

Chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền: Hướng tiếp cận dựa trên đồ thị tri thức mờ dạng cặp

Cù Kim Long^{1,5}, Trần Mạnh Tuấn², Lê Hoàng Sơn³, Phạm Minh Chuẩn³, Lương Thị Hồng Lan², Phạm Văn Hải¹,
Nguyễn Thọ Thông²

¹ Trường Công nghệ thông tin và Truyền thông, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

² Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Thủy lợi

³ Viện Công nghệ thông tin, Đại học Quốc gia Hà Nội

⁴ Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

⁵ Trung tâm Công nghệ thông tin, Bộ Khoa học và Công nghệ

Tác giả liên hệ: Trần Mạnh Tuấn, tmtuan@tlu.edu.vn

Ngày nhận bài: 30/07/2021, ngày sửa chữa: 28/10/2021, ngày duyệt đăng: 15/11/2021

Định danh DOI: 10.32913/mic-ict-research-vn.v2021.n2.1003

Tóm tắt: Chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền thường được cốt lại trong bốn cách là “Vọng - Văn - Vấn - Thiết” (hay còn được gọi là “Tứ chẩn”). Trong những năm gần đây, đội ngũ lương y, bác sĩ đã sử dụng kết hợp giữa phác đồ điều trị trong y học cổ truyền với kết quả khám, xét nghiệm trong y học hiện đại nhằm nâng cao chất lượng chẩn đoán bệnh. Điều này đã thúc đẩy mạnh mẽ công tác nghiên cứu y học cổ truyền dân tộc và áp dụng công nghệ thông tin vào trong quá trình khám và chẩn đoán bệnh nhằm mục đích hỗ trợ đội ngũ lương y, bác sĩ tại bệnh viện y học cổ truyền ở các địa phương. Gần đây, hướng nghiên cứu suy luận dựa trên đồ thị tri thức mờ với ưu điểm cho phép thực hiện suy luận trong những trường hợp thiếu tri thức trong kho dữ liệu đã nhận được nhiều sự quan tâm và chú ý của các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước. Tuy nhiên, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào khai phá tri thức trong mạng xã hội hay các bài toán ứng dụng trong các lĩnh vực khác mà chưa tập trung vào bài toán y tế. Trong nghiên cứu này, một hướng tiếp cận mới dựa trên mô hình đồ thị tri thức mờ dạng cặp được đề xuất ứng dụng cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền. Mô hình đề xuất được áp dụng đối với bài toán chẩn đoán bệnh cho các sản phụ và đã chứng minh được hiệu quả trong việc suy luận xấp xỉ, chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền.

Từ khóa: Đồ thị tri thức mờ, đồ thị tri thức mờ dạng cặp, suy luận xấp xỉ, chẩn đoán bệnh, y học cổ truyền.

Title: Disease Diagnosis in the Traditional Medicine: A Novel Approach based on FKG-Pairs.

Abstract: Disease diagnosis in traditional medicine is often summarized in four ways: “Vong - Van - Van - Thiet” (or so-called “Four diagnostics”). In recent years, the team of physicians and doctors have used a combination of the treatment regimens in traditional medicine with the results of examination and tests in modern medicine to improve the quality of disease diagnosis. This has strongly promoted the research of traditional medicine and the application of information technology in the process of medical examination and diagnosis in order to support the team of physicians and doctors at the local traditional medical hospitals. Recently, the direction of inferential research based on fuzzy knowledge graphs with the advantage of allowing inferences in cases of lack of knowledge in data warehouses has received much attention from researchers domestically and internationally. However, the researches mainly focus on knowledge mining in social networks or applied problems in many sectors but without the medical sector. In this study, a new approach based on the FKG-Pairs model is proposed to apply to the problem of disease diagnosis in traditional medicine. The proposed model is also applied to validate the pregnant women diagnosis and has proven the efficiency in approximate reasoning to diagnose diseases in traditional medicine.

Keywords: Knowledge graph, FKG-Pairs, approximate reasoning, disease diagnosis, traditional medicine.

