Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: Khoa học tự nhiên
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2024.335

BÀI TOÁN LỰA CHỌN ĐA TIÊU CHÍ VỚI PHÉP BIẾN ĐỔI TÍCH PHÂN MỜ

Bùi Quốc Việc* và Phạm Bích Như
Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Cần Thơ
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): bqviec@ctu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 15/04/2024
Sửa bài (Revised): 03/07/2024
Duyệt đăng (Accepted): 04/08/2024

Title: *Multi-criteria selection problem with fuzzy integral transform*

Author(s): *Bui Quoc Viec* and Pham Bich Nhu*

Affiliation(s): *Can Tho University*

TÓM TẮT

Trong bài báo này, một ứng dụng của phép biến đổi tích phân mờ vào bài toán lựa chọn đa tiêu chí được giới thiệu. Một loại tích phân mờ trên không gian của các hàm giá trị lưới dư đầy đủ được xem xét. Trên nền tảng của loại tích phân mờ này, một phép biến đổi tích phân mờ tương ứng cho các hàm được trình bày với giá trị lưới đặc biệt nhờ vào sự kết hợp giữa hàm hạt nhân tích phân và hàm gốc giống như các phép biến đổi tích phân cổ điển đã biết (Fourier, Laplace, Hilbert,...). Ngoài ra, loại tích phân mờ được giới thiệu ở đây cũng được sử dụng như là một công cụ mới nhằm đánh giá các tiêu chí cho các ứng viên của người đưa ra quyết định trong bài toán lựa chọn nhiều tiêu chí. Phương pháp đề xuất được minh họa và so sánh với các phương pháp khác nhờ vào bài toán tuyển dụng nhân sự.

Từ khoá: *Bài toán lựa chọn đa tiêu chí, hạt nhân tích phân, phép biến đổi tích phân, tích phân mờ*

ABSTRACT

In this paper, an application of fuzzy integral transform to the multi-criteria selection problem is introduced. A type of fuzzy integral on the complete residuated lattice space is considered. Using this fuzzy integral, a corresponding kind of the fuzzy integral transform for lattice-valued functions through the combination of the integral kernel and the original function as the popular integral transforms, is presented (Fourier, Laplace, Hilbert, etc). In addition, this fuzzy integral introduced here is also used as a new tool to evaluate the criteria for the decision maker's candidates in the multi-criteria selection problem. The proposed method is illustrated and compared with other methods using the personnel selection problem.

Keywords: *Multi-criteria selection problem, integral kernel, integral transform, fuzzy integral*

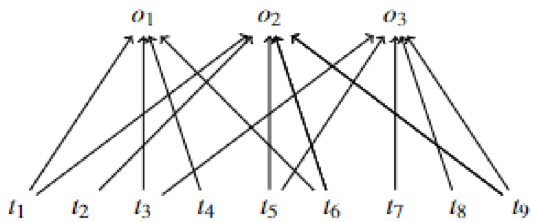
1. GIỚI THIỆU

Bài toán đưa ra quyết định lựa chọn đa tiêu chí thường sử dụng trong thực tế như bài toán sàng lọc, bài toán ưu tiên, bài toán xếp hạng hoặc bài toán lựa chọn các ứng viên, … (Bellman and Zadeh, 1970; Belton and Steward, 2002; Arfi, 2005; Fenton and Wang, 2006). Ở đây, tập hợp các tiêu chí được sử dụng thường độc lập, không tương xứng hoặc xung đột. Mỗi tiêu chí lựa chọn thường được gắn với các trọng số cụ thể nhằm xác định tầm quan trọng của các tiêu chí này. Các dạng bài toán loại này thường được đặc trưng (hay xác định) bằng cách sắp xếp thứ hạng của các ứng viên liên quan đến trọng số của các tiêu chí đó. Để minh hoạ cho phương pháp đề xuất, bài toán tuyển dụng nhân sự của công ty A được xét như một ví cụ thể cho bài toán lựa chọn đa tiêu chí. Ta gọi $U=\{u_1,...,u_n\}$ là tập của các ứng viên và để tuyển chọn được ứng viên phù hợp nhất thì công ty A cần đưa ra các tiêu chí cụ thể cho các ứng viên (như là: kinh nghiệm làm việc, kiến thức chuyên môn, sự học hỏi, bằng cấp-chứng chỉ, khả năng ngoại ngữ,...). Đặt $T=\{t_1,...,t_m\}$ là tập các tiêu chí đánh giá. Giả sử L là tập có thứ tự tuyến tính dùng làm thước đo mức độ thoả mãn các tiêu chí của ứng viên. Khi đó, mỗi tiêu chí sẽ được gắn với từng mức độ quan trọng tương ứng. Ta gọi hàm số $\mathrm{w}_1 : T \rightarrow L$ biểu diễn mức độ quan trọng của các tiêu chí, ở đây giá trị hàm $\mathrm{w}_1(t_j)$ lớn nghĩa là tiêu chí t_j có mức độ quan trọng cao. Để lựa chọn được ứng viên phù hợp nhất trong bài toán lựa chọn đa tiêu chí, thì ta cần đưa ra một công cụ đánh giá, đây là một hàm tổng hợp sao cho biểu diễn được sự thoả mãn của từng ứng viên có liên quan đến trọng số tương ứng cho từng tiêu chí đánh giá. Bây giờ, ta đặt L^T là tập các hàm số từ tập T vào L và hàm số $g : U \rightarrow L^T$ biểu diễn mức độ mà tiêu chí t_j được thoả mãn bởi ứng viên thứ u_i. Khi đó, hàm đánh giá $h : U \rightarrow L$ được xác định bởi công thức

