

ĐỊNH GIÁ NƯỚC VÀ PHÂN PHỐI TỐI ƯU TÀI NGUYÊN NƯỚC KHAN HIẾM Ở CẤP ĐỘ LƯU VỰC SÔNG - THỬ NGHIỆM Ở VÙNG HẠ LƯU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI

Nguyễn Thanh Hùng

Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 01 tháng 10 năm 2012, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 03 tháng 01 năm 2013)

TÓM TẮT: Khan hiếm nước là một thực tế đang diễn ra tại nhiều lưu vực sông do các nhu cầu sử dụng nước ngày càng gia tăng kết hợp với sự ô nhiễm nguồn nước và biến đổi khí hậu. Đối mặt với tình trạng này, cần phải biết được giá trị đúng của tài nguyên nước khan hiếm để góp phần phân phối nước hiệu quả.

Trong bài báo này, một mô hình tối ưu hóa sự phân phối tài nguyên nước với các điều kiện ràng buộc về mặt thủy văn được thiết lập dựa trên nguyên tắc cân bằng lợi ích ròng ở biên của nước ngang qua các ngành sử dụng, và được áp dụng thử nghiệm để giải bài toán phân phối tối ưu nguồn nước ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai với nhiều kịch bản khan hiếm nước khác nhau. Kết quả cho thấy rằng mô hình cho phép mô phỏng tương đối tốt sự phân phối tối ưu nguồn nước cho các nhu cầu sử dụng cạnh tranh trong điều kiện thiếu nước, đồng thời cũng cho phép xác định được giá trị/lợi ích ròng cân bằng ở biên của nước thô ứng với các mức độ thiếu nước khác nhau.

Từ khóa: Định giá nước, giá trị của nước tự nhiên, phân phối tối ưu nguồn nước, vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Nước là nguồn tài nguyên vô cùng quan trọng đối với sự sống của con người và muôn loài, là nền tảng để thúc đẩy phát triển kinh tế – xã hội ở bất cứ nơi đâu trên trái đất. Dù rằng nguồn tài nguyên này có khả năng tự tái tạo, song khả năng đó đang ngày càng bị chi phối mạnh mẽ bởi sự biến đổi khí hậu toàn cầu và bị ảnh hưởng bởi các thực tiễn khai thác quá mức cộng với tình trạng ô nhiễm môi trường nước ngày một gia tăng (như là một hệ quả tất yếu của sự gia tăng dân số và tăng trưởng kinh tế). Vì thế nhiều lưu vực sông đang đứng trước nguy cơ thiếu hụt nước cho sinh hoạt và sản

xuất, nhất là trong mùa khô và những năm hạn hán nặng, từ đó nảy sinh ra những mâu thuẫn, tranh chấp trong việc khai thác, sử dụng và bảo vệ nguồn nước, và đặt ra những thách thức lớn cho sự phát triển bền vững.

Tại hầu hết các lưu vực sông, tài nguyên nước cung cấp nhiều hàng hóa và dịch vụ có giá trị đối với con người và các hệ sinh thái như: nước uống, nước cho sinh hoạt, nông nghiệp, công nghiệp, thủy điện, vận tải thủy, du thuyền, đánh bắt cá, nuôi trồng thủy sản, bơi lội, tạo cảnh quan môi trường, cung cấp nơi cư trú cho cá và các giống loài hoang dã, cung cấp dịch vụ pha loãng và tự làm sạch chất thải, điều

hòa khí hậu,... Sự cung cấp các hàng hóa và dịch vụ đó luôn có mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau, được xác định bởi số lượng và chất lượng của nguồn nước sẵn có.

Nhiều thất bại trong quá khứ đối với lĩnh vực quản lý tài nguyên nước có thể quy cho việc người ta xem nước như là một hàng hóa công cộng (tự do tiếp cận), hoặc đôi khi nó trở thành hàng hóa kinh tế thì giá trị đầy đủ của nước chưa được tính đến. Trong trường hợp có sự cạnh tranh về tài nguyên nước khan hiếm, quan điểm đó thường đưa tới việc phân phối nước không hiệu quả và không khuyến khích người sử dụng cư xử với nước như là một tài nguyên có hạn. Để khai thác tối đa các lợi ích từ tài nguyên nước sẵn có, cần phải thay đổi nhận thức về các giá trị đầy đủ của nước và công nhận các chi phí cơ hội liên quan đến các kiểu phân phối nước hiện tại.

Đối mặt với tình trạng khan hiếm nước ngày càng gia tăng, cần phải biết được giá trị đúng của tài nguyên nước trong các kiểu sử dụng của nó để góp phần phân phối nước hiệu quả. Vấn đề đặt ra là làm thế nào để xác định đúng giá trị thực của loại tài nguyên phi thị trường kinh điển này.

Phân phối nước (*water allocation*) là một trong những vấn đề cốt lõi trong quá trình quy hoạch sử dụng tài nguyên nước ở các lưu vực sông. Nó có thể được hiểu đơn giản là sự “chia sẻ” nguồn nước giữa các ngành dùng nước với nhau nhằm đáp ứng nhu cầu dùng nước của tất cả các ngành, tối đa hóa tổng lợi ích ròng của xã hội và thiết lập các ưu tiên dùng nước trong trường hợp thiếu hụt, khan hiếm nước.

Nguồn nước của lưu vực sông là một tài nguyên mà tất cả mọi người đều có quyền khai thác sử dụng. Tuy nhiên do nguồn tài nguyên này không phải là vô hạn, hơn nữa lại phân bố không đều theo không gian và biến động lớn theo thời gian nên không phải lúc nào cũng có đủ nước để đáp ứng mọi nhu cầu sử dụng. Tranh chấp nguồn nước là vấn đề thường xuyên xảy ra tại hầu hết các lưu vực sông, phổ biến nhất là giữa các ngành dùng nước với nhau, giữa khu vực thượng lưu và hạ lưu. Những người ra quyết định thường phải đối mặt với những khó khăn khi đưa ra các quyết định mang tính *cân bằng*, ví dụ, cân bằng giữa các nhu cầu về nước tưới để sản xuất lương thực với mong muốn duy trì dòng chảy môi trường cho các hệ sinh thái then chốt ở phía hạ lưu. Kinh tế tài nguyên và môi trường góp phần hướng đến việc cải thiện hiệu quả phân phối tài nguyên bằng cách chỉ ra cho những người làm quyết định biết được các chi phí xã hội đầy đủ của việc sử dụng nước và các lợi ích xã hội đầy đủ của các hàng hóa và dịch vụ do nước cung cấp. Tuy nhiên, các quyết định liên quan đến việc phân phối nước được đưa ra không chỉ bằng các mối quan tâm về hiệu quả kinh tế mà còn là những cân nhắc về sự công bằng, bảo vệ môi trường và các yếu tố chính trị và xã hội khác.

