ liệu khoảng cách giữa các trạm quan trắc thủy văn theo chiều dài sông cho từng hệ thống lưu vực sông.

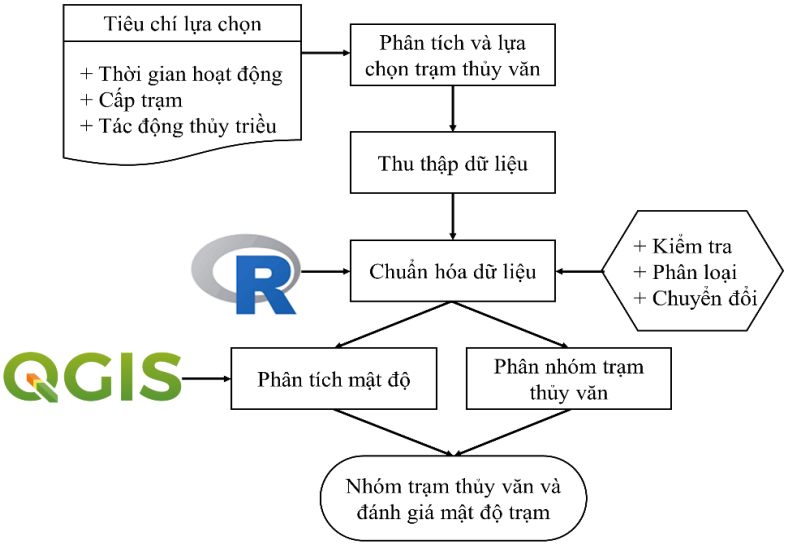
Dữ liệu khoảng cách giữa các trạm thủy văn theo chiều dài sông được trích xuất thông qua việc sử dụng chức năng đoạn ngắn nhất trong công cụ phân tích mạng lưới (Shortest path-Network analysis) trong phần mềm QGIS phiên bản 3.16. Giá trị trung bình khoảng cách giữa các trạm được áp dụng cho hệ thống sông có nhiều trạm quan trắc thủy văn. Tiếp theo, nghiên cứu so sánh và đánh giá dữ liệu khoảng cách giữa các trạm thủy văn theo chiều dài sông với tiêu chuẩn khoảng cách giữa các trạm thủy văn theo khuyến

nghị của tổ chức Khí tượng Thế giới và Tổng cục Khí tượng Thủy văn. Hình 2 biểu diễn tổng quát sơ đồ tiến trình nghiên cứu.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Chọn lựa các trạm quan trắc thủy văn

Mặc dù số lượng các trạm quan trắc thủy văn liệt kê tại Quyết định số 90/QĐ-TTg, ngày 12 tháng 01 năm 2016 của Thủ tướng Chính Phủ có khoảng 354 trạm, nhưng chỉ có 74 trạm quan trắc thủy văn đáp ứng được theo các tiêu chí như đã đề ra ở phần thu thập dữ liệu. Việc lựa chọn các trạm cấp I và II giúp bảo đảm rằng các trạm được phân tích có dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy. Tuy nhiên, cách lựa chọn này đồng thời loại bỏ một số lượng đáng kể các trạm khác trong mạng lưới quốc gia. Do đó, kết quả phân tích và đánh giá dữ liệu quan trắc lưu lượng phản ánh tập hợp các trạm đáp ứng tiêu chí lựa chọn. Tổng hợp thông tin đặc điểm của các trạm quan trắc thủy văn được chọn được liệt kê chi tiết trong Phụ lục 1. Trong số những đặc điểm của trạm quan trắc thủy văn thì thông tin về dữ liệu quan trắc là rất quan trọng. Vì vậy, nghiên cứu đã loại bỏ hai trạm (các trạm được liệt kê trong Bảng 1) do không có thông tin về dữ liệu quan trắc, vì có thể sẽ không tiến hành các đánh giá chuyên sâu về các yếu tố ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy tại các lưu vực sông.



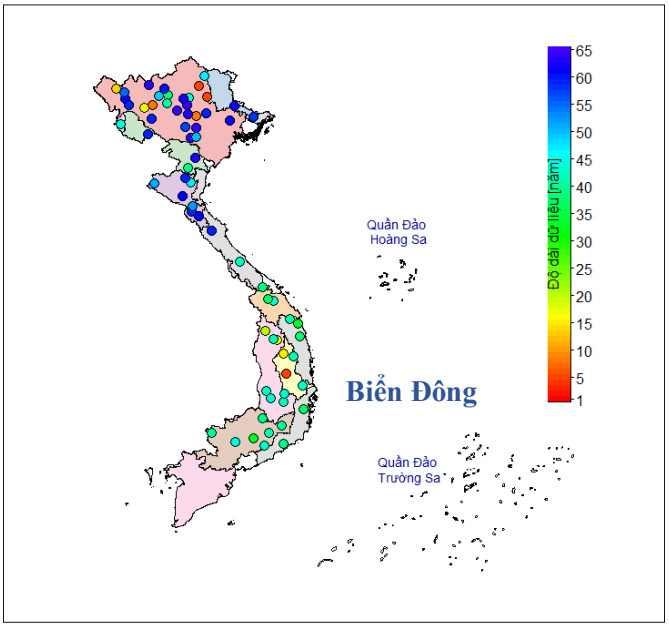
Hình 2. Sơ đồ tổng quát tiến trình các bước trong nghiên cứu.

