

PHÂN TÍCH BỘ CHỈ SỐ VẬN HÀNH BỀN VỮNG CÁC CÔNG TRÌNH KHAI THÁC NƯỚC DƯỚI ĐẤT DỰA TRÊN CƠ SỞ DỮ LIỆU VẬN HÀNH

Nguyễn Tiếp Tân, Lê Thị Hồng Nhung

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Lương Tuấn Trung, Vũ Thị Thủy

Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi Khí hậu

Dương Thị Thanh Xuyên, Nguyễn Thị Hồng Liễu

Cục Kiểm soát Ô nhiễm Môi trường - Bộ Tài nguyên và Môi trường

Đặng Thanh Nam

Trường Đại học Giao thông Vận tải Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Toàn quốc hiện có 16.573 công trình cấp nước tập trung nông thôn. Các đánh giá hiện tại về chỉ số vận hành hiện tại thường tập trung theo hướng đảm bảo hạ tầng và quản lý. Theo phê duyệt chương trình tăng cường bảo vệ môi trường, an toàn thực phẩm và cấp nước sạch nông thôn trong xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025, quan điểm chủ đạo là bảo vệ môi trường, cấp nước sạch theo hướng sinh thái, nâng cao đời sống của người dân nông thôn. Do đó cần bổ sung đánh giá chỉ số phản ánh tính bền vững của công trình cấp nước sạch nông thôn bao gồm cả yếu tố môi trường, tài nguyên và quản lý công trình.

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp PCA (Principal Component Analysis) để phân tích thành phần cơ bản trong các chỉ tiêu vận hành bền vững của công trình cấp nước trên cơ sở dữ liệu thu thập về vận hành của 142 công trình cấp nước sạch nông thôn trên địa bàn của 67 xã thuộc 10 tỉnh. Đánh giá ban đầu với bộ chỉ số cho thấy các mô hình vận hành cho kết quả bền vững chủ yếu là mô hình Đơn vị sự nghiệp hoặc Doanh nghiệp. Phương pháp phân tích này có thể mở rộng đánh giá theo vùng, hoặc thay đổi mức độ ưu tiên về chính sách của một số trọng số (như yếu tố môi trường, quản lý) để đưa ra được các đánh giá chính sách và khuyến nghị có tính thống kê và dựa trên cơ sở dữ liệu. Cơ sở dữ liệu và phương pháp phân tích này có thể hỗ trợ cho các phương pháp phân tích hiện đang được cơ quan nhà nước sử dụng trong đánh giá phân loại các công trình nước sạch nông.

Từ khóa: Chỉ số vận hành, Thành phần chính, Bảo vệ môi trường, Mô hình vận hành, Công trình cấp nước.

Summary: There are currently 16,573 rural water supply utilities nationwide. Past researches on water utilities performance assessment were mainly on facility performance factors. The orientation in the decision to strengthen environmental protection is to protect the environment, provide clean water in an ecological manner, and improve the lives of rural people. Therefore, it is necessary to ensure the inclusion of sustainable development indicators such as environmental, natural resources and project management.

This study uses the PCA method to analyze the principal components in the sustainable operation indicators of water supply works based on data collected from 142 rural water supply utilities in 67 communes of 10 provinces. Initial assessment with the set of indicators shows that the sustainable operating models of those rural water supply utilities are mainly the Public Service Unit or Enterprise model. This analysis method can be extended to assess the level of suitability by geographical location or the weights assigned for different indicators based on policy priorities (such as environmental or managerial factors) to provide statistical and data-based policy assessments and recommendations. This database and analysis method can complement the analysis methods currently used by state agencies in the classification assessment of rural water supply utilities.

Keywords: Operation indicators, Principal Component, Environmental Protection, Operation Models, Water Utilities

1. GIỚI THIỆU

Từ năm 2000 đến nay, Chính phủ đã qua 3 giai

đoạn triển khai thực hiện chương trình mục tiêu quốc gia về nước sạch và vệ sinh môi trường nông thôn. Toàn quốc hiện có 16.573 công trình cấp nước tập trung nông thôn phục vụ cấp nước sinh hoạt cho 28,3 triệu người (44% tổng dân số nông thôn) [1]. Cả nước vẫn

Ngày nhận bài: 28/6/2024

Ngày thông qua phản biện: 15/7/2024

Ngày duyệt đăng: 02/8/2024

còn hơn 31 triệu người dân nông thôn chưa được sử dụng nước sạch đạt quy chuẩn. Để tăng cường đảm bảo cung cấp nước sạch cho các vùng nông thôn, khan hiếm nước, nhiều chính sách và nhiệm vụ đã được đặt ra và lồng ghép vào các chương trình xây dựng nông thôn mới, chương trình vệ sinh môi trường nước sạch nông thôn cũng như các chương trình đánh giá và bảo vệ tài nguyên nước cho các vùng khan hiếm nước. Quan điểm phê duyệt trong quyết định Phê duyệt chương trình tăng cường bảo vệ môi trường, an toàn thực phẩm và cấp nước sạch nông thôn trong xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025, quyết định số 925/QĐ-TTg ngày 02 tháng 8 năm 2022, là bảo vệ môi trường, cấp nước sạch theo hướng sinh thái, hiện đại nhằm nâng cao đời sống của người dân nông thôn. Ưu tiên tập trung nguồn lực và huy động đóng góp xã hội cho công tác bảo vệ môi trường, cấp nước sạch nông thôn đặc biệt là với các khu vực khó khăn, vùng sâu, vùng xa.

