

ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ



## LUẬN ÁN TIẾN SĨ

# TÍCH HỢP TRI THỨC SỬ DỤNG MÔ HÌNH XÁC SUẤT TRONG CÁC HỆ THỐNG THÔNG MINH

Ngành Công nghệ Thông tin

Chuyên ngành Hệ thống thông tin

Mã số : 9480101.01

Cán bộ hướng dẫn khoa học : - GS.TSKH Nguyễn Ngọc Thành

- TS Trần Trọng Hiếu

Người thực hiện :

- NCS. Nguyễn Văn Thâm

Hà Nội - 2020

# MỞ ĐẦU

## Cơ sở nghiên cứu

Tích hợp tri thức - THPTT (*Knowledge Integration*) hoặc (*Merging Knowledge*) là nhiệm vụ quan trọng khi ta muốn kết hợp một số hệ thống thông minh lại thành một hay để làm cho chúng có thể tương tác với nhau. THPTT là một nhiệm vụ khó khăn do sự không nhất quán của tri thức là khó xác định và giải quyết tính không nhất quán này cũng là một vấn đề phức tạp (thường là bài toán NP-Complete). Tuy nhiên, sự tương tác giữa các hệ thống thông minh không thể thực hiện được nếu không có khả năng tích hợp giữa các CSTT. Đây là một bài toán khó và có nhiều vấn đề cần giải quyết. THPTT là một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng trong quá trình xây dựng một hệ thống dựa trên tri thức - HTTT (Knowledge-base System). Vấn đề THPTT được phát biểu như sau :

*Cho một tập hợp các CSTT, các CSTT này có thể mâu thuẫn với nhau hoặc bản thân mỗi CSTT cũng tồn tại mâu thuẫn, làm thế nào để thu được một CSTT chung từ các CSTT đã cho ?*

## Động lực nghiên cứu

## Mục đích, đối tượng, phạm vi, phương pháp nghiên cứu

**Mục đích nghiên cứu :**

Mục đích nghiên cứu tổng quát của luận án là đề xuất

Mục đích 1 trả lời các câu hỏi nghiên cứu :

1. Làm sao để biểu diễn được tri thức dưới dạng mô hình xác suất ?

2. Làm sao để biết được một CSTT xác suất nhất quán hay không?

3. Một hệ thống thông minh dựa trên CSTT xác suất gồm những thành phần nào?

Mục đích 2 trả lời các câu hỏi nghiên cứu :

4. Làm sao để đo tính không nhất quán của một CSTT xác suất?

5. Làm sao để khôi phục được tính nhất quán của CSTT xác suất?

Mục đích 3 trả lời các câu hỏi nghiên cứu :

6. Làm sao có thể tích hợp được các CSTT xác suất thành một tri thức chung đại diện tốt nhất?

**Phạm vi nghiên cứu :** Với giải thiết tri thức sẽ được biểu diễn dưới dạng xác suất, phạm vi nghiên cứu của luận án là tập chung vào kỹ thuật biểu diễn tri thức, các phương pháp xử lý tính không nhất quán, các phương pháp THPT trong môi trường xác suất ; các kỹ thuật giải bài toán quy hoạch tuyến tính và bài toán tối ưu phi tuyến.

## Đóng góp của luận án

Luận án tham gia vào dòng nghiên cứu về vấn đề THPT trong các hệ thống thông minh trên thế giới và đạt được một số đóng góp sau đây :

(i) Đề xuất một kiến trúc xây dựng hệ thống thông minh dựa trên các CSTT xác suất và cung cấp một khảo sát khái quát về lĩnh vực nghiên cứu.

Các kết quả này được công bố trong công trình [NVTham7].

(ii) Đề xuất hai phương pháp khôi phục tính nhất quán Các đóng góp này được công bố trong công trình [NVTham1], [NVTham2], [NVTham3], [NVTham7].

(iii) Đề xuất hai phương pháp tích hợp các CSTT xác suất Các đóng góp này được công bố trong công trình [NVTham5].

## Cấu trúc luận án

Luận án “*Tích hợp tri thức sử dụng mô hình xác suất trong các hệ thống thông minh*” bao gồm 4 chương.

# Chương 1

## KIẾN THỨC CƠ SỞ

Chương này sẽ xem xét tìm câu trả lời cho câu hỏi nghiên cứu thứ 1 và thứ 2: "Làm sao để biểu diễn được tri thức dưới dạng mô hình xác suất?" và "Làm sao để biết được một CSTT xác suất nhất quán hay không?". Trong chương này, luận án sẽ trình bày về những kiến thức cơ sở được sử dụng trong các chương tiếp theo. Phần kiến thức cơ sở của luận án được trình bày trong các phần các khái niệm cơ bản trong các công trình [NVTham1-NVTham7].

### 1.1 Các phương pháp biểu diễn tri thức

### 1.2 Biểu diễn CSTT xác suất

#### 1.2.1 Sự kiện và xác suất

#### 1.2.2 Cơ sở tri thức xác suất

**Định nghĩa 1.1.** (Ràng buộc xác suất) Cho  $F, G \in E$  và  $\rho \in \mathbb{R}_{[0,1]}$ . Một RBXS là một biểu diễn dạng  $c[\rho]$ , trong đó  $c = (F | G)$ .

**Định nghĩa 1.2.** (Cơ sở tri thức xác suất) CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  là một tập hữu hạn các RBXS :  $\mathcal{K} = \{\kappa_1, \dots, \kappa_h\}$ , trong đó  $\kappa_i = c_i[\rho_i], \forall i = \overline{1, h}$ .

**Định nghĩa 1.3.** Hàm xác suất  $\mathcal{P} \in \widehat{\mathcal{P}}(E)$  thỏa mãn một RBXS  $(F | G)[\rho]$ , kí hiệu  $\mathcal{P} \models (F | G)[\rho]$ , nếu và chỉ nếu  $\mathcal{P}(FG) = \rho\mathcal{P}(G)$ .

### 1.3 Hàm khoảng cách

Phần này sẽ trình bày một số hàm khoảng cách và hàm phân kỳ sẽ được sử dụng để xây dựng bài toán tích hợp ở các phần sau.

### 1.4 Biểu diễn tính không nhất quán của CSTT xác suất

**Định nghĩa 1.4.** (*CSTT xác suất nhất quán*) Một CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  là nhất quán, kí hiệu  $\mathcal{K} \not\models \perp$ , nếu và chỉ nếu  $\mathcal{U}(\mathcal{K}) \neq \emptyset$ . Ngược lại,  $\mathcal{K}$  là không nhất quán, kí hiệu  $\mathcal{K} \models \perp$ .

**Định nghĩa 1.5.** (*Độ đo không nhất quán*) Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Độ đo không nhất quán  $\mathcal{I}$  của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$  là một hàm  $\mathcal{I} : \mathbb{K} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $\mathcal{I}(\mathcal{K}) = 0$  nếu và chỉ nếu  $\mathcal{U}(\mathcal{K}) \neq \emptyset$ ,  $\mathcal{K} \in \mathbb{K}$ .

### 1.5 Mô hình đặc trưng

**Định nghĩa 1.6.** (*Hàm chỉ - Indicate function*) Hàm chỉ tiêu  $\delta : \mathcal{Q} \times \Lambda(E) \rightarrow \mathbb{R}_{[0,1]}$  được định nghĩa như sau :

$$\delta(U, \Theta) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } \Theta \models U. \\ 0 & \text{ngược lại.} \end{cases} \quad (1.1)$$

### 1.6 Kết chương

Trong chương này, luận án đã trình bày tóm tắt các kiến thức nền được sử dụng trong các chương tiếp theo.