I. GIỚI THIỆU

Chẩn đoán bệnh trong y học là quá trình xác định bệnh hoặc căn nguyên tạo ra các triệu chứng của người bệnh. Chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền là tổng hợp của các kiến thức, kỹ năng và thực hành dựa trên lý thuyết, niềm tin và kinh nghiệm bản địa của các nền văn hóa khác nhau, dù có thể giải thích hay không, được sử dụng để chẩn đoán bệnh cả về thể chất [1]. Phương pháp chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền được cốt lại trong bốn cách là “Vọng - Văn - Vấn - Thiết” hay còn được gọi là “Tứ chẩn” [2].

Một hướng nghiên cứu suy luận xấp xỉ dựa trên đồ thị tri thức và đồ thị tri thức mờ với ưu điểm cho phép thực hiện suy luận trong những trường hợp thiếu tri thức trong kho dữ liệu đã nhận được nhiều sự quan tâm và chú ý của các nhà nghiên cứu trong và ngoài nước. Đồ thị tri thức (*Knowledge Graph*) [3] là một kỹ thuật được sử dụng để giải quyết các bài toán phân loại, hỗ trợ ra quyết định rất hiệu quả. Tuy nhiên, đồ thị tri thức đã gặp khó khăn trong các quá trình biểu diễn đồ thị và suy luận xấp xỉ trên các tập dữ liệu đầu vào có chứa các thông tin nhập nhằng, mơ hồ, không rõ ràng. Gần đây, đồ thị tri thức mờ (*Fuzzy Knowledge Graph - FKG*) lần đầu được giới thiệu vào năm 2020 và được tích hợp trong mô hình M-CFIS-FKG [4]. Nó đã được đưa ra để giải quyết những hạn chế của đồ thị tri thức bằng cách sử dụng các nhãn ngôn ngữ cho các thuộc tính trong tập dữ liệu huấn luyện. Đầu tiên, một đồ thị tri thức mờ được xây dựng sau giai đoạn chuẩn bị dữ liệu (hay còn gọi là biểu diễn đồ thị). Sau đó, quá trình suy luận xấp xỉ được sử dụng để tìm nhãn của các bản ghi mới trong tập dữ liệu kiểm thử. Đồ thị tri thức mờ suy luận dựa trên luật IF-THEN, trong đó tác động của nhãn ngôn ngữ có khả năng tạo ra nhãn đầu ra tương ứng. Chẳng hạn, trong bài toán chẩn đoán tiền sản giật [5], việc bác sĩ đưa ra quyết định chẩn đoán là “*Bình thường*”, “*Tiền sản giật*”, hay “*Tiền sản giật nặng*” phụ thuộc vào nhãn ngôn ngữ “*Cao*”, “*Bình thường*” hay “*Thấp*” của thuộc tính “*Huyết áp*”, và nhãn ngôn ngữ “*Cao*” hay “*Bình thường*” của thuộc tính “*LDH*” (*Axit Lactic Dehydrogenase*), với độ chính xác khoảng 90%. Trong trường hợp này, chúng ta có một luật mờ được biểu diễn như sau:

IF “*Huyết áp*” là “*Cao*” AND “*LDH*” là “*Cao*” then “*Tiền sản giật nặng*”, với độ tin cậy là 90%.

Bằng cách tích lũy từng sự kiện đơn lẻ (hoặc cặp đơn trong đồ thị tri thức), kết quả sẽ xác định được nhãn của bản ghi mới. Tuy nhiên, mô hình M-CFIS-FKG [4] chỉ sử dụng các cặp đơn (*Single Pairs*) trong quá trình suy luận. Điều này dẫn đến những khó khăn trong việc áp dụng đồ thị tri thức mờ để giải quyết các bài toán phân loại, trợ giúp quyết định trong các lĩnh vực như y học, nông nghiệp, môi trường v.v.. Ngoài ra, các nghiên cứu gần đây [3, 6–11] liên quan đến đồ thị tri thức và đồ thị tri thức mờ cũng chủ yếu

