

PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH TẦNG BẬC MỜ VÀ ỨNG DỤNG TRONG VIỆC TÍNH TOÁN BỘ TRỌNG SỐ CỦA MÔ HÌNH XẾP HẠNG TÍN DỤNG KHÁCH HÀNG DOANH NGHIỆP

ThS. LÊ THỊ NGỌC*

Khi xây dựng mô hình xếp hạng tín dụng (XHTD) nội bộ khách hàng doanh nghiệp (KHDN) theo phương pháp chuyên gia, có rất nhiều cách tính toán khác nhau. Độ chính xác của mô hình không những phụ thuộc vào độ chính xác giá trị của các biến mà còn phụ thuộc vào giá trị trọng số của nó. Vì thế, việc lựa chọn và áp dụng phương pháp tính trọng số phù hợp sẽ làm tăng độ chính xác giá trị của các trọng số tương ứng với các biến và làm tăng độ chính xác của mô hình là một vấn đề rất cần thiết. Hiện nay, phương pháp phân tích tầng bậc (Analytic Hierarchy Process - AHP) là một công cụ hỗ trợ ra quyết định đa mục tiêu rất hiệu quả. Tuy nhiên, tính mờ là một đặc điểm chung của các vấn đề liên quan đến bài toán ra quyết định, phương pháp phân tích tầng bậc mờ (Fuzzy Analytical Hierarchy Process - FAHP) đã được phát triển để thay thế AHP giải quyết vấn đề này. Bài báo giới thiệu các vấn đề lý thuyết liên quan đến phương pháp FAHP khoảng rộng và ứng dụng phương pháp FAHP trong việc tính toán bộ trọng số mô hình hỗn hợp của mô hình XHTD KHDN. Nội dung bài viết được viết nhằm giải quyết các mục tiêu: (i) Tìm hiểu về phương pháp FAHP, (ii) Ứng dụng phương pháp FAHP trong việc tính toán bộ trọng số mô hình hỗn hợp của mô hình XHTD KHDN. Nghiên cứu này sẽ giúp các nhà nghiên cứu và ứng dụng có một cái nhìn rộng hơn về các phương pháp tính toán bộ trọng số các mô hình toán ứng dụng trong tài chính, ngân hàng.

Từ khóa: Phương pháp phân tích tầng bậc, phương pháp phân tích tầng bậc mờ, xếp hạng tín dụng, mô hình định lượng, mô hình định tính, báo cáo tài chính, bộ trọng số mô hình hỗn hợp

Fuzzy analytical hierarchy process and application in calculating the weight of the credit rating model of business customers

Building project model of credit rating internal business customers using expert method, there are different ways of computing. The accuracy of the model depends not only on the accuracy of the value of the variables but also on its weight value. Therefore, choosing and applying the appropriate weighting method will increase the accuracy of the weights corresponding to the variables and increase the accuracy of the model is an essential issue. Currently, Analytic Hierarchy Process (AHP) is a tool to support multi-purpose decision making very effectively. However, fuzziness is a common feature of problems related to decision-making, Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) has been developed to replace AHP to solve this problems. The paper introduces theoretical issues related to FAHP method of wide range and application of FAHP method in calculating the composite model weighting of the credit institution model. The content of the article is written to address the following objectives: (i) Learn about the method of FAHP, (ii) Apply the FAHP method in calculating the weight of mixed model of the credit institution model. The study helps researchers and application users to have a broader view of the methods of calculating weighting models of applied mathematics in finance and banking.

Keywords: Fuzzy hierarchical analysis method, credit ratings, quantitative model, qualitative model, financial report, weighted model of mixed models

* Khối CB - Hội sở, Ngân hàng Phương Đông

1. Phương pháp phân tích tầng bậc mờ khoảng rộng (FAHP)

Mặc dù phương pháp AHP được sử dụng khá phổ biến, tuy nhiên AHP thường có những hạn chế vì không có khả năng kết hợp giữa sự không chắc chắn và không chính xác vốn luôn tồn tại trong việc thiết lập ảnh xạ giữa các nhận thức, đánh giá của người ra quyết định sang các con số chính xác trong khi sử dụng mô hình AHP để tính toán bộ trọng số cho mô hình. Vì vậy, bài viết này đề xuất một giải pháp kết hợp hai kỹ thuật AHP và logic mờ (gọi là AHP mờ, viết tắt là FAHP) trong so sánh cặp, cho phép mô tả chính xác hơn trong quá trình ra quyết định.