$$h(u_i) = k_{\mathrm{w}_1}(g(u_1)(t_1),...,g(u_1)(t_1)), \quad (1)$$

trong đó $k_{\mathrm{w}_1} : L^g \rightarrow L$ là hàm đánh giá tổng hợp có liên quan đến mức độ quan trọng của các tiêu chí được miêu tả thông qua hàm w_1. Hàm đánh giá được dùng phổ biến là hàm trọng lượng trung bình với giả thuyết $\sum_{j=1}^{m} \mathrm{w}_1(t_j)=1$ trong Yager (1988). Một vấn đề đặt ra ở đây là nếu sử dụng thước đo cho các ứng viên ở dạng nhãn dán như: *thấp, trung bình, cao* hoặc *tệ, tốt, xuất sắc*,… thì thước đo tuyến tính thông thường L không thể sử dụng được. Để giải quyết vấn đề này, ta có thể sử dụng các thước đo khác liên quan đến tập thứ tự bị chặn đặc biệt như sử dụng hàm trọng lượng nhỏ nhất và hàm trọng lượng lớn nhất trong Dubois and Prade (1986), sử dụng hàm trọng lượng trung bình trong Yager (1998), hoặc sử dụng thước đo liên quan đến loại hàm ngôn ngữ toán tử OWA trong Herrera (1996). Ta có thể tham khảo thêm trong Gagol (2002) về một lý thuyết hoàn chỉnh cho hàm tổng hợp đánh giá với nhiều ví dụ minh hoạ. Một vấn đề khác, các hàm đánh giá thường sử dụng cho giá trị đơn, nhưng điều này lại gặp một số khó khăn như là: thời gian giải quyết bài toán có thể khá dài vì dữ liệu quá lớn, các kết quả đánh giá cuối cùng có thể thiếu sự chính xác vì ta phải đánh giá tất các tiêu chí cho từng ứng viên,…

Trong nghiên cứu này, bài toán lựa chọn đa tiêu chí được quan tâm đến, trong đó tập thứ tự tuyến tính lưới dư đầy đủ được dùng để làm thước đo các giá trị và sử dụng hàm đánh giá tổng hợp dựa trên giá trị véc tơ, trong đó các giá trị thành phần của véc tơ được xác định bởi sự thoả mãn các tiêu chí ban đầu của ứng viên có liên quan đến tiêu chí toàn cục. Ở đây, tập tiêu chí toàn cục được xây dựng từ tập các tiêu chí ban đầu sao cho thoả mãn các tính chất phù hợp (xem chi tiết trong Phần 4: Ví dụ minh hoạ). Hình 1 biểu diễn tập tiêu chí toàn cục O với 3 tiêu chí được hình thành từ tập 9 tiêu chí ban đầu T.



Hình 1: Quan hệ giữa các tiêu chí ban đầu $T=\{t_1,...,t_9\}$ và tiêu chí toàn cục $O=\{o_1,o_2,o_3\}$

Ghi chú: hình mũi tên chỉ có tồn tại mức độ quan trọng và mũi tên bị thiếu chỉ không tồn tại mức độ quan trọng.

Khi đó, hàm đánh giá liên quan đến tiêu chí toàn cục là $h : U \rightarrow L^O$ được miêu tả trong hình 2.

$$\begin{tikzcd} U \arrow[r, "g"] \arrow[dr, "h"'] & L^T \arrow[d, "k"] \\ & L^O \end{tikzcd}$$

Hình 2: Mối quan hệ giữa các hàm đánh giá.

Trong Hình 2, hàm g biểu diễn sự thoả mãn các tiêu chí ban đầu T của các ứng viên, k là hàm đánh giá mở rộng sẽ được dùng để giới thiệu phép biến đổi tích phân mờ từ không gian L^T sang không gian L^O (Holcapek and Viec, 2020) với hàm hạt nhân tích phân $\mathrm{w}: T \times O \to L,$ ở đây giá trị $\mathrm{w}(\mathrm{t}_j, o_k)$ xác định mức độ quan trọng của tiêu chí t_j với sự đánh giá ứng viên liên quan tiêu chí toàn cục o_k. Nếu tiêu chí t_j là không quan trọng đối với tất cả các tiêu chí toàn cục o_k thì giá trị $\mathrm{w}(\mathrm{t}_j, o_k)$ bằng với giá trị nhỏ nhất của tập L. Khi đó, nếu tập các tiêu chí toàn cục chỉ gồm 1 phần tử, tức là $O = \{\mathrm{o}\}$ thì hàm đánh giá mở rộng k định nghĩa như trên sẽ trùng với hàm đánh giá liên quan đến trọng lượng lớn nhất (Dubois and Prade, 1986) đã được giới thiệu ở phần trên. Nhận xét rằng, hàm đánh giá mở rộng có thể được chọn theo nhiều cách khác, nhưng phương pháp mở rộng hàm đánh giá sử dụng phép biến đổi tích phân mờ sẽ cung cấp một công cụ tối ưu cho bài toán lựa chọn đa tiêu chí với nhiều tham số lựa chọn được sử dụng

