

Bài báo khoa học

## Phát triển khung đánh giá an ninh nước cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn trong bối cảnh biến đổi khí hậu và phát triển lưu vực

Lê Ngọc Viên<sup>1</sup>, Nguyễn Mai Đăng<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Trường Cao đẳng Công nghệ, Kinh tế và Thủy lợi miền Trung; lnvckt@gmail.com

<sup>2</sup> Trung tâm Đào tạo Quốc tế, Trường Đại học Thủy lợi; dang@tlu.edu.vn

\*Tác giả liên hệ: dang@tlu.edu.vn; Tel.: +84-989551699

Ban Biên tập nhận bài: 8/6/2023; Ngày phản biện xong: 5/7/2023; Ngày đăng bài: 25/7/2023

**Tóm tắt:** Lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn (VGTB) đang phải đối mặt với rất nhiều vấn đề liên quan đến việc đảm bảo an ninh nước (ANN) trên lưu vực. Những năm gần đây, do tác động của các hoạt động phát triển kinh tế xã hội, tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) với các biểu hiện xâm nhập mặn, thay đổi chế độ mưa,... Việc chuyển nước từ sông Vu Gia sang sông Thu Bồn khi Nhà máy Thủy điện Đắc Mi 4 đi vào hoạt động đã làm ảnh hưởng lớn đến việc đảm bảo nguồn cung cấp cho các nhu cầu sử dụng nước nhất là khu vực hạ lưu. Để đánh giá được tình trạng ANN của lưu vực, nghiên cứu đã sử dụng các phương pháp phân tích thống kê, phân tích quá trình PAM (*Process Analysis Method*), và SMART để xây dựng khung đánh giá ANN cho lưu vực sông VGTB. Kết quả đề xuất được Khung đánh giá với 5 khía cạnh then chốt (*key dimensions*), 17 chỉ thị (*indicators*) với 28 biến số (*variables*) tương ứng. Từ đó có thể tính toán các chỉ số ANN tổng hợp (*water security index - WSI*) cho từng khu vực cụ thể, làm cơ sở cho việc ra quyết định và hoạch định chính sách để cải thiện mức độ ANN cho lưu vực trong điều kiện BĐKH và phát triển lưu vực trong tương lai.

**Từ khóa:** Khung đánh giá; An ninh nước; Biến đổi khí hậu; Phát triển lưu vực; Vu Gia - Thu Bồn.

### 1. Đặt vấn đề

Cho đến nay, các nghiên cứu về ANN trên thế giới đã có nhiều bước tiến đáng kể cả trong phương pháp luận cũng như trong ứng dụng nhất là khi nhận thức về tầm quan trọng của ANN được thế giới công nhận và đưa vào các chương trình hành động cụ thể như mục tiêu thứ 7 trong 8 mục tiêu phát triển thiên niên kỷ - MDGs (trước năm 2015) [1] và được tiếp nối trong mục tiêu thứ 6 (SDG<sub>6</sub>) trong 17 mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu - SDGs (từ năm 2015 đến nay) [2]. Rất nhiều quan điểm tiếp cận, nhiều phương pháp đánh giá ANN được các nhóm nghiên cứu, các tổ chức đưa ra với những ưu điểm, những hạn chế nhất định và nhìn chung ngày càng tiến đến những kết quả đánh giá sát thực hơn, giúp các nhà hoạch định chính sách, các nhà ra quyết định có những quyết sách về ANN kịp thời và hợp lý.

Việc đánh giá ANN hiện nay đã được thực hiện ở quy mô cấp thành phố [3–6], lưu vực [7–8], quốc gia [9–10], các khu vực [11–13], cho đến toàn cầu [14–15],... Một trong những phương pháp đánh giá ANN phổ biến và được ứng dụng rộng rãi hiện nay là phương pháp sử dụng khung đánh giá với bộ tiêu chí tương ứng qua đó có thể định lượng được giá trị các biến số thể hiện các thuộc tính của mức độ ANN của đối tượng cần đánh giá. Tùy theo quy mô, đặc trưng của đối tượng cần đánh giá ANN, hầu hết các khung đánh giá đều đề cập đến các khía cạnh then chốt (*Key Dimension*) có ảnh hưởng quan trọng nhất đối với tình trạng ANN, có thể phân các kiểu khung đánh giá thành 2 nhóm chính [16]: (1) nhóm xét đến trải

nghiệm dùng nước của các hộ gia đình và tác động của nó đối với sức khỏe con người; (2) nhóm xét đến lượng nước ngọt sẵn có hoặc tiềm năng của nguồn nước đáp ứng các nhu cầu sử dụng nước. Hầu hết các nghiên cứu đã xây dựng khung đánh giá với các khía cạnh tiếp cận theo định nghĩa ANN của Ủy ban quốc tế về nước (UN - Water) trong đó đáp ứng các tiêu chí của mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu về nước (SDG<sub>6</sub>) [5, 12, 14, 17] hoặc gián tiếp hướng tới mục tiêu này. Theo Ủy ban nước của LHQ (*UN-Water*), “ANN là khả năng của cộng đồng dân cư trong việc đảm bảo sự tiếp cận nguồn nước một cách bền vững với số lượng và chất lượng chấp nhận được để duy trì sinh kế, thỏa mãn nhu cầu và phát triển kinh tế xã hội, có khả năng chống chịu với sự ô nhiễm và các thảm họa liên quan đến nước, bảo tồn được các hệ sinh thái trong một môi trường chính trị hòa bình và ổn định” [18]. Theo đó khái niệm “an ninh” được coi là một hàm của các biến “tính sẵn có”, “khả năng tiếp cận các dịch vụ về nước”, “tính an toàn và chất lượng nguồn nước” và “cách thức quản lý”. Từ khái niệm và cách tiếp cận trên, các khung đánh giá thường đề cập đến những khía cạnh chính như: Khả năng sẵn có (tiềm năng) của nguồn nước, khả năng tiếp cận nguồn nước của cộng đồng, điều kiện vệ sinh môi trường, nhu cầu nước cho vệ sinh cá nhân, khả năng đảm bảo cấp nước cho các đô thị hoặc lưu vực, khả năng ứng phó đối với thảm họa liên quan tới nước và quản lý tổng hợp tài nguyên nước,...

Bên cạnh việc đưa ra các khung đánh giá về mức độ ANN hiện trạng, trước những diễn biến ngày càng phức tạp của tình trạng suy thoái cùng với các thảm họa, rủi ro liên quan đến tài nguyên nước do những tác động tiêu cực từ các hoạt động phát triển của con người, tình trạng BĐKH toàn cầu. Các nghiên cứu về ANN gần đây đã tiếp cận theo hướng tổng quát hơn, xem xét đến các rủi ro, thảm họa, tác động của BĐKH hiện tại và dự báo cho tương lai ở nhiều mức độ và khía cạnh khác nhau [8, 11, 13, 18–20]. Ví dụ như khung đánh giá đa tiêu chí về ANN cho thành phố Ngọc Lâm ở Tây Bắc - Trung Quốc [20] và Băng Cốc - Thái Lan [19]; ANN và quản lý thích ứng đối với các vùng khô hạn và bán khô hạn Châu Mỹ [13]; ANN đối với quy mô lưu vực [8]. Các nghiên cứu đã khẳng định việc xét đến tác động của BĐKH trong đánh giá ANN là vô cùng cấp thiết đối với việc ứng phó, thích ứng với BĐKH và sự thay đổi môi trường toàn cầu trong tương lai.

Cho đến thời điểm hiện tại, các nghiên cứu về ANN và các Khung đánh giá ở Việt Nam chưa nhiều. Các nghiên cứu chủ yếu phát triển dựa trên cách tiếp cận của AWDO [4, 21–23], theo Ủy ban quốc tế về nước [24–25],... và phát triển các chỉ số mang tính đặc trưng riêng trong điều kiện ở Việt Nam. Đối với quy mô lưu vực mới chỉ xây dựng cho lưu vực sông Hồng [21], sông Mã [22], và sông Cửu long [25]; đối với quy mô tỉnh và thành phố thì chỉ có thành phố Hà Nội [4], tỉnh Quảng Ngãi và thành phố Trà Vinh [23] xét trong một số điều kiện nhất định. Nghiên cứu đánh giá ANN đối với tỉnh Quảng Ngãi [24] đã xét đến tác động của BĐKH trong tương lai theo các kịch bản và mốc thời gian khác nhau. Ngoài ra còn có một số nghiên cứu liên quan đến việc sử dụng bộ chỉ số để đánh giá một số yếu tố khác liên quan đến ANN như: bộ chỉ số về giá tài nguyên nước mặt của sông Vệ tỉnh Quảng Ngãi [26]; bộ chỉ số đánh giá tổn thương nguồn nước mặt lưu vực Sông Bé địa phận tỉnh Bình Phước [27].

Hiện tại, chưa có nghiên cứu bài bản và trực tiếp nào về đánh giá mức độ ANN tại lưu vực sông VGTB. Ngoại trừ một số nghiên cứu đề cập gián tiếp đến các khía cạnh, yếu tố riêng lẻ liên quan đến việc đảm bảo an ninh nước của lưu vực. Ví dụ như nghiên cứu về cân bằng [28] và phân bổ nguồn nước [29–30], dòng chảy môi trường [31], tác động của mưa lũ [32–33], hạn hán [34], biến đổi thảm phủ thực vật [35], và nhất là tác động của việc vận hành hệ thống thủy điện đối với việc cung cấp nước sinh hoạt ở hạ lưu [36],...