## Chương 2

# TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ TÍNH KHÔNG NHẤT QUÁN VÀ TÍCH HỢP TRI THỨC

Chương này tìm câu trả lời cho câu hỏi nghiên cứu thứ 3 : "*Một hệ thống thông minh dựa trên CSTT xác suất gồm những thành phần nào ?*". Tổng quan về xử lý tính không nhất quán và tích hợp tri thức được trình bày trong các phần giới thiệu và phần các công trình liên quan trong các công trình [NVTham1-NVTham7].

### 2.1 Hệ thống tích hợp tri thức

Phần này sẽ tổng kết các hệ thống thông minh (hệ chuyên gia) được xây dựng dựa vào cách biểu diễn của CSTT trong hệ thống.

### 2.2 Xử lý tính không nhất quán

#### 2.2.1 Bài toán xử lý tính không nhất quán

#### 2.2.2 Độ đo không nhất quán

Độ đo không nhất quán là một trong các cách tiếp cận được sử dụng để giải quyết tính không nhất quán của CSTT. Độ đo không nhất quán của một CSTT là một số thực không âm với nghĩa ý là giá trị này càng lớn thì

tính không nhất quán trong cơ sở tri thức càng cao, với giá trị bằng không nghĩa là CSTT là nhất quán.

Độ đo không nhất quán cho mô hình lôgic.

Độ đo không nhất quán cho mô hình lôgic-xác suất.

Độ đo không nhất quán cho mô hình xác suất.

### 2.2.3 Các phương pháp xử lý tính không nhất quán

Phương pháp loại bỏ công thức

Phương pháp thay đổi công thức hay thay đổi định tính - (*Qualitative modification*)

Phương pháp thay đổi xác suất hay thay đổi định lượng (*quantitative modification*)

## 2.3 Tích hợp tri thức

### 2.3.1 Bài toán tích hợp tri thức

Bài toán THPT trong môi trường xác suất được định nghĩa như sau : Cho một hồ sơ TTXS  $\mathcal{R}$ . Cần xác định một CSTT xác suất chung  $\mathcal{K}^*$  là đại diện tốt nhất cho tập các CSTT xác suất đã cho. Cơ sở TTXS  $\mathcal{K}^*$  được gọi là tri thức được tích hợp từ hồ sơ tri thức  $\mathcal{R}$ .

### 2.3.2 Các mô hình tích hợp tri thức

Mô hình THPT dạng Lôgic

Mô hình THPT thông qua đàm phán hay tranh luận.

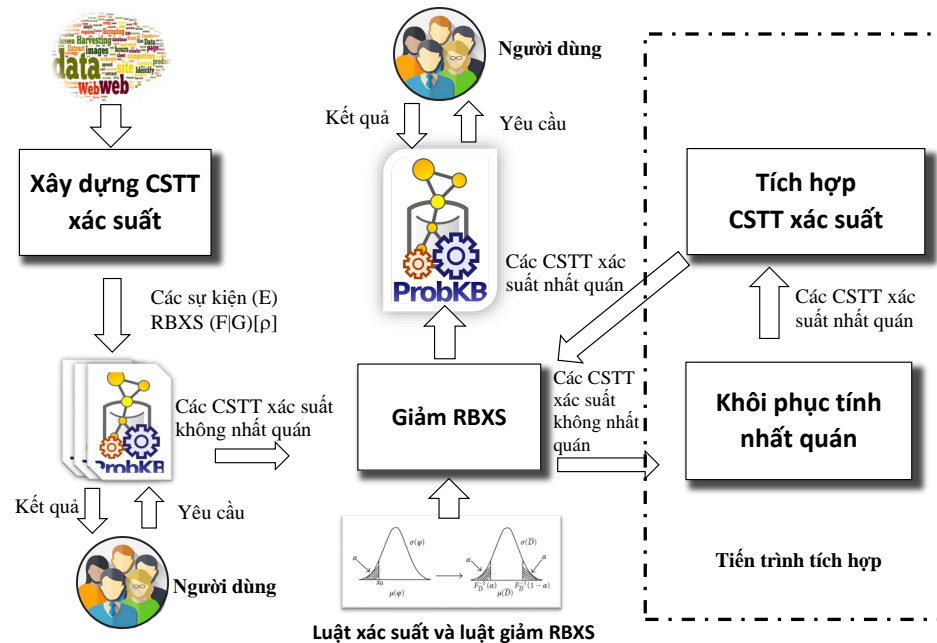
Mô hình tích hợp và duyệt lặp

Mô hình THPT dạng Lôgic-Xác suất

Mô hình THPT dạng xác suất

## 2.4 Hệ thống tích hợp dựa trên tri thức xác suất

Luận án đề xuất một HTTT xác suất như sau :



Hình 2.1: Kiến trúc của TTTH xác suất.

## 2.5 Kết chương

Trong chương này, luận án đã tổng hợp : Các cách tiếp cận để xây dựng một hệ thống THTT như mô hình mạng Markov, mô hình mạng Bayes, hệ chuyên gia dựa trên luật, hệ chuyên gia dựa trên xác suất ; các phương pháp xử lý tính không nhất quán cho mô hình logic, logic-xác suất, xác suất như phương pháp loại bỏ công thức, phương pháp thay đổi công thức, phương pháp thay đổi xác suất ; các mô hình tích hợp tri thức : logic, tích hợp và duyệt lặp, xác suất. Dựa trên mô hình tích hợp đã có, luận án trình bày một kiến trúc để xây dựng một hệ thống tích hợp dựa trên CSTT xác suất, các giai đoạn chính của tiến trình tích hợp các CSTT xác suất và so sánh giữa hệ thống THTT đã có với hệ thống THTT đề xuất. Cơ sở lý thuyết và mô hình của giai đoạn khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất được trình bày chi tiết trong Chương 3. Cơ sở lý thuyết và mô hình của giai đoạn tích hợp các CSTT xác suất được trình bày chi tiết trong Chương 4.



## Chương 3

# PHƯƠNG PHÁP KHÔI PHỤC TÍNH NHẤT QUÁN TRONG CƠ SỞ TRI THỨC XÁC SUẤT

Chương này tìm câu trả lời cho các câu hỏi nghiên cứu thứ 4 và thứ 5 : "*Làm sao để đo tính không nhất quán của một CSTT xác suất ?*" và "*Làm sao để khôi phục được tính nhất quán của CSTT xác suất ?*". Các độ đo không nhất quán cho mô hình xác suất trên tập các sự kiện mà đã được công bố trong các công trình [NVTham1, NVTham2, NVTham3]. Giải pháp cho bài toán khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất được công bố trong các công trình [NVTham2, NVTham3, NVTham7].

### 3.1 Các độ đo không nhất quán của CSTT xác suất

#### 3.1.1 Các tính chất của các độ đo không nhất quán

Mức độ đo không nhất quán của một CSTT được xác định bằng cách sử dụng các độ đo không nhất. Do đó, việc xác định các tính chất mà các độ đo không nhất quán nên thỏa mãn là rất quan trọng. Điều này đảm bảo tính tin cậy và tính chính xác của các độ đo không nhất quán.

#### 3.1.2 Lớp độ đo không nhất quán cơ sở

Phần này xem xét một lớp các độ đo không nhất quán được đề xuất trong mô hình logic cổ điển, logic xác suất và thay đổi chúng cho phù hợp

với mô hình xác suất.