Trong số các công trình nước sạch nông thôn đã được xây dựng, theo một đánh giá chưa đầy đủ thì số lượng hoạt động bền vững chiếm 33,1%, tương đối bền vững chiếm 35,3%, kém bền vững chiếm 17%; không hoạt động chiếm 14,6%. Các công trình hoạt động bền vững và tương đối bền vững chiếm tỷ lệ 68,4% tập trung chủ yếu tại các vùng Đồng bằng sông Hồng, Đông Nam Bộ, Đồng bằng sông Cửu Long, trong khi các công trình hoạt động kém bền vững và không hoạt động chiếm tỷ lệ 31,6% tập trung chủ yếu ở miền núi phía Bắc (35%), Bắc Trung bộ (35%), Nam Trung bộ (44%) và Tây Nguyên (48%) [1, 2]. Về mô hình hoạt động của các cơ sở cấp nước sạch nông thôn, thì hiện tại tồn tại chủ yếu dưới 3 dạng mô hình hoạt động: (i) Ủy ban nhân dân xã; (ii) đơn vị sự nghiệp công lập, hợp tác xã; (iii) doanh nghiệp [2]. Nghiên cứu về các mô hình quản lý vận hành cấp nước sạch nông thôn do Thẩm Hoàng và Vân Ngô [3] cho thấy một số hạn chế của các mô hình quản lý nước nông thôn bao gồm tư nhân quản lý, hợp tác xã, và sự nghiệp công lập. Những hạn chế chính được chỉ ra là việc quản lý chất lượng

dịch vụ, đảm bảo khả năng cung cấp dịch vụ nước đến các hộ dân trong vùng phục vụ, và nguồn vốn đầu tư, bảo trì hệ thống. Ví dụ, mô hình quản lý theo cơ cấu hợp tác xã có sự phối hợp quản lý giữa Nhà nước nên giá nước khá ổn định và phù hợp với khả năng chi trả của người dân. Tuy nhiên, điểm hạn chế của mô hình này là nguồn vốn đầu tư, quản lý lỏng lẻo trong việc bảo vệ cơ sở vật chất và nguồn vốn đầu tư lớn. Ngoài ra với mô hình quản lý theo hướng doanh nghiệp đã quan tâm tới vấn đề xử lý nước thải, góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường, đồng thời chú trọng đến cải tiến kỹ thuật, thường xuyên tu sửa và bảo dưỡng hệ thống cấp nước. Song, mô hình vẫn có giá thành cao và hiệu quả sử dụng nước sau đầu tư ở khu vực nông thôn không cao.

Trên thế giới hiện nay vẫn còn những tranh luận về khả năng quản lý của nhà nước so với tư nhân trong việc cung cấp nước, với những dẫn chứng, lý lẽ về ưu và khuyết điểm của cả 2 phía. Điều rõ ràng là, cho dù là mô hình nào, thì vẫn cần có những chỉ số đánh giá hiệu quả hoạt động có thể thẩm định được để đảm bảo những tiêu chuẩn dịch vụ như những điều kiện về tài sản được duy trì hay các cơ chế nhằm đảm bảo tính công bằng cho các kết quả có được. Ở Việt Nam, các nghiên cứu về xây dựng tiêu chí đánh giá hiệu quả kinh tế cho các mô hình cấp nước tại vùng núi cao và khan hiếm nước được xây dựng dựa trên ba nhóm tiêu chí gồm hiện trạng công trình, đáp ứng nhu cầu sử dụng nước, và quản lý vận hành [4]. Trong các nghiên cứu của tác giả khác thì chủ yếu đánh giá về các yếu tố công trình (ổn định của công trình đầu mối, kết nối đến hộ gia đình và chất lượng nước), đánh giá thường dựa trên các bộ tiêu chí đã xây dựng theo hướng ổn định nguồn nước và công trình là các yếu tố chủ đạo. Từ đó dẫn đến các đánh giá hoạt động hiệu quả, bền vững hay không của công trình theo hướng đảm bảo hạ tầng là chủ yếu [5, 6].

Tuy nhiên, để một mô hình hay công trình hoạt động bền vững, ngoài các yếu tố về mặt công trình thì còn các yếu tố khác cũng quyết định

đến tính bền vững của công trình cấp nước nông thôn. Ngay cả khi các hệ thống công trình ổn định mà về mặt kết cấu hay nguồn nước nhưng tài chính không đảm bảo, hay môi trường bị ảnh hưởng (như khai thác cạn kiệt nguồn nước, tỷ lệ nguồn nước có thể khai thác trên nhu cầu thấp, hay các tác động bất lợi về môi trường khác) thì công trình hoạt hoàn toàn không bền vững. Các nghiên cứu trên thế giới cũng đã đề cập đến việc tích hợp các yếu tố xã hội, môi trường, kinh tế vào đánh giá chỉ tiêu vận hành của các tổ chức cấp nước để đảm bảo tính bền vững lâu dài, ví dụ như ở Nhật Bản [7], Ấn Độ [8], Pakistan[9].

Về các định nghĩa hướng tới vận hành bền vững cần đề cập các yếu tố cân bằng dựa trên 3 trụ cột của phát triển bền vững là (profit – lợi nhuận), (people – con người), (planet – môi trường trái đất). Ba tiêu chí cơ bản (The Triple Bottom Line) thường được viết tắt là TBL được John Elkington giới thiệu năm 1994 [10] là ba thành tố cơ bản như là một khuôn khổ về phát triển bền vững, có vai trò cân bằng các tác động về mặt xã hội, môi trường và kinh tế của doanh nghiệp. Nó đo lường hiệu suất của một tổ chức dựa trên ba tiêu chí: xã hội, môi trường và tài chính. Trong đó, lợi nhuận là để đảm bảo về mặt bền vững tài chính cho công trình và hệ thống cấp nước có thể duy trì trạng thái và mục đích phục vụ. TBL xem xét tác động của các tổ chức và doanh nghiệp đối với xã hội (như quyền con người, sự tham gia của cộng đồng và trách nhiệm xã hội), môi trường (hiệu quả năng lượng, bảo tồn tài nguyên và giảm chất thải) và lợi nhuận (lợi nhuận và lợi tức đầu tư). Khuôn khổ này đảm bảo rằng họ không hy sinh một khía cạnh nào trong hoạt động của mình vì lợi ích của khía cạnh khác, khuyến khích các doanh nghiệp áp dụng cách tiếp cận toàn diện hơn đối với những gì họ làm [11].

