

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP LÝ THUYẾT TẬP MỜ (FUZZY SET THEORY) ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ QUẢN LÝ TƯỚI

TS. Trần Chí Trung

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Để nâng cao hiệu quả của các công trình thủy lợi cần phải đánh giá hiệu quả tưới của hệ thống thủy lợi được quản lý bằng các mô hình quản lý khác nhau, tìm ra các điểm mạnh, điểm yếu, từ đó đề xuất các giải pháp hoàn thiện các mô hình quản lý tưới. Bài báo này giới thiệu việc ứng dụng phương pháp Lý thuyết tập mờ (Fuzzy Set Theory), là một công cụ toán học hiện đại để đánh giá khách quan hiệu quả quản lý tưới.

1. Đặt vấn đề

Để nâng cao hiệu quả của các công trình thủy lợi cần phải đánh giá hiệu quả hoạt động của các tổ chức quản lý và tác động của các mô hình quản lý tới hiệu quả tưới, tìm ra các mô hình quản lý tưới phù hợp. Phương pháp thông thường được sử dụng để đánh giá hiệu quả quản lý tưới là tính toán xác định các chỉ tiêu đánh giá để lượng hoá các khía cạnh khác nhau về hiệu quả quản lý tưới. Việc xác định hệ thống chỉ tiêu đánh giá là rất hữu ích để đánh giá hiệu quả quản lý cho 1 hệ thống thủy lợi, tìm ra được các thế mạnh cũng như các điểm yếu của hệ thống này, từ đó đề ra được các giải pháp khắc phục thích hợp. Tuy nhiên việc đánh giá, phân loại hiệu quả hoạt động giữa các hệ thống thủy lợi để xác định hệ thống thủy lợi nào hoạt động hiệu quả thông qua việc xác định hệ thống chỉ tiêu đánh giá đa thứ nguyên là rất khó khăn, bởi vì mỗi hệ thống thủy lợi có một số chỉ tiêu đạt giá trị cao, nhưng lại có một số chỉ tiêu có giá trị thấp. Việc so sánh hiệu quả của các hệ thống thủy lợi khác nhau thường sử dụng phương pháp chuyên gia để xác định các trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá. Phương pháp chuyên gia có ưu điểm là tập hợp được ý kiến của nhiều chuyên gia về vai trò quan trọng của các chỉ tiêu đánh giá, bằng cách cho điểm trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá. Phương pháp chuyên gia cũng có hạn chế là việc xác định các trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá lệ thuộc vào chủ quan của người đánh giá. Bài báo này giới thiệu việc ứng dụng phương pháp lý thuyết tập mờ (*fuzzy set*

theory) kết hợp với phương pháp lý thuyết phân bậc (*Analytic Hierarchy Process*) là các công cụ toán học hiện đại để đánh giá khách quan hiệu quả quản lý tưới của các hệ thống thủy lợi.

2. Ứng dụng phương pháp Lý thuyết tập mờ đánh giá hiệu quả quản lý tưới

Lý thuyết tập mờ (*fuzzy set theory*) do Giáo sư L.A. Zadeh đề xuất từ năm 1965 [1], là một trong những mảng toán học nghiên cứu ứng dụng hiện đại, rất hữu ích trong việc phân tích về các vấn đề còn mơ hồ trong nhận thức của con người, còn nhiều tranh luận. Lý thuyết tập mờ đã được nghiên cứu ứng dụng cho nhiều lĩnh vực khác nhau, nhất là về tự động hóa. Trong những năm gần đây, lý thuyết tập mờ được nghiên cứu áp dụng để đánh giá hiệu quả quản lý tưới. Theo hướng này, Malano (1992) [2] ứng dụng lý thuyết tập mờ để so sánh hiệu quả quản lý tưới cho các hệ thống thủy nông ở Trung Quốc và Australia. Gowling et. al (1996) [3] áp dụng phương pháp lý thuyết tập mờ đánh giá hiệu quả quản lý tưới nội đồng ở hệ thống thủy lợi Gezira, Sudan. Trần Chí Trung (2005) [4] nghiên cứu áp dụng lý thuyết tập mờ để đánh giá hiệu quả quản lý tưới đối với hồ Ngòi Là, Tuyên Quang và hệ thống thủy lợi Bắc Nghệ An. Lê Công Thành (2009) [5] ứng dụng phương pháp lý thuyết tập mờ để xác định lượng bốc hơi mặt ruộng cho huyện Kỳ Anh, Hà Tĩnh.