Nhìn chung, các nghiên cứu ở Việt Nam nói chung về ANN và sử dụng khung để đánh giá ANN còn khá ít, chưa đề cập đến tác động của BĐKH (trừ nghiên cứu [24]) đến mức độ ANN. Để có thể định lượng được mức độ ANN của lưu vực, làm cơ sở khoa học cho các nhà quản lý có giải pháp cải thiện mức độ ANN cũng như hoạch định được chiến lược phát triển bền vững của lưu vực, nghiên cứu đề xuất Khung đánh giá ANN trên cơ sở kế thừa một số

chỉ số của các nghiên cứu trước và phát triển các chỉ số phù hợp với đặc trưng riêng của lưu vực sông VGTB trong điều kiện BĐKH và phát triển lưu vực.

## 2. Nguyên tắc và phương pháp xây dựng khung đánh giá ANN cho lưu vực sông VGTB

### 2.1. Các nguyên tắc lựa chọn bộ chỉ số

Khung đánh giá với các chỉ số được đề xuất, lựa chọn phải có tính đặc trưng đối với lưu vực sông VGTB đồng thời phải có tính khả thi cao để việc đánh giá ANN của lưu vực đảm bảo tính khoa học, hiệu quả và phù hợp nhất. Vì vậy, khi xây dựng mới hay kế thừa các chỉ số ANN đã có của các nghiên cứu trước đã tuân thủ theo các nguyên tắc sau:

- Các khía cạnh, chỉ thị và biến số được lựa chọn phải phù hợp với định nghĩa về ANN của UN-Water trong đó có xét đến việc đáp ứng các tiêu chí của mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu về nước (SDG<sub>6</sub>), các tiêu chí đảm bảo ANN theo cách tiếp cận của Ngân hàng phát triển châu Á (ADB) trong các báo cáo AWDO.

- Các chỉ số được lựa chọn phải được xác định rõ ràng, có thể kiểm chứng và không nên quá nhiều;

- Có thể đo lường được bằng một phương pháp khoa học với mức chi phí ở mức độ cho phép;

- Các chỉ số có tính đại diện, tính tổng hợp phù hợp với mục tiêu đánh giá;

- Thể hiện được các xu hướng thay đổi trong tương lai;

Việc áp dụng các nguyên tắc này giúp đưa ra được 1 khung đánh giá cũng như bộ chỉ số tốt nhất trong điều kiện hiện tại, tuy nhiên trong thực tế, do điều kiện tính toán, khả năng thu thập số liệu,... nghiên cứu đã chấp nhận bỏ qua một số nguyên tắc trong quá trình lựa chọn một số chỉ số ANN.

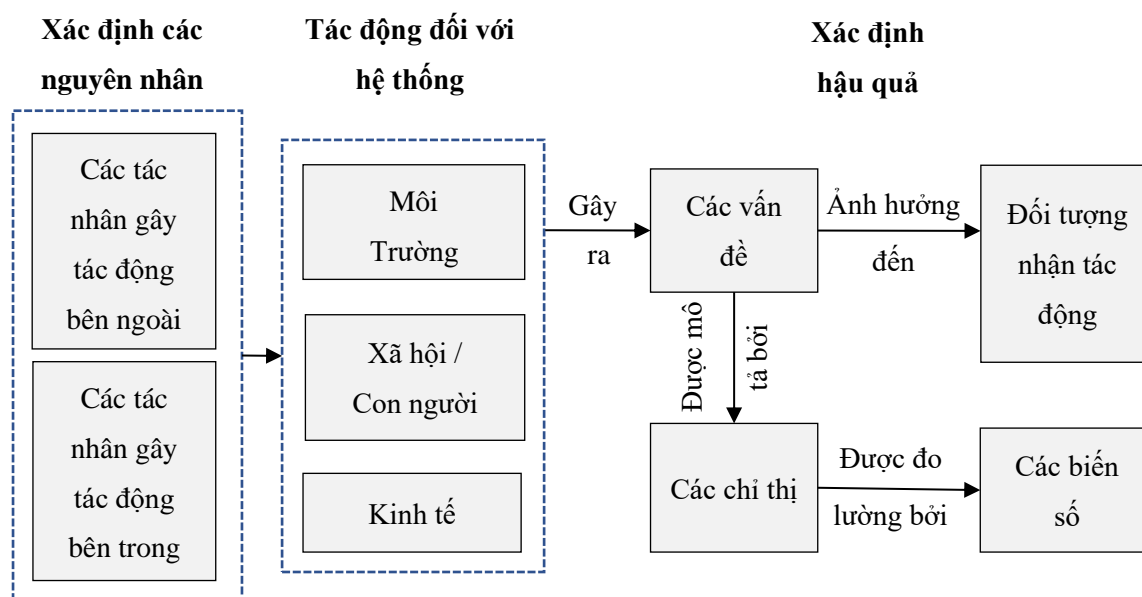
### 2.2. Phương pháp lựa chọn bộ chỉ số

Xem xét tổng quan cho thấy hiện nay các nghiên cứu thường sử dụng các phương pháp sau để xây dựng khung đánh giá liên quan đến các lĩnh vực tài nguyên nước và môi trường như: phương pháp DPSIR: Động lực (*Driving Force*) - Áp lực (*Pressure*) - Hiện trạng (*State*) - Tác động (*Impact*) - Ứng phó (*Response*); phương pháp mô hình hóa động lực hệ thống (*SDM - System Dynamics Modelling*); phương pháp phân tích quá trình (*Process Analysis Method - PAM*). Trong các phương pháp tiếp cận trên thì PAM [37] được đánh giá có ưu điểm và phù hợp và hơn so với hai phương pháp còn lại [6] khi áp dụng xây dựng khung đánh giá ANN.

Trên cơ sở phân tích quan hệ nguyên nhân và tác động cả các yếu tố, PAM đưa ra quy trình lựa chọn các chỉ số để có thể đánh giá được hiệu quả và tính bền vững của hệ thống cần đánh giá. Theo phương pháp này, tác động lên hệ thống được xác định cùng với nguyên nhân của chúng được gọi là các tác nhân tạo tác động. Các tác nhân tạo tác động bên trong đề cập đến các hoạt động nội tại bên trong lưu vực, chẳng hạn như quản lý và sử dụng nước, các hoạt động phát triển kinh tế, xã hội,... trong khi các tác nhân bên ngoài ranh giới của lưu vực, chẳng hạn như các tác động của các yếu tố khí tượng, thủy văn, thiên tai, BĐKH,... là các tác nhân tạo tác động bên ngoài. Cả hai dạng tác nhân gây ra tác động này đều ảnh hưởng đến tình trạng ANN của lưu vực thông qua các khía cạnh then chốt. Các tác động này gây ra hậu quả cho các bên liên quan cụ thể, được gọi là Đối tượng nhận tác động (con người, môi trường, các hoạt động của lưu vực). Những hậu quả này được mô tả thông qua các khía cạnh, chỉ thị và được đo lường bằng các biến số cụ thể từ số liệu thống kê, tính toán. Quá trình này được hiển thị trong sơ đồ Hình 1.

Phương pháp PAM tập trung vào các tác nhân tạo ra tác động và các tác động trong hệ thống phức tạp thay vì xem xét động lực tương tác qua lại của nguyên nhân và kết quả. So với DPSIR, PAM lựa chọn các chỉ số để mô tả các tác động chứ không phải chọn các chỉ số

thể hiện các yếu tố động lực, áp lực, trạng thái, tác động và ứng phó tương ứng. Điều này giúp đơn giản hóa bộ chỉ số, giảm lượng dữ liệu tính toán cần thiết.



**Hình 1.** Sơ đồ khối phương pháp PAM.

Khác với mô hình SDM, PAM không tìm cách định lượng các mối quan hệ nhân quả giữa nguyên nhân, tác động và hậu quả mà thay vào đó, việc lựa chọn các chỉ số theo phương pháp này thể hiện tính tổng quát về một hệ thống phức hợp thông qua việc xem xét tài liệu chuyên sâu, sự tham gia của các bên liên quan, đồng thời đo lường được các yếu tố cụ thể thông qua quy trình. Với các mục tiêu rõ ràng, ưu điểm của phương pháp tiếp cận PAM là đưa ra được các kết quả đơn giản nhưng đảm bảo ý nghĩa. PAM tập trung vào các tác nhân tạo tác động, cả bên trong và bên ngoài, đồng thời xác định các tác động đối với hệ thống thông qua khung phân tích của nó.

Từ những phân tích trên, nghiên cứu này sử dụng PAM để xây dựng khung đánh giá tổng hợp ANN cho lưu vực sông VGTB, sau đó sử dụng phương pháp phân tích SMART [38] để lựa chọn các biến số chính thức cho khung đánh giá.