Trên thế giới, các nghiên cứu cũng đã được thực hiện để lồng ghép các áp lực môi trường (hay nói cách khác, các tác động về môi trường) của việc khai thác, vận hành các công trình cấp nước, vệ sinh vào trong việc đánh giá tính bền vững của công trình. Nghiên cứu tại Bồ Đào Nha với các công trình cấp nước, vệ

sinh (với 149 hệ thống trên tổng số 180 hệ thống trên toàn quốc) [12], các hệ thống này phụ vụ việc cung cấp nước cho trên 2.2 triệu hộ gia đình và cung cấp dịch vụ vệ sinh cho trên 2.24 triệu hộ gia đình. Các tiêu chí tổng hợp chính được xác định trong nghiên cứu bao gồm: 1) lượng nước thất thoát, 2) kiên cố của công trình cấp nước, 3) các phát thải khí nhà kính của công trình và 4) các thông số về tuần hoàn nước hay chất thải. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp phân tích Data Envelopment Analysis (DEA) - phương pháp phân tích đường biên dữ liệu để xây dựng bộ chỉ số tích hợp từ bộ dữ liệu của các công trình khai thác và từ đó phân tích chỉ ra được các công trình có tính bền vững cao nhất (là 11 công trình trên tổng số 149 mẫu đã thu thập)[12]. Từ các phân tích về bộ chỉ số và dẫn chứng từ công trình với chỉ số tổng hợp cao nhất là công trình được quan tâm nhiều đến các tác động về môi trường trong vận hành cũng như hiện đại hóa công tác vận hành và do đó nguồn thu của công trình đảm bảo cho hoạt động bền vững lâu dài. Nghiên cứu cũng từ đó sàng lọc và chỉ ra một nhóm các công trình với chỉ số tích hợp (bao gồm cả yếu tố môi trường) được xếp hạng thấp, và do đó cần các khuyến nghị chính sách để đảm bảo hoạt động bền vững cả về mặt vận hành và môi trường.

Nghiên cứu khác về tính bền vững trong các công trình cấp nước của Ý cũng sử dụng phương pháp phân tích đường biên dữ liệu (DEA) trên tổng số 68 công ty cấp nước với các thông số được thu thập bao gồm (lượng nước cung cấp, chiều dài mạng cấp nước, số hộ phục vụ, chi phí vật liệu và dịch vụ, chi phí thuê mướn, chi phí nhân công, chi phí đầu tư, loại mô hình hoạt động) [13]. Nghiên cứu chỉ ra công ty thuộc nhóm nhà nước có hiệu quả kỹ thuật và hiệu quả quy mô cao hơn so với các công ty tư nhân. Kết quả này dựa vào tập hợp các biến được xem xét cho phân tích tại Ý của nhóm nghiên cứu. Trên thực tế, chỉ số tổng hợp phân tích ở đây bao gồm sự khác biệt giữa lượng nước được bơm và cung cấp, tính đến lượng nước bị mất trong đường ống chính và do đó ảnh hưởng lớn đến tính bền vững (lãng

phí nước và năng lượng). Theo phân tích các mối quan tâm về tính bền vững có lẽ được các công ty công cộng (thuộc nhà nước) giải quyết tốt hơn, do những công ty này chú ý nhiều hơn đến các mục tiêu ngoài kinh tế (như môi trường, giá dịch vụ và chất lượng dịch vụ, dư luận) và các yêu cầu của dư luận về mặt chi phí và tiết kiệm tài nguyên nước. Yếu tố khác ảnh hưởng đến hiệu quả của công ty là liên quan đến mục tiêu đảm bảo cho người dân mức giá thấp, thúc đẩy các công ty công cộng nỗ lực hơn nữa để giảm chi phí hoạt động. Ngoài ra trong nghiên cứu cũng chỉ ra sự khác biệt lớn trong yếu tố bền vững giữa các công trình ở các vùng khác nhau của Ý, như các công ty ở phía Bắc vận hành bền vững hơn ở phía Nam, điều này phụ thuộc nhiều yếu tố cấu thành hàm vận hành của các công ty, tuy nhiên đây có thể là các đặc thù của các vùng miền và các quốc gia khác nhau.

Nghiên cứu tại Nhật Bản đánh giá chỉ tiêu vận hành của các công trình cấp nước được thu thập trong vòng 4 năm với 137 chỉ tiêu đánh giá, sử dụng phương pháp Principal Component Analysis (PCA) (Phân tích thành phần cơ bản) để chỉ ra có 9 chỉ tiêu quan trọng mô tả được phần lớn hoạt động của các công trình cấp nước [7]. Dựa vào phân tích các thành phần chính, nghiên cứu bổ sung dự báo tính cạnh tranh trong vận hành của các đơn vị dựa trên xây dựng hàm dự báo với các thành phần vận hành chính đã được tìm ra. Nghiên cứu do đó xây dựng phương pháp để có thể đánh giá chuẩn hóa và xếp hạng các mô hình vận hành. Cũng sử dụng phương pháp PCA để đánh giá phân tích với các chỉ tiêu chính như: độ phủ cấp nước, lượng nước cấp trên đầu người, lượng thất thoát nước, thời gian cấp nước, chất lượng nước, đáp ứng yêu cầu và phản hồi của người sử dụng, thu hồi chi phí và hiệu quả thu hồi phí dịch vụ tại các cơ sở cấp nước của Ấn Độ [8]. Từ đó nghiên cứu đã xếp hạng được các công trình cấp nước cho phép người dùng và doanh nghiệp hay cơ quan xây dựng chính sách có cái nhìn toàn cảnh về đầu tư, vận hành và phương án tăng cường tính bền

vững của các công trình cấp nước trên cả nước.