Bảng 1. Thông tin cơ bản của sáu trạm thủy văn bị loại bỏ (do thiếu thông tin về dữ liệu quan trắc) khỏi phân tích. Thông tin của toàn bộ 74 trạm thủy văn được cung cấp trong Phụ lục 1

TT	Tên trạm (VIE)	Hệ thống sông	Sông nhánh	Đài[1]	Diện tích (km^2)[2]	Hạng trạm[3]	Kinh độ (độ)	Vĩ độ (độ)	Số liệu phân tích	Độ dài	Nguồn tham khảo
1	Thượng Cát	HT	Hồng	DBBB	NA	1	105,87	21,07	NA	NA	[15, 16]
2	Hà Nội	HT	Hồng	DBBB	NA	1	105,85	21,02	NA	NA	[15, 16]

[1]Đài: TB Tây Bắc, VB: Việt Bắc, DB: Đông Bắc, DBBB: Đồng bằng Bắc Bộ, BTB: Bắc Trung Bộ, TTB: Trung Trung Bộ, NTB: Nam Trung Bộ, TN: Tây Nguyên, NB: Nam Bộ.
[2]Diện tích lưu vực: Tham khảo từ [16], tài liệu của [15]. Nếu có sai lệch giữa hai nguồn thì lấy giá trị trung bình
[3]Hạng trạm: Tham khảo từ tài liệu của [15]

Trên cơ sở xác định được 72 trạm quan trắc thủy văn nước ngọt đáp ứng các tiêu chí về loại trạm và mức độ đầy đủ của số liệu trên phạm vi cả nước, nghiên cứu tiếp tục đánh giá các chỉ số thống kê cơ bản về dữ liệu quan trắc tại các trạm quan trắc thủy văn được lựa chọn. Lưu ý rằng, trên cơ sở các tiêu chí chọn lựa trạm quan trắc thủy văn, các trạm quan trắc thủy văn tại vùng Đồng bằng sông Cửu Long không được chọn cho mục đích phân tích và đánh giá dữ liệu quan trắc lưu lượng dòng chảy (Hình 3). Lí do là các trạm quan trắc thủy văn tại khu vực này nằm trong vùng ảnh hưởng bởi thuỷ triều, đặc điểm biến động về lưu lượng có khác biệt so với các trạm thuỷ văn nước ngọt.



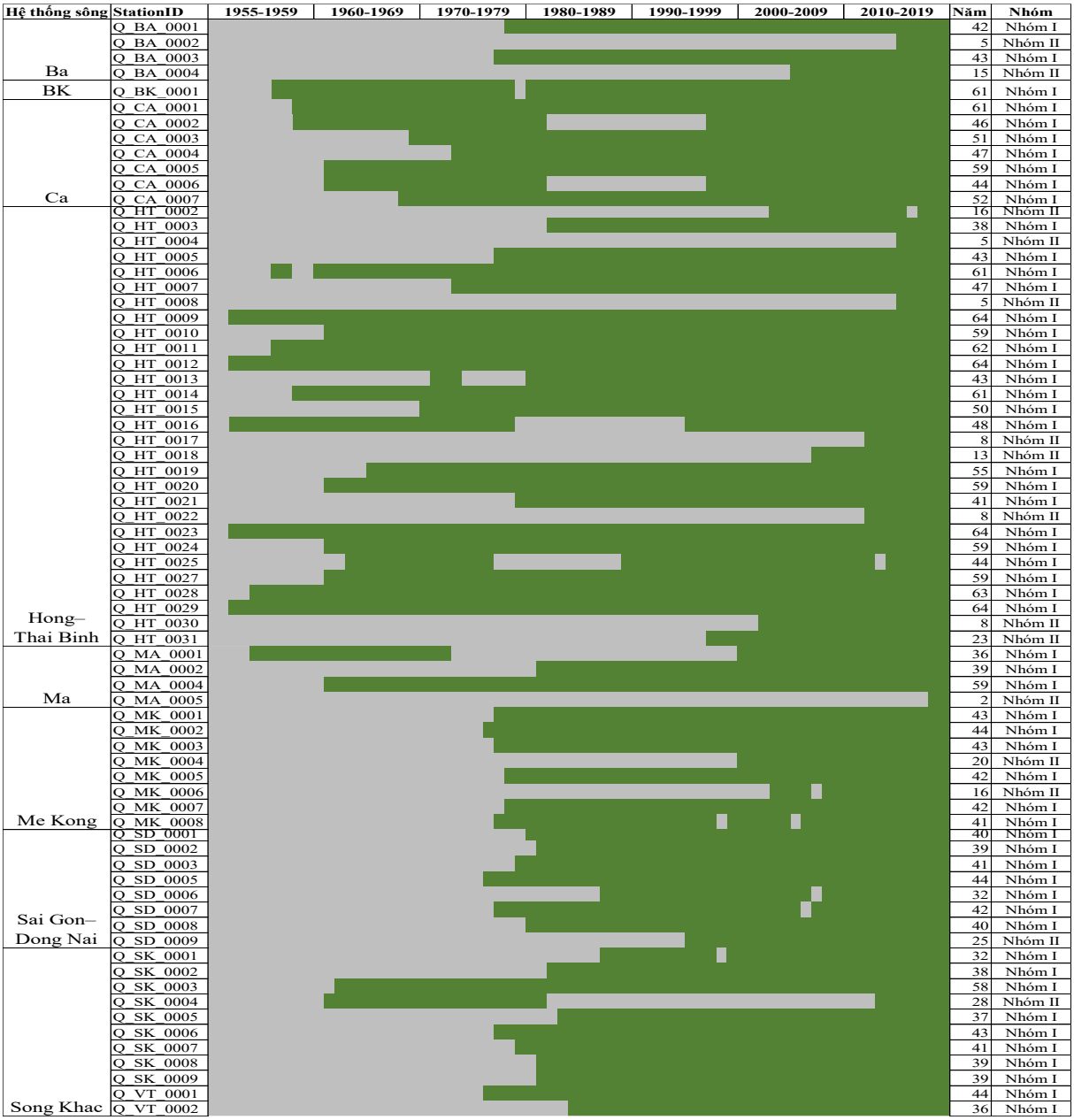
Hình 3. Vị trí các trạm quan trắc lưu lượng dòng chảy được thu thập trong nghiên cứu và độ dài dữ liệu của chúng. Ranh giới các lưu vực sông cũng được cung cấp tương tự như trong Hình 1.