SMART giúp cho việc xác định các yếu tố mang tính khả thi và hiệu quả nhất đối với các mục tiêu đánh giá đã được đề ra, và đảm bảo các yêu cầu: có tính cụ thể (*Specific*), có thể đo lường được (*Measurable*), có định hướng để đạt được (*Action-oriented*), có tính thực tế (*Realistic*) và có thời hạn cụ thể (*Time-limited*). Phương pháp thiết lập bộ tiêu chí thông minh SMART được thể hiện ở sơ đồ Hình 2.

Các bước xây dựng khung đánh giá theo phương pháp PAM, cụ thể như sau:

**Bước 1:** Đánh giá chung về tình hình ANN tại lưu vực sông VGTB, xác định các vấn đề cần giải quyết: tiến hành phân tích, đánh giá hiện trạng nguồn nước (chất lượng, số lượng), khả năng đáp ứng nhu cầu sử dụng nước, các hoạt động khai thác, sử dụng nước trên lưu vực, các rủi ro liên quan đến nước, và tác động của các hoạt động phát triển lưu vực, cách thức quản trị nước trên lưu vực, các tác động đến nguồn nước trong bối cảnh BĐKH,...

**Bước 2:** Xác định thế nào là ANN (hay định nghĩa ANN) để có thể lựa chọn các chỉ số phù hợp: Có nhiều định nghĩa, cách tiếp cận về ANN đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới hiện nay, nghiên cứu lựa chọn cách tiếp cận theo định nghĩa về ANN của UN-Water đã nêu ở phần tổng quan do đây là một cách tiếp cận toàn diện nhất và phù hợp với điều kiện thực tế tại Việt Nam nói chung và lưu vực sông VGTB nói riêng. Trong quá trình lựa chọn các chỉ số theo định nghĩa này, nghiên cứu đồng thời cũng xem xét đến việc đáp ứng được các tiêu chí của mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu về nước (SDG<sub>6</sub>) và cách tiếp cận về

ANN của Ngân hàng phát triển châu Á thông qua các báo cáo Triển vọng nước Châu Á (AWDO).

Bước 3: Xác định biên của Khung đánh giá (không gian, thời gian): Nghiên cứu thực hiện đánh giá các chỉ số WSI theo ranh giới hành chính của các địa phương (Quận, Huyện) trong lưu vực để có thể so sánh mức độ ANN từ đó có giải pháp cải thiện mức độ ANN của từng địa phương. Mốc thời gian đánh giá đối với các biến số liên quan đến khí tượng, thủy văn được xác định theo liệt tài liệu từ thời điểm có số liệu đo đạc cho tới thời điểm hiện tại. Các số liệu thống kê, thu thập liên quan đến kinh tế, xã hội được xác định trong khoảng thời gian 3 năm gần nhất với thời điểm đánh giá. Đối với đánh giá tác động của BĐKH đến ANN của lưu vực được chọn là thời gian giữa thế kỷ (năm 2050) với các kịch bản tương ứng.

Bước 4: Thiết lập khung đánh giá ANN

Dựa trên các mục tiêu ANN, không gian, thời gian của khung đánh giá để lựa chọn sơ bộ các khía cạnh (*dimensions*), chỉ thị (*indicators*), biến số (*variables*) với yêu cầu quan trọng là sự phù hợp với các điều kiện, đặc trưng riêng của lưu vực sông VGTB. Các khía cạnh, chỉ thị và biến số được chọn phải thể hiện được ảnh hưởng của các tác động đối với đối tượng nhận tác động là người dân sinh sống trên lưu vực. Lưu vực được xem là đảm bảo ANN khi người dân được đảm bảo nhu cầu sử dụng nước với số lượng, chất lượng theo các tiêu chuẩn an toàn, được đảm bảo điều kiện vệ sinh, khả năng tiếp cận nguồn nước thuận lợi, phù hợp với khả năng chi trả và được đảm bảo an toàn trong các thảm họa liên quan tới nước với mức chấp nhận được.

Sau khi đã xác định sơ bộ các biến số đánh giá, sử dụng phương pháp phân tích SMART để chọn các biến số chính thức của khung đánh giá.

Bước 5: Tham vấn các bên liên quan về tính phù hợp của các biến số và khung đánh giá

Cuối cùng, khung đánh giá với các khía cạnh, chỉ thị và biến số với phương pháp xác định, tính toán và dữ liệu cần thu thập tương ứng được đánh giá sự phù hợp thông qua việc tham vấn ý kiến chuyên gia và các bên liên quan. Sơ đồ phương pháp xây dựng khung đánh giá thể hiện ở Hình 3.

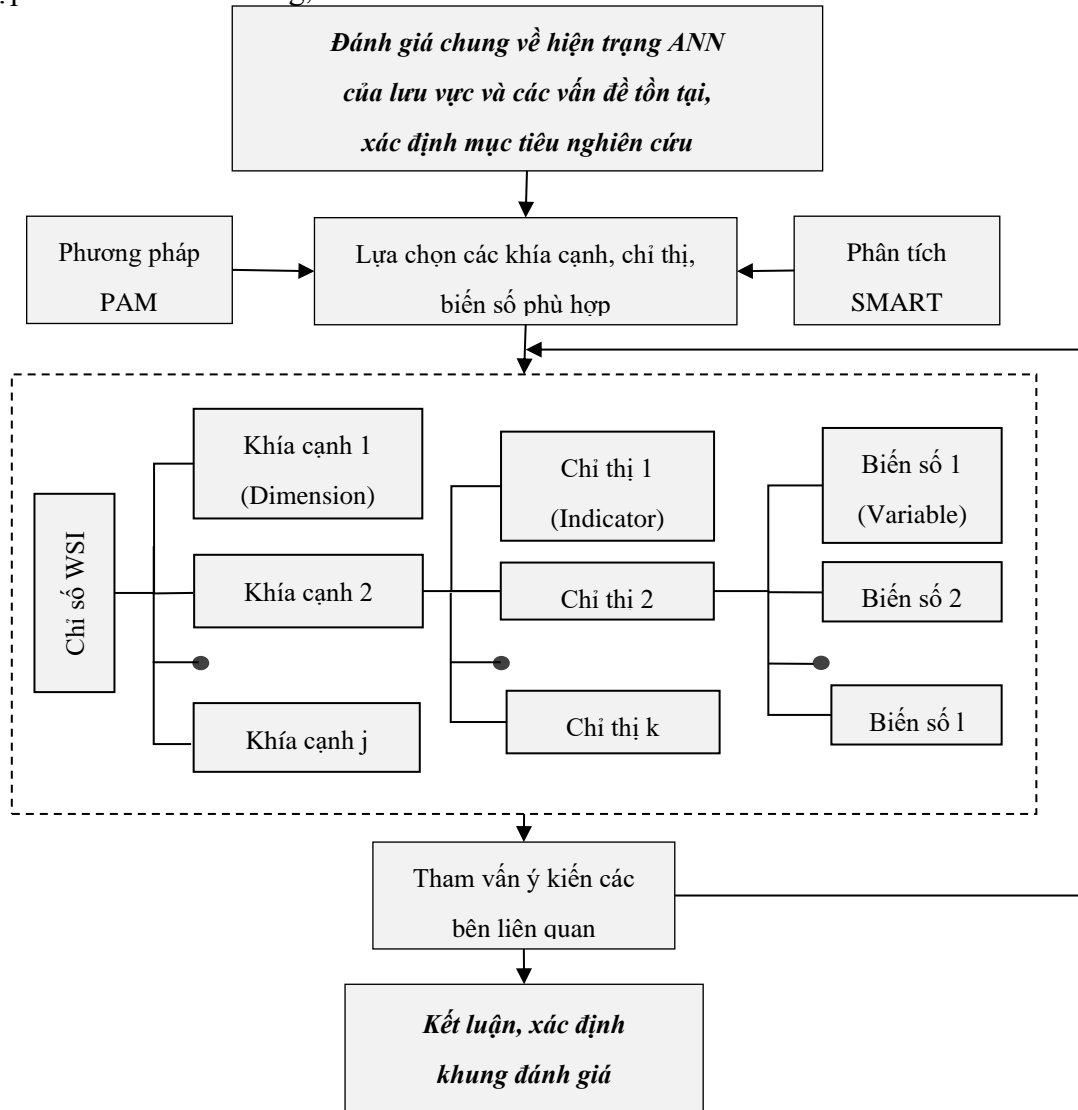
<b>Specific</b> (Tính cụ thể)	Biến số được lựa chọn phải cụ thể, xác định được.
<b>Measurable</b> (Có thể đo lường)	Biến số được lựa chọn phải tính toán cụ thể, đo lường được.
<b>Action-oriented</b> (Tính khả thi)	Biến số được lựa chọn phải có định hướng để xác định được.
<b>Realistic</b> (Tính thực tế)	Biến số được lựa chọn phải có tính thực tế, phù hợp với mục tiêu và điều kiện nghiên cứu.
<b>Time-limited</b> (Có thời hạn)	Biến số được lựa chọn phải có xác định thời gian, thời hạn cụ thể.