### 3.1.3 Độ đo không nhất quán dựa theo chuẩn

**Định nghĩa 3.1.** (Độ đo không nhất quán dựa theo chuẩn). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Độ đo không nhất quán dựa theo  $p$ -Norm ( $p \geq 1$ ) của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$  được định nghĩa như sau :

$$\mathcal{I}_E^p(\mathcal{K}) = \min \{ d^p(\mathcal{K}) \mid A_{\mathcal{K}}^E \mathcal{P} = \vec{z} \} \quad (3.1)$$

**Định lý 3.1.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}) = \|A_{\mathcal{K}}^E \cdot \vec{\omega}\|_p$ . Độ đo không nhất quán  $\mathcal{I}_E^p$  theo  $p$ -Norm ( $p > 1$  và  $p \neq \infty$ ) của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$  là giá trị tối ưu  $f^*$  của bài toán tối ưu sau :

$$\min f(\vec{\omega}) \quad (3.2)$$

với các ràng buộc  $\vec{\omega} \in C_p$

Trong đó,  $C_p = \left\{ \vec{\omega} \in \mathbb{R}^{h_E} \mid \sum_{i=1}^{h_E} \omega_i = 1, \vec{\omega} \geq \vec{0} \right\}$  là tập các ràng buộc của bài toán tính độ đo không nhất quán theo  $p$ -Norm.

**Định lý 3.2.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E + \bar{b}_{\mathcal{K}}} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}, \vec{\lambda}) = \sum_{i=1}^{\bar{b}_{\mathcal{K}}} \lambda_i$ . Độ đo không nhất quán  $\mathcal{I}_E^1$  theo 1-Norm của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$  là giá trị tối ưu  $f^*$  của bài toán quy hoạch tuyến tính sau :

$$\min f(\vec{\omega}, \vec{\lambda}) \quad (3.3)$$

với các ràng buộc  $(\vec{\omega}, \vec{\lambda}) \in C_1$

Trong đó,

$C_1 = \left\{ (\vec{\omega}, \vec{\lambda}) \in \mathbb{R}^{h_E + \bar{b}_{\mathcal{K}}} \mid A_{\mathcal{K}}^E \cdot \vec{\omega} - \vec{\lambda} \leq \vec{0}, A_{\mathcal{K}}^E \cdot \vec{\omega} + \vec{\lambda} \geq \vec{0}, \sum_{i=1}^{h_E} \omega_i = 1, \vec{\omega} \geq \vec{0}, \vec{\lambda} \geq \vec{0} \right\}$  là tập các ràng buộc của bài toán tính độ đo không nhất quán theo 1-Norm.

**Định lý 3.3.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E + 1} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}, \lambda) = \lambda$ . Độ đo không nhất quán  $\mathcal{I}_E^\infty$  theo  $\infty$ -Norm của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$  là giá trị tối ưu  $f^*$  của bài toán quy hoạch tuyến tính sau :

$$\min f(\vec{\omega}, \lambda) \quad (3.4)$$

với các ràng buộc  $(\vec{\omega}, \lambda) \in C_\infty$

Trong đó,

$$C_\infty = \left\{ (\vec{\omega}, \vec{\lambda}) \in \mathbb{R}^{h_E+1} \mid A_{\mathcal{K}}^E \cdot \vec{\omega} - \vec{1} \lambda \leq \vec{0}, A_{\mathcal{K}}^E \cdot \vec{\omega} + \vec{1} \lambda \geq \vec{0}, \sum_{i=1}^{h_E} \omega_i = 1, \vec{\omega} \geq \vec{0}, \lambda \geq 0 \right\}$$

là tập các ràng buộc của bài toán tính độ đo không nhất quán theo  $\infty$ -Norm.

### 3.1.4 Độ đo không nhất quán phi chuẩn

Phần này giới thiệu độ đo không nhất quán phi chuẩn của một CSTT xác suất được xét trên tập các sự kiện  $E$  trong hồ sơ TTSX  $\mathcal{R}$ .

**Định nghĩa 3.2.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E+2\bar{b}_{\mathcal{K}}} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}, \vec{\Delta}) = \sum_{i=1}^{\bar{b}_{\mathcal{K}}} (\ell_i + \zeta_i)$ . Độ đo không nhất quán phi chuẩn  $\mathcal{I}_E^u$  của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$  là lời giải của bài toán tối ưu sau :

$$\min f(\vec{\omega}, \vec{\Delta}) \quad (3.5)$$

với các ràng buộc là  $(\vec{\omega}, \vec{\Delta}) \in C_u$

Trong đó,  $\vec{\Delta} = (\vec{\ell}, \vec{\zeta}) = (\ell_1, \dots, \ell_{\bar{b}_{\mathcal{K}}}, \zeta_1, \dots, \zeta_{\bar{b}_{\mathcal{K}}})$ ,

$\Upsilon = C_{\mathcal{K}}^{E,+} \vec{\omega} + (\vec{\rho} + \vec{\ell} - \vec{\zeta}) C_{\mathcal{K}}^{E,-} \vec{\omega}$  và

$$C_u = \left\{ (\vec{\omega}, \vec{\Delta}) \in \mathbb{R}^{h_E \times 2\bar{b}_{\mathcal{K}}} \mid \bar{A}_{\mathcal{K}} \cdot \vec{\Delta}^\top \leq \vec{1} - \vec{\rho}, \bar{A}_{\mathcal{K}} \cdot \vec{\Delta}^\top \geq -\vec{\rho}, \sum_{i=1}^{h_E} \omega_i = 1, \vec{\omega} \geq \vec{0}, \Upsilon = 0 \right\}$$

là tập các ràng buộc của bài toán tính độ đo không nhất quán phi chuẩn.

**Định lý 3.4.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX và  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Độ đo  $\mathcal{I}_{\mathcal{K}}^u$  là một độ đo không nhất quán của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$ .

## 3.2 Khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất

Đảm bảo tính nhất quán của các hệ thống tri thức luôn là một trong các yêu cầu thiết yếu bởi vì nếu tính nhất quán không được đảm bảo thì hầu hết các hệ thống này trở lên vô ích. Bởi vì tầm quan trọng đó, rất nhiều các nghiên cứu đã quan tâm đến việc khôi phục tính nhất quán trong các hệ thống tri thức. Các cách tiếp cận chính để khôi phục tính nhất quán của một CSTT xác suất là : Loại bỏ công thức, thay đổi công thức, thay đổi xác suất. Tuy nhiên, các phương pháp này mới chỉ dừng lại ở việc xử lý các tri thức trên mô hình logic và logic xác suất.

### 3.2.1 Mô hình khôi phục tính nhất quán

Trước hết, một số khái niệm sẽ được trình bày để làm cơ sở cho việc xây dựng mô hình khôi phục tính nhất quán và mô hình tích hợp tri thức.

**Định nghĩa 3.3.** Đặt  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTXS,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  và  $\mathcal{K} \not\models \perp$ . Hàm  $\varphi_{\mathcal{K}}^E : \mathbb{P}^{h_E} \rightarrow \mathbb{K}$  được gọi là hàm suy diễn dựa trên luật xác suất của  $\mathcal{K}$  trên  $E$  nếu tồn tại  $\vec{p} \in \mathbb{P}^{h_E}$  sao cho  $\varphi_{\mathcal{K}}^E(\vec{p}) = \mathcal{K}$ .