tập trung vào khai phá tri thức trong mạng xã hội hay các bài toán ứng dụng trong các lĩnh vực khác mà chưa tập trung vào các bài toán trong lĩnh vực y tế. Trong nghiên cứu này, một hướng tiếp cận mới dựa trên mô hình đồ thị tri thức mờ dạng cặp (*FKG-Pairs*) được đề xuất để ứng dụng cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền. Đây là một sự kết hợp giữa y học cổ truyền và y học hiện đại. Cụ thể, nhóm tác giả đã kết hợp sử dụng các phác đồ điều trị trong y học cổ truyền cùng với các tập dữ liệu được thu thập từ kết quả đo, xét nghiệm trong y học hiện đại. Với hướng tiếp cận mới, các nhãn đầu ra được xác định bằng cách kết hợp nhiều nhãn ngôn ngữ, được gọi là các cặp thuộc tính (cặp đôi, cặp ba, ...). Những đóng góp chính của bài báo này về mặt khoa học bao gồm:

- Đề xuất mô hình mới cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam dựa trên đồ thị tri thức mờ dạng cặp (*FKG-Pairs*).
- Đề xuất cải tiến các công thức tính bộ trọng số trong mô hình M-CFIS-FKG từ cặp đơn thành dạng cặp k (k pairs). Điều này không chỉ có ý nghĩa quan trọng về mặt học thuật mà còn có ý nghĩa về mặt ứng dụng giải quyết bài toán hỗ trợ ra quyết định trong nhiều lĩnh vực khác nhau thông qua việc sử dụng đồ thị tri thức mờ dạng cặp.
- Hệ thống đề xuất cũng góp phần cải thiện độ chính xác đối với bài toán chẩn đoán bệnh tiểu đường thai phụ.

Phần còn lại của bài báo được cấu trúc như sau: Phần II trình bày các khái niệm cơ bản được sử dụng để nghiên cứu và phát triển mô hình đề xuất đối với bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền. Xây dựng đồ thị tri thức mờ dạng cặp cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam được đề xuất trong Phần III. Phần IV đưa ra kết quả thực nghiệm để kiểm chứng mô hình đề xuất. Phần cuối cùng đưa ra kết luận và một số hướng nghiên cứu mới.

II. KHÁI NIỆM CƠ BẢN

Trong mục này, bài báo trình bày các kiến thức cơ bản được sử dụng để nghiên cứu và phát triển mô hình đề xuất đối với bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền.

1. Hệ suy diễn mờ

Để áp dụng một hệ suy diễn mờ (*Fuzzy Inference System*) [9, 12–14], một số điều kiện sau cần được thỏa mãn: *Thứ nhất*, một thang đánh giá rõ ràng về các tham số của mỗi hệ suy diễn mờ phải được thống nhất. *Thứ hai*, các thuật ngữ về mức độ của các tham số này phải được đưa ra. *Cuối cùng*, mỗi thuật ngữ để xác định độ thuộc của các giá trị cũng phải được xác định. Sau khi thỏa mãn các điều kiện

này, quá trình áp dụng hệ suy diễn mờ được mô tả ngắn gọn theo một số bước sau:

- **Bước 1.** Áp dụng phương pháp mờ (*Fuzzification*) để chuyển đổi các giá trị rõ thành các giá trị mờ dựa trên các hàm thuộc (*Membership Functions*).
- **Bước 2.** Sử dụng các toán tử mờ (*AND, OR, NOT*) để đưa ra các luật biểu diễn các mệnh đề IF-THEN.
- **Bước 3.** Áp dụng công cụ suy diễn (*Inference Engine*) để tìm kết quả đầu ra.
- **Bước 4.** Kết hợp tất cả các tập mờ đại diện cho mọi đầu ra của luật để tổng hợp vào trong một tập mờ duy nhất.
- **Bước 5.** Áp dụng phương pháp giải mờ (*Defuzzification*) để chuyển đổi các giá trị mờ thành các giá trị rõ.