**Hình 2.** Sơ đồ phương pháp SMART.

### 2.3. Đánh giá chung về hiện trạng ANN của lưu vực sông VGTB

Tình hình ANN tại lưu vực VGTB có khá nhiều vấn đề tồn tại cần được giải quyết. Do những đặc thù chung của các lưu vực sông khu vực miền Trung, điều kiện tự nhiên của lưu

vực sông này cũng gây nhiều khó khăn cho phát triển kinh tế xã hội như: địa hình phức tạp, phần lớn là núi cao, bị chia cắt mạnh, độ dốc lớn khó khăn trong xây dựng cơ sở hạ tầng, nhất là giao thông thủy; chất lượng thảm thực vật bị suy giảm; thiên tai bão lũ xảy ra bất thường và có xu hướng gia tăng trong tương lai, mưa lũ gây xói mòn đất, xói lở bờ, gây úng ngập và lũ lụt nghiêm trọng; trong khi mùa khô ít mưa gây khô hạn nặng và mặn đã xâm nhập sâu vào các con sông,...

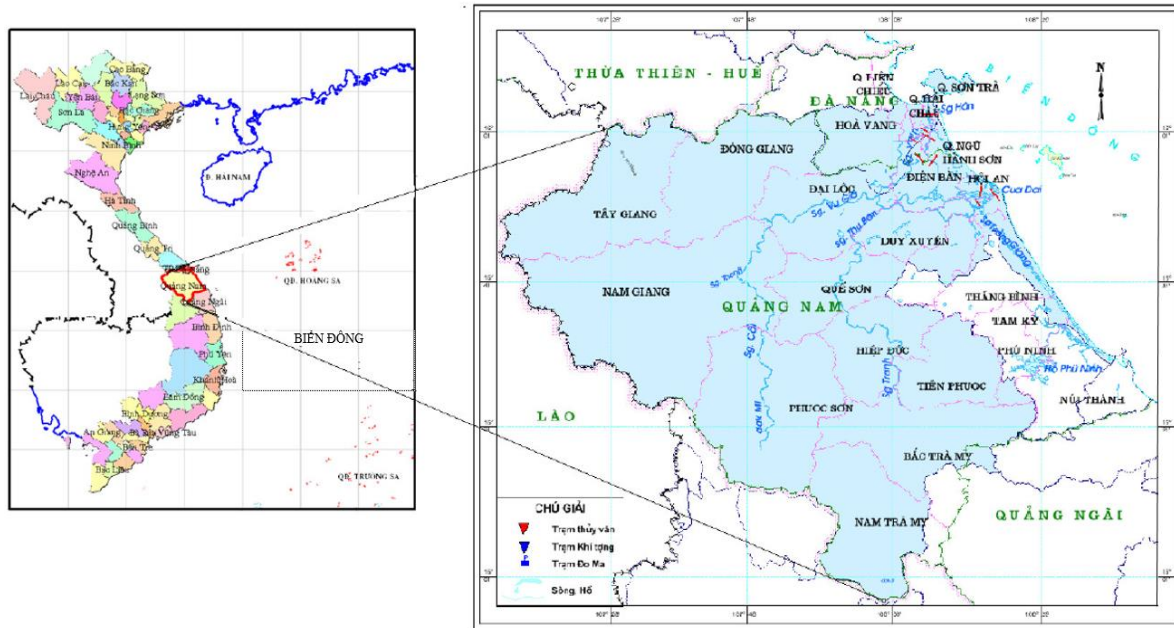


**Hình 3.** Sơ đồ khởi phát triển khung đánh giá ANN.

Thời gian qua, nhiều công trình thủy điện trên lưu vực VGTB được xây dựng đã góp phần to lớn vào việc đảm bảo năng lượng phục vụ tiến trình công nghiệp hóa và hiện đại hóa đất nước cũng như các địa phương. Tuy nhiên, việc quản lý vận hành hệ thống Hồ chứa thủy điện chưa hợp lý do các nguyên nhân chủ quan cũng như khách quan đã làm thay đổi dòng chảy trong sông đặc biệt vào mùa khô, gây ra tình trạng thiếu nước cho nông nghiệp, sinh hoạt, tình trạng mặn xâm nhập sâu vào các con sông và các ảnh hưởng đối với môi trường. Gần đây đã phát sinh mâu thuẫn về sự phân bổ nguồn nước do nhà máy thủy điện Đăk Mi 4 lấy nước trên sông Vu Gia để phát điện và chuyển nước sau Nhà máy qua lưu vực sông Thu Bồn mà không thực hiện trả nước về sông cũ. Điều này đã dẫn tới tình trạng mùa kiệt những năm gần đây vùng hạ lưu sông Vu Gia gồm thành phố Đà Nẵng và các huyện Đại Lộc, Điện Bàn (Quảng Nam) bị nhiễm mặn và thiếu nước sinh hoạt một cách trầm trọng. Công ty khai thác Thủy lợi Quảng Nam thường xuyên phải đắp các đập tạm ngăn mặn vào mùa khô tại Tứ Câu, Gò Nổi ở Hạ lưu sông Vu Gia, Thu Bồn để đảm bảo việc cấp nước tưới cho các Huyện Điện

Bàn, Đại Lộc, Duy Xuyên và một số khu vực thuộc thành phố Đà Nẵng. Nhà Máy nước Cầu Đỏ phải xây dựng 1 hệ thống bơm tạt để lấy nước lùi về phía thượng lưu (tại đập dâng An Trạch) để cấp nước cho thành phố Đà Nẵng các thời kỳ bị nhiễm mặn.

Hạ lưu sông VGTB có hai thành phố du lịch nổi tiếng Đà Nẵng và Hội An, tập trung một lượng khách du lịch lớn, thường xuyên gây áp lực lớn lên nhu cầu dùng nước cũng như vấn đề ô nhiễm môi trường nước tại lưu vực. Trên lưu vực có 2 di sản văn hóa thế giới là phố cổ Hội An, thánh địa Mỹ Sơn; ngoài ra còn có khu dự trữ sinh quyển thế giới Cù Lao Chàm và vườn quốc gia Sông Thanh. Do vậy vấn đề đảm bảo ANN đối với lưu vực là hết sức quan trọng và cần phải được đánh giá một cách tổng thể để có thể hoạch định chiến lược phát triển kinh tế xã hội một cách bền vững nhất.



Hình 4. Lưu vực sông VGTB [28].

### 3. Kết quả và thảo luận

Qua phân tích tổng quan về ANN trên thế giới và Việt Nam, rút ra một số yếu tố căn bản cần phải xem xét khi xây dựng khung đánh giá ANN lưu vực sông VGTB là: đặc điểm tự nhiên và các hoạt động phát triển kinh tế, xã hội tại tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng; sự gia tăng áp lực cung cấp nước do phát triển dân số, các hoạt động khai thác du lịch, các nguồn gây ô nhiễm nước, những vấn đề tồn tại trong việc quản lý, khai thác nguồn tài nguyên nước hiện tại trên lưu vực sông VGTB. Sử dụng phương pháp PAM, nghiên cứu đã đề xuất sơ bộ khung đánh giá gồm 5 khía cạnh (*dimensions*) then chốt, 17 chỉ thị (*indicators*) cơ bản và 34 biến số (*variables*) cụ thể. Trên cơ sở phân tích các nguồn số liệu có thể thu thập được, kết hợp với tham vấn ý kiến chuyên gia và các bên liên quan, nghiên cứu đã loại bỏ 6 biến số do không đáp ứng được các điều kiện của SMART: (1) Dư lượng thuốc bảo vệ thực vật, phân bón trong sản xuất nông nghiệp; (2) Tỷ lệ người dân mắc các bệnh liên quan đến đường tiêu hóa, da liễu do sử dụng nguồn nước không đảm bảo vệ sinh; (3) Sự khan hiếm nước “kinh tế” (mức độ khai thác nguồn nước từ sông); (4) Mức độ tuân thủ của các nhà máy thủy điện đối với quy trình vận hành liên hồ chứa; (5) Mức độ thất thoát do “nước ảo” trong sản xuất nông nghiệp; và (6) Mức độ quan tâm đến ANN trong chỉ đạo điều hành của chính quyền địa phương.

Cuối cùng, bộ chỉ số chính thức được xác định gồm 5 khía cạnh, 17 chỉ thị và 28 biến số, đây là cơ sở để tính toán xác định các chỉ số ANN (*Water Security Index - WSI*) từ đó định lượng được mức độ ANN của mỗi địa phương cũng như tình trạng ANN tổng hợp của

lưu vực sông VGTB. Thành phần, ý nghĩa, phương pháp xác định các biến số của Khung đánh giá được cụ thể:

### 3.1. Khía cạnh Tiềm năng nguồn nước ( $WSI_1$ )

Nguồn nước là yếu tố tiên quyết liên quan đến ANN. Lượng nước đến lưu vực càng lớn thì mức độ ANN càng cao. Khía cạnh này liên quan trực tiếp đến tổng lượng nước đến trên lưu vực. Nghiên cứu xem xét các nguồn tiềm năng chính gồm: tiềm năng nước mưa, nước mặt và nước dưới đất. Dựa trên số liệu quan trắc từ các trạm khí tượng thủy văn (KTTV) và nước ngầm, tiềm năng nguồn nước sẽ được xác định thông qua các biến: mô đun dòng chảy năm; mô đun dòng chảy kiệt; mức độ biến động dòng chảy kiệt ( $C_{v_{kiệt}}$ ); lượng mưa bình quân năm; khả năng khai thác nước ngầm; và dung tích các hồ chứa. Đối với khía cạnh  $WSI_1$ , tài nguyên nước không chỉ xét trên phương diện không gian mà còn được đánh giá theo thời gian. Tiềm năng nguồn nước mới chỉ thể hiện mức độ cân bằng (thừa/thiếu) mà chưa xét đến khả năng khai thác cũng như hiệu quả sử dụng nguồn nước (sự thất thoát, lãng phí) (Bảng 1).