Mặc dù các mục đích như cải thiện sự phân phối thu nhập, nâng cao chất lượng môi trường và đạt được các mục tiêu phát triển xã hội là quan trọng, nhưng việc tập trung vào *tính hiệu quả kinh tế* vẫn quan trọng hơn bởi hai lý do: Thứ nhất, dưới các điều kiện khan hiếm ngày

càng gia tăng và sự cạnh tranh giữa những người sử dụng nước ngày càng mạnh, hiệu quả kinh tế vẫn là một mục tiêu xã hội quan trọng và các giá trị hiệu quả của nước có ý nghĩa thiết thực trong việc giải quyết các mâu thuẫn. *Thứ hai*, các giá trị hiệu quả của nước sẽ cung cấp một tín hiệu tốt cho việc đánh giá các chi phí cơ hội của các kiểu sử dụng nước khác nhau.

Để phân phối nước hiệu quả, các giá trị biên của nước phải như nhau và ngang bằng với chi phí biên của việc cung cấp nước. Giả sử rằng giá sẵn lòng trả của người A cho một m³ nước sử dụng thêm là 1000 đồng và của người B là 300 đồng, khi đó giá trị xã hội của nước sẽ tăng lên nếu nước được phân phối cho người A nhiều hơn người B. Vì rằng các giá trị biên của A và B sẽ thay đổi theo số lượng mà họ tiêu thụ, nên giá trị xã hội của nước sẽ lớn nhất khi hai giá trị biên này bằng nhau. Đây là *nguyên tắc xác định giá trị biên cân bằng* mà nó rất quan trọng đối với việc phân phối hiệu quả tài nguyên nước.

2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

2.1. Xác định “giá trị” của tài nguyên nước

Đối mặt với sự khan hiếm nước ngày càng tăng, nhiều chính sách quản lý nước đã và đang hướng đến việc phân phối hiệu quả tài nguyên nước giữa các nhu cầu sử dụng cạnh tranh (sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp, môi trường...). Để làm được điều đó trước tiên cần phải biết được giá trị của nước đối với nhiều kiểu sử dụng khác nhau. Tuy nhiên, không giống như với các hàng hóa và dịch vụ khác, nước là một tài nguyên phi thị trường kinh điển. Ngay cả khi nó được mua bán trên thị

trường thì giá cả của nó cũng thường không phản ánh đúng giá trị khan hiếm.

Young and Gray (1972) đã có những nghiên cứu nhằm cung cấp sự hiểu biết về nhiều kiểu sử dụng nước mà nó cấu thành nên nhu cầu về nước, các định thức về nhu cầu nước, và các phương pháp dùng để đánh giá giá trị của nước theo kinh nghiệm. Gibbons (1986) đã nghiên cứu việc sử dụng nước trong một số lĩnh vực (đô thị, nông nghiệp, công nghiệp, đồng hóa chất thải, giao thông thủy, thủy điện, giải trí và mỹ học) bằng cách sử dụng một loạt các kỹ thuật để định giá các giá trị đối với việc sử dụng nước trong mỗi lĩnh vực. Các kết quả tuy chưa chính xác nhưng đã được dự định để minh họa cho việc sử dụng các kỹ thuật định giá và chỉ ra những khoảng giá trị có thể có. Tuy nhiên chưa thể so sánh các kết quả giữa các lĩnh vực sử dụng nước với nhau do những khác biệt trong những cách xác định giá trị, khung thời hạn và các thủ tục được dùng trong phân tích. Khuôn khổ đó không tích hợp được các khía cạnh tự nhiên và kinh tế của việc sử dụng nước, và các tác động bên ngoài giữa các lĩnh vực chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ.

Trong hơn mười năm qua, nhiều nhà kinh tế học đã cố gắng nghiên cứu phát triển các phương pháp luận cũng như các kỹ thuật thích hợp để lượng giá kinh tế của tài nguyên và môi trường, trong đó có tài nguyên nước (John A Dixon *et al.*, 1994; Kerry Turner *et al.*, 2004; Freeman III, A.M., 1993; W. Douglass Shaw., 2005; Ingo Heinz, 2005; ...).

Agudelo (2001) đã phân loại các phương pháp định giá nước thành 3 loại:

– Các phương pháp mà nó suy luận ra giá trị của nước từ các thông tin liên quan đến các thị trường nước và các lợi ích liên quan đến nước;

– Các phương pháp mà nó ước lượng giá trị của nước từ các hàm cầu gián tiếp đối với nước, khi nước được sử dụng như một hàng hóa trung gian;

– Các phương pháp mà nó ước lượng giá trị của nước từ nhu cầu tiêu thụ trực tiếp, khi nước được sử dụng như một hàng hóa tiêu thụ cuối cùng.

Renzetti và Dupont (2003) đã áp dụng cách tiếp cận hàm sản xuất để đánh giá giá trị biên của nước thô đối với 58 nhà máy sản xuất công nghiệp ở Canada bằng cách thiết lập một hàm chi phí dạng logarit (translog) dựa trên sản lượng đầu ra, số lượng nước đầu vào, giá của vốn, lao động, năng lượng, nguyên vật liệu, tuần hoàn nước, xử lý nước tại nhà máy, cũng như nhiều biến khác. Giá mờ của nước nhận được từ hàm chi phí này như là sự thay đổi ở biên về các chi phí do sự thay đổi tăng thêm về số lượng nước thô đầu vào.

King (2002) và Blignaut and de Wit (2004) đã sử dụng khái niệm độ co giãn hằng số để đánh giá đường cầu và giá trị biên của nước sinh hoạt ở Nam Phi. Renwick (2001), Hussain *et al.* (2000) và Bakker *et al.* (1999) đã sử dụng phương pháp giá trị quy cho phần còn lại để đánh giá năng suất nước trong nông nghiệp có tưới và nuôi cá trong các hồ nước ngọt. Renwick (2001) đã tính toán giá mờ của nước và bằng cách sử dụng phương pháp chiết khấu, đã đánh giá được giá trị hiện tại của nước trong

nông nghiệp có tưới và nuôi cá nước ngọt ở Sri Lanka.

2.2. Phân phối tài nguyên nước

Trong những năm gần đây, nhiều mô hình kết hợp thủy văn – kinh tế được phát triển để giải các bài toán về sự phân phối tối ưu các kiểu sử dụng nước cũng như định ra các mức phí thích hợp đối với khai thác sử dụng nước và gây ô nhiễm nước.