Để phục vụ đánh giá tính bền vững của các công trình cung cấp nước sạch nông thôn, có tính đến các yếu tố của vận hành bền vững như môi trường xã hội, nghiên cứu này được xây dựng để đánh giá các chỉ tiêu phù hợp với điều kiện vận hành ở Việt Nam (đặc biệt là ở các vùng nông thôn, khan hiếm nước). Để từ đó có các khuyến nghị phù hợp về các bộ chỉ tiêu tích hợp đánh giá vận hành bền vững công trình cấp nước nông thôn, vùng khan hiếm nước. Đồng thời là công cụ phân tích chính sách cho các cơ quan quản lý trong việc đánh giá và củng cố hệ thống cấp nước sạch nông thôn.

2. PHƯƠNG PHÁP LUẬN PHÂN TÍCH

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp PCA để phân tích thành phần cơ bản trong các chỉ tiêu vận hành bền vững của công trình cấp nước. PCA là một phương pháp phổ biến trong nghiên cứu khoa học nhằm giảm số lượng biến (ở đây là các chỉ số phân tích vận hành của hệ thống cấp nước) xuống mức nhỏ hơn và tìm ra các thành phần chính thể hiện bản chất của dữ liệu gốc. Để làm được điều này, PCA xác định các biến tương tự và có thể được nhóm lại để tạo thành một biến mới. PCA đặc biệt là một phương pháp hiệu quả để nghiên cứu các biến khó đo lường chính xác. Một trong những lợi thế chính của việc áp dụng PCA là giảm số lượng biến xuống chỉ còn một vài biến, giúp tìm ra giải pháp tiết kiệm để giải thích mối quan hệ giữa các biến. Các thành phần chính được xác định sẽ là các biến chính sau khi phương pháp PCA được triển khai cho một tập dữ liệu. Cứ n biến, sẽ có n thành phần. Tuy nhiên, không phải tất cả các thành phần đều đủ quan trọng hoặc có ý nghĩa để giữ lại. Điều này có nghĩa là, trong số tất cả các thành phần có thể, chỉ những thành phần có thể giải thích được sự thay đổi trong dữ liệu mới được chọn làm thành phần chính. Đây là cơ chế giảm các biến trong PCA. Phương pháp này đã được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu tương tự, trong đó có nhiều biến liên quan và việc giảm các biến sẽ giúp nghiên cứu các biến quan trọng hiệu quả hơn [14].

- Dữ liệu thu thập về hàm vận hành (chỉ số vận hành) được thể hiện theo ma trận sau [14]

$$X = (x_{ij})_{n \times p} = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{np} \end{pmatrix}$$

- Dữ liệu sau đó được chuẩn hóa cho từng chỉ số theo độ lệch chuẩn của chỉ số đó (để giảm số chiều của biến)

$$x_{ij}^* = \frac{(x_{ij} - \bar{x}_j)}{s_j}$$

- Sau đó xây dựng ma trận hệ số tương quan

$$F = \frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} F1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} F2 + \dots + \frac{\lambda_n}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} Fn$$

Trong đó: n and p là số lượng mẫu và số lượng thông số đánh giá, x_{ij} và x_{ij}^* các dữ liệu thu thập đã được chuẩn hóa; \bar{x}_j là trung bình cho chỉ số j^{th} , s_j là độ lệch chuẩn của chỉ số j^{th} , λ_i và u_i là giá trị eigen và vector eigen.

3. DỮ LIỆU SỬ DỤNG

Phân tích PCA được thực hiện trên bộ dữ liệu thu thập từ 142 công trình cung cấp nước sạch nông thôn, trong khuôn khổ của đề tài “Nghiên cứu đề xuất hoàn thiện các mô hình tổ chức quản lý, cơ chế chính sách nhằm vận hành bền

$$R = (r_{ij})_{p \times p} = \frac{1}{n-1} \sum_{t=1}^n x_{ti}^* * x_{tj}^*$$

- Tính toán giá trị eigen và vector eigen của ma trận hệ số tương quan được đánh giá từ phương trình

$$F_i = u_{i1}x_1^* + u_{i2}x_2^* + \dots + u_{in}x_n^* \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

- Thành phần chính có được bằng phương trình sau

vững các hệ thống khai thác nước phục vụ cấp nước sinh hoạt cho vùng núi cao, vùng khan hiếm nước”. 50 chỉ số đã được thu thập bao gồm các nhóm chỉ số về môi trường, công trình, vận hành và các chỉ tiêu kinh tế. Tuy nhiên, do tính chất đặc thù và không thống nhất trong vận hành, lưu trữ dữ liệu nên không phải tất cả các cơ sở đều có đủ dữ liệu của 50 chỉ số đã thu thập. Phân tích PCA sử dụng công cụ phân tích trong phần mềm mã nguồn mở R với hàm phân tích precomp [15].

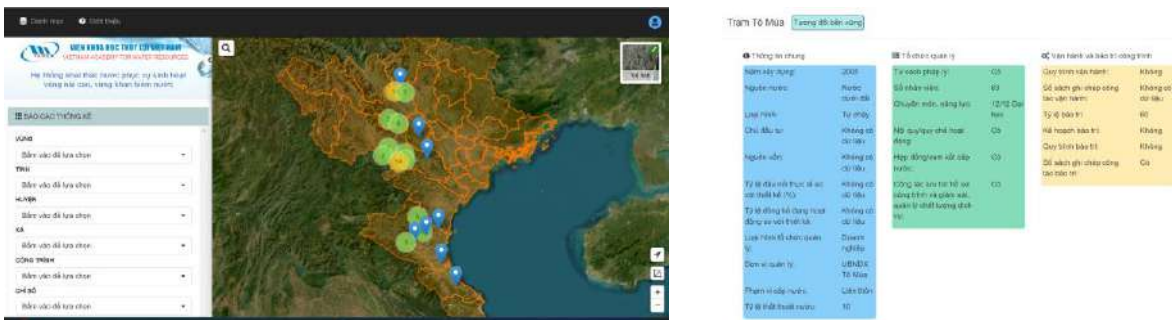
Bảng 1: Bộ chỉ tiêu và tiêu chí phân tích vận hành đánh giá