1.1. Phương pháp phân tích tầng bậc (AHP)

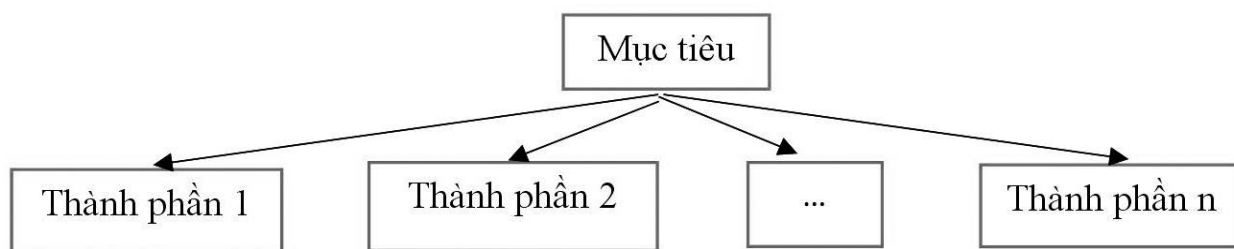
Quy trình phân tích tầng bậc (AHP) (được đề xuất bởi Saaty vào năm 1980) là một quy trình được

xây dựng nhằm tổ chức và phân tích các quyết định phức tạp. Đây là một phương pháp tính toán trọng số áp dụng cho các bài toán ra quyết định đa tiêu chuẩn. Quá trình này bao gồm 6 bước chính:

- * Một là, phân tích các thành phần ảnh hưởng đến mục tiêu;
- * Hai là, xây dựng cây phân cấp AHP;
- * Ba là, lập phiếu khảo sát về mức độ quan trọng của các chỉ tiêu;
- * Bốn là, tính toán bộ trọng số các thành phần;
- * Năm là, kiểm tra tính nhất quán;
- * Sáu là, tổng hợp kết quả để đưa ra những đánh giá cuối cùng.

Xây dựng cây phân cấp AHP

Phân tích các thành phần ảnh hưởng đến mục tiêu, sơ đồ cây phân cấp AHP như sau:



Lập phiếu khảo sát chuyên gia

Khi lựa chọn phương pháp AHP để tính toán bộ trọng số thô của mô hình hỗn hợp theo phương pháp chuyên gia thì dạng câu hỏi trong bảng câu hỏi khảo sát ý kiến chuyên gia là dạng câu hỏi cặp. Ví dụ: so sánh mức độ quan trọng ảnh hưởng tương đối của thành phần 1 so với thành phần 2 đối với mục tiêu.

Đáp án cho bảng khảo sát ý kiến chuyên gia sẽ được chia thành các mức độ tương ứng với điểm như bảng dưới đây:

Mức độ	Nội dung	Điểm
M1 (Mức thấp nhất)	Vô cùng ít quan trọng	1/9
M2	Rất ít quan trọng	1/7
M3	Ít quan trọng nhiều hơn	1/5
M4	Ít quan trọng hơn	1/3

M5	Quan trọng như nhau	1
M6	Quan trọng hơn	3
M7	Quan trọng nhiều hơn	5
M8	Rất quan trọng hơn	7
M9 (Mức cao nhất)	Vô cùng quan trọng hơn	9

Tính toán bộ trọng số

Việc so sánh mức độ quan trọng tương đối của các thành phần trong khi xem xét sự ảnh hưởng của các thành phần đến mục tiêu sẽ được tổng hợp lại thành một ma trận gồm n hàng, n cột và có các phần tử trên đường chéo bằng 1. Phần tử a_{ij} thể hiện mức độ quan trọng của chỉ tiêu hàng i so với chỉ tiêu cột j với $a_{ij} = 1/a_{ji}$

$$A = (a_{ij})_{n \times n}$$

Sau khi có ma trận so sánh ý kiến chuyên gia, để tính toán bộ trọng số thô của mô hình hỗn hợp

có thể sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như phương pháp trung bình cộng và phương pháp trung bình nhân để tính toán bộ trọng số.