Nói chung các mô hình tối ưu hóa kinh tế mà chúng cho phép phân phối nước tối ưu dựa trên một hàm mục tiêu và các ràng buộc, cùng với các mô hình mô phỏng về thủy văn và các thể chế, có thể là những công cụ bổ sung thêm vào các mô hình mô phỏng lưu vực sông truyền thống để nhằm giải quyết các vấn đề liên quan đến sự tranh chấp tài nguyên nước khan hiếm và thiết lập các ưu tiên dùng nước khác nhau.

GAMS (General Algebraic Modeling System) là một công nghệ tiên tiến trong việc mô phỏng tối ưu hệ thống, được WB (World Bank) và UN (United Nations) phối hợp xây dựng và khuyến cáo sử dụng trong thập niên gần đây để giải các bài toán tối ưu của thực tế sản xuất nói chung và trong lĩnh vực tài nguyên nước nói riêng. GAMS đã được ứng dụng khá thành công tại một số lưu vực sông trên thế giới như lưu vực sông Murray-Darling của Úc, lưu vực sông Pirapama ở Đông Bắc Brazil. Viện nghiên cứu khí tượng và khí hậu của Đức đã kết hợp mô hình thủy văn WaSiM và mô hình kinh tế GAMS để phân phối nước cho lưu vực Volta ở phía Bắc vùng Guinea Sudan của Tây Phi (2007). Đại học California đã kết hợp

GAMS và MIKE BASIN cho mục đích quản lý lưu vực São Francisco,...

Bên cạnh đó, Lizhong Wang (2005) đã phát triển và ứng dụng mô hình CWAM (Cooperative Water Allocation Model) để mô phỏng sự phân phối tài nguyên nước một cách hiệu quả và công bằng giữa những người sử dụng cạnh tranh ở quy mô lưu vực sông, dựa trên mạng lưới nút kết nối đa thời đoạn trong lưu vực. Mô hình tích hợp sự phân phối các quyền về nước, phân phối nước hiệu quả và phân bổ thu nhập bình đẳng dưới những điều kiện ràng buộc về số lượng và chất lượng nước. Mô hình này đã được ứng dụng thử nghiệm tại lưu vực sông Amu Darya ở Trung Á và lưu vực sông South Saskatchewan ở phía Tây Canada, bước đầu cho kết quả khả quan.

Tại lưu vực hệ thống sông Đồng Nai, vấn đề phân phối tài nguyên nước cũng đã được một số tác giả nghiên cứu, điển hình như bài báo “*Mô hình hóa chính sách phân phối nước cho lưu vực sông Đồng Nai: Một viễn cảnh tích hợp*” do nhóm tác giả Claudia Ringler, Nguyễn Vũ Huy và Siwa Msangi công bố trên Tạp chí Hiệp hội Nước của Mỹ năm 2006, và “*Ứng dụng mô hình phân tích kinh tế GAMS trong đánh giá tài nguyên nước – Trường hợp điển hình Lưu vực sông Lá Buông*” do nhóm tác giả Nguyễn Vũ Huy và Đỗ Đức Dũng công bố trên Tập san KH&CN Quy hoạch thủy lợi. Cả hai nghiên cứu này đều áp dụng mô hình kinh tế – thủy văn (GAMS) để mô phỏng sự phân phối tối ưu tài nguyên nước và đánh giá các lợi ích ròng đối với các kiểu sử dụng nước trong nông nghiệp, công nghiệp, sinh hoạt, thủy điện. Các

giá trị kinh tế được đánh giá trong mô hình gồm có lợi ích ròng của từng nhóm sử dụng nước và lợi ích ròng bình quân trên mỗi m³ nước sử dụng. Hạn chế của mô hình này là không đánh giá được giá trị biên cũng như lợi ích ròng ở biên của từng kiểu sử dụng nước.

Tương tự như thế, trong Luận án Tiến sĩ của NCS. Nguyễn Thị Phương (2010), tác giả cũng áp dụng mô hình kinh tế – thủy văn (GAMS) để tính toán cân bằng nước cho lưu vực sông Bé và mô phỏng sự phân phối tối ưu tài nguyên nước cũng đánh giá các lợi ích ròng đối với các kiểu sử dụng nước chính giống như 2 nghiên cứu vừa nêu trên.

3. MÔ HÌNH PHÂN PHỐI TỐI ƯU TÀI NGUYÊN NƯỚC

Trong trường hợp có sự cạnh tranh trong khai thác sử dụng nguồn nước khan hiếm, sự phân phối tài nguyên nước cho các nhu cầu sử dụng cạnh tranh phải đảm bảo tính hiệu quả về kinh tế gộp chung của toàn xã hội. Lý thuyết kinh tế học đã chứng minh rằng: Sự phân phối nước được coi là hiệu quả về mặt kinh tế chỉ xảy ra khi *giá trị biên* của nước là bằng nhau đối với tất cả các kiểu sử dụng nước bởi vì sự phân phối như vậy sẽ cho phép tối đa hóa lợi ích kinh tế ròng từ việc sử dụng nước (hiệu quả Pareto).

Để giải bài toán phân phối tối ưu tài nguyên nước ở cấp độ lưu vực sông, nghiên cứu này sử dụng hàm mục tiêu với những điều kiện ràng buộc về mặt thủy văn. Bài toán tối ưu hóa được thiết lập như sau:

$$\underset{w_1, w_2, \dots, w_J}{\text{maximize}} \sum_{j=1}^J (B_j(w_j) - C_j(w_j))$$

Với điều kiện ràng buộc:

$$\sum_{j=1}^J w_j = W \quad (3-1)$$

Trong đó: J là số nhóm đối tượng sử dụng nước cạnh tranh; w_j là số lượng nước sử dụng của nhóm j (m^3/s); W là tổng lượng nước được phép khai thác tối đa (m^3/s); $B_j(w_j)$ và $C_j(w_j)$ tương ứng là lợi ích và chi phí của nhóm j khi sử dụng lượng nước w_j .

Với điều kiện là tối ưu cho mỗi nhóm sử dụng để nhận được một số lượng nước nào đó, thủ tục tối ưu hóa Lagrangian đưa tới các điều kiện bậc nhất của J:

$$\frac{dB}{dw_j} - \frac{dC}{dw_j} = \lambda \quad \text{Cho tất cả } j = 1, 2, \dots, J \quad (3-2)$$

Ở đây λ là nhân tử Lagrange, nó có ý nghĩa như là *giá trị biên* hoặc *chi phí cơ hội ở biên* của nước tự nhiên (nguồn nước thô). Các phương trình đó của J có thể được viết lại theo những cách thức hữu dụng hơn:

$$MB_j - MC_j = \lambda \quad \text{cho tất cả } j = 1, 2, \dots, J \quad (3-3)$$

$$MNB_j = \lambda \quad \text{cho tất cả } j = 1, 2, \dots, J \quad (3-4)$$

$$MNB_j = MNB_k \quad \text{cho tất cả } j, k = 1, 2, \dots, J \quad (3-5)$$

Trong đó: MB_j và MC_j tương ứng là lợi ích và chi phí ở biên của nhóm đối tượng sử dụng thứ j; MNB_j , MNB_k là lợi ích ròng ở biên của nhóm đối tượng sử dụng thứ j, k.