**Bảng 1.** Thành phần và cách xác định khía cạnh Tiềm năng nguồn nước.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
Tiềm năng nước mặt ( $WSI_{1-1}$ )	Mô đun dòng chảy năm ( $WSI_{1-1-1}$ )	Tính từ mô hình toán ra dòng chảy ngày. Dựa trên chuỗi số liệu này xác định $Q_0$ và $Q_{kiệt}$ các năm. Tính toán $M_0$ và $M_{kiệt}$ trung bình nhiều năm.	Đài KTTV khu vực Trung bộ, Sở TNMT tỉnh Quảng Nam (QN), thành phố Đà Nẵng (ĐN).	Thể hiện khả năng sản sinh nước trên lưu vực. $M_0$ càng lớn thể hiện mức độ phong phú, sẵn có của nguồn nước. $M_0$ càng lớn, mức độ ANN càng cao.
	Mô đun dòng chảy mùa kiệt ( $WSI_{1-1-2}$ )	Từ dòng chảy trung bình mùa kiệt các năm, thiết lập chuỗi dòng chảy kiệt và $C_v$ dòng chảy kiệt.		Thể hiện khả năng sản sinh nước trên lưu vực trong mùa kiệt. $M_{kiệt}$ càng nhỏ thể hiện mức độ thiếu hụt nguồn nước càng cao. $M_{kiệt}$ càng lớn thì mức độ ANNN càng cao.
	Mức độ biến động dòng chảy kiệt ( $WSI_{1-1-3}$ )	Lượng mưa phân bố tại các địa phương được xác định từ bản đồ đẳng trị lượng mưa năm.		$C_{v-kiệt}$ càng lớn tức độ phân tán của chuỗi số liệu dòng chảy mùa kiệt lớn, khả năng xuất hiện các đợt hạn cực trị cao. $C_{v-kiệt}$ càng cao, mức độ ANN càng thấp.
Tiềm năng nước mưa ( $WSI_{1-2}$ )	Lượng mưa bình quân năm ( $WSI_{1-2-1}$ )	Lượng mưa phân bố tại các địa phương được xác định từ bản đồ đẳng trị lượng mưa năm.		Lượng nước đến do mưa phân bố ở các địa phương càng lớn thì mức độ ANN càng cao.
Tiềm năng nước ngầm ( $WSI_{1-3}$ )	Trữ lượng nước ngầm có khả năng khai thác ( $WSI_{1-3-1}$ )	Xác định trữ lượng nước ngầm từ báo cáo tiềm năng nước ngầm.	Trung tâm quan trắc môi trường QN, ĐN	Khả năng bổ sung nguồn nước từ nước ngầm, tiềm năng nước ngầm càng lớn mức độ ANN càng cao.
Khả năng tích trữ nước ( $WSI_{1-4}$ )	Dung tích toàn bộ các hồ chứa ( $WSI_{1-4-1}$ )	Xác định từ thống kê dung tích toàn bộ các hồ chứa từ các Chi cục thủy lợi, chủ hồ thủy điện.	Sở NN&PTNT, Công ty KTCT Thủy lợi, các NM Thủy điện	Trên địa bàn có nhiều hồ chứa (thủy lợi/ thủy điện) thì khả năng giữ nước lại trên lưu vực càng cao, vùng hưởng lợi có mức độ ANN cao.



### 3.2. Khía cạnh Chất lượng nước (WSI<sub>2</sub>)

Khía cạnh chất lượng nước là khía cạnh có tác động rõ nét nhất đến mức độ ANN của lưu vực. Khía cạnh này được xác định thông qua các chỉ thị gồm các nguồn thải từ hoạt động canh tác, nuôi trồng, chất lượng nước mặt, nước ngầm và mức độ cải thiện chất lượng nước trên lưu vực. Nhóm các chỉ thị này được thể hiện qua các biến bao gồm diện tích canh tác nông nghiệp, tổng đàn gia súc, gia cầm, diện tích nuôi trồng thủy sản, số phòng phục vụ lưu trú, số lần vượt ngưỡng cho phép của các chỉ tiêu chất lượng nước, khả năng tiếp cận nguồn nước sạch cũng như khả năng đảm bảo điều kiện vệ sinh môi trường (Bảng 2).

**Bảng 2.** Thành phần và cách xác định khía cạnh Chất lượng nước.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
Nguồn thải (WSI <sub>2-1</sub> )	Hoạt động canh tác nông nghiệp (WSI <sub>2-1-1</sub> )	Tỷ lệ diện tích đất dùng trong canh tác nông nghiệp/ tổng diện tích tự nhiên		Hoạt động canh tác càng nhiều thì mức độ sử dụng nước và thất thoát lớn, dư lượng phân bón, thuốc trừ sâu nhiều gây ô nhiễm nguồn nước.
	Hoạt động chăn nuôi gia súc (WSI <sub>2-1-2</sub> )	Tổng đàn gia súc (con) của mỗi địa phương		Hoạt động chăn nuôi gia súc càng nhiều dẫn đến ô nhiễm nước mặt, nước ngầm càng cao, mức độ ANN càng thấp.
	Hoạt động chăn nuôi gia cầm (WSI <sub>2-1-3</sub> )	Tổng đàn gia cầm (nghìn con) của mỗi địa phương	Sở NN&PTNT Quảng Nam, Đà Nẵng	Hoạt động chăn nuôi gia cầm càng nhiều dẫn đến ô nhiễm nước mặt, nước ngầm càng cao, mức độ ANN càng thấp.
	Hoạt động nuôi trồng Thủy sản (WSI <sub>2-1-4</sub> )	Tỷ lệ diện tích nuôi trồng thủy sản của mỗi địa phương/ tổng diện tích đất tự nhiên của địa phương.		Diện tích nuôi trồng thủy sản càng nhiều thì dư lượng thuốc điều trị bệnh, thức ăn thừa nhiều dẫn đến ô nhiễm, phì nhiêu, một số lượng lớn nước biển được đưa vào để tạo môi trường nước lợ gây nhiễm mặn. Hoạt động này càng nhiều, mức độ ANN càng thấp.
	Hoạt động dịch vụ du lịch (WSI <sub>2-1-5</sub> )	Tổng số phòng lưu trú phục vụ du lịch của mỗi địa phương	Sở VH TT&DL tỉnh Quảng Nam, Đà Nẵng	Tổng số phòng lưu trú thể hiện nhu cầu phục vụ khách du lịch lớn gây ra áp lực cục bộ về nhu cầu cung cấp nước cũng như ô nhiễm nguồn nước từ các hoạt động xả nước thải, rác thải tại các địa phương có hoạt động du lịch. Hoạt động du lịch càng nhiều, mức độ ANN càng thấp.
Chất lượng nước mặt, nước ngầm (sông, hồ, giếng) (WSI <sub>2-2</sub> )	Số lần vượt ngưỡng cho phép của các chỉ tiêu chất lượng nước/ năm (WSI <sub>2-2-1</sub> )	Số lần vượt ngưỡng cho phép mức B1 (QCVN 08 MT: 2023/BTNMT) của 12 chỉ tiêu cơ bản trong năm /tổng số lần quan trắc trong năm.	Báo cáo quan trắc chất lượng nước từ TT quan trắc môi trường QN, ĐN	Số lần vượt ngưỡng cho phép mức B1 (QCVN 08-MT:2023/BTNMT) của 12 chỉ tiêu cơ bản trong năm tại các điểm quan trắc thể hiện mức độ ô nhiễm của môi trường nước tại địa phương. Số lần vượt càng nhiều, ANN càng thấp.
Mức độ cải thiện chất lượng nước (WSI <sub>2-3</sub> )	Tỷ lệ số xã có HT nước thải sinh hoạt chung (WSI <sub>2-3-1</sub> )	Số xã có hệ thống nước thải sinh hoạt chung/tổng số xã (%)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Các xã có hệ thống nước thải sinh hoạt chung càng nhiều thì nước thải được thu gom tốt, giảm thiểu tình trạng ô nhiễm môi trường nước, mức độ ANN càng cao.
	Tỷ lệ số xã có thu gom rác thải trên địa bàn (WSI <sub>2-3-2</sub> )	Số xã có thu gom rác thải trên địa bàn/tổng số xã (%)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Số xã có thu gom rác thải trên địa càng nhiều thì lượng rác thải được thu gom, xử lý càng tốt, giảm thiểu tình trạng ô nhiễm nước từ rác thải trên bề mặt và mức độ ANN càng cao.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
	Khả năng cấp nước sạch theo QC02 - 2009 BYT (WSI <sub>2-3-3</sub> )	Tỷ lệ số hộ dân được cung cấp nước sạch theo Tiêu chuẩn 02/Tổng số hộ dân (%)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Số hộ dân được cung cấp nước sạch theo Quy chuẩn 02 càng nhiều chứng tỏ hệ thống cung cấp nước tốt, khả năng tiếp cận nguồn nước sạch của người dân càng cao, ANN càng tốt.