Kiểm tra tính nhất quán

Để đánh giá tính hợp lý các giá trị mức độ quan trọng của các chỉ tiêu đến việc XHTD khách hàng (KH), ta có thể sử dụng chỉ số nhất quán CR (Consistency Ratio). Tỷ số này so sánh mức độ nhất quán với tính khách quan ngẫu nhiên của dữ liệu:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Trong đó, CI: Chỉ số nhất quán (Consistency Index), và

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

RI: Chỉ số ngẫu nhiên (Random Index)

n: Số chỉ tiêu

Đối với mỗi một ma trận so sánh cấp n, các chỉ số RI tương ứng với các cấp ma trận như sau:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Nếu giá trị của tỷ lệ nhất quán nhỏ hơn hoặc bằng 10%, sự không nhất quán là chấp nhận được.

1.2. Logic mờ

Tập mờ

Một tập mờ (Fuzzy set) A trong không gian U được biểu diễn bởi ánh xạ:

$$\mu_A : U \rightarrow [0, 1]$$

Trong đó:

μ_A : hàm thuộc (hoặc hàm đặc trưng) của tập mờ A

$\mu_A(x)$: mức độ thuộc của x vào tập mờ A

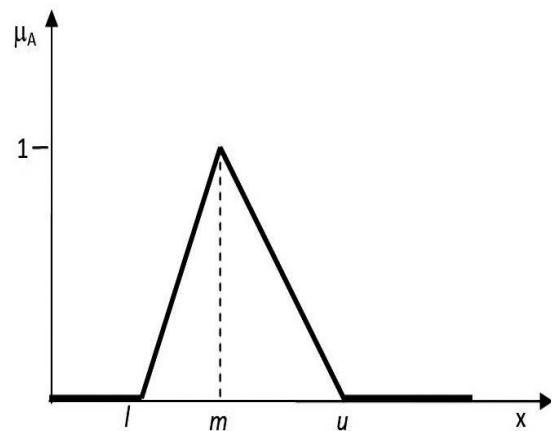
Tập mờ A trong không gian U được biểu diễn bởi tất cả các cặp phần tử và mức độ thuộc của nó: $A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}$

Số mờ tam giác

Số mờ dùng để biểu diễn các đại lượng mang tính không chắc chắn. Tuy có nhiều loại số mờ như số mờ hình thang, số mờ dạng Gaus... tương ứng với đặc trưng của hàm thuộc, tuy nhiên trong thực tế số mờ tam giác được sử dụng rộng rãi nhất.

Một số mờ tam giác là một lớp đặc biệt của số mờ, mà ở đó hàm thuộc được định nghĩa bởi bộ 3 số giá trị thực, được biểu diễn dạng (l, m, u) theo công thức sau:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < l \text{ hoặc } x > u \\ \frac{x-l}{m-l}, & x \text{ thuộc } (m, l) \\ \frac{u-x}{u-m}, & x \text{ thuộc } (u, m) \end{cases}$$



Các phép toán trên số mờ tam giác

Với 2 số mờ tam giác: $A = (l_a, m_a, u_a)$ và $B = (l_b, m_b, u_b)$ các phép toán mờ cơ bản trên 2 số mờ A và B như sau:

- Phép cộng: $A + B = (l_a + l_b, m_a + m_b, u_a + u_b)$
- Phép trừ: $A - B = (l_a - l_b, m_a - m_b, u_a - u_b)$
- Phép nhân: $A * B = (l_a l_b, m_a m_b, u_a u_b)$
- Phép nhân vô hướng: Với mọi $k > 0, k \in R, kA = (kl_a, km_a, ku_a)$
- Phép chia: $A/B = (l_a/l_b, m_a/m_b, u_a/u_b)$
- Phép nghịch đảo: $A^{-1} = (1/u_a, 1/m_a, 1/l_a)$

1.3. Phương pháp phân tích tầng bậc mờ khoảng rộng (FAHP)

Phương pháp FAHP cho phép người ra quyết định diễn đạt tính xấp xỉ hoặc gần đúng các yếu tố đầu vào sử dụng các số mờ. Để tính toán bộ trọng số về mức độ của các thành phần ảnh hưởng đến mục tiêu có nhiều phương pháp được đề xuất. Tuy nhiên, trong số đó, phương pháp phân tích tầng bậc mờ khoảng rộng là một trong những phương pháp được sử dụng rộng rãi nhất. Quá trình tính toán này gồm các bước sau:

- *Một là*, phân tích các thành phần ảnh hưởng đến mục tiêu;
- *Hai là*, xây dựng cây phân cấp AHP;
- *Ba là*, lập phiếu khảo sát về mức độ quan trọng của các chỉ tiêu (khảo sát ý kiến chuyên gia theo dạng câu hỏi cặp);
- *Bốn là*, kiểm tra tính nhất quán bằng phương pháp AHP;
- *Năm là*, tính toán bộ trọng số bằng phương pháp FAHP;
- *Sáu là*, tổng hợp kết quả để đưa ra những đánh giá cuối cùng.