Để giải bài toán tối ưu ở trên, cần phải biết các hàm MB_j và MC_j sao cho hệ thống các điều kiện bậc nhất của J được cho bởi (3-5) có thể được giải đồng thời. Các hàm lợi ích biên của j

(MB_j) có thể xác định được bằng cách lấy tích phân các hàm cầu ngược.

Đối với hầu hết các kiểu sử dụng nước, hàm cầu về nước có thể được xác định như là một hàm số của số lượng nước được cầu (Q_i) và giá nước (P_i). Trong nghiên cứu này, các hàm cầu được giả định ở dạng phi tuyến và được biểu thị ở dạng tổng quát $Q_i = A_i P_i^{\epsilon_i}$, hay $\ln Q_i = \ln A_i + \epsilon_i \ln P_i$ (trong đó A_i là hằng số).

Hàm cầu ngược tương ứng sẽ là $P_i = A_i^{-1/\epsilon_i} \cdot Q_i^{1/\epsilon_i}$. Tích phân bên dưới hàm cầu này chính là tổng lợi ích (TB) của việc sử dụng nước và được biểu diễn như sau:

$$TB_i = A_i^{-1/\epsilon_i} \cdot \frac{\epsilon_i}{\epsilon_i + 1} \cdot Q_i^{(\epsilon_i + 1)/\epsilon_i} \quad (3-6)$$

Chi phí sử dụng nước của mỗi ngành được giả định là tăng tuyến tính theo khối lượng nước sử dụng và được biểu diễn bởi $TC_i = P_i \times Q_i$.

Q_i là lượng nước lấy từ sông để phục vụ cho ngành i . Điều quan trọng là phải sử dụng các đơn vị đo chung, nên tất cả các thông số Q_i cần được biểu thị ở dạng nước sông tự nhiên (nước thô). Do lộ trình từ lúc khai thác nước sông đến lúc tiêu thụ cuối cùng luôn có một sự tổn thất dọc đường nên cần đưa thêm thông số chỉ mức độ tổn thất (L_i) vào trong mô hình. Như vậy tổng lợi ích ròng của tất cả các ngành sử dụng nước là:

$$\sum_{i=1}^J \left[A_i^{-1/\epsilon_i} \cdot \frac{\epsilon_i}{\epsilon_i + 1} \cdot ((1-L_i)Q_i)^{(\epsilon_i + 1)/\epsilon_i} - P_i \cdot (1-L_i)Q_i \right] \quad (3-6)$$

Bởi vì tổng này phải được tối đa hóa với sự ràng buộc của nguồn nước sẵn có, nên phương pháp Lagrange có thể được áp dụng bằng cách

thiết lập các hàm lợi ích rỗng biên MNB_i của mỗi ngành tương ứng với các khối lượng nước sử dụng Q_i khác nhau và giải để tìm kiếm những sự kết hợp $(Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_j)$ để tạo ra các lợi ích rỗng ở biên bằng nhau: $MNB_1 = MNB_2 = \dots = MNB_j$. Hoặc có thể giải ngược lại bằng cách biểu diễn $Q_i = f(MNB_i)$, sau đó nhập các giá trị MNB khác nhau để tính ra các giá trị Q_i khác nhau. Kết quả tối ưu hóa sẽ được xác định tại giá trị MNB sao cho $\Sigma Q_i \approx Q^*$ (trong đó Q^* là lượng nước tối đa cho phép khai thác của tất cả các ngành).

4. ỨNG DỤNG THỬ NGHIỆM MÔ HÌNH CHO VÙNG HẠ LƯU HỆ THỐNG SÔNG ĐỒNG NAI – NHỮNG KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ THẢO LUẬN

Mô hình tối ưu hóa ở trên được áp dụng thử nghiệm để xác định mức độ phân phối nước tối ưu cho 7 nhóm đối tượng sử dụng nước cạnh tranh chính ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai (HTSDN) trong điều kiện thiếu nước, gồm có: sinh hoạt, công nghiệp, trồng lúa, trồng cây hàng năm, trồng cây lâu năm, chăn nuôi heo và nuôi trồng thủy sản nước ngọt bên ngoài dòng chảy tự nhiên.

Để áp dụng mô hình, trước tiên cần xác định điều kiện ràng buộc về tổng lượng nước tối đa được phép khai thác của 7 nhóm sử dụng nêu trên trong tình huống thiếu nước. Điều kiện này được xác lập trên cơ sở tính toán cân bằng nước cho toàn vùng hạ lưu HTSDN vào năm 2020 như sau:

- Lượng nước ngọt có thể khai thác sử dụng phù hợp cho cả 7 nhóm trên được xác định gần đúng trên các nhánh sông như sau: trên sông

Đồng Nai tính từ cầu Đồng Nai trở lên, trên sông Sài Gòn tính từ cầu Thủ Dầu Một trở lên và trên sông Vàm Cỏ Đông tính từ cầu Gò Dầu trở lên. Phía hạ lưu các nút tính toán này thường bị nhiễm mặn trong mùa khô nên không thích hợp cho việc sử dụng nguồn nước ngọt. Lượng nước đến các nút tính toán này theo từng tháng trong năm 2020 được kế thừa từ dự án *Quy hoạch thủy lợi chống ngập khu vực TPHCM* đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt năm 2008.

- Nhu cầu dùng nước của 7 nhóm ngành nêu trên vào năm 2020 được tính toán dự báo chi tiết cho từng nhóm dựa vào các hàm cầu đã được thiết lập và các kịch bản phát triển kinh tế - xã hội trên lưu vực cũng như các kịch bản thay đổi các thông số của hàm cầu như giá nước, thu nhập, biến đổi khí hậu,... Các dữ liệu này được kế thừa từ một nghiên cứu gần đây do chính tác giả thực hiện cho vùng hạ lưu HTSDN (vì không có điều kiện để trình bày chi tiết trong khuôn khổ bài báo này).

- Nhu cầu nước cho các hệ sinh thái nước ngọt và duy trì dòng chảy môi trường tối thiểu ở hạ lưu các nút tính toán trên được đánh giá theo kết quả nghiên cứu của dự án “*Quản lý tài nguyên nước trên lưu vực sông Đồng Nai*” do Công ty tư vấn quốc tế Binnies Black & Veatch International thực hiện từ 2003-2004.