Tiêu chí bền vững (trọng số)	Chỉ tiêu
Môi trường (0.33)	Hiệu suất khai thác
	Tỷ lệ thất thoát nước (%)
Vận hành công trình (0.33)	Hiệu suất khai thác (%)
	Tỷ lệ số hộ thực tế/thiết kế (%)
	Tần suất kiểm tra chất lượng nước
	Tỷ lệ hạng mục công trình được bảo trì so với kế hoạch/yêu cầu (%)
	Khả năng cấp nước thường xuyên
Tổ chức quản lý và tài chính (0.33)	Hợp đồng/cam kết cấp nước
	Mức thu (đ/m ³)
	Tỷ lệ thu (%)
	Thu - chi

	Tổng thu so với kế hoạch/yêu cầu thực tế (%)
--	--

Sau khi làm sạch dữ liệu, nhóm nghiên cứu rút lại còn các chỉ tiêu có tính đại diện theo đánh giá ban đầu và phân thành 3 nhóm tiêu chí với các chỉ tiêu nhỏ hơn đại diện cho tiêu chí như trong bảng 1. Do phương pháp phân tích PCA yêu cầu tất cả dữ liệu của các chỉ tiêu phân tích phải khác 0, do đó sau khi sàng lọc với hơn 198 công trình thu thập dữ liệu thì còn 36 công trình có được thông số nhiều nhất theo các chỉ tiêu đặt ra. Những số liệu còn thiếu trong các chỉ tiêu của các công

trình được bổ sung bằng phương pháp giá trị trung bình (tức là lấy giá trị trung bình của các dữ liệu từ các công trình có số liệu để bổ sung cho số liệu thiếu của công trình bất kỳ). Phương pháp này đảm bảo được phép phân tích PCA có thể thực hiện được, ngoài ra không làm thay đổi quá lớn về các phân tích thống kê. Dữ liệu ngoài việc phân tích đã được xây dựng thành cơ sở dữ liệu và hệ thống thông tin để dễ dàng cập nhật, bổ sung, phân tích như hình 1.



Hình 1: Giao diện, tọa độ và thông tin của các chỉ số thu thập cho các công trình cấp nước nông thôn

Hình 1 thể hiện vị trí, thông số các công trình cấp nước sạch tại 67 xã thuộc vùng núi cao, vùng khan hiếm nước tại 10 tỉnh (chiếm 83% số xã thuộc địa bàn nghiên cứu tại các tỉnh điều tra và 21% tổng số xã thuộc vùng nghiên cứu trên phạm vi toàn quốc). Trong đó có 60/67 xã là có công trình có số liệu hoạt động, 7/67 xã là chưa có công trình cấp nước sinh hoạt nông thôn trung bình mỗi xã đang quản lý khoảng 2,4 công trình CNSH tập trung.

4. KẾT QUẢ VÀ CÁC THẢO LUẬN

Theo thống kê đối với các công trình đang hoạt động trên địa bàn các xã trong vùng khảo sát, công trình có công suất thiết kế từ 100 hộ trở xuống phổ biến ở các tỉnh thuộc khu vực miền núi Phía Bắc và Tây Nguyên. Trong khi đó, tại các vùng khác thì các công trình chủ yếu thiết kế cho 100 hộ trở lên. Riêng đối với Kiên Giang, 100% công trình có công suất thiết kế lớn hơn >1000 hộ. Nhìn chung, do nguồn nước, nguồn điện tương đối ổn định nên các công trình có khả năng cấp nước thường

xuyên cao (không bị gián đoạn nguồn cung liên tục quá 5 ngày/đợt; quá tổng 60 ngày/năm), tỷ lệ công trình có khả năng cấp nước thường xuyên đạt 82%. Tỷ lệ này thấp nhất ở tỉnh Sơn La, nơi có tình trạng nguồn nước khan hiếm vào mùa khô (tháng 1-4) và công trình thường xuyên bị hỏng hóc vào mùa mưa bão.

Mặt khác tại 60/67 xã thuộc vùng núi cao, vùng khan hiếm nước cho thấy phần lớn công trình đang hoạt động kém bền vững hoặc không còn hoạt động. Các tỉnh có tỷ lệ công trình kém bền vững và không hoạt động cao nhất là Đắk Nông, Đắk Lắk, Cà Mau, Nghệ An, Sơn La, Yên Bái. Theo đánh giá bộ sử dụng bộ tiêu chí của chương trình nước sạch nông thôn thì hầu hết các công trình bền vững và tương đối bền vững đều được mô hình Đơn vị sự nghiệp công lập và doanh nghiệp quản lý. Trong khi đó, các công trình kém bền vững và không hoạt động lại do UBND xã và cộng đồng quản lý. Tỷ lệ công trình thu phí

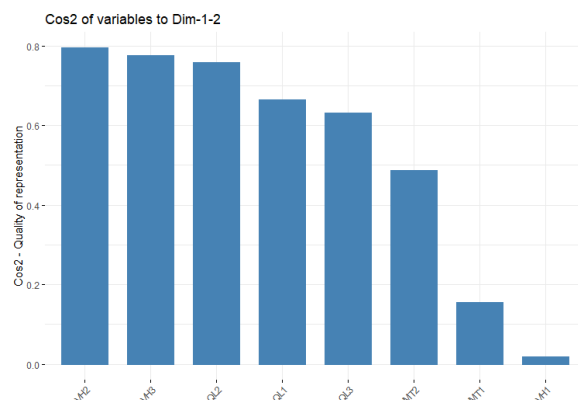
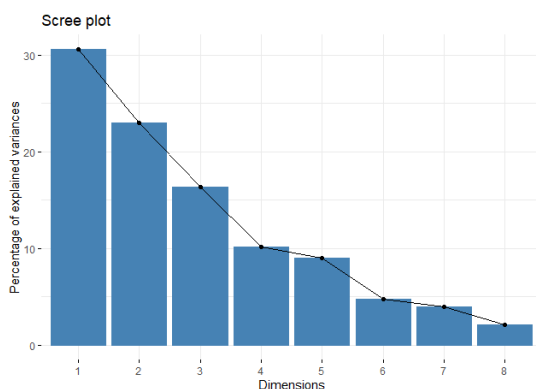
dịch vụ đủ bù đắp phí vận hành, bảo trì còn rất thấp, các công trình CNSH tập trung trong vùng nghiên cứu đều có nguồn tài chính không đảm bảo hoạt động (Yên Bái, Nghệ An, Ninh Thuận, Đắk Lắk, Cà Mau). Tỷ lệ công trình thu đủ chi cao ở tỉnh Đắk Nông, tại các công trình được quản lý bởi mô hình đơn vị sự nghiệp.