Những ưu điểm chính khi ứng dụng phương pháp Lý thuyết tập mờ để đánh giá hiệu quả quản lý tưới là:

- Cho phép xếp hạng và so sánh mức độ hiệu quả trên cơ sở các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý tưới đa thứ nguyên phản ánh được các mục đích quản lý đã được thiết lập

- Trọng số của các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý tưới có thể được phân bổ theo sự ưu tiên của các nhà quy hoạch và quản lý.

- Các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý tưới trong phân tích được chỉ định bằng các giá trị trong khoảng từ [0,1]

Ứng dụng phương pháp Lý thuyết tập mờ đánh giá hiệu quả quản lý tưới gồm các bước như sau:

Bước 1: Xây dựng ma trận các chỉ tiêu đánh giá đa thứ nguyên (ma trận X).

Ma trận này là tập hợp của các sự lựa chọn m (các hàng) và tập hợp các biến hiệu quả n (các cột) như được minh họa ở Hình 1. Các hàng (X_i) trong ma trận X thể hiện các hệ thống thủy lợi và các cột I_j thể hiện các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý tưới.

	I_1	I_2	I_3	...	I_i	...	I_n
X_1							
X_2							
.							
X_i		X_{ii}		
.							
X_n							

Hình 1. Ma trận số liệu X

Do các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý tưới có thứ nguyên khác nhau, ví dụ mức độ đảm bảo diện tích tưới (%), diện tích tưới (ha), năng suất cây trồng (t/ha), nên cần chuẩn hoá theo một tỷ lệ từ 0 tới 1 để thuận tiện cho việc so sánh. Vì vậy một ma trận mới Y được tạo ra từ việc chuẩn hoá ma trận X theo biểu thức sau:

- Trường hợp số liệu đầu vào tốt nhất là lớn nhất:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_{best}}; \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

- Trường hợp số liệu đầu vào tốt nhất là nhỏ nhất:

$$y_{ij} = \frac{x_{best}}{x_{ij}}; \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

Trong đó:

x_{ij} = số liệu đầu vào của ma trận X

x_{best} = số liệu đầu vào tốt nhất

Bước 2: Xác định trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá

Khi các trọng số khác nhau được gán cho các chỉ tiêu đánh giá cho phép các nhà quản lý và các nhà hoạch định chính sách phân bổ ưu tiên tới các chỉ tiêu đánh giá dựa trên mục đích quản lý phù hợp. Việc xác định trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá theo phương pháp thông thường là sử dụng phương pháp chuyên gia, tuy nhiên phương pháp chuyên gia có hạn chế là việc xác định các trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá lệ thuộc vào quan điểm nhất định của người đánh giá. Mỗi chuyên gia đánh giá có quan điểm khác nhau về mức độ quan trọng của các chỉ tiêu đánh giá, phụ thuộc vào mục tiêu, nhiệm vụ phát triển kinh tế, kỹ thuật, xã hội và môi trường của công trình thủy lợi. Để xác định các trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá một cách khách quan hơn, nghiên cứu này giới thiệu việc ứng dụng phương pháp lý thuyết phân bậc để xác định các trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá. Phương pháp lý thuyết phân bậc (*Analytic Hierarchy Process*) được phát triển bởi Saaty (1988) [6]. Theo Lý thuyết phân bậc thì việc xác định các trọng số qua việc so sánh tầm quan trọng tương đối giữa từng cặp chỉ tiêu đánh giá. Sự so sánh tầm quan trọng tương đối giữa từng cặp chỉ tiêu đánh giá được Saaty đề xuất như ở Bảng 1.