Kết quả tính toán cân bằng nước toàn vùng hạ lưu HTSDN vào năm 2020 được tóm tắt như trong Bảng 1. Qua đó cho thấy: đến năm 2020 bình quân toàn vùng hạ lưu sẽ bị thiếu nước vào các tháng 2, 3, 4, 5 với lượng thiếu hụt tương ứng là 59,9 – 118,1 – 73,8 – 3,3 m³/s.

Tháng 1 cũng bắt đầu đạt tới ngưỡng thiếu nước khi lượng dư chỉ còn $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Mức thiếu hụt nước khá cao trong các tháng này là do phải để lại lượng nước tối thiểu trong sông để kìm chế sự xâm nhập mặn, bảo vệ môi trường và các hệ sinh thái nước (theo tính toán là $250 \text{ m}^3/\text{s}$ phía hạ lưu Biên Hòa, $30 \text{ m}^3/\text{s}$ phía hạ lưu Thủ Dầu Một và $10 \text{ m}^3/\text{s}$ phía hạ lưu Gò Dầu hạ).

4.1.Xác định các kịch bản phân phối nước

Kịch bản 1: Phân phối tối ưu nguồn nước cho 07 nhóm sử dụng cạnh tranh trên bình diện chung toàn vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai vào các tháng mùa khô năm 2020 (tháng có lượng nước thiếu hụt nhiều nhất). Kịch bản này được xây dựng nhằm cung cấp thông tin hữu ích cho việc ra quyết định điều tiết phân phối nước ở cấp vĩ mô toàn vùng do có nhu cầu “chia sẻ” nguồn nước giữa các tiểu lưu vực với nhau.

Kịch bản 2: Phân phối tối ưu nguồn nước cho 07 nhóm sử dụng trên tiểu lưu vực sông Sài Gòn vào các tháng mùa khô năm 2020 (kịch bản xem xét).

Kịch bản 3: Phân phối tối ưu nguồn nước cho 07 nhóm sử dụng trên tiểu lưu vực sông Vàm Cỏ Đông vào các tháng mùa khô năm 2020 (kịch bản xem xét). Các điều kiện ràng buộc của 3 kịch bản trên được thể hiện ở Bảng 2.

4.2.Xác định các thông số tính toán

Các thông số cần tính toán đưa vào mô hình tối ưu hóa gồm có: A_i , ε_i , L_i và P_i . Thông số ε_i được xác định dựa theo kết quả đánh giá các hàm cầu về nước (ở đây chỉ kể thừa kết quả

nghiên cứu do tác giả thực hiện trước đây). Tỷ lệ thất thoát nước L_i được giả định là như nhau đối với mỗi kiểu sử dụng nước và bằng 20%. Thông số A_i được xác định bằng tính toán dựa vào quan hệ hàm cầu khi ε_i đã được xác định và một điểm cầu (p_i , q_i) được xác định. Điểm cầu này có thể được xác định dựa vào kết quả dự báo nhu cầu dùng nước của mỗi ngành theo qui mô tính toán và thời gian tính toán và giá nước dự kiến vào năm 2020. Các kết quả được tóm tắt ở Bảng 3.

4.3.Chạy mô hình tính toán

Sau khi nhập các thông số ở Bảng 3 vào phần mềm tính toán, tiến hành xây dựng một số hàm trung gian để từ đó có thể biểu diễn được MBN theo Q_i . Trong phần mềm đã được lập trình, giá trị MNB được đặt theo cột dọc và các giá trị của Q_i được đặt theo hàng ngang cùng với cột ΣQ sau cùng. Ứng với mỗi giá trị MNB được nhập vào, chương trình sẽ tự động tính toán để cho ra các giá trị Q_i khác nhau. Bằng cách quan sát các giá trị ΣQ hiện ra ở cột cuối và so sánh với điều kiện ràng buộc của lượng nước được phép khai thác Q^* , điều chỉnh dần để chọn ra giá trị MBN sao cho $\Sigma Q \approx Q^*$. Sau đó tiếp tục lặp lại với các phương án và kịch bản tính toán khác nhau.

Bảng 2. Các điều kiện ràng buộc của 3 kịch bản phân phối nước năm 2020

Kịch bản	Chỉ số đánh giá	Th. 2	Th. 3	Th. 4	Th. 5
Kịch bản 1	Tổng lượng nước ngọt có khả năng khai thác tính đến Biên Hòa, Thủ Dầu Một và Gò Dầu Hạ (m^3/s)	337.5	308.5	305.5	354.7
	Tổng lượng dòng chảy tối thiểu trên các sông cần được duy trì tính gộp từ sau Biên Hòa, Thủ Dầu Một và Gò Dầu hạ (m^3/s)	290.0	290.0	290.0	290.0
	Tổng lượng nước ngọt được phép khai thác tính gộp đến 3 nút Biên Hòa, Thủ Dầu Một và Gò Dầu Hạ ($Q^* - m^3/s$)	98.4	71.3	65.2	113.1
Kịch bản 2	Tổng lượng nước ngọt có khả năng khai thác tính đến nút Thủ Dầu Một (m^3/s)	50.8	50.0	50.2	49.4
	Tổng lượng dòng chảy tối thiểu trên sông Sài Gòn cần được duy trì để bảo vệ các hệ sinh thái ngay sau nút Thủ Dầu Một (m^3/s)	30.0	30.0	30.0	30.0
	Tổng lượng nước ngọt được phép khai thác tính đến nút Thủ Dầu Một ($Q^* - m^3/s$)	44.07	43.76	43.16	42.01
Kịch bản 3	Tổng lượng nước ngọt có khả năng khai thác tính đến nút Gò Dầu hạ (m^3/s)	44.1	12.2	13.8	26.1
	Tổng lượng dòng chảy tối thiểu trên sông Vàm Cỏ Đông sau nút Gò Dầu hạ (m^3/s)	10.0	10.0	10.0	10.0
	Tổng lượng nước ngọt được phép khai thác tính đến nút Gò Dầu hạ ($Q^* - m^3/s$)	41.25	10.22	10.41	22.08

Bảng 3. Các thông số của mô hình tối ưu hóa

Nhóm sử dụng nước chính	Điểm cầu năm 2020		A_i	ε_i	L_i
	q_i (1000 m^3 /tháng)	p_i (đồng/ m^3)			
Sinh hoạt	Nhập theo mỗi kịch bản	13,275	Tự động tính toán	-0.25	0.2
Công nghiệp	Nhập theo mỗi kịch bản	9,904	Tự động tính toán	-0.76	0.2
Lúa nước	Nhập theo mỗi kịch bản	522	Tự động tính toán	-0.50	0.2
Cây hàng năm	Nhập theo mỗi kịch bản	522	Tự động tính toán	-0.50	0.2
Cây lâu năm	Nhập theo mỗi kịch bản	388	Tự động tính toán	-0.50	0.2
Chăn nuôi	Nhập theo mỗi kịch bản	463	Tự động tính toán	-0.50	0.2
Thủy sản	Nhập theo mỗi kịch bản	300	Tự động tính toán	-0.50	0.2

Ghi chú: Giá nước p_i được xác định dựa theo phương án tăng giá nước vào năm 2020, tính trung bình cho tất cả các địa phương. Riêng giá nước tưới, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản lấy theo Nghị định của Chính phủ về khung giá nước thủy lợi (giá trung bình), có tính đến khả năng tăng giá 2,8% mỗi năm từ năm 2011.