Phân tích PCA được thực hiện trên bộ dữ liệu 36 đơn vị cung cấp nước sạch có số liệu gần đầy đủ với 8 chỉ tiêu chính được xây dựng theo phương pháp luận, những chỉ tiêu này đã được rút gọn từ 50 chỉ tiêu ban đầu do sự sẵn có của dữ liệu cũng như tính tương quan cao trong một số chỉ số (ví dụ mức thu và tiền thu

hay tỷ lệ thu, tổng thu so với kế hoạch có sự tương quan rất lớn). Việc áp dụng PCA cho thấy chỉ có 3 PC – thành phần chính (PC1, PC2 và PC3) thực sự đại diện cho các điều kiện hoạt động mà các công trình trải qua. Thông thường từ Scree plot là giá trị eigen của các thành phần chính giảm dần và biến thiên ngang là vị trí các thành phần chính không còn đóng góp nhiều vào tính đại diện cho bộ dữ liệu nữa. Trong hình Hình 3 đã thể hiện là từ PC3 trở đi giá trị eigen biến động thấp, thêm vào đó là tích lũy phương sai cho thấy tổng PC được chọn (PC1, PC2 và PC3) chiếm gần 70% phương sai trong dữ liệu đầu vào ban đầu (Bảng 2).

Bảng 2: Thông số thống kê của phân tích PCA cho các thành phần chính

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8
Độ lệch chuẩn	1.5643	1.3565	1.1446	0.903	0.84734	0.61588	0.56434	0.41408
Tỷ lệ phương sai	0.3059	0.23	0.1638	0.1019	0.08975	0.04741	0.03981	0.02143
Tích lũy phương sai	0.3059	0.5359	0.6997	0.8016	0.89134	0.93876	0.97857	1



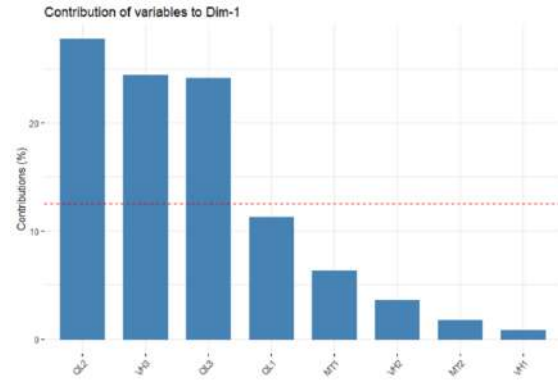
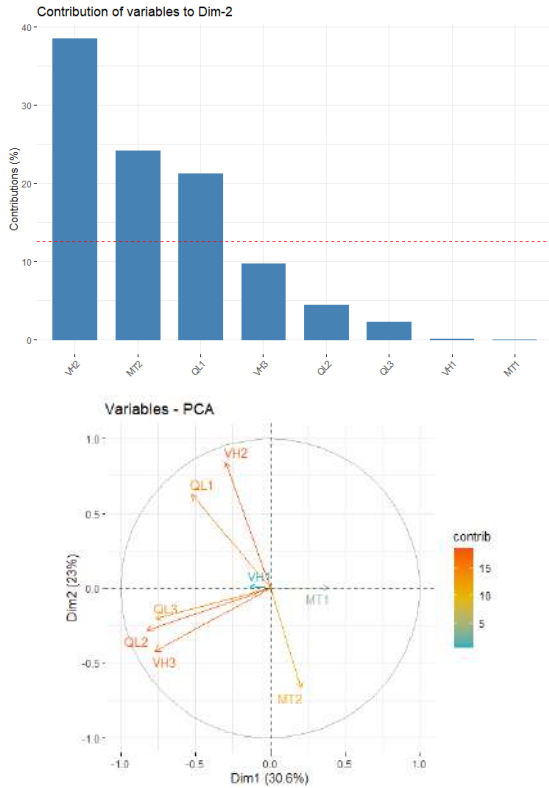
Hình 2: Biểu diễn giá trị eigen của các thành phần chính sau phân tích PCA

Phân tích về đóng góp của các chỉ tiêu gốc (tức các chỉ tiêu được xác định trong rà soát ban đầu) đến các thành phần chính được chỉ ra từ PCA là cách để đánh giá sự ảnh hưởng cũng như tầm quan trọng của các chỉ tiêu ban đầu đến thành phần chính được PCA đưa ra. Trong đó với hai thành phần chính PC1 và PC2 thì các chỉ tiêu đóng góp chính là chỉ tiêu VH2, MT2, QL1 (tỷ lệ hạng mục công trình được bảo dưỡng thường xuyên, tỷ lệ thất thoát nước và tỷ lệ có hợp đồng

cam kết cấp nước). Đối với thành phần chính 1 đó là các yếu tố về QL2, VH2, QL3 (tức là tỷ lệ thu, tỷ lệ hạng mục công trình được bảo dưỡng thường xuyên và tổng thu so với yêu cầu). Điều này cho thấy các chỉ tiêu chính đánh giá đến tính đại diện của bộ dữ liệu cũng như vận hành của các công trình cấp nước này bao gồm các yếu tố Môi trường (đó là tỷ lệ thất thoát nước) yếu tố vận hành (tỷ lệ hạng mục công trình được bảo dưỡng thường xuyên) và yếu tố quản lý

(tổng thu so với yêu cầu). Từ những số liệu vận hành của các công trình thu thập cho

thấy đó là các chỉ tiêu có tính quyết định đến vận hành công trình.