2. KIẾN THỨC CHUẨN BỊ

2.1. Đại số các giá trị đúng

Trong bài báo này, thước đo là tập lưới dư thứ tự tuyến tính đầy đủ được sử dụng, nghĩa là, tập $L = \langle L, \wedge, \vee, \otimes, \to, 0, 1 \rangle$ là một đại số được trang bị bởi bốn phép toán và hai hằng số thỏa mãn $L = \langle L, \wedge, \vee, 0, 1 \rangle$ là tập lưới dư tuyến tính thứ tự, 0 ký hiệu là phần tử nhỏ nhất và 1 ký hiệu là phần tử lớn nhất và $L = \langle L, \otimes, 1 \rangle$ là thoả mãn các tính chất của tập monoid giao hoán (tức là, $\otimes$ thỏa tính chất kết hợp, giao hoán và đồng nhất $x \otimes 1 = x$ với $x \in L$) và tính chất liền kề được thỏa mãn, nghĩa là:

$$x \otimes y \le z \text{ nếu và chỉ nếu } x \le y \to z, \quad (2)$$

với $x, y, z \in L,$ và $\le$ là ký hiệu thứ tự trong tập $L.$

Các phép toán $\otimes$ và $\to$ lần lượt được gọi là *phép nhân* và *phép dư*. Các tính chất cơ bản của tập lưới dư L có thể tìm trong Belohlavek (2002).

Ví dụ 1: Cho đại số

$$L = \langle [0,1], \min, \max, T, \to_T, 0, 1 \rangle,$$

ở đây T là hàm nữa liên tục trái *t*-chuẩn (Klement et al., 2000) và phép toán dư được cho bởi

$$x \to_T y = V\{z \in [0,1] \,|\, T(x,z) \le y\},$$

đây là tập mạng dư thứ tự tuyến tính đầy đủ. Các hàm *t*-chuẩn cơ bản được xét như: nhỏ nhất, tích và Lukasiewicz được cho bởi các công thức tương ứng sau:

$$T_M(x,y) = x \wedge y$$
$$T_P(x,y) = x.y$$
$$T_L(x,y) = \max(0, x + y - 1).$$

2.2. Tập mờ

Xét L là tập lưới dư, *X* là tập khác rỗng. Hàm số $A: X \to L$ được gọi là *tập mờ* trên X. Giá trị $A(x)$ được gọi là *giá trị mức độ thành phần* của *x* trong tập mờ *A* với $x \in X$. Tập tất cả các tập mờ trên *X* được ký hiệu là L^X. Rõ ràng, tập mờ là một hàm số với giá trị thuộc vào tập lưới dư. Tập mờ *A* trên *X* được gọi là tập *crisp* nếu giá trị $A(x) \in \{0,1\}$ với mọi $x \in X$. Tập mờ rỗng trên *X* được ký hiệu là $\varnothing$, tức là $\varnothing(x) = 0$ với mọi $x \in X.$ Tập tất cả các tập mờ *crisp* trên X (tức là tập power trên *X*) được ký hiệu là 2^X. Tập hằng mờ *A* trên *X* (ký hiệu a_X) thỏa $A(x) = a$ với mọi $x \in X,$ ở đây $a \in L$. Tập $\mathrm{supp}(A) = \{x \,|\, x \in X \,\&\, A(x) > 0\}$ được gọi là tập *support* của tập mờ *A*. Tập $\mathrm{core}(A) = \{x \,|\, x \in X \,\&\, A(x) = 1\}$ được gọi là tập *core* của tập mờ *A*. Tập mờ được gọi là *bình thường* nếu $\mathrm{core}(A) \ne \theta$.

Cho *A, B* các tập mờ trên *X*. Các phép toán $\wedge, \vee, \otimes$ và $\to$ trên *L* được mở rộng tới các phép toán trên L^X bởi các công thức sau:

$$(A \wedge B)(x) = A(x) \wedge B(x)$$
$$(A \vee B)(x) = A(x) \vee B(x)$$
$$(A \otimes B)(x) = A(x) \otimes B(x)$$
$$(A \to B)(x) = A(x) \to B(x)$$

với mọi $x \in X$.

Cho *X, Y* là các tập khác rỗng. Tập mờ $\mathrm{w} \in L^{X \times Y}$ (tức là $\mathrm{w}: X \times Y \to L$) được gọi là một quan hệ mờ nhị phân giữa X và Y. Ta nói rằng w là *bình thường với biến thứ hai*, nếu $\mathrm{core}(\mathrm{w}_y) \ne 0$ với mọi $y \in Y$, ở đây $\mathrm{w}_y: X \to L$ được cho bởi $\mathrm{w}_y(x) = \mathrm{w}(x,y)$ với mọi $y \in Y.$ Ta cũng có thể định nghĩa tương tự tính chất bình thường với biến thứ nhất cho hàm w.

2.3. Không gian độ đo mờ

Dại số của các tập mờ được sử dụng như sau:

Định nghĩa 1. Cho X là tập khác rỗng. Tập con F của 2^X là *đại số* của X nếu các điều kiện sau thỏa

(i) $\phi, X \in F$;

(ii) nếu $A \in F$, thì $X \setminus A \in F$;

(iii) nếu $A, B \in F$, thì $A \cup B \in F$.

Khi đó, cặp (X, F) được gọi là *không gian đo được* (trên X) nếu F là đại số của các tập trên X. Cho (X, F) là không gian đo được và $A \in F(X)$. Ta nói rằng A là *$F-$đo được* nếu $A \in F$. Một ví dụ về tập đại số tầm thường trên tập X khác rỗng là tập $\{\phi, X\}$ và 2^X.

Định nghĩa 2. Cho (X, F) là không gian đo được. Hàm số $\mu : F \to L$ được gọi là *độ đo mờ* trên (X, F) nếu thoả:

(i) $\mu(\phi) = 0$ và $\mu(X) = 1$;

(ii) nếu $A, B \in F$ sao cho $A \subseteq B$, thì $\mu(A) \le \mu(B)$.