Bảng 4. Kết quả tối ưu hóa sự phân bổ nguồn nước vào năm 2020

	MNB (đ/m ³)	Q _{SH} (m ³ /s)	Q _{CN} (m ³ /s)	Q _{LN} (m ³ /s)	Q _{CHN} (m ³ /s)	Q _{CLN} (m ³ /s)	Q _{GS} (m ³ /s)	Q _{TS} (m ³ /s)	ΣQ (m ³ /s)	Q* (m ³ /s)
Kịch bản 1 (Toàn vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai)										
Th. 2	432	26.64	16.57	38.02	8.80	5.48	0.18	2.68	98.38	98.40
Th. 3	3943	24.87	12.69	23.77	5.50	3.22	0.08	1.14	71.27	71.27
Th. 4	2488	25.53	14.02	17.68	4.09	2.41	0.10	1.40	65.24	65.24
Th. 5	63	32.25	20.58	32.91	7.62	5.00	0.27	4.45	103.07	113.07
Kịch bản 2 (Tiểu lưu vực sông Sài Gòn)										
Th. 2	1004	23.18	5.03	9.62	2.87	2.47	0.05	0.85	44.07	44.07
Th. 3	1915	22.75	4.67	10.09	3.01	2.54	0.04	0.66	43.76	43.76
Th. 4	669	23.35	5.17	8.72	2.60	2.27	0.06	0.99	43.16	43.16
Th. 5	280	23.56	5.36	7.51	2.24	2.02	0.07	1.26	42.01	42.01
Kịch bản 3 (Tiểu lưu vực sông Vàm Cỏ)										
Th. 2	55	1.44	4.89	29.33	4.77	0.52	0.03	0.26	41.25	41.25
Th. 3	13800	0.97	1.88	6.22	1.01	0.09	0.00	0.03	10.22	10.22
Th. 4	5990	1.07	2.64	5.64	0.92	0.09	0.01	0.05	10.41	10.41
Th. 5	100	1.20	4.02	12.43	2.02	0.21	0.02	0.18	20.08	22.08

Ghi chú: Q* là giới hạn tối đa cho phép khai thác nước trong sông.

4.3. Kết quả tính toán và thảo luận

Kết quả tính toán sự phân bổ tối ưu nguồn nước cho các nhóm sử dụng cạnh tranh theo 3 kịch bản ứng với 4 tháng mùa khô năm 2020 được thể hiện ở Bảng 4.

Kết quả tối ưu hóa ở Bảng 4 cung cấp một bức tranh toàn diện về sự phân bổ tối ưu nguồn nước trong 4 tháng mùa khô cho 07 nhóm sử dụng cạnh tranh chính: sinh hoạt, công nghiệp, trồng lúa, trồng cây hàng năm, trồng cây lâu năm, chăn nuôi heo và nuôi trồng thủy sản nước ngọt bên ngoài dòng chảy tự nhiên. Ở các mức phân bổ như vậy, lợi ích ròng biên (MNB) của tất cả các nhóm đều bằng nhau và như vậy sẽ đạt được hiệu quả kinh tế chung cao nhất cho toàn xã hội (tối ưu Pareto).

Lợi ích ròng biên của việc sử dụng nước thay đổi theo mức độ khan hiếm nguồn nước và phản ánh đúng quy luật chung: nguồn nước càng khan hiếm thì MNB của nó càng cao. Như được thể hiện trong Bảng 4, MNB của nước thô trong tất cả các kịch bản tính toán cao nhất đều rơi vào tháng 3 – thời điểm thiếu hụt nước nhiều nhất trong năm như đã phân tích trong phần cân bằng nước. Đặc biệt đối với tiểu lưu vực sông Vàm Cỏ, sự khan hiếm nước trong tháng 3 đã đẩy giá trị MNB lên rất cao (13.800 đồng/m³) bởi vì tổng nhu cầu trong tháng này lên đến 50.49 m³/s trong khi lưu lượng được phép khai thác chỉ có 10.22 m³/s. Ngược lại trong các tháng mùa mưa, khi lượng nước sẵn có nhiều hơn lượng cầu, giá trị MNB tính toán

được trong các kiểu sử dụng nước rất thấp, thậm chí là số âm vì các ngành đều bão hòa về mặt nhu cầu.

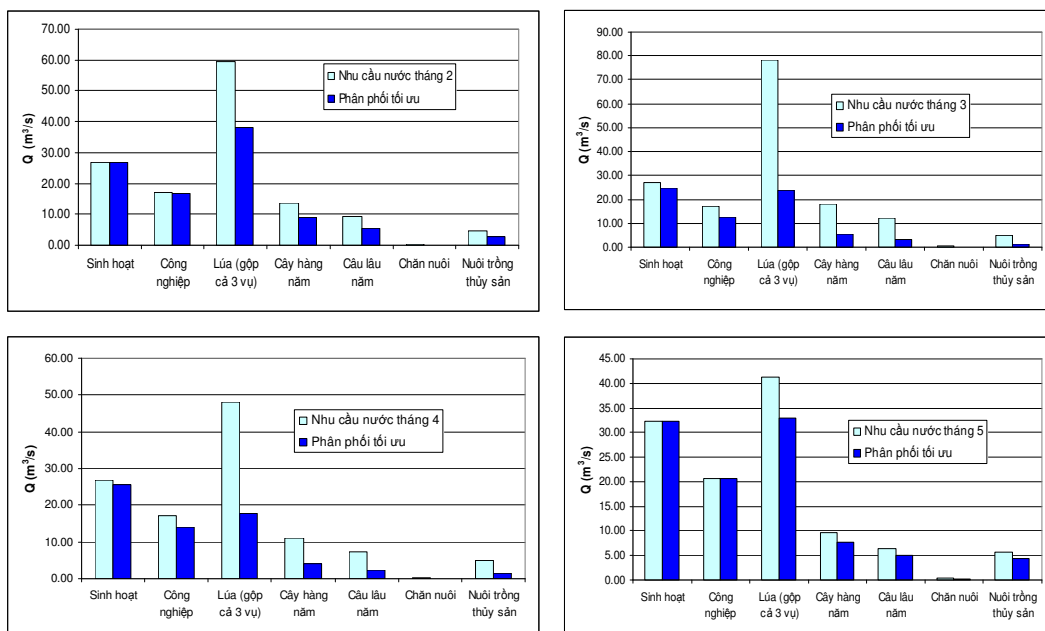
Cần đặc biệt lưu ý rằng: giá trị MNB cân bằng đạt được từ các kịch bản phân phối nước tối ưu như ở Bảng 4 chính là nhân tử Lagrange λ trong đẳng thức (3-4), nó có ý nghĩa như là giá trị biên hay chi phí cơ hội biên của nước tự nhiên (nguồn nước thô). Điều này rất có ý nghĩa trong việc định giá tài nguyên nước hay xác lập các biểu thuế khai thác sử dụng tài nguyên nước hợp lý.