**Định nghĩa 3.4.** Đặt  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTXS,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Một véctơ xác suất của  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là  $\vec{\sigma}_{\mathcal{K}}^E = (\mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_1), \dots, \mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_{h_E}))$  nếu và chỉ nếu thỏa mãn điều kiện  $\sum_{i=1}^{h_E} \mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_i) = 1$

**Định nghĩa 3.5.** Đặt  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTXS,  $\mathcal{K} = \{(F_1 | G_1)[\rho_1], \dots, (F_{\bar{b}_{\mathcal{K}}} | G_{\bar{b}_{\mathcal{K}}})[\rho_{\bar{b}_{\mathcal{K}}}] \} \in \mathcal{B}$  và  $\mathcal{K} \models \perp$ . Một véctơ xác suất khôi phục thỏa mãn của  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là  $\vec{\sigma}_{\mathcal{K}}^E = (\mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_1), \dots, \mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_{h_E}))$  nếu và chỉ nếu thỏa mãn các điều kiện sau đây :

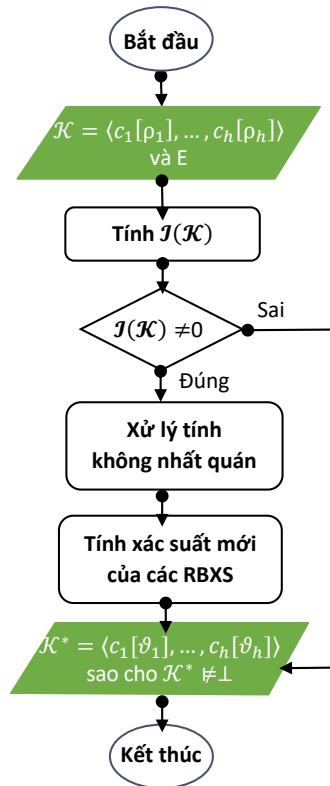
- (i)  $\sum_{i=1}^{h_E} \mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_i) = 1$
- (ii)  $\exists \mathcal{K}^* = \varphi_{\mathcal{K}^*}(\vec{\sigma}_{\mathcal{K}}^E) = \{(F_1 | G_1)[\rho_1^*], \dots, (F_{\bar{b}_{\mathcal{K}}} | G_{\bar{b}_{\mathcal{K}}})[\rho_{\bar{b}_{\mathcal{K}}}^*]\}$  sao cho  $\mathcal{K}^* \not\models \perp$

Định nghĩa 3.5 chỉ ra rằng từ một véctơ xác suất khôi phục thỏa mãn của một CSTT xác suất thì có thể tìm được một CSTT xác suất nhất quán bằng cách sử dụng các luật xác suất từ Định lý ??.

Bài toán khôi phục tính nhất quán được định nghĩa như sau :

- (1) **Đầu vào :** CSTT  $\mathcal{K} = \{(c_1)[\rho_1], \dots, (c_h)[\rho_h]\}$  và tập các sự kiện  $E$
- (2) **Đầu ra :**  $\mathcal{K}^* = \{(c_1)[\vartheta_1], \dots, (c_h)[\vartheta_h]\}$  sao cho  $\mathcal{K}^* \not\models \perp$  .
- (3) **Phạm vi bài toán :** Cơ sở TTXS được biểu diễn bằng các RBXS.
- (4) **Tiến trình khôi phục :**
  - **Bước 1 :** Tính độ đo không nhất quán. Nếu độ đo không nhất quán bằng 0 thì dừng. Ngược lại chuyển bước 2.
  - **Bước 2 :** Xử lý tính không nhất quán.
  - **Bước 3 :** Tính xác suất mới cho mỗi RBXS bằng cách dùng toán tử khôi phục tính nhất quán.

Mô hình tổng quát khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất được đề xuất như Hình 3.1



Hình 3.1: Mô hình tổng quát khôi phục tính nhất quán

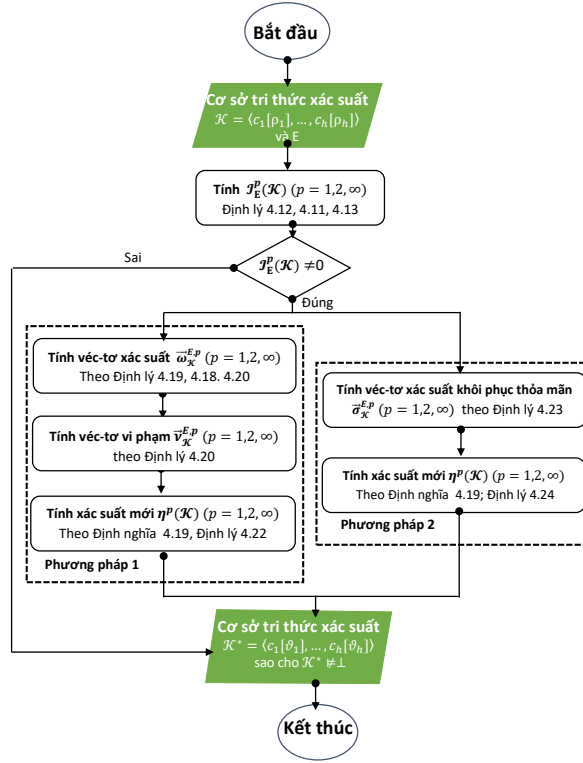
### 3.2.2 Các tính chất của toán tử khôi phục tính nhất quán

Toán tử khôi phục tính nhất quán là một hàm ánh xạ từ một CSTT có thể không nhất quán thành một CSTT nhất quán. Toán tử khôi phục tính nhất quán nên thỏa mãn một số các tính chất để đặc trưng cho nó. Trong phần này, luận án trình bày một số toán tử khôi phục tính nhất quán và các tính chất logic kỳ vọng được dùng để xử lý tính không nhất quán xuất hiện trong CSTT xác suất.

### 3.2.3 Lớp các toán tử khôi phục tính nhất quán

#### 3.2.3.1 Lớp toán tử khôi phục tính nhất quán dựa theo chuẩn

Mô hình khôi phục tính nhất quán dựa theo chuẩn của CSTT xác suất được đề xuất như Hình 3.2.



Hình 3.2: Mô hình khôi phục tính nhất quán dựa theo chuẩn

**Định nghĩa 3.6.** (Toán tử khôi phục tính nhất quán  $p$ -Norm). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  và  $\bar{\mathcal{P}} \in \bar{\sigma}_{\mathcal{K}}^E$ . Toán tử khôi phục tính nhất quán  $\eta^p : \mathbb{K} \rightarrow \mathbb{K}$  theo  $p$ -Norm ( $p \geq 1$ ) của  $\mathcal{K}$  được định nghĩa như sau :

$$\eta^p(\mathcal{K}) = \partial_{\mathcal{K}}(\vec{\vartheta}) \quad (3.6)$$

trong đó,  $\vec{\vartheta} = (\vartheta_1, \dots, \vartheta_{b_{\mathcal{K}}})$  với

$$\vartheta_i = \begin{cases} \bar{\mathcal{P}}(F_i | G_i), & \text{nếu } \bar{\mathcal{P}}(G_i) > 0. \\ \rho_i, & \text{ngược lại.} \end{cases} \quad (3.7)$$

### 1) Phương pháp 1

Phần tiếp theo sẽ trình bày các Định lý làm cơ sở để xây dựng mô hình khôi phục theo Phương pháp 1 trong Hình 3.2

**Định lý 3.5.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX và  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}) = \|A_{\mathcal{K}}^E \vec{\omega}\|_p$ . Xét bài toán tối ưu :

$$\arg \min f(\vec{\omega}) \quad (3.8)$$

với các ràng buộc  $\vec{\omega} \in C_p$ .

Bài toán (3.8) luôn tồn tại lời giải tối ưu  $\vec{\omega}^*$ . Đồng thời,  $\vec{\omega}^*$  là một vectơ xác suất của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$ .

Ta gọi vectơ xác suất  $\vec{\omega}^*$  là lời giải của Bài toán (3.8) là vectơ xác suất theo  $p$ -Norm ( $p > 1$  và  $p \neq \infty$ ) của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$ , được kí hiệu là  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,p}$ .

**Định lý 3.6.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX và  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E + \bar{b}_{\mathcal{K}}} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}, \vec{\lambda}) = \sum_{i=1}^{\bar{b}_{\mathcal{K}}} \lambda_i$ . Xét bài toán quy hoạch tuyến tính :

$$\arg \min f(\vec{\omega}, \vec{\lambda}) \quad (3.9)$$

với các ràng buộc  $(\vec{\omega}, \vec{\lambda}) \in C_1$

Bài toán (3.9) luôn tồn tại lời giải tối ưu  $\vec{\omega}^*$ . Đồng thời,  $\vec{\omega}^*$  là một vectơ xác suất của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$ .