Khi đó, bộ ba (X, F, μ) được gọi là *không gian độ đo mờ* nếu (X, F) là không gian đo được và μ là độ đo mờ trên (X, F).

Ví dụ 2. Cho L là tập lưới dư trên $[0,1]$. Cho X là tập khác rỗng và F là đại số trên X. Khi đó, bộ ba (X, F, μ^r) được xác định bởi

$$\mu^r(A) = \frac{|A|}{|X|}, \tag{3}$$

với mọi $A \in F$, ở đây $|A|$ và $|X|$ ký hiệu lần lượt là lực lượng của tập A và X. Độ đo mờ μ^r được định nghĩa như công thức (3) được gọi là độ đo *quan hệ lực lượng.*

2.4. Tích phân mờ trên nền tảng phép nhân

Trong Luận án Tiến sĩ của Sugeno (1974), ông đã giới thiệu một loại hàm đánh giá bằng phương pháp định tính rất quan trọng, đó là một loại tích phân mờ và sau này thường được sử dụng với tên gọi là tích phân Sugeno. Đối với hàm giá trị lưới dư L, một loại tích phân trên nền tảng của phép nhân (gần giống với tích phân Sugeno) được giới thiệu trong nghiên cứu của Drovak and Holcapek (2009); Drovak and Holcapek (2012) và Dubois et al. (2016).

Định nghĩa 3. Cho (X, F, μ) là không gian độ đo

mờ và $f : X \to L$. Khi đó, *tích phân mờ của f trên X* được cho bởi

$$\int f \, \mathrm{d}\mu = \bigvee_{A \in F} \left(\mu(A) \otimes \bigwedge_{x \in A} f(x) \right) \tag{4}$$

Xét trường hợp tập X hữu hạn, và độ đo mờ μ là đối xứng, (tức là $\mu(A) = \mu(B)$ nếu và chỉ nếu $|A| = |B|$ với $A, B \in 2^X$) thì ta có thể sử dụng công thức trong định lí sau đây để tính toán tích phân mờ.

Định lí 1. Cho $(X, 2^X, \mu)$ *là không gian độ đo mờ sao cho $X = \{x_1, ..., x_n\}$ là hữu hạn và μ đối xứng. Khi đó,*

$$\int f \, \mathrm{d}\mu = \bigvee_{i=1}^{n} f\left(x_{\pi(1)}\right) \otimes \mu\left(\{x_1, ..., x_i\}\right). \tag{5}$$

Trong đó π là một hoán vị trên X sao cho $f\left(x_{\pi(1)}\right) \ge f\left(x_{\pi(2)}\right) \ge ... \ge f\left(x_{\pi(n)}\right)$.

Chứng minh.

Cho $f\left(x_{\pi(1)}\right) \ge f\left(x_{\pi(2)}\right) \ge ... \ge f\left(x_{\pi(n)}\right)$ với hoán vị π trên X. Đặt $X_i = \{x_{\pi(1)}, x_{\pi(2)}, ..., x_{\pi(i)}\}$. Rõ ràng, X_i không gian độ đo tầm thường và

$$f\left(x_{\pi(i)}\right) = \bigwedge_{y \in X_i} f(y)$$

Khi đó, ta có

$$\begin{aligned} \bigvee_{i=1}^{n} f\left(x_{\pi(i)}\right) \otimes \mu(X_i) &= \bigvee_{i=1}^{n} f\left(x_{\pi(i)}\right) \otimes \mu(x_1, ..., x_i) \\ &\ge \mu(A) \otimes \bigwedge_{x \in A} f(x). \end{aligned}$$

Với mọi $A \in 2^X$ sao cho $|A| = |X_i|$, ta có

$$\begin{aligned} \int f \, d\mu &\ge \bigvee_{i=1}^{n} f\left(x_{\pi(i)}\right) \otimes \mu(x_1, ..., x_i) \\ &\ge \bigvee_{A \in 2^X} \mu(A) \otimes \bigwedge_{x \in A} f(x) = \int f \, d\mu. \end{aligned}$$

Suy ra định lí được chứng minh.

2.5. Phép biến đổi tích phân mờ

Phép biến đổi tích phân mờ trên nền tảng tích phân mờ được giới thiệu ở phần trên được xem xét (Holcapek and Viec, 2020).

Định nghĩa 4. Cho (X,F,μ) là không gian độ đo mờ và $\mathrm{w}: X\times Y\to L$ là quan hệ nhị phân mờ sao cho w bình thường với biến thứ hai. Hàm số $P_{(\mathrm{w},\mu)}: L^X \to L^Y$ được cho bởi

$$P_{(\mathrm{w},\mu)}(f)(y)=\int \mathrm{w}(x,y)\otimes f(x)d\mu. \qquad (6)$$

được gọi là (w,μ) – *phép biến đổi tích phân mờ*.

Khi đó, w được gọi là *hàm hạt nhân tích phân*. Một số tính chất cơ bản của phép biến đổi tích phân mờ được trình bày trong định lí tiếp theo.

Định lí 2. Với mọi $f,g\in 2^X$ và $a\in L$, ta có

(i) $P_{(\mathrm{w},\mu)}(f)\le P_{(\mathrm{w},\mu)}(g)$ nếu $f\le g$;

(ii) $P_{(\mathrm{w},\mu)}(f\wedge g)\le P_{(\mathrm{w},\mu)}(f)\wedge P_{(\mathrm{w},\mu)}(g)$;

(iii) $P_{(\mathrm{w},\mu)}(f)\vee P_{(\mathrm{w},\mu)}(g)\le P_{(\mathrm{w},\mu)}(f\vee g)$;

(iv) $a\otimes P_{(\mathrm{w},\mu)}(f)\le P_{(\mathrm{w},\mu)}(a\otimes f)$;

(v) $P_{(\mathrm{w},\mu)}(a\to f)\le a\to P_{(\mathrm{w},\mu)}(f)$.