Do các điều kiện ràng buộc về mặt thủy văn và sự phân bố không đồng đều giữa các nhu cầu sử dụng nước khác nhau trên toàn lưu vực, nên thực tế đã diễn ra sự điều tiết chia sẻ nguồn nước giữa các tiểu lưu vực với nhau để giảm bớt tình trạng thiếu hụt nước. Do vậy các kịch bản 2 và 3 chỉ có tính chất tham khảo vì thực tế

không thể cô lập hoàn toàn sự tự cân đối cung – cầu trong ranh giới thủy văn của từng lưu vực.

Hình 1 và Bảng 5 thể hiện mức độ đáp ứng nhu cầu dùng nước của các ngành trong điều kiện phân bổ tối ưu tính chung cho toàn vùng hạ lưu vào năm 2020.

Kết quả cho thấy rằng: trong điều kiện phân bổ tối ưu, lượng nước phân bổ cho các ngành nhìn chung không đáp ứng đầy đủ nhu cầu dùng nước của mỗi ngành trong các tháng 2, 3, 4 và 5. Theo cấp độ đáp ứng nhu cầu dùng nước của từng nhóm thì nhóm sinh hoạt được đáp ứng nhiều nhất (92,41 ÷ 99,85%), tiếp đến là nhóm công nghiệp (73,57 ÷ 99,4%). Các nhóm còn lại có tỷ lệ đáp ứng khá thấp.



Hình 1. So sánh tổng nhu cầu khai thác và sự phân bổ tối ưu nguồn nước các tháng 2, 3, 4, 5 theo Kịch bản 1

Bảng 5. Mức độ đáp ứng nhu cầu nước của từng ngành theo Kịch bản 1

Nhóm đối tượng sử dụng nước	Tỷ lệ đáp ứng nhu cầu nước của từng nhóm (%) theo sự phân bổ tối ưu			
	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5
Sinh hoạt	99.01	92.41	94.87	99.85
Công nghiệp	96.05	73.57	81.26	99.40
Lúa (gộp cả 3 vụ)	63.79	30.34	36.81	79.70
Cây hàng năm	63.79	30.34	36.81	79.70
Cây lâu năm	59.61	26.61	32.55	78.43
Chăn nuôi	62.14	28.79	35.05	79.22
Nuôi trồng thủy sản	55.70	23.67	29.12	77.02

4.5. Những khuyến cáo về mặt chính sách

4.5.1. Định giá tài nguyên nước

Kết quả nghiên cứu ở trên đã xác định được sự cân bằng lợi ích ròng ở biên đối với 7 nhóm sử dụng nước chính ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai tương ứng với các kịch bản sử dụng nước khác nhau trong những khoảng thời gian khác nhau. Đây là cơ sở quan trọng cho việc định giá tài nguyên nước: *giá nước thô tại từng thời điểm sử dụng bằng với lợi ích biên cân bằng của tất cả các nhóm sử dụng nước khác nhau.*

Phương án tính giá nước thô được đề xuất cho toàn vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai vào năm 2020 dựa trên kết quả tính toán ở trên như sau:

Tháng 1: 120 đồng/m³ (dự phòng rủi ro do biến đổi khí hậu)

Tháng 2: 432 đồng/m³

Tháng 3: 3.943 đồng/m³

Tháng 4: 2.488 đồng/m³

Tháng 5: 63 đồng/m³

Các tháng còn lại giá nước bằng không. Các mức giá đề xuất ở trên là giá so sánh với giá

thực tế năm 2011, chưa tính đến sự trượt giá của đồng tiền từ nay đến năm 2020.

4.5.2. Phân phối hợp lý tài nguyên nước

Dựa vào kết quả tối ưu hóa ở Bảng 4, các lưu lượng phân bổ tối ưu cho từng ngành đã được xác định cho các tháng mùa khô năm 2020. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc ra các quyết định về việc phân chia nguồn nước khan hiếm cho các nhu cầu sử dụng cạnh tranh trên lưu vực. Bất kỳ sự phân bổ nào khác với mức tối ưu đã được xác định đều đưa tới những sự tổn thất ròng cho toàn xã hội.

Tuy nhiên, hiệu quả kinh tế không phải là tiêu chí duy nhất để đưa ra các quyết định về mặt phân chia nguồn nước mà phải cân nhắc đến các tiêu chí khác như tiến bộ xã hội và tính bền vững về môi trường tự nhiên. Bất chấp giá cả và sự khan hiếm nguồn nước thế nào đi nữa thì nhu cầu nước cho sinh hoạt vẫn luôn được ưu tiên đáp ứng đầy đủ trước nhất. Theo tiêu chí ưu tiên này thì việc phân bổ tối ưu vẫn có thể thực hiện được bằng cách xác định các ràng buộc mới sau khi ưu tiên phân bổ đủ nước cho nhu cầu sinh hoạt và chạy lại các kịch bản tính toán. Ở đây chỉ phân tích một trường hợp minh

họa là thiết lập các điều kiện phân bổ tối ưu mới cho kịch bản 1 vào tháng 3/2020. Khi đó giả sử tổng nhu cầu sử dụng nước cho sinh hoạt được ưu tiên đáp ứng đủ 26,91 m³/s, lúc này lượng nước cho phép khai thác tối đa của các ngành còn lại chỉ có 44,36 m³/s so với tổng nhu cầu là 157,11 m³/s. Bằng cách chạy lại mô hình tối ưu hóa sau khi đã loại bỏ thành phần nước sinh hoạt (Q_{SH}) ra, có thể xác định được điều kiện phân phối tối ưu mới như ở Bảng 6. Kết quả cho thấy ở điều kiện phân bổ tối ưu mới, lợi ích ròng biên của nước tăng thêm 481 đồng/m³ do lượng nước phân phối cho các ngành còn lại ít hơn so với điều kiện tối ưu đã được thiết lập trước đó.