2. Đồ thị tri thức mờ

Như đã đề cập ở Phần I, thuật ngữ đồ thị tri thức mờ (FKG) lần đầu được giới thiệu vào năm 2020 và được tích hợp trong mô hình M-CFIS-FKG [4]. Như đã đề cập ở Phần I, thuật ngữ đồ thị tri thức mờ (FKG) lần đầu được giới thiệu vào năm 2020 và được tích hợp trong mô hình M-CFIS-FKG. Về mặt hình thức, nó cũng khá giống với một đồ thị tri thức [3, 6, 8, 11]. Các đỉnh đại diện cho các nhân của thuộc tính/nhân đầu ra của luật, và các cạnh tương ứng với cung nối giữa các đỉnh.

Trong [4], thuật toán FISA được áp dụng để suy luận và tìm ra nhân của các bản ghi mới dựa vào kết quả tính toán trọng số của các cạnh $\sum A_{ij}^t$ và $\sum B_{il}^t$ bằng cách sử dụng các công thức (1) và (2) tương ứng dưới đây.

$$A_{ij}^t = \frac{|X_i \text{ có liên quan với } X_j \text{ trong luật thứ } t|}{|R|} \quad (1)$$

trong đó $t = \overline{1, k}$, $1 \leq i \leq j \leq m$ và

$$B_{il}^t = \left(\sum A_{ij}^t \right) \times \frac{|X_i \text{ quan hệ với nhân } l \text{ trong luật thứ } t|}{|R|} \quad (2)$$

trong đó $t = \overline{1, k}$, $1 \leq i \leq j \leq m$, $l = \overline{1, C}$

3. Suy luận xấp xỉ

Suy luận xấp xỉ (Approximate Reasoning) đã được giới thiệu bởi Zadeh [15] trong bối cảnh việc thực hiện suy diễn dựa trên thông tin mơ hồ, không đầy đủ. Đây là một lý thuyết về sự không chắc chắn dựa trên logic mờ và liên quan đến việc định lượng và lập luận bằng cách sử dụng ngôn ngữ tự nhiên mà ở đó các từ có nghĩa nhập nhằng, không rõ ràng. Nó dựa trên sự tổng quát hóa của Modus

Bảng I
HỆ CƠ SỞ LUẬT MỜ PHỨC

S_j P_i	S_1	S_2	...	S_{m-1}	S_m	Kết luận
P_1	Cao	Cao	...	Rất cao	Cao	1
P_2	B.thường	B.thường	...	B.thường	Thấp	2
...	...	...	...	...	...	...
P_{n-1}	B.thường	B.thường	...	B.thường	B.thường	2
P_n	Thấp	B.thường	...	Thấp	Thấp	3
Triệu chứng của bệnh nhân	Cao B.thường Thấp	Cao B.thường	...	Rất cao Cao B.thường Thấp	Cao B.thường Thấp	1,2, ... C

Ponens cổ điển [16, 17]. Trong [18–20], để xây dựng các sự kiện và cơ sở luật cần có vai trò của chuyên gia nhằm đánh giá sự liên quan giữa các dữ liệu chuyên ngành. Tri thức của chuyên gia sẽ được biểu diễn thành các mệnh đề dưới dạng:

IF A THEN B hoặc IF A_1, A_2 THEN B_1, B_2

trong đó, A, A_1, A_2 là các mệnh đề điều kiện và B, B_1, B_2 là các kết luận.

III. XÂY DỰNG ĐỒ THỊ TRI THỨC MỜ DẠNG CẬP CHO BÀI TOÁN Y HỌC CỔ TRUYỀN Ở VIỆT NAM

1. Bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền

Đầu vào: Giả sử chúng ta có một cơ sở luật mờ của bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền sau khi áp dụng quá trình tiền xử lý đối với các phác đồ điều trị trong y học cổ truyền và tập dữ liệu kết quả đo, xét nghiệm được thu thập bởi các thầy thuốc. Cơ sở luật mờ của bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền thu được bao gồm n luật $P_1, P_2, \dots, P_n$ đại diện cho số lượng bệnh nhân, m thuộc tính $S_1, S_2, \dots, S_m$ đại diện cho các triệu chứng; và C nhân đầu ra 1, 2, 3, ..., C đại diện cho kết luận chẩn đoán bệnh của thầy thuốc với người bệnh được mô tả như trong Bảng I.