Ta gọi vectơ xác suất  $\vec{\omega}^*$  là lời giải của Bài toán (3.9) là vectơ xác suất theo 1-Norm của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$ , được kí hiệu là  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,1}$ .

**Định lý 3.7.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX và  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E + 1} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}, \lambda) = \lambda$ . Xét bài toán quy hoạch tuyến tính :

$$\arg \min f(\vec{\omega}, \lambda) \quad (3.10)$$

với các ràng buộc  $(\vec{\omega}, \lambda) \in C_{\infty}$ .

Bài toán (3.10) luôn tồn tại lời giải tối ưu  $\vec{\omega}^*$ . Đồng thời,  $\vec{\omega}^*$  là một vectơ xác suất của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$ .

Ta gọi vectơ xác suất  $\vec{\omega}^*$  là lời giải của Bài toán (3.9) là vectơ xác suất theo  $\infty$ -Norm của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$ , được kí hiệu là  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,\infty}$ .

**Định lý 3.8.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Toán tử khôi phục tính nhất quán  $\eta^p$  theo  $p$ -Norm ( $p \geq 1$ ) của  $\mathcal{K}$  được xác định theo Công thức (3.6). Trong đó,  $\vec{v}$  tương ứng với lời giải  $\vec{x}^{p*}$  của bài toán tối ưu không ràng buộc sau :

$$\arg \min_{(\vec{x}, y) \in \mathbb{R}^{\bar{b}_{\mathcal{K}} + 1}} \sum_{j=1}^{h_E} (\vec{\alpha}_{\mathcal{K}}^E(\vec{x}, y))_j - \vec{x}^{\top} \vec{v}_{\mathcal{K}}^p - y \quad (3.11)$$

## 2) Phương pháp 2

Phần tiếp theo sẽ trình bày các định lý làm cơ sở để xây dựng mô hình khôi phục theo Phương pháp 2 trong Hình 3.2

**Định lý 3.9.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ ,  $\epsilon^p$  độ đo không nhất quán của  $\mathcal{K}$  theo  $p$ -Norm ( $p \geq 1$ ) và  $\vec{z}_{\mathcal{K}}^E = (z_1, \dots, z_{\bar{b}_{\mathcal{K}}})^\top$  là vectơ xác suất đối xứng cân bằng của  $\mathcal{K}$ . Đặt  $g : \mathbb{R}^{\bar{h}_E + \bar{b}_{\mathcal{K}}} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $g(\vec{x}, \vec{y}) = \sum_{j=1}^{\bar{h}_E} x_j \cdot \log(x_j)$ . Vectơ xác suất khôi phục thỏa mãn  $\vec{\sigma}_{\mathcal{K}}^{E,p}$  theo  $p$ -Norm của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  tương ứng với lời giải  $\vec{x}^{p*}$  là một phần lời giải của bài toán tối ưu phi tuyến sau :

$$\min g(\vec{x}, \vec{y}) \quad (3.12)$$

với các ràng buộc  $(\vec{x}, \vec{y}) \in C_r$

Trong đó,

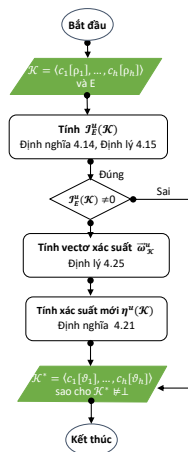
$$C_r = \left\{ (\vec{x}, \vec{y}) \in \mathbb{R}^{\bar{h}_E + \bar{b}_{\mathcal{K}}} \mid C_{\mathcal{K}}^{E,+} \cdot \vec{x} = \vec{y} + \vec{z}_{\mathcal{K}}^E, \sum_{j=1}^{\bar{h}_E} x_j = 1, \sum_{i=1}^{\bar{b}_{\mathcal{K}}} y_i = \epsilon^p, \vec{x} \geq \vec{0}, \vec{y} \geq \vec{0} \right\}$$

là một tập các ràng buộc cho bài toán khôi phục tính nhất quán.

**Định lý 3.10.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Nếu tồn tại vectơ xác suất khôi phục thỏa mãn  $\vec{\sigma}_{\mathcal{K}}^{E,p}$  của  $\mathcal{K}$  thì toán tử khôi phục tính nhất quán  $\eta^p$  theo  $p$ -Norm ( $p \geq 1$ ) của  $\mathcal{K}$  được xác định như sau :

$$\eta^p(\mathcal{K}) = \varphi_{\mathcal{K}'}^E(\vec{\sigma}_{\mathcal{K}}^{E,p}) = \mathcal{K}' \quad (3.13)$$

### 3.2.3.2 Toán tử khôi phục tính nhất quán phi chuẩn



Hình 3.3: Mô hình khôi phục tính nhất quán phi chuẩn



**Định lý 3.11.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Đặt  $f : \mathbb{R}^{h_E + 2\bar{b}_K} \rightarrow \mathbb{R}^*$  sao cho  $f(\vec{\omega}, \vec{\Delta}) = \sum_{i=1}^{\bar{b}_K} (\ell_i + \zeta_i)$ . Xét bài toán tối ưu :

$$\arg \min f(\vec{\omega}, \vec{\Delta}) \quad (3.14)$$

với các ràng buộc là  $(\vec{\omega}, \vec{\Delta}) \in C_u$

Bài toán (3.14) luôn tồn tại lời giải tối ưu  $\vec{\omega}^*$ . Đồng thời,  $\vec{\omega}^*$  là một véctơ xác suất của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  trên  $E$ .

Ta gọi véctơ xác suất  $\vec{\omega}^*$  là lời giải của Bài toán (3.14) là véctơ xác suất phi chuẩn của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$ , được kí hiệu là  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,u}$ .

**Định nghĩa 3.7.** (Toán tử khôi phục tính nhất quán phi chuẩn). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX. Toán tử khôi phục tính nhất quán phi chuẩn  $\eta^u : \mathbb{K} \rightarrow \mathbb{K}$  của  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  được định nghĩa như sau :

$$\eta^u(\mathcal{K}) = \partial_{\mathcal{K}}(\vec{\vartheta}) \quad (3.15)$$

trong đó  $\vec{\vartheta} = (\vartheta_1, \dots, \vartheta_{\bar{b}_K})$  với  $\vartheta_i = |\rho_i + \ell_i^* - \zeta_i^*|$  mà  $\ell_i^*, \zeta_i^* \in \vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,u}$ .

### 3.3 Véctơ xác suất thỏa mãn của CSTT xác suất

Phần này trình bày khái niệm về các véctơ xác suất thỏa mãn của CSTT xác suất và các tính chất liên quan của nó. Chúng là đầu vào của tiến trình tích hợp sẽ được trình bày trong Chương 4

**Định nghĩa 3.8.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$  và  $\mathcal{K} \not\perp$ . Một véctơ xác suất thỏa mãn của  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^E = (\mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_1), \dots, \mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_{h_E}))$  sao cho  $\sum_{i=1}^{h_E} \mathcal{P}_{\mathcal{K}}(\Theta_i) = 1$  và  $\mathcal{K} = \varphi_{\mathcal{K}}^E(\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^E)$ .

**Định lý 3.12.** (Véctơ xác suất thỏa mãn theo  $p$ -Norm). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Nếu  $\mathcal{K} \not\perp$  thì véctơ xác suất  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,p}$  theo  $p$ -Norm ( $p > 1$  và  $p \neq \infty$ ) của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là véctơ xác suất thỏa mãn.

**Định lý 3.13.** (Véctơ xác suất thỏa mãn theo 1-Norm). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Nếu  $\mathcal{K} \not\perp$  thì véctơ xác suất  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,1}$  theo 1-Norm của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là véctơ xác suất thỏa mãn.

**Định lý 3.14.** (Véctơ xác suất thỏa mãn theo  $\infty$ -Norm). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Nếu  $\mathcal{K} \not\perp$  thì véctơ xác suất  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,\infty}$  theo  $\infty$ -Norm của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là véctơ xác suất thỏa mãn.