Trước khi sử dụng phương pháp FAHP để tính toán bộ trọng số phải kiểm tra chỉ số nhất quán CR, nếu chỉ số nhất quán CR lớn hơn 10%, thì cần phải

khảo sát lại ý kiến các chuyên gia để điều chỉnh ma trận so sánh nhằm đảm bảo tính nhất quán. Nếu chỉ số nhất quán CR nhỏ hơn hoặc bằng 10% thì kết quả khảo sát các chuyên gia được chấp nhận.

Để tính toán bộ trọng số bằng phương pháp phân tích tầng bậc mờ (FAHP) cần thực hiện các bước sau:

Bước 1: Biểu diễn đánh giá của các chuyên gia bằng các số mờ tam giác bằng việc chuyển đổi ma trận so sánh rõ (được thiết lập bằng phương pháp AHP) thành ma trận so sánh mờ

$$B = (b_{ij})_{n \times n} = \begin{bmatrix} (1, 1, 1) & (l_{12}, m_{12}, u_{12}) & \dots & (l_{1n}, m_{1n}, u_{1n}) \\ (l_{21}, m_{21}, u_{21}) & (1, 1, 1) & \dots & (l_{2n}, m_{2n}, u_{2n}) \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ (l_{n1}, m_{n1}, u_{n1}) & (l_{n2}, m_{n2}, u_{n2}) & \dots & (1, 1, 1) \end{bmatrix}$$

Trong đó:

$$b_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

$$b_{ij}^{-1} = (1/u_{ij}, 1/m_{ij}, 1/l_{ij})$$

Với $i, j = 1, \dots, n$ và $i \neq j$

Để thực hiện được sự so sánh theo từng cặp giữa các tham số mờ, biến ngôn ngữ được định nghĩa tương ứng với các cấp độ đánh giá theo như bảng sau:

Biến ngôn ngữ mô tả mức độ quan trọng (giữa 2 thành phần)	Số mờ tam giác (l, m, u)	Nghịch đảo của số mờ tam giác
Chỉ bằng nhau	(1, 1, 1)	(1, 1, 1)
Quan trọng bằng nhau	(1, 1, 2)	(1/2, 1, 1)
Quan trọng yếu	(2, 3, 4)	(1/4, 1/3, 1/2)
Quan trọng mạnh	(4, 5, 6)	(1/6, 1/5, 1/4)
Quan trọng rất mạnh	(6, 7, 8)	(1/8, 1/7, 1/6)
Vô cùng quan trọng	(9, 9, 9)	(1/9, 1/9, 1/9)
Mức trung gian giữa các mức nêu trên	(x-1, x, x+1) với x = 2, 4, 6, 8	(1/(x+1), 1/x, 1/(x-1)) với x = 2, 4, 6, 8

Bảng: Các biến ngôn ngữ và số mờ tương ứng

Bước 2: Tổng hợp mức độ ảnh hưởng mờ của các yếu tố

Cách thực hiện: tính tổng của từng hàng trong ma trận đối sánh B, sau đó chuẩn hóa các tổng hàng

vừa tính trên bởi phép toán số học mờ:

$$S_i = \left(\frac{\sum_{j=1}^3 l_{ij}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 u_{kj}}, \frac{\sum_{j=1}^3 m_{ij}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 m_{kj}}, \frac{\sum_{j=1}^3 u_{ij}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 l_{kj}} \right) \quad \text{Với } i = 1, \dots, n$$

Các số mờ tam giác này được xem như là trọng số tương quan cho từng phương án và cũng được dùng để thể hiện trọng số của từng điều kiện. Một trọng số tổng sẽ được tính toán để đánh giá cho từng phương án.