3.2. Phân nhóm độ dài số liệu quan trắc thủy văn

Sau khi thu thập và chuẩn hóa số liệu, nghiên cứu đã thống kê số liệu quan trắc lưu lượng theo chín hệ thống sông (Hình 4). Số liệu quan trắc lưu lượng của các trạm thủy văn có thể được chia thành hai nhóm chính theo độ dài của chuỗi số liệu với mốc là 30 năm. Nhóm một (58 trạm) là nhóm trạm thủy văn có số liệu quan trắc trên 30 năm. Nhóm này bao gồm những trạm thủy văn phân bố trên tất cả các hệ thống sông thuộc phạm vi lãnh thổ nước ta. Trong đó, đặc biệt hệ thống sông HT có nhiều trạm thủy văn với số liệu quan trắc rất dài trên 60 năm như trạm Hòa Bình, Sơn Tây và Yên Bái. Trung bình chuỗi thời gian quan trắc của các trạm thủy văn nhóm I thuộc hệ thống sông HT gần 55 năm. Trong số các hệ thống sông thì hệ thống sông VT có trung bình chuỗi thời gian quan trắc của các trạm thủy văn nhóm I thấp nhất với khoảng 40 năm. Nhóm thứ hai (14 trạm) với số lượng trạm quan trắc có chuỗi số liệu dưới 30 năm. Ví dụ như trạm thủy văn Đắc Mốt (20 năm - Hệ thống sông MK), Mù Cang Chải (8 năm – Hệ thống sông HT) hoặc AyunPa (5 năm – Hệ thống sông BA).

Bên cạnh đó, nghiên cứu đã thống kê số liệu quan trắc từ các trạm thủy văn theo hệ thống sông (Bảng 2). Trong chín hệ thống sông, hệ thống sông HT có số lượng trạm nhiều nhất (29 trạm) và hệ thống sông BK có số lượng trạm ít nhất (1 trạm). Hệ thống sông HT có các trạm thủy văn với chuỗi số liệu quan trắc dài nhất là 64 năm, tiếp theo là hệ thống sông CA và BK với các trạm thủy văn có chuỗi số liệu quan trắc dài

nhất là 61 năm. Những hệ thống sông khác có những trạm thủy văn với chuỗi số liệu quan trắc dài nhất trong khoảng 43 đến 59 năm. Trong khi đó, giá trị chuỗi số liệu quan trắc ngắn nhất là 2 năm thuộc các trạm thủy văn hệ thống sông MA. Đối với giá trị trung bình chuỗi thời gian quan trắc của các trạm thủy văn thì hệ thống sông CA là lớn nhất với 51 năm. Mặc dù, hệ thống sông BK có giá trị trung bình chuỗi thời gian quan trắc của các trạm thủy văn là 61 năm nhưng hệ thống sông này chỉ có 1 trạm nên một cách khách quan có thể không được xem là lớn nhất. Hệ thống sông BA có giá trị trung bình chuỗi thời gian quan trắc của các trạm thủy văn là ngắn nhất với 26 năm.



Hình 4. Thống kê năm có số liệu cho từng trạm thuỷ văn trong giai đoạn 1956-2019. Màu xanh là năm trạm có số liệu với ít nhất 350 giá trị. Màu xám là năm trạm không có số liệu.

Bảng 2. Thống kê tổng số năm có số liệu theo từng lưu vực sông.