**Định lý 3.15.** (Vectơ xác suất thỏa mãn phi chuẩn). Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTSX,  $\mathcal{K} \in \mathcal{B}$ . Nếu  $\mathcal{K} \not\perp$  thì vectơ xác suất  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}}^{E,u}$  phi chuẩn của CSTT xác suất  $\mathcal{K}$  trên  $E$  là vectơ xác suất thỏa mãn.

### 3.4 Các thuật toán

Thuật toán tìm vectơ xác suất thỏa mãn của CSTT xác suất, tính giá trị xác suất của các RBXS trong CSTT xác suất, Khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất

### 3.5 Kết chương

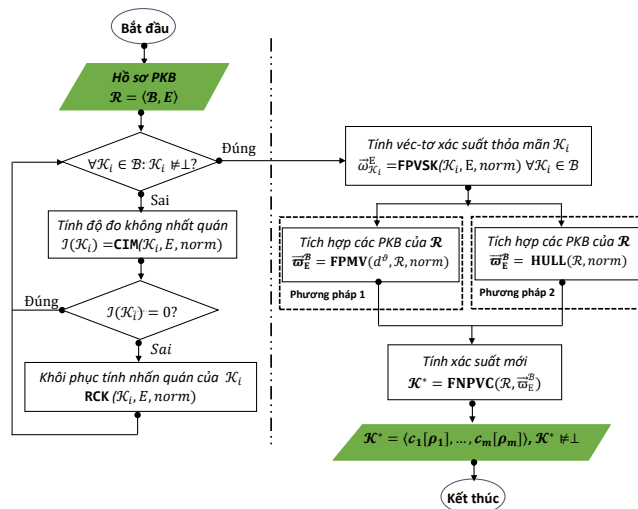
Trong chương này, luận án đã trình bày một lớp các độ đo không nhất quán cho CSTT xác suất. Dựa các trên mô hình này, luận án đề xuất các thuật toán và đánh giá độ phức tạp của chúng bằng các chứng minh toán học : Thuật toán tính độ đo không nhất quán, thuật toán tìm vectơ xác suất thỏa mãn của CSTT xác suất, thuật toán tính giá trị xác suất của các ràng buộc trong CSTT xác suất. Các thuật toán này là cơ sở để xây dựng thuật toán khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất. Các định nghĩa, định lý về độ đo không nhất quán theo chuẩn, phi chuẩn ; về vectơ xác suất thỏa mãn của CSTT xác suất ; về toán tử khôi phục ; về vectơ khôi phục ; và thuật toán tương ứng được đề xuất trong Chương 3 là nền tảng để xây dựng mô hình và các thuật toán tích hợp sẽ được trình bày chi tiết trong Chương 4.

## Chương 4

# PHƯƠNG PHÁP TÍCH HỢP CÁC CƠ SỞ TRI THỨC XÁC SUẤT

Chương này tìm câu trả lời câu hỏi nghiên cứu thứ 6 : "Làm sao có thể tích hợp được các CSTT xác suất thành một tri thức chung là đại diện tốt nhất?". Giải pháp cho bài toán tích hợp các CSTT xác suất được công bố trong các công trình [NVTham4, NVTham5, NVTham6, NVTham7].

### 4.1 Phương pháp tích hợp các CSTT xác suất dựa trên khoảng cách



**Hình 4.1:** Mô hình tổng quát tích hợp các CSTT xác suất dựa theo khoảng cách

### 4.1.1 Các tính chất của toán tử tích hợp TTXS dựa trên khoảng cách

#### 4.1.2 Lớp các bài toán tích hợp dựa trên khoảng cách

**Định nghĩa 4.1.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  một hồ sơ TTXS. Một véctơ tích hợp xác suất của  $\mathcal{R}$  trên  $E$  là  $\vec{\omega}_{\mathcal{B}}^E = (\mathcal{P}(\Theta_1), \dots, \mathcal{P}(\Theta_{h_E}))$  sao cho  $\sum_{i=1}^{h_E} \mathcal{P}(\Theta_i) = 1$ .

**Định nghĩa 4.2.** Cho  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  một hồ sơ TTXS. Một hàm tích hợp xác suất của  $\mathcal{R}$  trên  $E$  là một ánh xạ  $f : \mathbb{P}^{h_E} \rightarrow \mathbb{R}_{[0,1]}$  sao cho  $\forall \mathcal{K}_i \in \mathcal{B} : \mathcal{K}_i \not\perp \perp$  và  $\vec{\omega}_{\mathcal{K}_i}^E$  là véctơ xác suất thỏa mãn  $\mathcal{K}_i$  :

$$f^\vartheta(\vec{y}) = \sum_{i=1}^{h_{\mathcal{B}}} d_i^\vartheta(\vec{\omega}_{\mathcal{K}_i}^E, \vec{y}) \quad (4.1)$$

trong đó  $d_i^\vartheta(\vec{\omega}_{\mathcal{K}_i}^E, \vec{y})$  là một hàm KCPK từ  $\mathcal{K}_i$  đến  $\vec{y}$ .

**Định lý 4.1.** Đặt  $f^\vartheta : \mathbb{P}^{h_E} \rightarrow \mathbb{R}_{[0,1]}$  là một hàm tích hợp xác suất của  $\mathcal{R}$  trên  $E$ . Véctơ tích hợp xác suất  $\vec{\omega}_{\mathcal{B}}^E$  của  $\mathcal{R}$  trên  $E$  là lời giải  $\vec{y}^{\vartheta*}$  của bài toán tối ưu phi tuyến sau :

$$\arg \min f^\vartheta(\vec{y}) \quad (4.2)$$

với các ràng buộc  $\vec{y} \in C_m$

Trong đó,

$C_m = \left\{ \vec{y} \in \mathbb{P}^{h_E} \mid \sum_{j=1}^{h_E} y_j = 1, y_j \geq 0 \forall j = \overline{1, h_E} \right\}$  là tập các ràng buộc của bài toán tích hợp tri thức.

**Định lý 4.2.** Đặt  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTXS sao cho  $\forall \mathcal{K}_i \in \mathcal{B} : \mathcal{K}_i \not\perp \perp$ . Nếu tồn tại một véctơ tích hợp xác suất  $\vec{\omega}_{\mathcal{B}}^E$  thì sau tiến trình tích hợp sẽ tồn tại một CSTT xác suất  $\mathcal{K} = \varphi_{\mathcal{K}}^E(\vec{\omega}_{\mathcal{B}}^E)$  sao cho  $\mathcal{K} \not\perp \perp$ .

### 4.1.3 Lớp toán tử tích hợp TTXS dựa trên khoảng cách

#### 4.1.3.1 Lớp toán tử tích hợp TTXS $\Gamma^\vartheta$

**Định nghĩa 4.3.** Đặt  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTXS. Toán tử tích hợp TTXS  $\Gamma : \mathcal{B} \rightarrow \mathbb{P}^{h_E}$  của  $\mathcal{B}$  theo hàm KCPK  $d^\vartheta$  được định nghĩa như sau :

$$\Gamma^\vartheta(\mathcal{B}) = \vec{\omega}_{\mathcal{B}}^E \quad (4.3)$$

### 4.1.3.2 Toán tử tích hợp TTXS $\Gamma^{HU}$

**Định lý 4.3.** Đặt  $\mathcal{R} = \langle \mathcal{B}, E \rangle$  là một hồ sơ TTXS và  $\mathcal{B} = \{\mathcal{K}_1, \dots, \mathcal{K}_{h_B}\}$ . Cho  $\hat{A}_B = \left( (\vec{\omega}_{\mathcal{K}_1}^E)^T, \dots, (\vec{\omega}_{\mathcal{K}_{h_B}}^E)^T \right)$  là một ma trận hồ sơ. Khi đó sẽ tồn tại  $\lambda_i \in [0, 1]$  các số thực dương với  $\sum_{i=1}^{h_B} \lambda_i = 1$  sao cho