### 3.3. Khía cạnh Thiên tai (WSI<sub>3</sub>)

Tác động của các loại hình thiên tai liên quan đến nước là một yếu tố rất quan trọng đối với việc đảm bảo ANN, khía cạnh này xét đến khả năng chống chịu của cộng đồng đối với tác động của các loại hình thiên tai. Đối với lưu vực sông VGTB, các loại hình thiên tai điển hình, ảnh hưởng lớn đến đời sống kinh tế, xã hội bao gồm lũ lụt, hạn hán và xâm nhập mặn. Mức độ tác động của thiên tai càng lớn thì mức độ ANN càng thấp. Khía cạnh này được đánh giá thông qua các chỉ thị mức độ ngập lụt, chỉ số hạn hán SPI và độ mặn nước sông do xâm nhập mặn. So với các khía cạnh khác chịu nhiều các tác động của con người thì những tác động của thiên tai đối với lưu vực là vấn đề chúng ta không hoàn toàn chủ động kiểm soát được (Bảng 3).

**Bảng 3.** Thành phần và cách xác định khía cạnh thiên tai.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
Lũ lụt (WSI <sub>3-1</sub> )	Độ sâu ngập lụt (WSI <sub>3-1-1</sub> )	Bản đồ ngập lụt của một trận lũ thường xuyên xảy ra (P = 5% - 10%)	Chi cục Thủy lợi	Mức độ ngập lụt ứng với các trận lũ có khả năng xuất hiện thường xuyên phản ánh tác động tiêu cực của lũ lụt đến lưu vực, mức độ ngập càng sâu cho thấy mức độ ANN càng thấp.
Hạn hán (WSI <sub>3-2</sub> )	Chỉ số hạn hán 12 tháng SPI <sub>12</sub> (WSI <sub>3-2-1</sub> )	Chỉ số SPI <sub>12</sub> được xác định: $SPI_{12} = \frac{R - \bar{R}}{\sigma}$ R: lượng mưa CHIRPS năm tính toán; $\bar{R}$ : lượng mưa CHIRPS bình quân liệt tài liệu; $\sigma$ : khoảng lệch tiêu chuẩn của liệt tài liệu.	Dữ liệu mưa vệ tinh CHIRPS toàn cầu	Địa phương có mức độ hạn hán cao ảnh hưởng nhiều đến khả năng cung cấp nước, thiệt hại do hạn hán gây ra lớn. Chỉ số này càng cao thì ANN càng thấp.
Xâm nhập mặn (WSI <sub>3-3</sub> )	Độ mặn (WSI <sub>3-3-1</sub> )	Độ mặn S(‰) xác định từ kết quả mô hình toán	Trung tâm quan trắc môi trường QN, ĐN.	Độ mặn S(‰) càng lớn thì mức độ xâm nhập mặn càng cao, thiệt hại càng lớn và mức độ ANN càng thấp.

### 3.4. Khía cạnh Khả năng đáp ứng nhu cầu nước (WSI<sub>4</sub>)

Đây là một khía cạnh rất quan trọng quyết định mức độ ANN. Khía cạnh này thể hiện sự khan hiếm nước trên lưu vực hay mức độ thiếu nước do tiềm năng nước không đủ hoặc không khai thác được để đáp ứng nhu cầu sử dụng nước tại các thời điểm. Theo các nghiên cứu đánh giá hiện tại thì tiềm năng nguồn nước lưu vực VGTB rất lớn do có hai tâm mưa lớn trên lưu vực tuy nhiên mức độ thiếu nước chủ yếu do sự phân bố theo thời gian (tập trung chủ yếu vào mùa mưa) và hệ thống công trình không khai thác hết được lượng nước sinh ra trên lưu vực do mưa này. Sự khan hiếm nước càng lớn thì mức độ ANN càng thấp. Khía cạnh này được xác định thông qua việc tính toán cân bằng giữa lượng nước đến và nhu cầu dùng nước của các ngành sử dụng nước trên lưu vực (Bảng 4).

**Bảng 4.** Thành phần và cách xác định khía cạnh Khả năng đáp ứng nhu cầu nước.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
Mức độ đáp ứng nhu cầu nước (WSI <sub>4-1</sub> )	Mức độ thiếu nước (sự khan hiếm nước) (WSI <sub>4-1-1</sub> )	Tính toán cân bằng nước giữa lượng nước đến và tổng nhu cầu dùng nước của các ngành trên lưu vực.	Đài KTTV khu vực Trung bộ, Sở NN&PTN, Sở Công thương QN, ĐN.	Mức độ thiếu hụt nguồn nước càng lớn chứng tỏ khả năng khai thác nguồn nước và hiệu quả sử dụng thấp, không đáp ứng được nhu cầu nước phục vụ các ngành dẫn đến mức độ ANN thấp.

### 3.5. Khía cạnh Phát triển lưu vực (WSI<sub>5</sub>)

Khía cạnh xét đến tác động của các hoạt động phát triển trên lưu vực. Đây là khía cạnh rất khó xác định vì các biến số bao gồm nhiều thứ nguyên cũng như khó định lượng. Nghiên cứu đánh giá mức độ tác động của các hoạt động phát triển trên lưu vực dựa trên các tiêu chí kinh tế, xã hội, môi trường và thể chế chính sách. Hoạt động khai thác thủy điện, chuyển đổi diện tích rừng, đô thị hóa,... là các hoạt động có tác động rất lớn đến việc đảm bảo ANN của lưu vực. Việc chuyển nước từ sông Vu Gia sang sông Thu Bồn do hoạt động của các nhà máy thủy điện cũng là vấn đề đáng lưu ý tại lưu vực. Sự chuyển nước đã gây ra tình trạng thiếu hụt nước ở hạ lưu sông Vu Gia dẫn đến hiện tượng xâm nhập mặn vào mùa khô liên tục những năm gần đây từ khi hệ thống thủy điện được đưa vào vận hành. Tình trạng nhiễm mặn đã gây ảnh hưởng lớn đến việc cung cấp nước phục vụ nông nghiệp và sinh hoạt ở vùng hạ lưu ở tỉnh Quảng Nam và thành phố Đà Nẵng (Bảng 5).

**Bảng 5.** Thành phần và cách xác định khía cạnh phát triển lưu vực.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
Sự chuyển nước trong lưu vực (WSI <sub>5-1</sub> )	Cho/nhận nước (WSI <sub>5-1-1</sub> )	Tổng lượng nước chuyển đi (đến)/ tổng lượng nước tự nhiên đến lưu vực đó (%)	Tính toán từ mô hình, thông số vận hành của thủy điện Đăk Mi 4,...	Tổng lượng nước chuyển đi khỏi lưu vực (chỉ xét trong trường hợp cung cấp nước mùa khô, không xét mùa lũ) càng nhiều do tác động của các thủy điện sẽ gây ảnh hưởng đến vùng hạ lưu của lưu vực đó và mức độ ANN của vùng hạ lưu (sau công trình) bị ảnh hưởng, mức độ ANN sẽ kém. Phần lưu vực được nhận nước thì ngược lại.
	Dân trí (Mức độ nhận thức, tuyên truyền về ANN trong cộng đồng) (WSI <sub>5-2-1</sub> )	Tổng số giáo viên tại các trường học (TH, THCS, THPT) của mỗi địa phương/ 10.000 người (người/ 1 vạn dân)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Tỷ lệ giáo viên phổ thông trong dân cao thể hiện tỷ lệ cơ sở giáo dục hay số học sinh tại địa phương nhiều, điều này thể hiện số người được tuyên truyền, giáo dục về ý thức tiết kiệm, bảo vệ tài nguyên nước, môi trường sinh thái cao và mức độ ANN sẽ cao và ngược lại.
Kinh tế - xã hội (WSI <sub>5-2</sub> )	Thu nhập bình quân đầu người (WSI <sub>5-2-2</sub> )	Thu nhập bình quân (Nghìn đồng/người/tháng)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Địa phương có mức thu nhập bình quân đầu người cao thể hiện khả năng chống chịu trước những nguy cơ tác động xấu từ thiên tai (lũ lụt, hạn hán,...) đồng thời khả năng cải thiện chất lượng cuộc sống, môi trường sống tốt, khả năng chi trả các dịch vụ cung cấp nước tốt. Thu nhập bình quân càng cao thể hiện mức độ ANN càng tốt.
	Dịch vụ Y tế (WSI <sub>5-2-3</sub> )	Tổng số giường bệnh của các cơ sở y tế trên địa bàn (giường)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Tổng số giường bệnh của các cơ sở y tế trên địa bàn càng nhiều chứng tỏ điều kiện sống, khả năng chống chịu đối với các tác động tiêu cực của thiên tai liên quan tới môi trường nước càng tốt.