Bước 3: Tìm giá trị nhỏ nhất của mỗi cặp số mờ

$$V(S_i \geq S_j) = \text{Sup}_{y \geq x} [\min(S_j(x), S_i(y))]$$

Công thức trên có thể được biểu diễn tương đương như sau:

$$V(S_i \geq S_j) = \begin{cases} 1, & \text{nếu } m_i \geq m_j \\ 0, & \text{nếu } l_j \geq u_i \\ \text{else: } & \frac{l_j - u_i}{(m_j - u_j) - (m_i - l_i)} \end{cases}$$

Trong đó: $S_i = (l_i, m_i, u_i)$ và $S_j = (l_j, m_j, u_j)$

Bước 4: Tính toán vector trọng số bằng việc chuẩn hóa ma trận:

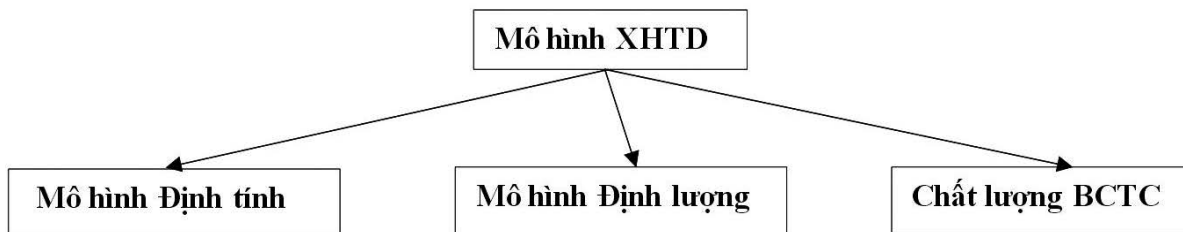
$$W_i = \frac{\min V(S_i \geq S_j), j=1, \dots, n; j \neq i}{\sum_{k=1}^n \min V(S_k \geq S_j), j=1, \dots, n; j \neq k}, \quad i = 1, \dots, n$$

2. Ứng dụng phương pháp FAHP trong việc tính toán bộ trọng số mô hình hỗn hợp của mô hình XHTD KHDN

2.1. Mô hình hỗn hợp của mô hình XHTD KHDN

Mô hình chấm điểm XHTD nội bộ của các NHTM tại Việt Nam hiện nay được xây dựng trên bộ các tiêu chí tài chính (còn gọi là mô hình Định lượng) và các bộ tiêu chí phi tài chính (còn được gọi là mô hình Định tính). Ngoài ưu điểm của mô hình là phản ánh được mức độ ảnh hưởng của các nhóm yếu tố định tính và nhóm yếu tố định lượng đến khả năng trả được nợ của khách hàng, mô hình còn tồn đọng một số nhược điểm như sau: một là, mô hình mới chỉ xét đến các yếu tố định lượng (các yếu tố được lấy ra trong BCTC) mà không quan tâm đến chất lượng của BCTC như BCTC đã được kiểm hay chưa được kiểm toán, BCTC kiểm toán với ý kiến chấp nhận toàn phần hay từng phần.

Mặt khác, trong BCTC còn có rất nhiều các thông tin tài chính khác của khách hàng, vì vậy việc đưa một mô hình thể hiện chất lượng BCTC vào mô hình sẽ hợp lý và phản ánh đầy đủ hơn:



Mô hình toán của mô hình XHTD có dạng:

$$\alpha * \Sigma \text{ĐT} + \beta * \Sigma \text{ĐL} + \gamma * \text{Đ.BCTC} = \Sigma \text{MH}$$

Trong đó:

α, β, γ : lần lượt là trọng số của mô hình định tính, mô hình định lượng và mô hình chất lượng BCTC và phải đảm bảo $\alpha + \beta + \gamma = 100\%$

$\Sigma \text{ĐT}, \Sigma \text{ĐL}, \text{Đ.BCTC}$: lần lượt là tổng điểm của mô hình định tính, mô hình định lượng và điểm của mô hình chất lượng BCTC

ΣMH : tổng điểm mô hình XHTD

Để tính toán bộ trọng số (α, β, γ) sẽ có rất nhiều

phương pháp tiếp cận để tính toán như phương pháp chuyên gia, phương pháp thống kê, nhưng trong phạm vi bài viết tác giả chỉ đề cập đến việc tính toán bộ trọng số bằng phương pháp FAHP.