Hệ thống sông	Số lượng trạm	Giá trị lớn nhất (năm)	Giá trị nhỏ nhất (năm)	Giá trị trung bình (năm)
BA	4	43	5	26
BK	1	61	61	61
CA	7	61	44	51
HT	29	64	5	43
MA	4	59	2	34
MK	8	44	16	36
SD	8	44	25	38
SK	9	58	28	39
VT	2	44	36	40

3.3. Đánh giá mật độ hệ thống trạm quan trắc lưu lượng dài hạn

Theo kết quả thống kê hiện trạng số lượng của các trạm quan lưu lượng dài hạn thủy văn trên các hệ thống sông có thể được chia thành ba nhóm chính gồm i) Nhóm một là nhóm lưu vực sông có số liệu quan trắc rất dày là hệ thống sông HT. Tính đến năm 2019, hệ thống sông HT có hệ thống trạm quan trắc lưu lượng dài hạn nhiều nhất (29 trạm); ii) Nhóm lưu vực sông thứ hai với số lượng trạm quan trắc dao động từ 7 đến 8 trạm cho một lưu vực. Nhóm này bao gồm Hệ thống sông CL, CA, MK và SD; iii) Nhóm lưu vực sông thứ ba là nhóm với số lượng trạm hoạt động rất ít, dưới 5 trạm cho cả hệ thống sông. Nhóm này bao gồm hệ thống sông BA (4 trạm), VT (2 trạm), MA (4 trạm), BK (1 trạm) và SK (9 trạm). Kết quả tính toán độ dài sông mà mỗi trạm quan trắc lưu lượng dài hạn đại diện theo hiện trạng là khá lớn (>200 km) (Bảng 3). Lớn nhất là hệ thống sông BK với độ dài đoạn sông 2.133 km. Ngược lại, hệ thống sông CL có độ dài sông đoạn sông mà mỗi trạm quan trắc đại diện là nhỏ nhất (276 km). Như vậy theo kết quả tính toán ở mức I thì có thể kết luận mật độ trạm quan trắc lưu lượng dài hạn ở các hệ thống sông còn rất thưa (so với các tiêu chuẩn ở cả Việt Nam lẫn thế giới – xem mục 3.3) và có thể vẫn chưa đáp ứng được hết yêu cầu của đánh giá và nghiên cứu thủy văn. Trong khi đó, kết quả khoảng cách giữa các trạm quan trắc theo độ dài sông trên các hệ thống sông cho thấy hệ thống sông CL là ngắn với nhất với 71 km và hệ thống sông MA và dài nhất với 203 km. Tương tự như kết luận ở mức I thì mức II cũng cho thấy mật độ trạm quan trắc lưu lượng dài hạn như hiện trạng khá thưa.

Bảng 3. Kết quả tính toán độ dài sông mỗi trạm thủy văn đại diện theo số lượng trạm thủy văn hiện trạng.

Hệ thống sông	Số lượng trạm	Tổng chiều dài mạng sông (km)	Độ dài sông (km) mỗi trạm đại diện (mức I)	Khoảng cách giữa các trạm theo độ dài sông (km) (mức II)
BA	4	3.681	920	128
BK	1	2.133	2.133	NA
CA	7	5.260	751	89
HT	29	19.735	730	92
MA	3	4.688	1.562	203
MK	8	7.953	994	74
SD	7	10.113	1.444	183
SK	9	5.015	557	NA
VT	2	2.562	1.281	NA
CL	23	6.351	276	71

Ghi chú: NA: Không đủ số liệu tính toán (số lượng trạm nhỏ hơn 2).

Ngoài kết quả đánh giá cho hiện trạng, nghiên cứu còn đánh giá mật độ trạm dựa trên số lượng trạm quan trắc thủy văn (bao gồm cả trạm quan trắc lưu lượng và mực nước) được quy hoạch đến năm 2030 theo Quyết định số 90/QĐ-TTg (Bảng 4). Đánh giá theo mức 1, kết quả chỉ ra rằng mặc dù số lượng trạm quan trắc thủy văn bao gồm cả trạm thủy văn quan trắc lưu lượng và mực nước nhưng vẫn chưa thể đáp ứng được tiêu chuẩn về khoảng cách giữa các trạm (khoảng 43 km cho khu vực đồng bằng và 32 km cho khu vực trung du, miền núi). Theo số lượng trạm quan trắc thủy văn trong quy hoạch thì hệ thống sông CL có chỉ số độ dài sông mỗi trạm quan trắc đại diện là nhỏ nhất (49 km). Còn đối với khoảng cách giữa các trạm quan trắc thủy văn ở mức 2 theo độ dài sông thì hệ thống sông SK có giá trị nhỏ nhất (27 km). Cũng cần lưu ý là nghiên cứu chỉ tập trung vào khoảng cách trung bình giữa các trạm quan trắc theo độ dài sông. Khi xem xét ở mức chi tiết hơn theo từng cặp trạm quan trắc thuộc một hệ thống sông thì sẽ có một số cặp trạm quan trắc đảm bảo tiêu chí. Ví dụ, hệ thống sông CA khoảng cách giữa hai trạm thủy văn Nam Đàn và Chợ Trang khoảng 26 km. Hoặc, hệ thống sông MA khoảng cách giữa hai trạm thủy văn Giàng và Len khoảng 19 km. Ở khu vực đồng bằng, hệ thống CL có khoảng cách ngắn nhất giữa trạm Hà Tiên và Cầu Quằng khoảng 3 km. Nghiên cứu cũng lưu ý rằng kết quả đánh giá mật độ trạm dựa trên tập hợp các trạm được lựa chọn theo tiêu chí đã xác định (mô tả trong phần phương pháp). Vì vậy, các kết quả không nhất thiết thể hiện mật độ thực tế của toàn bộ mạng lưới quan trắc thủy văn quốc gia. Các kết quả của nghiên cứu này, tuy nhiên, đã cung cấp nhận định ban đầu về mật độ quan trắc tại một số lưu vực sông, qua đó xây dựng cơ sở cho các phân tích chuyên sâu hơn trong tương lai.