Ngoài ra, có thêm một bệnh nhân mới được biểu diễn như sau:

IF S_1 là “Thấp” và S_2 là “Thấp” và S_3 là “Cao” và S_4 là “Rất cao” và S_5 là “Thấp” và ... và S_{m-1} là “Cao” và S_m là “Thấp” THEN kết luận = ?

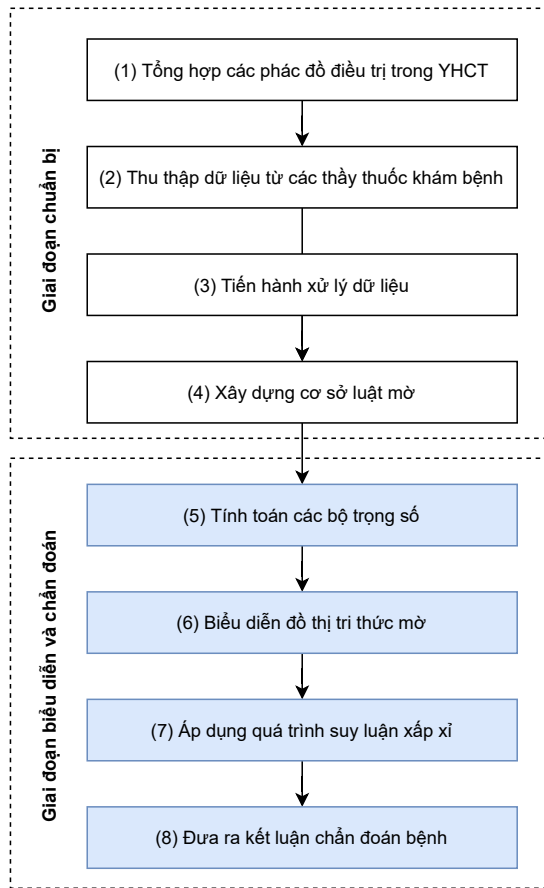
Đầu ra: Kết luận chẩn đoán bệnh của thầy thuốc đối với bệnh nhân mới dựa trên cơ sở luật mờ đã có.

2. Xây dựng đồ thị tri thức mờ dạng cặp cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam

Trong phần này, chúng tôi trình bày một số nội dung chủ yếu liên quan đến việc xây dựng đồ thị tri thức mờ dạng cặp (FKG-Pairs) cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam, cụ thể là: Đề xuất mô hình cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam; trình bày các bước thực hiện chẩn đoán bệnh theo mô hình đề xuất; và đưa ra ví dụ số minh họa cho mô hình đề xuất.

a) Mô hình đề xuất cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam

Mô hình đề xuất cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam gồm có tám bước được chia thành hai giai đoạn (giai đoạn chuẩn bị; giai đoạn biểu diễn và chẩn đoán) như Hình 1.



Hình 1. Mô hình đề xuất cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam.

Như đã nêu trong phần phát biểu bài toán, giả sử chúng ta có một cơ sở luật mờ của bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền sau khi áp dụng quá trình tiền xử lý đối với các phác đồ điều trị trong y học cổ truyền và tập dữ liệu kết quả đo, xét nghiệm được thu thập bởi các thầy thuốc.

Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo này, chúng tôi tập trung vào các quá trình biểu diễn đồ thị tri thức mờ và suy luận xấp xỉ để đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh của thầy thuốc đối với người bệnh.

b) Các bước thực hiện

Từ cơ sở luật mờ nêu tại Bảng I, một số bước dưới đây sẽ được thực hiện để tính toán các bộ trọng số, biểu diễn đồ thị tri thức mờ dạng cặp, áp dụng quá trình suy luận xấp xỉ, và đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh.