Chỉ thị	Biến	Cách xác định	Nguồn dữ liệu	Ý nghĩa của biến trong đánh giá ANN
Đô thị hóa (WSI <sub>5-3</sub> )	Mức độ suy giảm diện tích cây xanh (WSI <sub>5-3-1</sub> )	Xác định chỉ số từ ảnh viễn thám các thời kỳ để xác định mức độ suy giảm diện tích cây xanh	Dữ liệu từ nguồn ảnh viễn thám Sentinel 2	Mức độ suy giảm diện tích cây xanh càng nhiều chứng tỏ thâm phủ, mật đệm của lưu vực bị giảm, ảnh hưởng đến khả năng trữ nước, chống xói mòn, mức độ đô thị hóa cao và các hoạt động khai thác rừng nhiều,... tạo áp lực lên môi trường nước. Mức độ suy giảm càng lớn thì ANN càng thấp.
	Mật độ dân số (WSI <sub>5-3-2</sub> )	Mật độ dân số của các địa phương (người/km <sup>2</sup> )	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Dân số của các địa phương càng đông dẫn đến nhu cầu nguồn cung cấp nước càng cao, mức độ xả thải (nước thải, rác thải) lớn sẽ tác động tiêu cực tới môi trường nước. Mật độ dân số càng đông thì mức độ đáp ứng ANN càng thấp.
Quản trị lưu vực nông thôn (WSI <sub>5-4</sub> )	Nguồn vốn đầu tư cho các hoạt động cung cấp nước, quản lý, xử lý rác thải, nước thải (WSI <sub>5-4-1</sub> )	Nguồn vốn đầu tư cho các hoạt động cung cấp nước, quản lý, xử lý rác thải và nước thải các địa phương (triệu đồng)	Niên giám thống kê Quảng Nam, Đà Nẵng	Nguồn vốn đầu tư cho các hoạt động cung cấp nước, quản lý, xử lý rác thải và nước thải ở các địa phương càng lớn chứng tỏ sẽ nâng cao năng lực cung cấp nước cũng như năng lực quản lý, kiểm soát ô nhiễm môi trường nước. nguồn vốn đầu tư càng lớn thì mức độ ANN càng cao.
	Sự phát triển cơ sở hạ tầng khu vực nông thôn (WSI <sub>5-4-2</sub> )	Tỷ lệ số xã đạt chuẩn nông thôn mới/ tổng số xã của địa phương (%)	Văn phòng Nông thôn mới Quảng Nam, Đà Nẵng	Số xã đạt chuẩn nông thôn mới càng nhiều chứng tỏ hệ thống cơ sở hạ tầng nông thôn tốt trong đó có hệ thống cung cấp nước và xử lý nước thải, rác thải tốt, các điều kiện về môi trường sống, khả năng tiếp cận nguồn nước đảm bảo, dân trí, mức sống cao,...(đáp ứng được 19 tiêu chí NTM). Địa phương có tỷ lệ này cao đồng nghĩa với mức đảm bảo ANN tốt.
	Tỷ lệ cán bộ quản lý lĩnh vực trong cơ quan quản lý nhà nước (huyện) có chuyên môn phù hợp (WSI <sub>5-4-3</sub> )	Số người có chuyên môn lĩnh vực TNN/ số cán bộ UBND huyện (%)	UBND các Quận, huyện tỉnh QN, TP. ĐN	Số người có chuyên môn lĩnh vực TNN ở bộ máy quản lý, điều hành ở địa phương càng nhiều sẽ có sự tham mưu tốt cho công tác điều hành, chỉ đạo của chính quyền địa phương để đảm bảo vấn đề ANN, cũng như khả năng tuyên truyền nâng cao nhận thức về ANN trong cộng đồng địa phương. Tỷ lệ này càng cao thì mức độ ANN càng tốt.

#### 4. Kết luận

Bài báo này đã sử dụng phương pháp phân tích quá trình (PAM) để xây dựng Khung đánh giá ANN cho lưu vực sông VGTB với bộ tiêu chí gồm 5 khía cạnh, 17 chỉ thị, 28 biến số với cách tiếp cận theo định nghĩa ANN của UN-Water, đáp ứng theo các tiêu chí của mục tiêu phát triển bền vững toàn cầu về nước (SDG6) cũng như quan điểm đánh giá ANN theo cách tiếp cận của Ngân hàng phát triển châu Á trong các báo cáo AWDO. Khung đánh giá đã phản ánh tổng quan về các yếu tố ảnh hưởng đến tình trạng ANN của lưu vực. Ngoài các chỉ số được kế thừa, nghiên cứu đã đề xuất các khía cạnh, chỉ thị và chỉ số thể hiện được các tác động cần xem xét đang ảnh hưởng lớn đến mức độ ANN của lưu vực như hoạt động khai thác du lịch, sự chuyển nước trong lưu vực do hoạt động của các nhà máy thủy điện, mức độ đô thị hóa, các hoạt động phát triển trên lưu vực,... Các tác động này được thể hiện qua khía cạnh Phát triển lưu vực (WSI<sub>5</sub>), các chỉ thị Nguồn thải (WSI<sub>2-1</sub>), Sự chuyển nước trong lưu vực (WSI<sub>5-1</sub>), Đô thị hóa (WSI<sub>5-3</sub>), Quản trị lưu vực (WSI<sub>5-4</sub>), các biến số Hoạt động dịch vụ du lịch (WSI<sub>2-1-5</sub>), Sự phát triển cơ sở hạ tầng nông thôn (WSI<sub>5-4-2</sub>), Tỷ lệ cán bộ quản lý lĩnh vực trong cơ quan quản lý nhà nước có chuyên môn phù hợp (WSI<sub>5-4-3</sub>),... Ngoài ra, một số biến số được tính toán xác định bằng phương pháp tính mới phù hợp với điều kiện số liệu tại lưu vực như: Dung tích các hồ chứa (WSI<sub>1-4-1</sub>), Hoạt động chăn nuôi gia súc (WSI<sub>2-1-2</sub>), Hoạt

động chăn nuôi gia cầm ( $WSI_{2-1-3}$ ), Số lần vượt ngưỡng cho phép các chỉ tiêu chất lượng nước trên 1 năm ( $WSI_{2-2-1}$ ), Chỉ số hạn hán  $SPI_{12}$  ( $WSI_{3-2-1}$ ), Dân trí ( $WSI_{5-2-1}$ ).

Khung đánh giá sau khi tính toán với 28 biến số từ các số liệu thống kê, tính toán thông qua các mô hình toán sẽ có được các chỉ số ANN (WSI) của từng biên số, chỉ thị và khía cạnh tương ứng, từ đó xác định được chỉ số WSI của từng địa phương cũng như WSI tổng hợp của cả lưu vực. Khi xét đến biến đổi khí hậu, các biến số liên quan lớn nhất đến các tác động của BĐKH như sự gia tăng nhiệt độ, nước biển dâng, biến đổi chế độ mưa sẽ được xét đến trong các khía cạnh tiềm năng nguồn nước ( $WSI_1$ ), thiên tai ( $WSI_3$ ) và khả năng đáp ứng nhu cầu nước ( $WSI_4$ ). Các chỉ số liên quan đến sự phát triển lưu vực thể hiện chủ yếu trong khía cạnh Phát triển lưu vực ( $WSI_5$ ) và một số biến số ở các khía cạnh còn lại.

Khung đánh giá ANN lưu vực sông VGTB sau khi được tính toán định lượng các chỉ số WSI tổng hợp cả lưu vực cũng như từng địa phương (quận/huyện) sẽ là cơ sở khoa học giúp các nhà quản lý có cái nhìn tổng quan về hiện trạng cũng như diễn biến ANN của lưu vực khi có sự tác động của BĐKH và các hoạt động phát triển lưu vực trong tương lai. Đây cũng là cơ sở để các địa phương xác định được nguyên nhân từ đó có giải pháp khắc phục các vấn đề liên quan đối với các chỉ số có giá trị thấp nhằm cải thiện mức độ ANN, hoạch định được chiến lược phát triển kinh tế, xã hội tại các địa phương trong tương lai một cách phù hợp và hiệu quả nhất.

Bên cạnh kết quả đạt được trên, do sự hạn chế về số liệu tính toán nên nghiên cứu đã loại bỏ 6 biến số được xem là rất phù hợp với mục tiêu đánh giá ANN của lưu vực, đồng thời một số biến số phải tính toán một cách gián tiếp thông qua các chỉ báo khác mà không có được sự thể hiện tốt nhất đối với các mục tiêu đánh giá. Đây cũng chính là các tồn tại cần được giải quyết trong các nghiên cứu tiếp theo.

**Đóng góp tác giả:** Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: N.M.Đ.; Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: N.M.Đ.; Xử lý số liệu: L.N.V.; Tính toán: L.N.V.; Phân tích kết quả: L.N.V., N.M.Đ.; Viết bản thảo bài báo: L.N.V.; Chỉnh sửa bài báo: N.M.Đ.

**Lời cảm ơn:** Tập thể tác giả xin trân trọng cảm ơn các cơ quan quản lý nhà nước ở các chuyên ngành, nhà máy thủy điện, công ty khai thác công trình thủy lợi đã cung cấp số liệu; các chuyên gia trong nước và quốc tế đã đóng góp ý kiến để hoàn thành 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, 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. Millennium Summit of the United Nations. Millennium Development Goals. UN Department of Public Information, 6-8 September 2000. <https://www.un.org/millenniumgoals/>.
2. United Nations Sustainable Development Summit. Sustainable Development Goals. UN Department of Public Information. 25-27 September 2015. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>.
3. Dong, G.; Shen, J.; Jia, Y.; Sun, F. Comprehensive Evaluation of Water Resource Security: Case Study from Luoyang City, China. *Water* **2018**, *10*, 1–19.
4. Dang, N.M.; Tu, V.T.; Hai, N.D. Water Security Assessment Framework for Hanoi city: The data collection. *Water Security and Climate Change: Challenges and Opportunities in Asia*, 29 November - 01 December, Bangkok, 2016.
5. Assefa, Y.T.; Babel, M.S.; Sušnik, J.; Shinde, V.R. Development of a Generic Domestic Water Security Index, and Its Application in Addis Ababa, Ethiopia. *Water* **2018**, *11*, 1–23.
6. Jensen, O.; Wu, H. Urban water security indicators: Development and pilot. *Environ. Sci. Policy* **2018**, *83*, 33–45.