Bảng 4. Kết quả tính toán độ dài sông mỗi trạm thủy văn đại diện theo số lượng trạm thủy văn quy hoạch

Hệ thống sông	Số lượng trạm	Tổng chiều dài mạng sông (km)	Độ dài sông (km) mỗi trạm đại diện (mức I)	Khoảng cách giữa các trạm theo độ dài sông (km) (mức II)
BA	5	3.681	736	108
BK	2	2.133	1.066	111
CA	15	5.260	350	42
HT	65	19.735	303	61
MA	15	4.688	312	42
MK	11	7.953	723	69
SD	28	10.113	361	124
SK	22	5.015	227	27
VT	8	2.562	320	28
CL	128	6.351	49	38

4. Kết luận

Nghiên cứu đã lựa chọn, thu thập và đánh giá độ dài chuỗi số liệu quan trắc lưu lượng tại 72 trạm quan trắc thủy văn theo chín lưu vực sông lớn của Việt Nam trong giai đoạn 1956–2019. Bên cạnh đó, nghiên cứu đã tiến hành đánh giá mật độ trạm quan trắc thủy văn theo từng hệ thống sông bao gồm vùng đồng bằng sông Cửu Long với điều kiện hiện trạng (trạm thủy văn quan trắc lưu lượng) và tương lai gần (Đến năm 2030) (trạm thủy văn quan trắc lưu lượng và mực nước). Kết quả phân tích cho thấy lưu vực sông Hồng–Thái Bình có số lượng trạm quan trắc lưu lượng nhiều nhất và số lượng năm quan trắc cũng tương đối dài. Hệ thống sông Cả, hệ thống sông khác, sông Mê Công và sông Sài Gòn – Đồng Nai cũng có số liệu quan trắc lưu lượng tương đối tốt nhưng mật độ trạm vẫn chưa đạt tiêu chuẩn khuyến nghị. Các hệ thống sông còn lại gồm sông Ba, sông Vu Gia Thu Bồn, sông Mã, sông Bằng Giang – Kỳ Cùng nhìn chung có chuỗi số liệu quan trắc tương đối tốt nhưng có số lượng trạm quan trắc rất hạn chế. Các kết quả cần

được cập nhật đến giai đoạn gần nhất trong các nghiên cứu tương lai do mốc thời gian kết thúc thu thập dữ liệu của nghiên cứu này chỉ đến năm 2019. Nghiên cứu chưa được thực hiện đánh giá toàn diện về sai số đo, tính đồng nhất hoặc độ tin cậy của toàn bộ chuỗi số liệu. Đây là một hạn chế cần được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo. Bên cạnh đó, việc phân tích mật độ trạm ở mức 2 tuy có xét đến tính kết nối và cấu trúc phân nhánh của mạng sông ở mức nhất định, nhưng phân tích mức này vẫn chưa trực tiếp xem xét diện tích lưu vực đại diện, vị trí chiến lược của từng trạm, mức độ rủi ro lũ–hạn hoặc nhu cầu dự báo. Vì vậy, cần tiến hành các phân tích sâu hơn ví dụ như vị trí và số lượng trạm tối ưu cần bổ sung trên mỗi hệ thống sông.