Dựa trên sự so sánh tầm quan trọng tương đối giữa từng cặp chỉ tiêu đánh giá, các đối tượng khác nhau (nhà quản lý, nhà lập chính sách, người dùng nước) cho điểm cho từng phần tử trong một ma trận C cấp số $n \times n$ gồm từng cặp chỉ tiêu đánh giá. Các phần tử trong ma trận C được xác định theo biểu thức sau:

Nếu $c_{i,j} = \alpha$, thì $c_{j,i} = 1/\alpha$

Nếu $i=j$, thì $c_{i,j} = c_{j,i} = 1$

Bảng 1. Điểm ứng với mức độ ưu tiên sự quan trọng của các chỉ tiêu đánh giá

Điểm ứng với mức độ ưu tiên sự quan trọng	Định nghĩa
1	Sự quan trọng như nhau
3	Sự quan trọng hơn ở mức vừa phải
5	Sự quan trọng nhiều hơn nữa
7	Sự quan trọng hơn rất nhiều
9	Sự quan trọng tuyệt đối
2,4,6,8	Những giá trị trung gian

Nguồn: Saaty (1988)

Trong đó, α là điểm ứng với mức độ ưu tiên quan trọng của chỉ tiêu đánh giá. Sau đó, các trọng số cho các chỉ tiêu đánh giá được tính toán qua việc xác định giá trị eigenvector của ma trận C theo phương trình sau:

$$C.W = \lambda_{\max}.W \quad (1)$$

Trong đó, λ_{\max} là giá trị eigenvalue lớn nhất và W là hàm vecto tương ứng với λ_{\max} . Các nhân tử của vecto W chính là các trọng số tương ứng của từng chỉ tiêu đánh giá.

Bước 3: Xây dựng ma trận ràng buộc (ma trận R)

Áp dụng lý thuyết tập mờ để đánh giá hiệu quả quản lý tưới thông qua ma trận các chỉ tiêu đánh giá đa thứ nguyên bắt đầu với ma trận số liệu được chuẩn hóa Y bao gồm một tập hợp các chỉ tiêu $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ và một tập hợp các hệ thống thủy lợi X_1, \dots, X_m theo thứ tự của các cột và các hàng của ma trận. Phương pháp này nhằm mục đích thiết lập các mối quan hệ ưu thế giữa các cặp khả năng dựa trên ma trận Y bởi việc xây dựng một ma trận ràng buộc R như sau:

$$R = (r_{ij}) \quad (2)$$

trong đó:

$$r_{ij} = \begin{cases} \sum_{j=1}^n D_j(i, k), & \text{if } i \neq k \\ 0, & \text{if } i = k \end{cases}$$

$D_j(i, k)$ được tính như sau:

$$D_j(i, k) = \begin{cases} W_k & \text{if } y_{ij} - y_{kj} > 0 \\ 0, & \text{if } y_{ij} - y_{kj} < 0 \\ 0.5 * W_k & \text{if } y_{ij} - y_{kj} = 0 \end{cases}$$

Trong đó: W_k là trọng số biểu thị mức độ ưu tiên của chỉ tiêu đánh giá k.

Bước 4: Xác định giá trị các phần tử của ma trận R. Thứ tự xếp loại hiệu quả hoạt động các hệ thống thủy lợi được xác định bằng tổng của từng hàng tương ứng của ma trận này. Hệ thống thủy lợi hiệu quả nhất tương ứng với hàng có tổng lớn nhất và hệ thống thủy lợi kém nhất tương ứng với hàng có tổng bé nhất.

3. Kết quả áp dụng lý thuyết tập mờ đánh giá hiệu quả quản lý tưới

Để minh họa cho việc ứng dụng phương pháp Lý thuyết tập mờ đánh giá hiệu quả quản lý tưới, bài báo này trình bày kết quả áp dụng Lý thuyết tập mờ để đánh giá, xếp loại hiệu quả quản lý tưới cho 5 hệ thống thủy lợi là hệ thống Vân Đình (Hà Nội), Nam Thạch Hãn (Quảng Trị), Nam Đuống (Bắc Ninh), hồ Ngòi Là (Tuyên Quang) và hồ Sông Trâu (Ninh Thuận). Các hệ thống này là các hệ thống thủy lợi vừa và lớn, gồm có 3 loại hình công trình thủy lợi là đập dâng, trạm bơm và hồ chứa. Trong 5 hệ thống thủy lợi nghiên cứu có 4 hệ thống thủy lợi được quản lý bởi các công ty khai thác công trình thủy lợi, tương tự như các hệ thống tổ chức quản lý phổ biến ở nước ta, riêng hồ chứa Ngòi Là, tỉnh Tuyên Quang được quản lý bởi Ban quản lý công trình thủy lợi. Hiệu quả quản lý tưới của các hệ thống thủy lợi nghiên cứu được đánh giá qua việc xác định hệ thống chỉ tiêu đánh giá đa thứ nguyên. Hệ thống chỉ tiêu đánh giá đa thứ nguyên được xác định gồm 8 chỉ tiêu đánh giá như sau:

I_1 : Số cán bộ quản lý (người/1000 ha)

I_2 : Số thủy nông viên (người/1000 ha)

I_3 : Mức độ đảm bảo diện tích tưới (%)

I_4 : Hệ số sử dụng ruộng đất

I_5 : Công bằng đầu-cuối kênh

I_6 : Hiệu quả duy tu bảo dưỡng (%)

I_7 : Khả năng tự chủ tài chính (%)

I_8 : Tỷ lệ chi phí cho O&M (%)

- Xây dựng ma trận số liệu X, với số hàng:

X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 lần lượt là các hệ thống thủy lợi Vân Đình, Nam Thạch Hãn, Nam Đuống, Ngòi Là và Sông Trâu và số cột (I_i) lần lượt là

các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả các hệ thống thủy lợi. Kết quả tính toán xây dựng ma trận số liệu X được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả xác định ma trận số liệu X

Hệ thống thủy lợi	Các chỉ tiêu đánh giá							
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7	I_8
X_1	7,8	6,1	67	2,4	1	100	100	6,8
X_2	10,6	8,3	44	1,86	1	100	105	14
X_3	18,5	13,1	100	2,09	3,1	90	95	12
X_4	12,76	8	100	3	1,05	100	105	20
X_5	9,05	8,69	92,03	3	1,11	90	158	22

- Xác định trọng số ưu tiên cho các chỉ tiêu đánh giá: Mức độ ưu tiên cho các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả quản lý tưới được xác định trên cơ sở đánh giá của 20 chuyên gia có nhiều kinh nghiệm về quản lý tưới là các nhà nghiên cứu khoa học, quản lý nhà nước và các cán bộ quản lý khai thác công trình thủy lợi. Dựa theo bảng hướng dẫn so sánh tầm quan trọng tương đối giữa từng cặp chỉ tiêu đánh giá của Saaty (Bảng 1), xác định các phần tử trong ma trận C là một ma trận vuông gồm có 8 hàng, 8 cột. Để tính toán giá trị eigenvalue lớn nhất (λ_{max}) và hàm vecto tương ứng với giá trị eigenvalue lớn nhất chính là các trọng số tương ứng của từng chỉ tiêu đánh giá, ở nghiên cứu này đã sử dụng phần mềm MATLAB để giải phương trình (1). Kết quả tính toán được giá trị eigenvalue lớn nhất λ

$_{max} = 8,289$ và hàm vecto tương ứng giá trị eigenvalue lớn nhất tương ứng với các trọng số của các chỉ tiêu đánh giá là $W_1 = 0,05, W_2 = 0,07, W_3 = 0,73, W_4 = 0,34, W_5 = 0,50, W_6 = 0,15, W_7 = 0,23$ và $W_8 = 0,10$.

- Xây dựng ma trận ràng buộc R và xếp hạng hiệu quả quản lý tưới: Trên cơ sở kết quả tính toán xác định ma trận Y từ việc chuẩn hoá các chỉ tiêu đánh giá của các hệ thống thủy lợi nghiên cứu và kết quả xác định giá trị trọng số ưu tiên cho các chỉ tiêu đánh giá như trình bày ở trên, bước tiếp theo là cần xây dựng ma trận ràng buộc R . Một chương trình tính toán được lập trình và chạy trên phần mềm FORTRAN 90 để tính toán xác định các phần tử của ma trận R , từ đó xếp hạng hiệu quả hoạt động của các hệ thống thủy lợi.