Một khía cạnh khác cần quan tâm trong việc phân phối hiệu quả nguồn nước là điều tiết nước từ những khu vực có lượng nước tương đối dồi dào sang những vùng khan hiếm nước. Trong trường hợp này, nguồn nước thô từ sông Đồng Nai có thể được khai thác để cấp nước cho nhu cầu sử dụng trong sinh hoạt và công nghiệp ở lưu vực sông Sài Gòn (đã thực hiện) và tiến tới cho lưu vực sông Vàm Cỏ Đông, lưu vực sông Thị Vải và khu vực ven biển, với điều kiện là không để mặn xâm nhập quá sâu lên sông Đồng Nai. Trong các kịch bản tính toán phân bổ tối ưu nguồn nước đã dành một lượng nước khá lớn để duy trì dòng chảy môi trường

phía hạ lưu cầu Đồng Nai tối thiểu là 250 m³/s trong các tháng mùa khô. Trong trường hợp thiếu hụt nước nghiêm trọng có thể phải chấp nhận đánh đổi một phần nhu cầu nước cho môi trường sang các nhu cầu sử dụng khác, miễn là không để xảy ra tình trạng xâm nhập mặn tại các vị trí khai thác nguồn nước thô cuối cùng trên dòng chính sông Đồng Nai.

5. KẾT LUẬN

Việc định giá tài nguyên nước và phân phối hiệu quả tài nguyên nước khan hiếm ở cấp độ lưu vực sông hoàn toàn có thể thực hiện được bằng cách áp dụng mô hình phân phối tối ưu với những điều kiện ràng buộc về mặt thủy văn như đã giới thiệu ở trên. Mô hình này đã được áp dụng thử nghiệm tại vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai và cho kết quả khá phù hợp với điều kiện thực tế tại vùng này. Kết quả của mô hình cung cấp 2 loại thông tin rất hữu ích cho việc ra các quyết định về mặt chính sách: (1) giá trị của nước thô tương ứng với các mức độ thiếu hụt nước khác nhau và (2) các lưu lượng phân bổ tối ưu cho các nhu cầu sử dụng cạnh tranh đồng thời. Với các kết quả đạt được như ở trên, mô hình này có thể áp dụng tương tự đối với các lưu vực sông khác ở Việt Nam trong điều kiện thiếu hụt nguồn nước ngày càng gia tăng.

Bảng 6. So sánh sự phân bổ tối ưu và tối ưu sau điều chỉnh của kịch bản phân phối nước toàn vùng hạ lưu vào tháng 3/2020

	MNB (đ/m ³)	Q _{SH} (m ³ /s)	Q _{CN} (m ³ /s)	Q _{LN} (m ³ /s)	Q _{CHN} (m ³ /s)	Q _{CLN} (m ³ /s)	Q _{GS} (m ³ /s)	Q _{TS} (m ³ /s)	ΣQ (m ³ /s)	Q* (m ³ /s)
Tối ưu ^(*)	3943	24.87	12.69	23.77	5.50	3.22	0.08	1.14	71.27	71.27
Điều chỉnh	4424	26.91	12.31	22.60	5.23	3.05	0.08	1.08	71.27	71.27
Thay đổi	481	2.04	-0.38	-1.17	-0.27	-0.17	0	-0.06	0	0

(*) Điều kiện tối ưu đã được thiết lập trước đây.

VALUATION OF WATER AND SCARCE WATER RESOURCES OPTIMAL ALLOCATION AT THE RIVER BASIN LEVEL A CASE STUDY IN DOWNSTREAM AREA OF THE DONG NAI RIVER SYSTEM BASIN

Nguyen Thanh Hung

Institute for Environment and Resources, VNU-HCM

ABSTRACTS: *Water scarcity is an ongoing reality in many river basins due to the need for increasingly water use associated with water pollution and climate change. Faced with this situation, it is necessary to know the true value of scarce water resources to contribute to effective water allocation. In this paper, a model to optimize the allocation of water resources with the constraints in terms of hydrology has developed based on the principle of balance in marginal net benefits of water use across sectors, and test applied to solve the optimal water sources allocation in the downstream area of the Dong Nai river system basin with many different water scarcity scenarios. The results show that the model allows simulating relatively good optimized water allocation for the competitive water use demands in the cases of shortage of water, and also allows determining the balanced margin net values/ benefits of raw water corresponding to the different levels of water shortage.*

Key words: *Valuation of water resources, value of natural water, optimized water allocation modeling, the downstream area of the Dong Nai river system basin.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Agudelo, *The economic valuation of water for agriculture: A simple method applied to the eight Zambezi basin countries*, (2001).
- [2]. Claudia Ringler, Nguyen Vu Huy, and Siwa Msangi. *Water allocation policy modeling for the Dong Nai river basin: An integrated perspective*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA) 42(6):1465-1482.
- [3]. Freeman III, A.M., *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theories and Methods*. Resources for the Future, Washington, D.C., 1993.
- [4]. Gibbons, D.C. *The economic value of water*. Washington, DC, Resources for the Future (1986).
- [5]. Ingo Heinz. Institute of Environmental Research – University of Dortmund, Germany. *The Economic Value of Water and the EU Water Framework Directive: How Managed in Practice?*. International conference on water economics, statistics and finance. Rethymno, Greece, 8-10 July 2005.
- [6]. John A Dixon et al., *Economic Analysis of Environmental Impacts*, (1994).
- [7]. Kerry Turner et al., *Economic valuation of water resources in agriculture: From the sectoral to a functional perspective of natural resource management*. FAO Water Reports, 204p. ISSN 1020-1203 (2004).
- [8]. Lizhong Wang. *Cooperative Water Resources Allocation among Competing Users*. A thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Systems Design Engineering. University of Waterloo, Ontario, Canada, (2005).
- [9]. Nguyễn Thị Phương, *Quản lý tổng hợp lưu vực sông Bé trên cơ sở cân bằng tài nguyên nước*. Luận án Tiến sỹ ngành Sử dụng và Bảo vệ tài nguyên môi trường – Trường Đại học Khoa học xã hội và nhân văn, 141 trang (2010).
- [10]. Nguyễn Vũ Huy, Đỗ Đức Dũng, *Ứng dụng mô hình phân tích kinh tế GAMS trong đánh giá tài nguyên nước – Trường hợp điển hình: Lưu vực sông Lá Buông*. Tập san Khoa học và Công nghệ quy hoạch thủy lợi, Viện Quy hoạch thủy lợi miền Nam.
- [11]. Steven Renzetti and Diane P. Dupont, *The value of water in manufacturing*. CSERGE Working Paper ECM 03-03 (2003).
- [12]. W. Douglass Shaw., *Water Resource Economics and Policy – An Introduction*. Published by Edward Elgar Publishing Limited, 364p (2005).
- [13]. Young, R.A. & Gray, S.L. *Economic value of water: concepts and empirical estimates*. Technical Report to the National Water Commission (1972).