Bước 1. Tính các bộ trọng số $\tilde{A}, \tilde{B}$

Bộ trọng số $\tilde{A}$ của đồ thị tri thức mờ dạng cặp là các trọng số các cạnh nối giữa các nhãn ngôn ngữ của các thuộc tính trong luật t (R_t). Các trọng số này được tính bởi công thức số (3) dưới đây:

$$\tilde{A}_{ij...k}^t = \frac{|S_i \rightarrow S_j \rightarrow \dots \rightarrow S_{k+1} \text{ trong luật } t|}{|R|} \quad (3)$$

trong đó $t = \overline{1, n}, 1 \leq i < j < \dots < k \leq m - 1$.

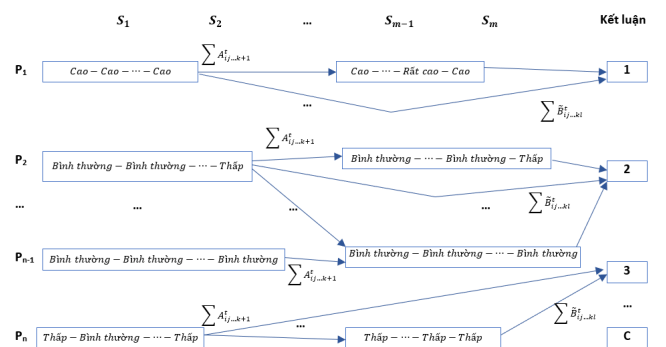
Bộ trọng số $\tilde{B}$ của đồ thị tri thức mờ dạng cặp là các trọng số các cạnh nối giữa nhãn của các cặp thuộc tính với nhãn đầu ra trong luật t (R_t). Chúng được tính bởi công thức số (4) dưới đây.

$$\tilde{B}_{ij...kl}^t = \left(\sum \tilde{A}_{ij...k+1}^t \right) \times \min \left(\frac{|S_i \rightarrow l \text{ trong luật } t|}{|R|}, \frac{|S_j \rightarrow l \text{ trong luật } t|}{|R|}, \dots, \frac{|S_k \rightarrow l \text{ trong luật } t|}{|R|} \right) \quad (4)$$

trong đó $t = \overline{1, n}, 1 \leq i < j < \dots < k \leq m - 1, l = \overline{1, C}$

Bước 2. Biểu diễn đồ thị tri thức mờ dạng cặp.

Từ cơ sở luật mờ nêu tại Bảng I, chúng tôi biểu diễn một đồ thị tri thức mờ dạng cặp như Hình 2 và lưu trữ nó trong một ma trận kề.



Hình 2. Biểu diễn đồ thị tri thức mờ dạng cặp.

Ở đây, mỗi cặp $(S_i, S_j, \dots, S_k)$ tạo một siêu đỉnh gồm các nhân ngôn ngữ của k thuộc tính kết hợp lại và được gọi là cặp k. Ví dụ, hai thuộc tính kết hợp lại gọi là cặp đôi, ba thuộc tính kết hợp thành cặp ba,...

Sau đó, chúng tôi biểu diễn các cung nối giữa các siêu đỉnh trong luật R_t , và các cung nối giữa siêu đỉnh với nhân đầu ra của luật R_t .

Bước 3. Áp dụng quá trình suy luận xấp xỉ và đưa ra kết quả chẩn đoán bệnh.

Ở bước này, chúng tôi đã cải tiến và áp dụng thuật toán FISA trong [4] để suy luận xấp xỉ cho trường hợp cặp k nhằm đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh của các bệnh nhân mới. Đầu tiên, chúng tôi tính toán tổng trọng số của các cạnh $(\tilde{C})$ từ các siêu đỉnh đến nhân đầu ra bằng cách sử dụng công thức số (5) dưới đây.

$$\tilde{C}_{ij..kl}^t = \sum_l \tilde{B}_{ij..kl}^t \quad (5)$$

trong đó $t = \overline{1, n}, l = \overline{1, C}, 1 \leq i < j < \dots \leq k$

Tiếp theo, chúng tôi áp dụng phép toán Max-Min để tính các giá trị $(\tilde{D})$ bằng cách sử dụng công thức số (6) dưới đây.