Tiêu chí bền vững (trọng số)	Chỉ tiêu
Môi trường (0.33)	Hiệu suất khai thác (MT1) Tỷ lệ thất thoát nước (%) (MT2)
Vận hành công trình (0.33)	Tỷ lệ số hộ thực tế/thiết kế (%) (VH1) Tỷ lệ hạng mục công trình được bảo trì so với kế hoạch/yêu cầu (%) (VH2) Khả năng cấp nước thường xuyên (VH3)
Tổ chức quản lý và tài chính (0.33)	Hợp đồng/cam kết cấp nước (QL1) Tỷ lệ thu (%) (QL2) Tổng thu so với kế hoạch/yêu cầu thực tế (%) (QL3)

Hình 3: Đóng góp của các chỉ số vào thành phần chính sau phân tích PCA

Để đánh giá tính vận hành công trình nước sạch nông thôn, nghiên cứu sử dụng các bộ chỉ số đã được phân tích thành phần chính để xây dựng bộ chỉ số tích hợp. Thông thường sẽ cần dựa trên tham vấn hoặc đánh giá từ thực địa và các chuyên gia cho tỷ lệ đóng góp và mức độ quan trọng của các thành phần. Từ đó sẽ có các trọng số phù hợp để đánh giá tính bền vững của công trình dựa trên bộ chỉ số tích hợp đã xây dựng. Như là một ví dụ đánh giá phương pháp và kiểm nghiệm với đánh giá thực địa và bộ chỉ số nước sạch nông thôn đã được đánh giá các công trình trong khảo sát. Nghiên cứu này phân bổ đều các trọng số cho 3 thành phần môi trường, vận hành, và tổ chức quản lý (trọng số 33%). Tương tự vậy các trọng số với các chỉ tiêu chi tiết hơn cũng được chia đều cho các chỉ tiêu trong một tiêu chí.

Sau khi phân tích từ 36 đơn vị theo bộ chỉ số tích hợp thì phương pháp chia đều trọng số, và chỉ để lại nhóm các đơn vị có chỉ

số cao hơn 0.6 để đánh giá. Trong số 14 đơn vị lọc được theo bộ chỉ số thì hầu hết là mức độ bền vững 1, 2 theo đánh giá của đánh giá theo cách đánh giá của chương trình nước sạch nông thôn. Phân tích cũng chỉ ra hầu hết các đơn vị được đánh giá theo bộ chỉ số tích hợp được xây dựng là vận hành theo mô hình Doanh nghiệp hoặc Đơn vị sự nghiệp. Đánh giá này cũng phản ánh đúng với các đánh giá khác của các nước như Ý [13], Nhật Bản [7] là mô hình doanh nghiệp hoặc sự nghiệp sẽ quan tâm đến các yếu tố dịch vụ, môi trường và người dân đồng thời đảm bảo tính bền vững trong vận hành của công trình.

Những đánh giá về vận hành của công trình theo các thành phần chính hoàn toàn có thể mở rộng để phân tích sự khác biệt trong vận hành bền vững giữa các vùng miền của cả nước nơi các điều kiện về tự nhiên như nguồn nước và kinh tế xã hội khác nhau. Điều này đòi hỏi cần có thêm dữ liệu vận hành của nhiều đơn vị hơn

nửa trong số hơn 16,000 công trình cấp nước nông thôn đã xây dựng ở Việt Nam. Phương pháp phân tích này có thể tích hợp vào bộ cơ sở dữ liệu hiện tại của Trung Tâm Nước Sạch, vệ sinh môi trường nông thôn thuộc Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn để phân tích

các thông số vận hành chính dẫn đến yếu tố bền vững của công trình. Từ đó có thể khuyến nghị các chính sách bảo trì, xây dựng hay củng cố mô hình quản lý vận hành phù hợp với các điều kiện tự nhiên xã hội và chính sách của quốc gia.

Bảng 3: Bảng đánh giá mức độ vận hành bền vững của các công trình (DN: Doanh Nghiệp, ĐVSN: Đơn vị sự nghiệp, UBNDX Ủy ban nhân dân xã)

STT	Tỉnh	Huyện	Tên công trình	Chỉ số tích hợp	Mức độ bền vững theo Bộ chỉ số NSNT	Loại hình tổ chức quản lý
1	Sơn La	Vân Hồ	Trạm Tô Múa	0.76	2	DN
2	Yên Bái	Văn Chấn	Công trình cấp nước Vực Tuần	0.69	2	UBNDX
3	Yên Bái	Văn Chấn	Công trình cấp nước Ngã Ba Đá Gân	0.85	2	UBNDX
4	Hà Tĩnh	Cầm Xuyên	Công trình cấp nước Bắc Cầm Xuyên	0.67	1	ĐVSN
5	Ninh Thuận	Thuận Bắc	CTCN Tập Lá	0.64	1	ĐVSN
6	Ninh Thuận	Thuận Bắc	CTCN Ma Trai	0.64	1	ĐVSN
7	Đắk Nông	Đắk Glong	CT NSH Bon R'bút	0.81	2	DN
8	Đắk Nông	Đắk Glong	Công trình cấp nước tập trung xã Quảng Sơn	0.64	1	DN
9	Đắk Nông	Tuy Đức	Công trình cấp nước tập trung Bon Bu P Răng 2	0.63	2	DN
10	Đắk Nông	Tuy Đức	Công trình cấp nước tập trung xã Quảng Trực	0.66	1	DN
11	Đắk Nông	Đắk Mil	Công trình cấp nước tập trung trung tâm thôn 7, xã Đắk R'la	0.62	1	ĐVSN
12	Đắk Nông	Đắk Song	Công trình cấp nước tập trung trung tâm xã	0.83	2	DN
13	Đắk Nông	Đắk Song	Công trình cấp nước tập trung xã Đắk Mól	0.72	1	ĐVSN
14	Kiên Giang	An Biên	Trạm cấp nước Xã Nam Thái	0.67	1	ĐVSN

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện phân tích trên cơ sở dữ liệu thu thập về vận hành của 142 công trình cấp nước sạch nông thôn trên địa bàn của 67 xã thuộc 10 tỉnh. Nghiên cứu đã đánh giá độc lập dựa trên cơ sở phân tích thành phần chính trên bộ dữ liệu đầy đủ của 36 đơn vị cung cấp nước sạch. Số liệu phân tích với 8 chỉ tiêu chính được xây dựng theo phương pháp luận, những chỉ tiêu này đã được rút gọn từ 50 chỉ tiêu ban đầu do sự sẵn có của dữ liệu cũng như tính tương quan cao trong một số chỉ số.