7. Elfithri, R.; Mokhtar, M.; Abdullah, M.P. Watershed Sustainability Index for Langat UNESCO HELP River Basin, Malaysia. *Int. J. Eng. Technol.* **2018**, 7, 187–190.
8. Babel, M.; Shinde, V.R. A framework for water security assessment at basin scale. *APN Sci. Bull.* **2018**, 10, 27–32.
9. Marttunen, M.; Mustajoki, J.; Sojamo, S. A Framework for Assessing Water Security and the Water-Energy-Food Nexus-The Case of Finland. *Sustainability* **2019**, 11, 1–24.
10. Su, Y.; Gao, W.; Guan, D. Integrated assessment and scenarios simulation of water security system in Japan. *Sci. Total Environ.* **2019**, 671, 1269–1281.
11. Asian Development Bank (ADB). Asian Water Development Outlook (AWDO) - Strengthening Water Security in Asia and The Pacific. Mandaluyong. 2016.
12. Asian Development Bank (ADB). Asian Water Development Outlook (AWDO) - Advancing Water Security Across Asia and the Pacific. Mandaluyong. 2020.
13. Scott, C.A.; Meza, F.J.; Varady, R.G. Water Security and Adaptive Management in the Arid Americas. *Annals Assoc. Am. Geogr.* **2013**, 2, 280–289.
14. Gain, A.K.; Giupponi, C.; Wada, Y. Measuring global water security towards sustainable development. *Environ. Res. Letters* **2016**, 11, 1–13.
15. MacAlister, C.; Baggio, G.; Perera, D.; Qadir, M.; Taing, L.; Smakhtin, V. Global Water Security 2023 Assessment. United Nations University Institute for Water, Environment and Health (UNU INWEH). 2023.
16. Octavianti, T.; Staddon, C. A review of 80 assessment tools measuring water security. *WIREs Water* **2021**, 8, 1–24.
17. Srinivasan, V.; Konar, M.; Sivapalan, M. A dynamic framework for water security. *Water Secur.* **2017**, 3, 12–20.
18. UN-WATER. Water Security & the Global Water Agenda. 2013.
19. Babel, M.S.; Shinde, V.R.; Sharma, D.; Dang, N.M. Measuring water security: A vital step for climate change adaptation. *Environ. Res.* **2020**, 185(1), 109400.
20. Wang, X.; Zhang, J.; Shahid, S.; Xia, X.; He, R.; Shang, M. Catastrophe theory to assess water security and adaptation strategy in the context of environmental change. *Mitigation Adapt. Strategies Global Change* **2012**, 12, 463–477.
21. Dang, N.M.; Tu, V.T.; Babel, M.S. Victor Shinde and Devesh Sharma. Water security assessment for the Red River Basin, Vietnam. International Conference on Water Security and Climate Change, 18<sup>th</sup> - 21<sup>th</sup> September, Cologne, Germany, 2017.
22. Mũi, N.T.; Thành, L.Đ. Nghiên cứu An ninh nguồn nước cho phát triển bền vững lưu vực sông Mã. *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường* **2018**, 60, 100–107.
23. Việt, C.T.; Thơm, N.T.; Văn, C.T. Nghiên cứu xác lập phương pháp tính toán và đánh giá diễn biến chỉ số an ninh nguồn nước cho thành phố Trà Vinh, tỉnh Trà Vinh. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2018**, 34, 1–9.
24. Hiếu, B.Đ.; Thi, T.Đ.; Hương, H.T.L.; Thịnh, Đ.Q.; Đại, N.V.; Liễu, N.T.; Tuấn, N.A. Đánh giá An ninh nước tỉnh Quảng Ngãi trong bối cảnh Biến đổi khí hậu. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2021**, 729, 79–90.
25. Tiên, T.H.; Đạt, N.Đ.; Tường, P.; Thiện, V.M.; Phương, N.H.; Quân, N.T. Nghiên cứu tính toán chỉ số an ninh nguồn nước cho vùng đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam. *Tap chí Khí tượng Thủy văn* **2022**, 744, 39–54.
26. Hà, N.N.; Giang, N.T.; Trình, N.M. Chỉ số tài nguyên nước mặt lưu vực sông Vệ. *Tap chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* **2016**, 32, 67–76.
27. Tính, N.Đ.; Anh, Đ.Đ. Tính toán chỉ số tổn thương nguồn nước mặt lưu vực Sông Bé - địa phận tỉnh Bình Phước. *Tap chí Khoa học Kỹ thuật thủy lợi và môi trường* **2016**, 55, 22–28.
28. Lan, V.T.T.; Sơn, H.T.; Tùng, N.B.; Thủy, Đ.B.; Yên, N.T.H. Cân bằng nước lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn bằng mô hình Mike Hydro Basin. *Tap chí khí tượng thủy văn*, **2019**, 708, 1–12.
29. Đón, T.V. Nghiên cứu phân bổ hợp lý nguồn nước mặt cho lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Luận án tiến sĩ, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và BDKH. 2021.

30. Thắng, T.V. Nghiên cứu phân bố nguồn nước và vận hành hợp lý hệ thống hồ chứa lưu vực sông Vu gia - Thu Bồn trong mùa cạn. Luận án tiến sĩ, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam. 2019.
31. Dung, N.T.K. Nghiên cứu xây dựng phương pháp xác định dòng chảy tối thiểu - Áp dụng cho Hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn. Luận án tiến sĩ, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam. 2018.
32. Huy, D.Q. Nghiên cứu mưa, lũ cực hạn lưu vực Sông Vu Gia - Thu bồn. Luận án tiến sĩ, Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam. 2018.
33. Duong, V.N.; Gourbesville, P. Flood Risk Assessment: A View of Climate Change Impact at Vu Gia Thu Bon Catchment, Vietnam. *Adv. Hydroinf.* **2018**, *52*, 727–737.
34. Tue, V.M.; Duong, V.N.; Gourbesville, P.; Raghavan, S.V.; Liong, S.Y. Hydro-meteorological drought assessment under climate change impact over the Vu Gia-Thu Bon river basin, Vietnam. *Hydrol. Sci. J.* **2017**, *10*, 1–15.
35. Thọ, B.Đ.; Bình, N.Q.; Dương, V.N.; Hiếu, L.C. Đánh giá ảnh hưởng của việc thay đổi thảm phủ đến chế độ dòng chảy lưu vực sông Vu Gia - Thu Bồn. Hội nghị khoa học cơ học Thủy khí lần thứ 21. 2018.
36. Hùng, L. Nghiên cứu ảnh hưởng của việc vận hành các công trình thủy điện ở thượng nguồn đến việc cấp nước của nhà máy nước Cầu Đỏ trong điều kiện biến đổi khí hậu, nước biển dâng và phát triển kinh tế xã hội của thành phố Đà Nẵng - Đề xuất các giải pháp phù hợp. Nhiệm vụ KHCN UBND thành phố Đà Nẵng. 2017.
37. Tahir, A.C.; Darton, R.C. The Process Analysis Method of selecting indicators to quantify the sustainability performance of a business operation. *Cleaner Prod.* **2010**, *18*, 1598–1607.
38. Doran, G.T. There's a S.M.A.R.T. Way to Write Management's Goals and Objectives. *Manage. Rev.* **1981**, *70*, 35–36.

## **Development of a framework for water security assessment for Vu Gia - Thu Bon river basin in the context of climate change and socio-economic development activities**

**Le Ngoc Vien<sup>1</sup>, Nguyen Mai Dang<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup> Central Region College of Technology, Economics and Water Resources;  
Invckt@gmail.com

<sup>2</sup> Center for International Education, Thuyloi University; dang@tlu.edu.vn

**Abstract:** The Vu Gia - Thu Bon river basin is facing many problems related to ensuring water security in the basin. In recent years, due to the impact of socio-economic development activities, the impact of climate change with the manifestations of saline intrusion, changes in the rainfall regime, etc. The transfer of water from the Vu Gia river to the Thu Bon river when Dak Mi 4 Hydropower Plant came into operation has greatly affected the assurance of supply for water needs, especially in the downstream area. Three methods are used in this paper such as statistical analysis, PAM (process analysis method), and SMART to build a framework for water security assessment for the Vu Gia - Thu Bon river basin. The proposed results are evaluated by the Framework with 5 key dimensions, 17 main indicators with 28 specific variables. Consequently, it is possible to calculate the aggregate water security index for each specific area, helping decision-making and policy making to improve the water security level for the basin in the context of climate change and socio-economic development.

**Keywords:** Assessment framework; Water security; Climate change; River basin development; Vu Gia - Thu Bon river.