Trong điều kiện hiện trạng, các hệ thống sông có khoảng cách trung bình lớn giữa các trạm gồm sông Ba (128 km), Sài Gòn–Đồng Nai (183 km) và sông Mã (203 km). Sự hạn chế về số lượng và mật độ trạm có thể là một trong những yếu tố ảnh hưởng độ chính xác của các mô hình dự báo lũ lụt và hạn hán, đặt ra yêu cầu cấp thiết về việc tăng cường đầu tư mạng lưới trạm quan trắc trong giai đoạn tới. Một điểm đáng lưu ý là mạng lưới quy hoạch đến năm 2030 trên các hệ thống sông Ba, Bằng Giang–Kỳ Cùng và Sài Gòn–Đồng Nai vẫn có khoảng cách trung bình vượt 100 km, lần lượt là 108 km, 111 km và 124 km. Đây là các hệ thống sông cần được ưu tiên xem xét trong các nghiên cứu thiết kế và tối ưu hóa mạng lưới trạm tiếp theo. Việc bổ sung trạm quan trắc thủy văn cho các hệ thống sông có mật độ trạm quan trắc thủy văn thấp hay giữa các trạm quan trắc thủy văn có khoảng cách lớn là rất cần thiết nhằm đảm bảo độ chính xác và kịp thời của các thông tin quan trọng trong việc ra quyết định về tài nguyên nước, góp phần vào công tác dự báo lũ lụt và hạn hán phục vụ phát triển kinh tế xã hội bền vững tại Việt Nam.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 105.06-2021.17. Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Trần Phạm Mỹ Duyên, Nguyễn Thị Tuyết Huyền, Nguyễn Thị Kim Kiều và Võ Thành Nhân đã hỗ trợ xử lý một số dữ liệu trong nghiên cứu này.

Lời cam đoan

Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

[1] D. X. Son, Water Resources and Socio-Economic Development, Online Magazine of the Ministry of Natural Resources and Environment, https://tainguyenvamoitruong.vn/tai-nguyen-nuoc-voi-su-phat-trien-kinh-te-xa-hoi-cid16925.html, 2022 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[2] Prime Minister of Vietnam, Decision No. 1989/QĐ-TTg on the Promulgation of the List of Inter-Provincial River Basins, https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=97581, 2010 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[3] H. V. Cuong, N. T. N. Nhan, T. V. Bach, T. Q. Toan, Study on Drought Evolution in the Red River – Thai Binh River Basin Using Meteorological and Hydrological Data Reconstructed from the Combined WEHY-WRF Model, Journal of Water Resources Science and Technology, Vol. 52, 2019, 17 pages (in Vietnamese).

[4] N. N. Minh, Q. T. T. Tuyet, Impacts of Climate Change on Water Resources and Proposed Response Solutions, Environment Magazine, Vietnam Environment Administration, https://tapchimoitruong.vn/chuyen-muc-3/tac-dong-cua-bien-doi-khi-hau-den-tai-nguyen-nuoc-va-de-xuat-giai-phap-ung-pho-28680, 2023 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[5] Prime Minister of Vietnam, Decision No. 90/QĐ-TTg on the Approval of the National Master Plan for Natural Resources and Environment Monitoring Network for the Period 2016-2025, with a Vision to 2030, https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=183027, 2016 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[6] Institute of Water Resources Science, Overview of Domestic Studies on the System of Water

Resources Inventory Indicators, http://wri.vn/Pages/tong-quan-cac-nghien-cuu-trong-nuoc-ve-he-thong-chi-tieu-kiem-ke-tai-nguyen-nuoc.aspx, 2023 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[7] Prime Minister of Vietnam, Decision No. 433/QĐ-TTg on the Approval of the Task of Formulating the National Hydro-Meteorological Station Network Planning for the Period 2021-2030, with a Vision to 2050, https://vanban.chinhphu.vn/default.aspx?pageid=27160&docid=202890, 2021 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[8] Prime Minister of Vietnam, Decision No. 289/QĐ-TTg on the Approval of the National Hydro-Meteorological Station Network Planning for the Period 2021-2030, with a Vision to 2050, https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=210066, 2024 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[9] Prime Minister of Vietnam, Decision No. 1261/QĐ-TTg on the Approval of the Project Modernization of the Hydro-Meteorological Sector to 2025 and the Period 2026-2030, https://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=208844, 2023 (accessed on: May 1st, 2025) (in Vietnamese).

[10] N. K. Dung, B. D. Long, Assessment of the Current Status and Proposal of a Hydro-Meteorological Network for Flood Disaster Forecasting in the Central, Central Highlands, and Southern Regions in the Context of Climate Change, Vietnam Journal of Hydrometeorology, Vol. 635, 2013, pp. 24-30 (in Vietnamese).

[11] V. Anh, Discussion on Hydro-Meteorological Forecasting for Regulating Hoa Binh Reservoir and Flood Prevention for the Downstream Red River Delta, Journal of Hydrological Science, Vol. 512, 2003, pp. 23-30 (in Vietnamese).

[12] D. T. Tuc, P. T. H. Lan, N. N. Minh, Hydrological Data Measurement and Processing, Construction Publishing House, Hanoi, 2006 (in Vietnamese).

[13] D. X. Hong, L. M. Hung, P. T. Hung, L. H. Tu, N. Q. Binh, Identifying Hydrologic Reference Stations to Understand Changes in Water Resources across Vietnam – A Data-Driven Approach, Vietnam Journal of Earth Sciences, Vol. 44, No. 1, 2022, pp. 144-164, https://doi.org/10.15625/2615-9783/16980.

[14] V. Nam, H. Q. Nhan, N. V. Manh, N. T. Hien, Standardization Methods for Hydrological Data Applied to Station 74129-Yen Bai, Vietnam Journal of Hydrometeorology, No. 714, 2020, https://doi.org/10.36335/VNJHM.2020(714).18-29 (in Vietnamese).