Việc áp dụng PCA cho thấy chỉ có 3 PC – thành phần chính thực sự đại diện cho các điều kiện hoạt động mà các công trình trải qua. Trong đó với hai thành phần chính PC1 và PC2 thì các chỉ tiêu đóng góp chính là chỉ tiêu VH2, MT2, QL1 (tỷ lệ hạng mục công trình được bảo dưỡng thường xuyên, tỷ lệ thất thoát nước và tỷ lệ có hợp đồng cam kết cấp nước). Đối với thành phần chính 1 đó là các yếu tố về QL2, VH2, QL3 (tức là tỷ lệ thu, tỷ lệ hạng mục công trình được bảo dưỡng thường xuyên và tổng thu so với yêu cầu). Từ bộ chỉ số chọn lọc, thí điểm đánh giá độc lập về mức độ vận

hành bền vững của các mô hình vận hành với phương pháp đánh giá của chương trình nước sạch nông thôn cho thấy mức độ phản ánh và thống nhất cao. Phương pháp đánh giá được xây dựng theo phương pháp thành phần chính có mức độ linh hoạt và phù hợp cao hơn khi phản ánh các chỉ tiêu môi trường và phát triển bền vững trên các chỉ tiêu được thu thập.

Đánh giá ban đầu với bộ chỉ số cho thấy các mô hình vận hành cho kết quả bền vững chủ yếu là mô hình Đơn vị sự nghiệp hoặc Doanh nghiệp. Phương pháp phân tích này có thể mở rộng đánh giá mức độ phù hợp theo vùng và vị trí địa lý để phản ánh rõ hơn về mức độ vùng miền trong việc vận hành công trình. Đồng thời phương pháp này có thể dễ dàng phân tích khi thay đổi mức độ ưu tiên về chính sách, tương quan về phát triển của một số trọng số (như yếu tố môi trường, quản lý) để đưa ra được các đánh giá chính sách và khuyến nghị có tính thống kê và dựa trên cơ sở dữ liệu. Cơ sở dữ liệu và phương pháp phân tích này có thể hỗ trợ cho các phương pháp phân tích hiện đang được cơ quan nhà nước sử dụng trong đánh giá phân loại các công trình nước sạch nông thôn hay các loại hình khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] *Nhiều giải pháp về nước sạch ưu tiên miền núi, biên giới, hải đảo*. 2021 [23-7-2024]; Available from: <https://vupc.monre.gov.vn/linh-vuc-tai-nguyen-nuoc/4022/nhieu-giai-phap-ve-nuoc-sach-uu-tien-mien-nui-bien-gioi-hai-dao>.
- [2] Anh, N.T. and N.H. Dũng, *Giá nước và mức độ hài lòng của người sử dụng nước khi thu hút khu vực tư nhân tham gia đầu tư xây dựng và quản lý các công trình nước sạch tập trung nông thôn*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 2018. **47**.
- [3] Thắm, T.H. and N. Vân, *Nghiên cứu mô hình quản lý cấp nước sạch nông thôn*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, 2010. **31**.
- [4] Nghĩa, V.T.H., et al., *Xây dựng tiêu chí đánh giá hiệu quả kinh tế của mô hình cấp nước tại vùng núi cao, vùng khan hiếm nước*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 2023. **79**.
- [5] Trường, N.M., et al., *Xây dựng tiêu chí đánh giá tính ổn định của mô hình cấp nước tại vùng núi cao, vùng khan hiếm nước*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 2022. **76**.
- [6] Hải, T.V. and N.Q. Dũng, *Mô hình cấp nước sinh hoạt cho vùng khan hiếm nước tỉnh Sơn La theo công nghệ đập ngầm - hào thu nước*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi, 2017. **37**.

- [7] Shinde, V.R., et al., *Revising the existing Performance Indicator system for small water supply utilities in Japan*. Urban Water Journal, 2013. **10**(6): p. 377-393.
- [8] Srivastava, A. and D. Parmar, *Development of water utility performance index using hybrid aggregation technique for water supply systems in India*. Environment, Development and Sustainability, 2023. **25**(12): p. 15183-15204.
- [9] Fatima, S.U., et al., *Geospatial assessment of water quality using principal components analysis (PCA) and water quality index (WQI) in Basha Valley, Gilgit Baltistan (Northern Areas of Pakistan)*. Environmental Monitoring and Assessment, 2022. **194**(3): p. 151.
- [10] Elkington, J., *The triple bottom line for 21st century business*. Journal of Experimental Psychology: General, 1997. **136**.
- [11] Purvis, B., Y. Mao, and D. Robinson, *Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins*. Sustainability science, 2019. **14**: p. 681-695.
- [12] Mergoni, A., G. D'Inverno, and L. Carosi, *A composite indicator for measuring the environmental performance of water, wastewater, and solid waste utilities*. Utilities Policy, 2022. **74**: p. 101285.
- [13] Lombardi, G.V., et al., *The sustainability of the Italian water sector: An empirical analysis by DEA*. Journal of Cleaner Production, 2019. **227**: p. 1035-1043.
- [14] Abdi, H. and L.J. Williams, *Principal component analysis*. Wiley interdisciplinary reviews: computational statistics, 2010. **2**(4): p. 433-459.
- [15] Zhang, Z. and A. Castelló, *Principal components analysis in clinical studies*. Annals of translational medicine, 2017. **5**(17).