Chứng minh. Xem chi tiết trong nghiên cứu của Holcapek and Viec (2020).

3. BÀI TOÁN LỰA CHỌN ĐA TIÊU CHÍ TRÊN NỀN TẢNG PHÉP BIẾN ĐỔI TÍCH PHÂN MỜ

Cho tập lưới dư thứ tự tuyến tính đầy đủ L là thước đo giá trị đánh giá của các ứng viên. Cho $U=\{u_1,...,u_n\}$ là tập của các ứng viên, $T=\{t_1,...,t_m\}$ là tập của các tiêu chí ban đầu đặc trưng cho sự quyết định lựa chọn, và $O=\{o_1,...,o_l\}$ là tập của các tiêu chí toàn cục. Ta xét (T,F,μ) là không gian độ đo mờ trên tập của các tiêu chí *T*. Từ công thức trong biểu đồ quan hệ trong Hình 2, hàm đánh giá các ứng viên $h: U\to L^O$ xác định một (w,μ) – phép biến đổi tích phân mờ như sau:

$$\begin{aligned} h(u_i)(o_k) &:= P_{(\mathrm{w},\mu)}(g(u_i))(o_k) \\ &= \int \mathrm{w}(t_j,o_k)\otimes g(u_i)(t_j)\,d\mu, \end{aligned} \qquad (7)$$

với $o_k\in O$, và hàm hạt nhân $\mathrm{w}: T\times O\to L$ xác định mức độ quan trọng tiêu chí t_j từ tập tiêu chí ban đầu *T* đối với sự đánh giá các ứng viên liên quan đến các tiêu chí toàn cục o_k trong O. Giả sử rằng w bình thường đối với biến thứ hai, tức là với $o_k\in O$, tồn tại ít nhất một $t_j\in T$ sao cho $\mathrm{w}(t_j,o_k)>0$. Chú ý rằng việc xác định hàm hạt nhân tích phân w là rất khó bởi vì giá trị cụ thể của nó có ảnh hưởng rất lớn đến kết quả của việc đưa ra lựa chọn ứng viên. Ví dụ như, trong nghiên cứu của Dubois and Prade (1986) sử dụng hàm trọng lượng lớn nhất để đánh giá các ứng viên thì hàm w phải thoả điều kiện bình thường đối với biến thứ hai, nghĩa là w_{o_k} là hàm phân phối có thể sao cho $max_{j\in T}\mathrm{w}_{o_k}(t_j)=1$, hoặc trong trường hợp của phép biến đổi mờ từ trên trong nghiên cứu của Perfilieva (2006) thì w thoả một giả thuyết mạnh hơn: tập $\mathrm{core}(\mathrm{w}_{o_1}),...,\mathrm{core}(\mathrm{w}_{ol})$, tạo thành một phân hoạch trên T. Ngoài ra, khi sử dụng hàm đánh giá tổng hợp dựa trên nền tảng phép biến đổi tích phân mờ, thì hàm w không phải là tham số duy nhất có thể dùng để lựa chọn thay đổi, mà còn sử dụng được các tham số khác như: độ đo mờ μ và các phép toán $\wedge,\vee,\otimes,\to$ trong tập lưới dư *L*. Cụ thể, nghiên cứu này sử dụng phép toán nhân $\otimes$ trong tập L. Đặc biệt khi $F=2^C$ và độ đo mờ được cho bởi $\mu(X)=1$ với mọi $X\in 2^C\setminus\{\phi\}$, các trường hợp khác $\mu(X)=0$, thì hàm đánh giá (7) tương đương với công thức sau:

$$h^{\mathrm{W}M}(u_i)(o_k):=\bigvee_{t_j\in T}\mathrm{w}(t_j,o_k)\otimes g(u_i)(t_j), \qquad (8)$$

với $u_i\in U, o_k\in O$. Công thức (8) có thể xem như là một dạng tổng quát của hàm mở rộng đánh giá liên quan đến trọng lượng lớn nhất khi chọn $\otimes=\wedge$, và ta kí hiệu hàm đánh giá trong trường hợp này là $h_{\wedge}^{\mathrm{W}M}$. Nhận xét, nếu μ là độ đo mờ trên không gian (T,F) thì $h(u_i)(o_k)\le h_{\otimes}^{\mathrm{W}M}(u_i)(o_k)$ với mọi $u_i\in U$ và $o_k\in O$.