$$\vec{y}_B^{HU} = \hat{A}_B \vec{\lambda} \quad (4.4)$$

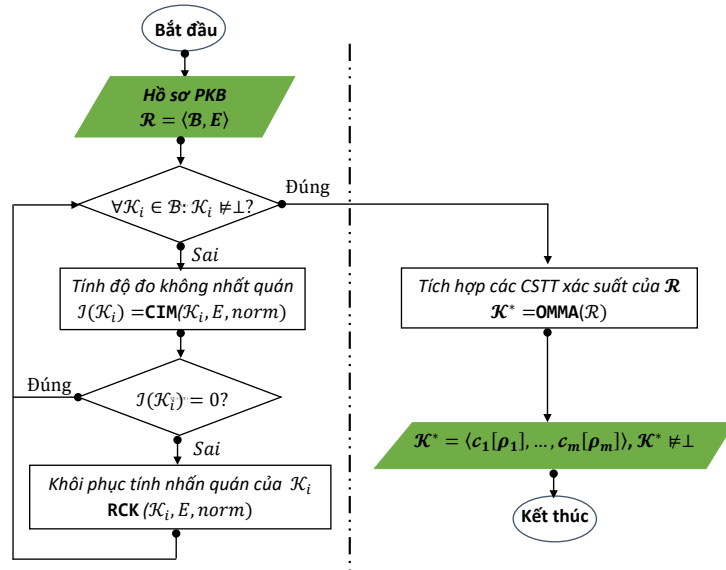
trong đó  $\vec{\lambda} = (\lambda_1, \dots, \lambda_{h_B})^T$

**Định nghĩa 4.4.** (Toán tử tích hợp TTXS  $\Gamma^{HU}$ ). Toán tử tích hợp TTXS  $\Gamma^{HU} : \mathcal{B} \rightarrow \mathbb{P}^{h_E}$  được định nghĩa như sau :  $\Gamma^{HU}(\mathcal{B}) = \vec{y}_B^{HU}$ .

### 4.1.4 Thuật toán tích hợp các CSTT xác suất dựa trên khoảng cách

Thuật toán **FPMV**, Thuật toán **HULL**, Thuật toán **FNPVC**.

## 4.2 Phương pháp tích hợp các CSTT xác suất dựa giá trị xác suất



**Hình 4.2:** Mô hình tổng quát tích hợp các CSTT xác suất dựa theo giá trị xác suất

### 4.2.1 Các tính chất của toán tử tích hợp TTXS dựa trên giá trị xác suất

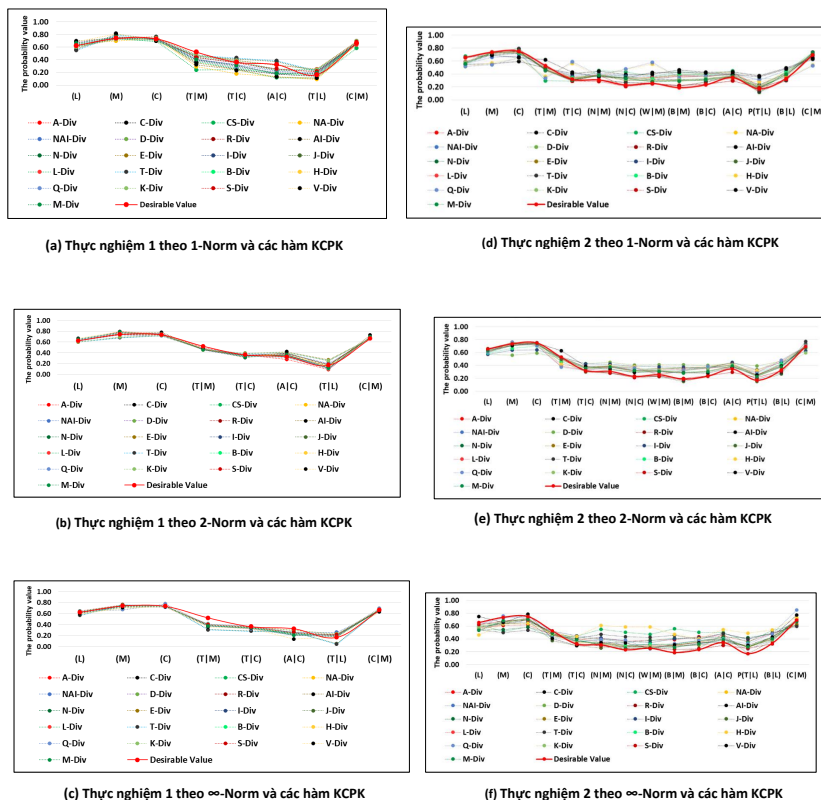
### 4.2.2 Các toán tử tích hợp dựa trên giá trị xác suất

Trong phần này, luận án giới thiệu hai toán tử tích hợp dựa trên giá trị xác suất được đề xuất trong công trình [NVTham5]: *Toán tử tích hợp trung vị* (MMO) và *toán tử tích hợp trung vị theo hệ số* (CMMO).

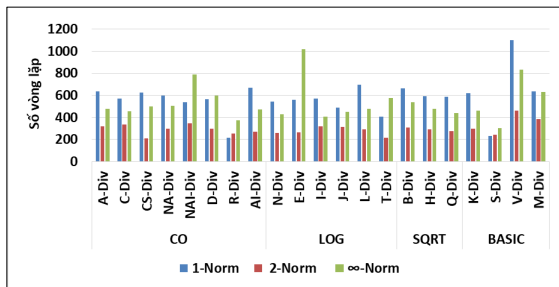
### 4.2.3 Các thuật toán

Luận án trình bày Thuật toán rút gọn RBXS, thuật toán tích hợp các CSTT xác suất dựa trên toán tử tích hợp trung vị  $MMO \oplus$  và toán tử tích hợp trung vị theo hệ số  $CMMO \ominus_c$ .

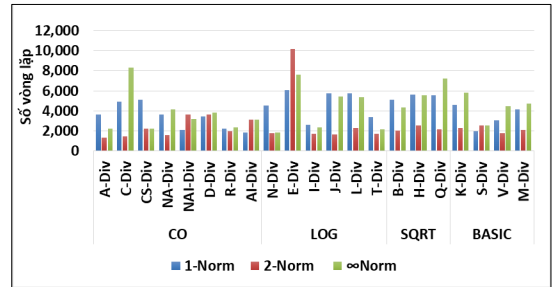
## 4.3 Thực nghiệm tích hợp các cơ sở tri thức xác suất



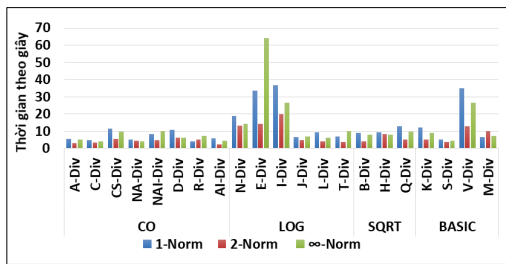
Hình 4.3: So sánh chất lượng của các RBXS sau tiến trình tích hợp.