Bảng 4. Kết quả tính toán các phần tử của ma trận R và xếp hạng hiệu quả quản lý tưới

Hệ thống thủy lợi	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Tổng	Xếp hạng
X_1	0	1,45	1,27	0,63	0,70	4,04	3
X_2	0,73	0	1,03	0,81	0,65	3,22	5
X_3	0,90	1,14	0	0,44	0,88	3,35	4
X_4	1,55	1,36	1,74	0	1,55	6,19	1
X_5	1,47	1,52	1,29	0,62	0	4,91	2

Kết quả tính toán cho thấy tổng hàng 4 là lớn nhất, đồng nghĩa với hiệu quả quản lý tưới ở hệ thống Ngòi Là (X_4) là cao nhất, tiếp theo là tổng hàng 5 cho thấy hiệu quả quản lý tưới ở hệ

thống Hồ Sông Trâu (X_5) xếp thứ 2. Hàng 2 có tổng nhỏ nhất cho thấy hiệu quả quản lý tưới ở hệ thống Nam Thạch Hãn (X_2) là thấp nhất. Kết quả tính toán hiệu quả quản lý tưới ở hồ Ngòi

Là là cao nhất cho thấy Ban quản lý công trình thủy lợi thực hiện quản lý rất hiệu quả công trình thủy lợi. Các hệ thống Ngòi Là và hồ Sông Trâu được xếp hạng cao do đạt được các chỉ tiêu được đánh giá là quan trọng là mức độ đảm bảo diện tích tưới và công bằng đầu-cuối kênh. Hệ thống Nam Thạch Hãn được xếp hạng thấp nhất là do các chỉ tiêu mức độ đảm bảo diện tích tưới và hệ số sử dụng đất thấp. Tuy nhiên, kết quả đánh giá, xếp hạng hiệu quả quản lý tưới ở các hệ thống thủy lợi trong nghiên cứu này là để minh họa cho việc ứng dụng phương pháp lý thuyết tập mờ đánh giá hiệu quả quản lý tưới. Kết quả đánh giá này dựa trên việc xác định 8 chỉ tiêu đánh giá của 5 hệ thống này.

4. Kết luận

Để nâng cao hiệu quả của các công trình thủy lợi cần phải đánh giá hiệu quả hoạt động của các tổ chức quản lý và tác động của các mô hình

quản lý khác nhau tới hiệu quả tưới, từ đó tìm ra các mô hình quản lý tưới phù hợp. Phương pháp lý thuyết tập mờ là một công cụ toán học hiện đại rất hữu ích để đánh giá khách quan hiệu quả quản lý tưới của các hệ thống thủy lợi. Kết quả đánh giá hiệu quả quản lý tưới của các hệ thống thủy lợi cũng đồng nghĩa với việc đánh giá hiệu quả quản lý của các mô hình quản lý các công trình thủy lợi. Kết quả đánh giá hiệu quả quản lý tưới phản ánh được điểm mạnh, cũng như các tồn tại ở các mô hình quản lý, từ đó đưa ra các giải pháp phù hợp để hoàn thiện các mô hình quản lý tưới. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng kết quả đánh giá, xếp hạng khách quan hiệu quả quản lý tưới ở các hệ thống thủy lợi phụ thuộc vào việc lựa chọn các chỉ tiêu đánh giá, xác định giá trị các chỉ tiêu đánh giá và mức độ ưu tiên đối với các chỉ tiêu đánh giá.

Tài liệu tham khảo

- [1] Zadeh, L.A (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338-353.
- [2] Malano (1992). Ranking and classification of irrigation system performance using fuzzy set theory: case studies in Australia and China, *Irrigation and Drainage System*, No. 6, pp: 129-148
- [3] Gowing. J., Tarimo. A., El-Awad. O. (1996) A Rational method for assessing irrigation performance at farm level with the aid of fuzzy set theory. *Irrigation and Drainage System*, No. 10, pp: 319-330.
- [4] Trần Chí Trung (2005). Evaluation of irrigation performance of alternative irrigation management models in Vietnam. Doctoral dissertation at Asian Institute of Technology (AIT).
- [5] Lê Công Thành (2009). Ứng dụng lý thuyết tập mờ để xác định lượng bốc hơi mặt ruộng. Tuyển tập báo cáo khoa học, 50 năm thành lập Trường Đại học Thủy lợi.
- [6] Saaty, T.L (1988). Multicriteria decision making: The analytical hierarchy process. University of Pittsburgh Pa.

Abstract

ASSESS IRRIGATION MANAGEMENT PERFORMANCE USING FUZZY SET THEORY

Dr. Tran Chi Trung

Vietnam Academy for water resources

In order to enhance irrigation management performance, there is a need to assess effectiveness of the irrigation systems managed by various management models, find out the strengthness as well as weaknes to propose solutions to improve these irrigation management models. This paper introduces method of using Fuzzy Set Theory, a modern mathematic tool to assess objectively irrigation management performance.