4. BÀI TOÁN TUYỂN DỤNG NHÂN SỰ - VÍ DỤ MINH HOẠ

Chúng tôi xét bài toán tuyển dụng nhân sự của một Công ty A. Cụ thể Công ty A muốn tuyển được một nhân viên mới từ nhiều ứng viên đăng ký tham gia nộp hồ sơ. Giả sử có 4 ứng viên nộp hồ sơ xét tuyển là: U = {Đông, Tây, Nam, Bắc}. Công ty A đưa ra 10 tiêu chí để lựa chọn ứng viên là: T={ *kinh nghiệm làm việc, khả năng thích ứng, kiến thức chuyên môn, kỹ năng phục vụ công việc, sự tự tin, biết lắng nghe, tinh thần cầu tiến, sự trung thực, bằng cấp – chứng chỉ, khả năng ngoại ngữ*}. Khi đó, các tiêu chí toàn cục có liên quan đến mức độ quan trọng của các tiêu chí ban đầu *T* trong việc đánh giá các ứng viên: O={*Năng lực nhân viên, Thái độ của ứng viên, Ưu tiên hàng đầu*}. Ta xét các giả thuyết sau, tập lưới dư *L* được định nghĩa bởi các t-chuẩn trên $[0,1]$ là: nhỏ nhất, tích, Lukasiewicz như trong Ví dụ 1 và hàm $g(u_i,t_j)$ chỉ sự thỏa mãn các tiêu chí t_j với $j=1,...,10$ của các ứng viên u_i với $i=1,...,4$ được cho trong Bảng 1. Ở đây, ví dụ ta có kinh nghiệm làm việc của Đông là 0,5 còn kinh nghiệm làm việc của Tây là 0,2; nghĩa là Đông có nhiều năm kinh nghiệm làm việc hơn Tây. Điều này hiển nhiên kéo theo mức độ thỏa mãn tiêu chí kinh nghiệm làm việc của Đông là lớn hơn Tây. Tiếp theo, hàm hạt nhân tích phân: $\mathrm{w}: T\times O\to[0,1]$ được xét nhằm chỉ sự ảnh hưởng của mức độ quan trọng từ các tiêu chí ban đầu đến các tiêu chí toàn cục trong quá trình đánh giá ứng viên, giả sử các giá trị cụ thể được cho như trong Bảng 2. Trong Bảng 2, ta thấy tập supp($w_{\text{Năng lực nhân viên}}$) chịu ảnh hưởng bởi 7 tiêu chí đánh giá từ tập tiêu chí ban đầu T, đó là: *kinh nghiệm làm việc, khả năng thích ứng, kiến thức chuyên môn, kỹ năng phục vụ công việc, sự tự tin, biết lắng nghe, tinh thần cầu tiến, sự trung thực, bằng cấp – chứng chỉ, khả năng ngoại ngữ*. Điều này có nghĩa là 7 tiêu chí này có ảnh hưởng trực tiếp đến việc đánh giá các ứng viên liên quan đến tiêu chí toàn cục "Năng lực nhân viên", trong đó các tiêu chí: *kinh nghiệm làm việc, khả năng thích ứng* và *kiến thức chuyên môn* có mức độ ảnh hưởng nhiều nhất với các giá trị lần lượt là 1; 0,8; 1. Tương tự, ta có tập supp($w_{\text{Thái độ ứng viên}}$) và supp($w_{\text{Ưu tiên hàng đầu}}$) lần lượt chịu ảnh hưởng bởi 5 và 6 tiêu chí đánh giá từ tập tiêu chí *T*. Ngoài ra, các hàm w_{o_k}, với $o_k\in O$ đều có tập core khác rỗng (nghĩa là mỗi tiêu chí toàn cục o_k với $k=1, 2, 3$ đều tồn tại ít nhất 1 tiêu chí đánh giá t_j với $t=1,...,10$ sao cho $\mathrm{w}(t_j,o_k)=1$) nên các hàm này đều là hàm phân phối có thể (Dubois and Prade, 1986). Để đảm bảo rằng các hàm đánh được công bằng và chỉ chịu ảnh hưởng bởi mức độ quan trọng các tiêu chí đánh giá ứng viên, độ đo mờ μ được sử dụng trên không gian $(T,2^T)$ thoả:

$$\mu(Z)=\begin{cases}1, & |Z|\geq 5,\\ \dfrac{|Z|}{5}, & |Z|<5,\end{cases}$$

với $Z\in 2^T$. Ở đây, lí do chọn $\mu(Z)=1$ với $|Z|\geq 5$ xuất phát từ số phần tử tối thiểu trong tập support của hàm w_{o_k}, điều này sẽ cho phép các ứng viên có đánh giá tối đa đều bằng 1. Bảng 3 trình bày kết quả đánh giá ứng viên sử dụng phép biến đổi tích phân mờ h^T như là một hàm đánh giá liên quan đến tiêu chí toàn cục o_k với các hàm t-chuẩn cơ bản đó là: Lukasiewicz, nhỏ nhất, tích trong Ví dụ 1. Ngoài ra, để thuận tiện cho việc so sánh các kết quả thu được với phương pháp khác, một phương pháp đánh giá định tính được sử dụng là phương pháp đánh giá trọng lượng cực đại (đây cũng là trường hợp đặc biệt của phép biến đổi tích phân mờ khi ta chọn $\otimes=\wedge$ đã được chỉ ra ở phần trên), và một phương pháp đánh giá định lượng là phương pháp đánh giá trọng lượng trung bình được cho bởi công thức sau:

$$h^{\mathrm{W}A}(u_i)(o_k):=\frac{\sum_{j=10}^{10}\mathrm{w}(t_j,o_k).g(u_i)(t_j)}{\sum_{j=10}^{10}\mathrm{w}(t_j,o_k)},\quad (9)$$