[15] National Center for Hydro-Meteorological Forecasting, Internal Document of the National Center for Hydro-Meteorological Forecasting, National Center for Hydro-Meteorological Forecasting, Hanoi, 2018 (in Vietnamese).

[16] T. T. Xuan, H. M. Tuyen, T. Thuc, T. H. Thai, N. K. Dung, Water Resources of the Main River Systems in Vietnam, Science and Technology Publishing House, Hanoi, 2012 (in Vietnamese).

[17] Vietnam Meteorological and Hydrological Administration, Hydro-Meteorological Monitoring Works – Part 6: Density of Hydro-Meteorological Stations within the National Hydro-Meteorological Station Network, TCVN 12635-6:2022, Hanoi, 2022 (in Vietnamese).

[18] World Meteorological Organization, Guide to Hydrological Practices, Volume I: Hydrology – from Measurement to Hydrological Information, WMO-No. 168, Geneva, 2008.

Phụ lục 1. Thông tin cơ bản của tất cả các trạm thủy văn được chọn để phân tích trong nghiên cứu này

TT	Tên trạm (VIE)	Hệ thống sông	Đài[1]	Diện tích (km^2)[2]	Hạng trạm[3]	Kinh độ (độ)	Vĩ độ (độ)	Số liệu phân tích	Độ dài	Nguồn tham khảo
1	Gia Bẩy	HT	VB	2.760	1	105,83	21,59	1961-2019	59	[15, 16]
2	Chũ	HT	DB	2.090	1	106,60	21,37	1958-2019	62	[15, 16]
3	Lâm Sơn	HT	TB	33,1	2	105,50	20,87	1970-2019	50	[15]
4	Lào Cai	HT	VB	41.000	1	103,96	22,50	1956-1978; 1995-2019	48	[15, 16]
5	Yên Bái	HT	VB	48.000	1	104,88	21,70	1956-2019	64	[15, 16]
6	Sơn Tây	HT	DBBB	143.600	1	105,50	21,15	1956-2019	64	[15, 16]
7	Lai Châu	HT	TB	33.800	1	103,17	22,07	1959-2019	61	[15, 16]
8	Tạ Bú	HT	TB	49.500	1	104,05	21,44	1961-2019	59	[15, 16]
9	Hòa Bình	HT	TB	51.800	1	105,33	20,82	1956-2019	64	[15, 16]
10	Đạo Đức	HT	VB	8.298	1	105,76	22,77	1973-2019	47	[15, 16]
11	Hàm Yên	HT	VB	11.900	1	105,09	22,05	1958-2019	62	[15, 16]
12	Ghềnh Gà	HT	VB	29.600	1	105,19	21,86	1956-2019	64	[15, 16]
13	Vụ Quang	HT	VB	36.790	1	105,24	21,59	1957-2019	63	[15, 16]
14	Chiêm Hóa	HT	VB	16.500	1	105,25	22,08	1977-2019	43	[15, 16]
15	Ngòi Hút	HT	VB	602	1	104,55	21,93	1979-2019	41	[15]
16	Thanh Sơn	HT	VB	1.590	1	105,15	21,19	1963-1976; 1989-2019	45	[15, 16]
17	Nậm Giàng	HT	TB	6.740	1	103,16	22,25	1965-2019	55	[15, 16]
18	Nậm Mức	HT	TB	2.680	1	103,29	21,87	1961-2019	59	[15, 16]
19	Bản Củng	HT	TB	2.620	1	103,81	21,79	1961-1987; 2003-2019	44	[15, 16]
20	Bảo Yên	HT	VB	4.960	1	104,58	22,17	1982-2019	38	[15, 16]
21	Vĩnh Yên	HT	VB	138	2	104,47	22,37	1961-2019	59	[15, 16]
22	Khe Lếch	HT	VB	503	2	104,27	22,14	1971-2019	49	[15, 16]
23	Mù Cang Chải	HT	VB	230	1	104,08	21,87	2012-2019	8	[15]
24	Nà Hừ	HT	TB	155	1	102,87	22,37	2007-2019	13	[15]
25	Quảng Cư	HT	VB	1.190	2	105,49	21,52	2012-2019	8	[15]
26	Vĩnh Tuy	HT	VB	NA	2	104,88	22,27	2012-2019	8	[15]
27	Bắc Mê	HT	VB	NA	2	105,37	22,73	1997-2019	23	[15]
28	Đầu Đẳng	HT	VB	1.890	1	105,58	22,45	2015-2019	5	[15]
29	Cầu Phà	HT	VB	363	2	105,85	22,12	2015-2019	5	[15]
30	Lạng Sơn	BK	DB	1.560	1	106,75	21,84	1958-2019	62	[15, 16]
31	Xã Là	MA	TB	6.430	1	103,92	20,94	1961-2019	59	[15, 16]
32	Cẩm Thủy	MA	BTB	17.500	1	105,47	20,21	1957-1972; 1995-2019	41	[15, 16]
33	Cửa Đạt	MA	BTB	6.000	2	105,24	19,88	1981-2019	39	[15]
34	Mường Lát	MA	BTB	NA	1	104,59	20,52	2018-2019	2	[15]
35	Dừa	CA	BTB	20.800	1	105,04	18,99	1959-2019	61	[15, 16]
36	Yên Thượng	CA	BTB	23.000	1	105,39	18,69	1968-2019	52	[15, 16]
37	Mường Xén	CA	BTB	2.620	1	104,12	19,41	1968-2019	52	[15, 16]
38	Quỳ Châu	CA	BTB	1.500	1	105,14	19,56	1961-2019	59	[15, 16]
39	Nghĩa Khánh	CA	BTB	4.024	1	105,33	19,43	1973-2019	47	[15, 16]
40	Hòa Duyệt	CA	BTB	1.880	1	105,59	18,37	1959-1981; 1997-2019	46	[15, 16]
41	Sơn Diệm	CA	BTB	599	1	105,36	18,50	1961-1981; 1997-2019	44	[15, 16]
42	Thành Mỹ	VT	TTB	1.850	1	107,83	15,77	1984-2019	36	[15, 16]
43	Nông Sơn	VT	TTB	3.155	1	108,03	15,70	1976-2019	44	[15, 16]
44	An Khê	BA	TN	1.440	1	108,67	13,95	1978-2019	42	[15, 16]
45	Củng Sơn	BA	NTB	12.800	1	108,98	13,04	1977-2019	43	[15, 16]
46	AyunPa	BA	TN	2.940	2	108,45	13,40	2015-2019	5	[15]
47	Pơ Mơ Rê	BA	TN	312	1	108,35	14,03	2005-2019	15	[15]
48	Thanh Bình	SD	TN	290	2	108,29	11,77	1980-2019	40	[15, 16]
49	Đắc Nông	SD	TN	300	2	107,68	12,00	1981-2019	39	[15, 16]
50	Đại Nga	SD	TN	368	2	107,87	11,53	1979-2019	41	[15, 16]