2.2. Tính toán bộ trọng số (α, β, γ) bằng phương pháp FAHP

Các bước tính toán:

Bước 1: Khảo sát ý kiến chuyên gia

Khi lựa chọn phương pháp AHP/FAHP để tính toán bộ trọng số thô của mô hình hỗn hợp theo phương pháp chuyên gia thì dạng câu hỏi khảo sát ý kiến chuyên gia là dạng câu hỏi cặp như sau:

STT	Nội dung câu hỏi
1	So sánh mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu định lượng so với chỉ tiêu định tính trong việc đánh giá XHTD của KH?
2	So sánh mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu định lượng so với chất lượng BCTC trong việc đánh giá XHTD của KH?
3	So sánh mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu định tính so với chất lượng BCTC trong việc đánh giá XHTD của KH?

Bước 2: Kiểm tra tính nhất quán của kết quả khảo sát chuyên gia

- Lập ma trận so sánh rõ ý kiến chuyên gia;
- Tính tỷ lệ nhất quán để kiểm tra tính nhất quán của kết quả khảo sát.

Bước 3: Tính toán bộ trọng số bằng phương pháp FAHP

- Lập ma trận so sánh mờ ý kiến chuyên gia;
- Tổng hợp mức độ ảnh hưởng mờ của các yếu tố;
- Tính giá trị nhỏ nhất của mỗi cặp số mờ
- Chuẩn hóa ma trận để được vector trọng số

2.3. Ví dụ

Bước 1: Khảo sát ý kiến chuyên gia

Giả sử kết quả cuộc khảo sát chuyên gia như sau:

STT	Nội dung câu hỏi	Kết quả cuộc khảo sát
1	So sánh mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu định lượng so với chỉ tiêu định tính trong việc đánh giá XHTD của KH?	1
2	So sánh mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu định lượng so với chất lượng BCTC trong việc đánh giá XHTD của KH?	1/2
3	So sánh mức độ quan trọng tương đối của chỉ tiêu định tính so với chất lượng BCTC trong việc đánh giá XHTD của KH?	1/3

Bước 2: Kiểm tra tính nhất quán của kết quả khảo sát chuyên gia

- Lập ma trận so sánh rõ ý kiến chuyên gia:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1/2 \\ 1 & 1 & 1/3 \\ 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}$$

- Tính tỷ lệ nhất quán để kiểm tra tính nhất quán của kết quả khảo sát:

- Ma trận trọng số tương đối:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1/4 & 1/5 & 3/11 \\ 1/4 & 1/5 & 2/11 \\ 1/2 & 3/5 & 6/11 \end{pmatrix}$$

- Vector trọng số trung bình Eigen:

$$E = \begin{pmatrix} 0.24 \\ 0.21 \\ 0.55 \end{pmatrix}$$

- Giá trị Lamda lớn nhất:

$$\lambda_{\max} = 0.24 * (1 + 1 + 2) + 0.21 * (1 + 1 + 3) + 0.55 * (1/2 + 1/3 + 1) = 3.02$$

- Tỷ số nhất quán:

$$CI = \frac{3.02 - 3}{3 - 1} = 0.01$$

- Tỷ số nhất quán:

$$CR = \frac{0.01}{0.52} = 1.92\%$$

Trong trường hợp này, CR < 10% → Sự không nhất quán là chấp nhận được

Bước 3: Tính toán bộ trọng số bằng phương pháp FAHP

- Lập ma trận so sánh mờ ý kiến chuyên gia:

$$B = \begin{pmatrix} (1,1,1) & (1,1,2) & (1/3, 1/2, 1) \\ (1/2, 1, 1) & (1,1,1) & (1/4, 1/3, 1/2) \\ (1,2,3) & (2,3,4) & (1,1,1) \end{pmatrix}$$

- Tổng hợp mức độ ảnh hưởng mờ của các yếu tố:

$$S_1 = \left(\frac{\sum_{j=1}^3 l1j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 ukj}, \frac{\sum_{j=1}^3 m1j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 mkj}, \frac{\sum_{j=1}^3 u1j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 lkj} \right) = \left(\frac{2.33}{14.5}, \frac{2.5}{10.83}, \frac{4}{8.08} \right) = (0.16, 0.23, 0.5)$$

$$S_2 = \left(\frac{\sum_{j=1}^3 l2j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 ukj}, \frac{\sum_{j=1}^3 m2j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 mkj}, \frac{\sum_{j=1}^3 u2j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 lkj} \right) = \left(\frac{1.75}{14.5}, \frac{2.33}{10.83}, \frac{2.5}{8.08} \right) = (0.12, 0.22, 0.31)$$

$$S_3 = \left(\frac{\sum_{j=1}^3 l3j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 ukj}, \frac{\sum_{j=1}^3 m3j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 mkj}, \frac{\sum_{j=1}^3 u3j}{\sum_{k=1}^3 \sum_{j=1}^3 lkj} \right) = \left(\frac{4}{14.5}, \frac{6}{10.83}, \frac{8}{8.08} \right) = (0.28, 0.55, 0.99)$$