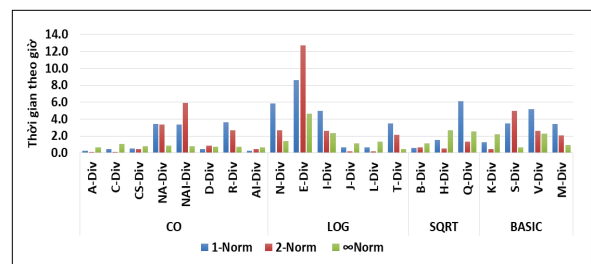
(a) Số vòng lặp của Thực nghiệm 1



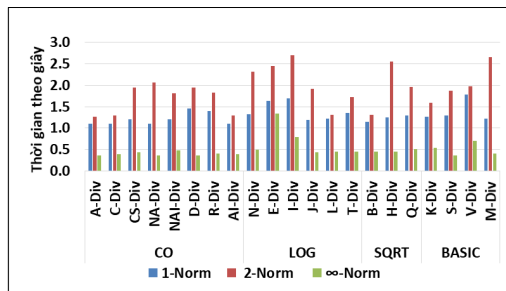
(d) Số vòng lặp của Thực nghiệm 2



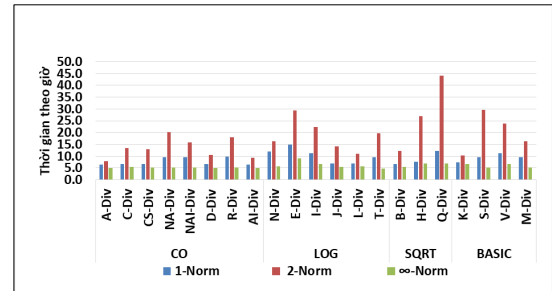
(b) Thời gian CPU của Thực nghiệm 1



(d) Thời gian CPU của Thực nghiệm 2



(c) Tổng thời gian thực hiện của Thực nghiệm 1



(f) Tổng thời gian thực hiện của Thực nghiệm 2

Hình 4.4: Chi phí của các thuật toán cho từng Thực nghiệm.

## 4.4 Kết chương

Trong chương này, luận án đã trình bày hai lớp toán tử tích hợp các CSTT xác suất : Lớp toán tử tích hợp dựa trên hàm khoảng cách và lớp toán tử tích hợp dựa trên giá trị xác suất. Hai mô hình tích hợp các CSTT xác suất tương ứng với hai lớp toán tử đã được đề xuất.

# KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

## 1. Kết quả nghiên cứu của luận án

**Thứ nhất**, luận án đề xuất một kiến trúc chung của hệ thống THPT xác suất và so sánh với hệ thống hiện có.

**Thứ hai**, luận án đã giải quyết được bài toán khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất bằng cách đề xuất hai phương pháp khôi phục tính nhất quán : Mô hình khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất theo chuẩn và mô hình khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất phi chuẩn.

**Thứ ba**, luận án đã giải quyết được bài toán tích hợp CSTT xác suất bằng cách đề xuất hai phương pháp tích hợp các CSTT xác suất : mô hình tích hợp các CSTT xác suất dựa trên khoảng cách và mô hình tích hợp các CSTT xác suất dựa trên giá trị xác suất.

Các kết quả của luận án đã công bố trong các công trình khoa học được đăng tải trên các tạp chí và hội nghị chuyên ngành quốc tế có phản biện.

## 2. Hạn chế của luận án

- Trong kiến trúc của hệ thống thông minh dựa trên CSTT xác suất được đề xuất, luận án mới chỉ xây dựng được các hệ thống con **Khôi phục tính nhất quán** và **Tích hợp các CSTT xác suất** ; *Xây dựng các CSTT xác suất* từ CSTT xác suất trong thực tế chưa được xây dựng.

- Quá trình xử lý tính không nhất quán của CSTT xác suất còn có các tồn tại sau :



+ Luận án mới chỉ xem xét *lớp các độ không nhất quán* của các CSTT xác suất có thỏa mãn một tập các tính chất kỳ vọng bằng cách phát biểu các định lý liên quan mà *chưa chứng minh các Định lý* này.

+ Mô hình *khôi phục tính nhất quán phi chuẩn chưa tiến hành cài đặt* trên các bộ thực nghiệm thực tế.

- Một số thuật toán mà *chưa tiến hành cài đặt* trên các bộ thực nghiệm thực tế.

- Các thuật toán đề xuất giải quyết bài toán khôi phục tính nhất quán và bài toán tích hợp các CSTT xác suất có chi phí thực hiện cao khi dữ liệu đầu vào lớn. *Số sự kiện của hồ sơ TTXS đầu vào càng cao thì chi phí thực hiện càng lớn.*

- Các thực nghiệm của luận án *chỉ thực hiện trên bộ dữ liệu* sau khi đã tiến hành trích xuất từ dữ liệu thực tế và chuyển thành *các CSTT xác suất.*

### 3. Định hướng nghiên cứu tiếp theo

- Hoàn thiện các phương pháp xử lý tính không nhất quán của CSTT xác suất. *Chứng minh các định lý* về mối liên hệ logic giữa lớp các độ không nhất quán của CSTT xác suất với một tập các tính chất kỳ vọng. *Đề xuất, cài đặt các thuật toán* tính các độ đo cơ sở và sử dụng chúng trong mô hình khôi phục tính nhất quán của CSTT xác suất. *Tiến hành cài đặt thuật toán khôi phục tính nhất quán phi chuẩn* trên các bộ thực nghiệm thực tế.

- Hoàn thiện các phương pháp tích hợp các CSTT xác suất. *Tiến hành cài đặt các thuật toán chưa cài đặt trên các bộ thực nghiệm thực tế.* Từ đó đánh giá hiệu quả của các thuật toán cũng như các kết quả thu được.

- Cải thiện các thuật toán theo hướng hiệu quả hơn về hiệu suất tính toán cũng như xây dựng một bộ dữ liệu chuẩn phục vụ cho các nghiên cứu và thực nghiệm tiếp theo.

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ LIÊN QUAN TỚI LUẬN ÁN

1. [NVTham1] **Van Tham Nguyen**, and Trong Hieu Tran (2017). *Inconsistency Measures for Probabilistic Knowledge Bases*. In Proc. of the 9th International Conference on Knowledge and Systems Engineering, pp.156-161, IEEE Xplore. ([Scopus](#), [DBLP](#))
2. [NVTham2] **Van Tham Nguyen**, Ngoc Thanh Nguyen, Trong Hieu Tran, and Do Kieu Loan Nguyen (2018). *Method for restoring consistency in probabilistic knowledge bases*. Journal of Cybernetics and Systems, Vol.49, Taylor and Francis, 2018. ([SCIE Journal](#), [IF=1.433](#))
3. [NVTham3] **Van Tham Nguyen**, and Trong Hieu Tran (2018). *Solving inconsistencies in probabilistic knowledge bases via inconsistency measures*. In Proc. of 10th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, pp. 3-14, Springer. ([Scopus](#), [DBLP](#))
4. [NVTham4] **Van Tham Nguyen**, Ngoc Thanh Nguyen, and Trong Hieu Tran (2018). *Framework for Merging Probabilistic Knowledge Bases*. In Proc. of the 10th International Conference on Computational Collective Intelligence, pp. 31-42, Springer. ([Scopus](#), [DBLP](#)).
5. [NVTham5] **Van Tham Nguyen**, Ngoc Thanh Nguyen, and Trong Hieu Tran (2019). *Algorithms for Merging Probabilistic Knowledge Bases*. In Proc. of 11th Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, pp. 3-15, Springer. ([Scopus](#), [DBLP](#)).
6. [NVTham6] **Van Tham Nguyen**, Ngoc Thanh Nguyen, and Trong Hieu Tran (2019). *A distance-based approach for merging probabilistic knowledge bases*. Journal of Intelligent and Fuzzy Systems, IOS Press. ([SCIE Journal](#), [IF=1.851](#))
7. [NVTham7] **Van Tham Nguyen**, Ngoc Thanh Nguyen, and Trong Hieu Tran (2020). *A model for building probabilistic knowledge-based systems via a family of divergence distances*. Journal of Expert Systems with Applications, Elsevier. In Press, Journal Pre-proof. ([SCIE Journal](#), [IF=5.452](#))