51	Tà Pao	SD	NTB	2.012	1	107,72	11,12	1976-2019	44	[15, 16]
52	Phú Hiệp	SD	NB	NA	1	107.47	107,47	1995-2019	25	[15]
53	Phước Hòa	SD	NB	5.240	1	106,77	11,24	1976-2019	44	[15, 16]
54	Cần Đăng	SD	NB	617	2	106,00	11,53	1980-2019	40	[15, 16]
55	Tà Lài	SD	NB	10.170	1	107,37	11,37	1987-2019	33	[15]
56	Bản Yên	MK	TB	638	1	103,03	21,27	1976-2019	44	[15, 16]
57	Krong Buk	MK	TN	503	1	108,38	12,77	1977-2019	43	[15, 16]
58	Giang Sơn	MK	TN	3.100	1	108,35	12,50	1978-2019	42	[15, 16]
59	Bản Đôn	MK	TN	10.600	1	107,78	12,85	1977-2019	43	[15, 16]
60	Cau14	MK	TN	8.640	1	107,93	12,62	1977-2019	43	[15, 16]
61	Kon Tum	MK	TN	3.030	1	108,02	14,50	1978-2019	42	[15, 16]
62	Đắc Mốt	MK	TN	752	1	107,77	14,75	2000-2019	20	[15, 16]
63	Kon Plong	MK	TN	963	1	108,13	14,47	2003-2019	17	[15, 16]
64	Bình Liêu	SK	DB	505	2	107,38	21,49	1962-2019	58	[15]
65	Thượng Nhật	SK	TTB	208	2	107,68	16,12	1981-2019	39	[15]
66	Gia Vòng	SK	TTB	267	1	106,93	16,93	1977-2019	43	[15]
67	An Chỉ	SK	TTB	834	1	108,82	14,98	1987-2019	33	[15]
68	An Hòa	SK	NTB	383	1	108,90	14,57	1982-2019	38	[15]
69	Đồng Trăng	SK	NTB	1.244	1	109,00	12,28	1983-2019	37	[15]
70	Sông Lũy	SK	NTB	964	1	108,34	11,19	1981-2019	39	[15]
71	Đồng Tâm	SK	TTB	1.150	1	106,00	17,92	1961-1981; 2013-2019	28	[15]
72	Sơn Giang	SK	TTB	2.440	1	108,57	15,13	1979-2019	41	[15]
73	Thượng Cát	HT	DBBB	NA	1	105,87	21,07	NA	NA	[15, 16]
74	Hà Nội	HT	DBBB	NA	1	105,85	21,02	NA	NA	[15, 16]

Chú thích: [1]Đài: TB Tây Bắc, VB: Việt Bắc, DB: Đông Bắc, DBBB: Đồng bằng Bắc Bộ, BTB: Bắc Trung Bộ, TTB: Trung Trung Bộ, NTB: Nam Trung Bộ, TN: Tây Nguyên, NB: Nam Bộ;
[2]Diện tích lưu vực: Tham khảo từ [16], tài liệu của [15]. Nếu có sai lệch giữa hai nguồn thì lấy giá trị trung bình;
[3]Hạng trạm: Tham khảo từ tài liệu của [15].