- Tìm giá trị nhỏ nhất của mỗi cặp số mờ

$$V(S_1 \geq S_2) = 1$$

$$V(S_1 \geq S_3) = \frac{u1-l3}{(u1-m1)+(m3-l3)} = \frac{0.5-0.28}{(0.5-0.23)+(0.99-0.28)} = 0.22$$

$$V(S_2 \geq S_1) = \frac{u2-l1}{(u2-m2)+(m1-l1)} = \frac{0.22-0.16}{(0.31-0.22)+(0.23-0.16)} = 0.38$$

$$V(S_2 \geq S_3) = \frac{u3-l2}{(u2-m2)+(m3-l3)} = \frac{0.99-0.12}{(0.31-0.22)+(0.55-0.28)} = 2.42$$

$$V(S_3 \geq S_1) = \frac{u3-l1}{(u3-m3)+(m1-l1)} = \frac{0.99-0.16}{(0.99-0.55)+(0.23-0.16)} = 1.63$$

$$V(S_3 \geq S_2) = \frac{u3-l2}{(u3-m3)+(m2-l2)} = \frac{0.99-0.12}{(0.99-0.55)+(0.22-0.12)} = 1.61$$

Kết luận

Tóm lại, trong các phương pháp tính toán bộ trọng số thô của mô hình hỗn hợp theo phương pháp chuyên gia như phương pháp trung bình cộng, phương pháp phân tích tầng bậc AHP và phương pháp phân tích tầng bậc mờ FAHP thì phương pháp FAHP có nhiều ưu điểm hơn: Một là, kiểm tra được kết quả cuộc khảo sát có nhất quán không, trong khi phương pháp trung bình cộng thì không thể kiểm tra được điều này. Hai là, kết quả tính toán sẽ chính xác hơn không chỉ về dữ liệu mà còn đầy đủ về mặt ý nghĩa (có xét đến mối quan hệ mờ qua lại lẫn nhau giữa mô hình định tính, định lượng và chất lượng BTC trong khi phương pháp AHP không xét đến tính mờ trong bài toán ra quyết định).

- Chuẩn hóa ma trận để được vector trọng số:

$$W_1 = \frac{\min V(S_1 \geq S_j), j=1,2}{\sum_{k=1}^n \min V(S_k \geq S_j), j=1, \dots, n; j \neq k} = \frac{0.22}{0.22+0.38+1.61} = 0.1$$

$$W_2 = \frac{\min V(S_2 \geq S_j), j=1,3}{\sum_{k=1}^n \min V(S_k \geq S_j), j=1, \dots, n; j \neq k} = \frac{0.38}{0.22+0.38+1.61} = 0.17$$

$$W_3 = \frac{\min V(S_3 \geq S_j), j=1,2}{\sum_{k=1}^n \min V(S_k \geq S_j), j=1, \dots, n; j \neq k} = \frac{1.61}{0.22+0.38+1.61} = 0.73$$

Ta sẽ có vector trọng số $W = (0.1; 0.17; 0.73)$

Vậy bộ trọng số của mô hình XHTD : $(\alpha, \beta, \gamma) = (10\%; 17\%; 73\%)$

Như vậy, trong khuôn khổ bài báo này, tác giả đã giới thiệu về phương pháp phân tích tầng bậc mờ FAHP và đưa ra các bước ứng dụng phương pháp FAHP trong việc tính toán bộ trọng số mô hình hỗn hợp của mô hình XHTD KHDN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tài liệu nội bộ về xếp hạng tín dụng của OCB;
2. Tài liệu về xếp hạng tín dụng của CIC;
3. C. Kahraman (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making: Theory and Application with Recent Development*. Springer, USA;
4. Phd. Kardi Teknomo: *Analytic Hierarchy Process Tutorial*, <https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP>.