với mọi $u_i\in U$, $o_k\in O$. Cuối cùng, giả sử trọng lượng biểu diễn cho mức độ quan trọng của các tiêu chí toàn cục trong việc lựa chọn ra ứng viên là: *w(năng lực nhân viên)* = 0,35, *w(Thái độ ứng viên)* = 0,4 và *w(Ưu tiên hàng đầu)* = 0,25 với tổng các giá trị bằng 1. Phương pháp trọng lượng trung bình có liên quan đến hàm trọng lượng được giả sử ở trên được sử dụng nhằm đánh giá các giá trị thành phần của các véc tơ trong Bảng 3. Sau đó, kết quả được trình bày trong Bảng 4. Để chọn ra được ứng viên tốt nhất cho Công ty A với các kết quả ở Bảng 4 thật không dễ dàng vì ta không thể nói được đánh giá nào cho sự lựa chọn ứng viên là đúng hoặc thậm chí là tốt nhất ở ví dụ minh họa này, vì mỗi phương pháp sử dụng một kiểu đánh giá khác nhau. Nhưng nếu chúng ta đánh giá ứng viên thông qua thứ hạng tổng tất cả các thứ hạng của ứng viên liên quan đến từng phương pháp đánh giá trong Bảng 4 thì kết quả được trình bày trong Bảng 5, khi đó ta sẽ dễ dàng chọn ra được ứng viên tốt nhất. Nghĩa là, với mỗi kết quả đánh giá ứng viên của từng phương pháp trong Bảng 4, ta gắng cho một số thứ tự từ 1 đến 4 tương ứng với kết quả từ nhỏ nhất (1) đến kết quả lớn nhất (4). Khi đó, chúng ta có kết luận cuối cùng rằng ứng viên Nam chiếm vị trí thứ nhất với tổng các thứ hạng là 4+4+3+4+3=18, thứ hạng thứ hai là ứng viên Đông với thứ hạng tổng là 3+3+4+3+1=14, vị trí số ba là ứng viên Tây với thứ hạng tổng là 2+1+2+2+4=11 và ứng viên Bắc chiếm vị trí cuối cùng với thứ hạng tổng là 1+2+1+1+2=7.

Bảng 1. Mức độ thỏa mãn các tiêu chí ban đầu của các ứng viên

Tiêu chí	Ứng viên			
	Đông	**Tây**	**Nam**	**Bắc**
Kinh nghiệm làm việc	0,5	0,2	0,9	0,7
Khả năng thích ứng	0,6	0,8	0,3	0,9
Kiến thức chuyên môn	0,6	0,3	0,8	0,4
Kỹ năng phục vụ công việc	0,6	0,8	0,2	0,4
Sự tự tin	0,9	0,5	0,4	0,7
Biết lắng nghe	0,5	0,9	0,6	0,8
Tinh thần cầu tiến	0,9	0,7	0,6	0,2
Sự học hỏi	0,6	0,5	0,7	0,3
Bằng cấp, chứng chỉ	0,8	0,9	0,9	0,7
Khả năng ngoại ngữ	0,4	0,6	0,9	0,7

Bảng 2. Hàm hạt nhân tích phân xác định mức độ quan trọng của các tiêu chí ban đầu trong việc đánh giá các ứng viên liên quan đến tiêu chí toàn cục.

Tiêu chí	Tiêu chí toàn cục		
	Năng lực nhân viên	**Thái độ ứng viên**	**Ưu tiên hàng đầu**
Kinh nghiệm làm việc	1	0	0,5
Khả năng thích ứng	0,8	0,3	0
Kiến thức chuyên môn	1	0	0,5
Kỹ năng phục vụ công việc	0,6	0	0
Sự tự tin	0	1	0,4
Biết lắng nghe	0	1	0
Tinh thần cầu tiến	0,2	0,7	0
Sự học hỏi	0	0,6	0,6
Bằng cấp, chứng chỉ	0,5	0	1
Khả năng ngoại ngữ	0,5	0	1

Bảng 3. Đánh giá các ứng viên liên quan đến tiêu chí toàn cục bởi phép biến đổi tích phân, trọng lượng trung bình và trọng lượng lớn nhất.

	Tiêu chí toàn cục	Ứng viên			
		Đông	**Tây**	**Nam**	**Bắc**
h^{T_L}	Năng lực nhân viên	0,3	0,3	0,4	0,2
	Thái độ ứng viên	0,25	0,15	0,3	0,2
	Ưu tiên hàng đầu	0,2	0,15	0,4	0,2
h^{T_P}	Năng lực nhân viên	0,4	0,337	0,45	0,35
	Thái độ ứng viên	0,375	0,365	0,4	0,35
	Ưu tiên hàng đầu	0,36	0,3	0,45	0,35
h^{T_M}	Năng lực nhân viên	0,6	0,5	0,5	0,5
	Thái độ ứng viên	0,46	0,5	0,6	0,5
	Ưu tiên hàng đầu	0,5	0,5	0,6	0,5
h^{WA}	Năng lực nhân viên	0,591	0,545	0,669	0,608
	Thái độ ứng viên	0,707	0,681	0,518	0,571
	Ưu tiên hàng đầu	0,53	0,573	0,783	0,616
$h^{WA}_{\wedge}$	Năng lực nhân viên	0,6	0,8	0,9	0,8
	Thái độ ứng viên	0,9	0,9	0,6	0,8
	Ưu tiên hàng đầu	0,8	0,9	0,9	0,7

Bảng 4. Tổng hợp các hàm đánh giá ứng viên để xếp hạng cho ứng viên

Loại đánh giá	Ứng viên			
	Đông	**Tây**	**Nam**	**Bắc**
h^{T_L}	0,255	0,202	0,36	0,2
h^{T_P}	0,38	0,338	0,43	0,35
h^{T_M}	0,575	0,501	0,565	0,5
h^{WA}	0,622	0,606	0,637	0,595
$h_{\wedge}^{WA}$	0,77	0,865	0,78	0,775

5. KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày một kết quả về ứng dụng của phép biến đổi tích phân mờ cho bài toán lựa chọn đa tiêu chí. Trong đó, phép biến đổi tích phân mờ được xây dựng trên nền tảng tương ứng của tích phân mờ với phép nhân và được sử dụng như một hàm đánh giá tổng hợp cho các ứng viên. Thang đo đánh giá được sử dụng ở đây là tập lưới dư thứ tự tuyến tính đầy đủ. Phương pháp đề xuất được minh hoạ cụ thể bởi bài toán tuyển chọn nhân sự và sau đó các kết quả đạt được so sánh với các phương pháp đánh giá khác liên quan đến trọng lượng trung bình và trọng lượng lớn nhất. Phương pháp sử dụng hàm đánh giá bằng phép biến đổi tích phân mờ như là một hàm đánh giá định tính mở rộng, điều này sẽ trái ngược với phương pháp đánh giá định lượng truyền thống như trọng lượng trung bình, và nó tổng quát hơn phương pháp các toán tử OWA. Phương pháp tiếp cận này sẽ cung cấp nhiều hơn các tham số lựa chọn thay đổi trong quá trình đánh giá như: hạt nhân tích phân, không gian độ đo mờ, các phép toán trên tập lưới dư đầy đủ, hoặc ta có thể kết hợp hoán đổi các tham số này lại với nhau dẫn đến nhiều loại đánh giá định tính khác nhau. Do đó, phương pháp sẽ cung cấp thêm nhiều công cụ đánh giá hiệu quả cho người đưa ra quyết định.

Bảng 5. Sắp thứ tự kết quả đánh giá của từng phương pháp cho mỗi ứng viên

Loại đánh giá	Ứng viên			
	Đông	**Tây**	**Nam**	**Bắc**
h^{T_L}	0,255 (3)	0,202 (2)	0,36 (4)	0,2 (1)
h^{T_P}	0,38 (3)	0,338 (1)	0,43 (4)	0,35 (2)
h^{T_M}	0,575 (4)	0,501 (2)	0,565 (3)	0,5 (1)
h^{WA}	0,622 (3)	0,606 (2)	0,637 (4)	0,595 (1)
$h_{\wedge}^{WA}$	0,77 (1)	0,865 (4)	0,78 (3)	0,775 (2)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arfi, B. (2005). Fuzzy decision making in polities: a linguistic fuzzy set approach (LFSA). *Political Analysis* , *3*, 23–56. https://doi.org/10.1093/pan/mpi002

Bellman, E., & Zadeh, A. (1970). Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science, 17*, 141–164. https://doi.org/10.1287/mnsc.17.4.B141

Belohlavek, R. (2022). Fuzzy Relational Systems: Foundations and Principles. *Kluwer Academic Publishers*, New York. DOI:10.1007/978-1-4615-0633-1

Belton, V., & Steward, J. (2002). Multiple criteria decision analysis–An integrated approach. Kluwer Academic Publishers, Boston/ Dordrecht /London. DOI:10.1007/978-1-4615-1495-4

Dubois, D., & Prade, H. (1986). Weighted minimum and maximum operations in fuzzy set theory. *Information Sciences*, *39*(2), 205–210 (1986). https://doi.org/10.1016/0020-0255(86)90035-6

Dubois, D., Prade, H., & Rico, A.(2016). Residuated variants of {S}ugeno integrals: Towards new weighting schemes for qualitative aggregation methods. *Information Sciences*, *329*, 765–781. https://doi.org/10.1016/j.ins.2015.09.034

Dvorak, A., & Holcapek, M. (2009). L-fuzzy quantifiers of type <1> determined by fuzzy measures}measures}. *Fuzzy Sets and Systems*, *160*(23),3425–3452. https://doi.org/10.1016/j.fss.2009.05.010

Dvorak, A., & Holcapek, M. (2012). Fuzzy measures and integrals defined on algebras of fuzzy subsets over complete residuated lattices. Information Sciences, *185*(1), 205–229. DOI:10.1016/j.ins.2011.08.017

Fenton, N., & Wang, W. (2006). Risk and confidence analysis for fuzzy multicriteria decision making. Knowledge-Based Systems, *19*, 430–437. DOI:10.1016/j.knosys.2006.03.002

Gagolewski, M. (2015). Data fusion theory, methods, and applications. Institute of Computer Science, *Polish Academy of Sciences*, Warsaw. DOI:10.48550/arXiv.2208.01644

Herrera, F., Herrera-Viedma, E., & Verdegay, J.(1996). Direct approach processes in group decision making using linguistic owa operators. *Fuzzy Sets and Systems*, *79*, 175–190. https://doi.org/10.1016/0165-0114(95)00162-X

Holcapek, M., & Viec, B. (2020). Integral transforms on spaces of complete residuated lattice valued functions. *In: Proc. of IEEE World Congress on Computational Intelligence* (WCCI) 2020. pp 1–8. IEEE. DOI:10.1109/FUZZ48607.2020.9177783

Klement, E., Mesiar, R., & Pap, E. (2000). Triangular norms, Trends in Logic, vol.8. *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-9540-7

Perfilieva, I. (2006). Fuzzy transforms: Theory and applications. *Fuzzy Sets and Systems*, *157*(8), 993–1023. https://doi.org/10.1016/j.fss.2005.11.012

Srivastava, S. (1998). A Course on Borel Sets. Springer. https://doi.org/10.1007/b98956

Sugeno, M. (1974). Theory of Fuzzy Integrals and its Applications. *Ph.D. thesis*, Tokyo Institute of Technology.

Yager, R.(1988). On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, *18*(1), 183–190. https://doi.org/10.1109/21.87068

Yager, R. (1998). Fusion of ordinal information using weighted median aggregation. *International Journal of Approximate Reasoning, 18*, 35–52. https://doi.org/10.1016/S0888-613X(97)10003-2