$$\tilde{D}_l = \text{Max}_{1 \leq i < j < \dots \leq k} (\tilde{C}_{ij..kl}) + \text{Min}_{1 \leq i < j < \dots \leq k} (\tilde{C}_{ij..kl}) \quad (6)$$

Cuối cùng, nhân đầu ra của bản ghi mới (hay kết luận chẩn đoán của thầy thuốc đối với người bệnh) được đưa ra bằng cách sử dụng phép toán Max trong công thức số (7) dưới đây.

$$\text{Label} = p \text{ If } \tilde{D}_p = \text{Max}_{l=\overline{1, C}} (\tilde{D}_l) \quad (7)$$

Các bước thực hiện được trình bày chi tiết trong lưu đồ Thuật toán .

Độ phức tạp của thuật toán KFG dạng cặp được đánh giá là $O(nCm^k)$.

IV. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

1. Thử nghiệm trên bộ dữ liệu mô phỏng

Giả sử rằng chúng ta nhận được một danh sách gồm sáu bệnh nhân $\{BN_1, BN_2, BN_3, BN_4, BN_5, BN_6\}$, mỗi bệnh nhân đều được ghi nhận kết quả đo, xét nghiệm và được thể hiện qua các triệu chứng $\{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$. Các bác sĩ đã xem xét và đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh của từng người bệnh thông qua nhân ngôn ngữ *Bình thường*, *TSG*, *TSG nặng* tương ứng với các nhân 0, 1, 2. Sau giai đoạn chuẩn bị, chúng ta nhận được một cơ sở luật mờ như Bảng II.

Ngoài ra, trong giai đoạn biểu diễn và chẩn đoán bệnh dựa vào đồ thị tri thức mờ dạng cặp, nhóm tác giả nhận

Thuật toán 1: FKG dạng cặp.

```

1 Dữ liệu vào: Tập dữ liệu kiểm thử, m: Số thuộc tính của
   mỗi luật, n: Số mẫu của tập dữ liệu, C: Số nhân của
   mỗi thuộc tính.
2 Dữ liệu ra: Nhân của mẫu mới.
3 begin
4   Nhập các giá trị ;
5   Nhận tập dữ liệu kiểm thử;
6   Tiến hành mờ hóa tập dữ liệu kiểm thử ;
7   for  $i = 1$  to  $m$  do
8     for  $t = 1$  to  $n$  do
9       for  $l = 1$  to  $C$  do
10        while  $1 \leq i < j < \dots \leq k$  do
11          Tính  $\tilde{C}_{ij..kl}^t = \sum_l \tilde{B}_{ij..kl}^t$ ; Tính
             $\tilde{D}_l = \text{Max}_{1 \leq i < j < \dots \leq k} (\tilde{C}_{ij..kl}) +$ 
             $\text{Min}_{1 \leq i < j < \dots \leq k} (\tilde{C}_{ij..kl})$  ;
12        end
13        Xác định nhân của mẫu t:  $\text{Label} =$ 
             $p \text{ If } \tilde{D}_p = \text{Max}_{l=\overline{1, C}} (\tilde{D}_l)$ 
14        end
15        Nhận nhân của mẫu t và lặp lại các bước từ
            5 đến 12 để tìm nhân của các mẫu khác
            cho đến khi kết thúc.
16      end
17    end
18 end

```

Bảng II
CƠ SỞ LUẬT MỜ CỦA SÁU BỆNH NHÂN DỰA
VÀO KẾT LUẬN CHẨN ĐOÁN BỆNH CỦA BÁC SĨ

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	Kết luận
BN_1	Rất cao	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Cao	Cao	2
BN_2	Cao	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	1
BN_3	Cao	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Cao	Cao	2
BN_4	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	0
BN_5	Cao	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	1
BN_6	Rất cao	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	Bình thường	2

được thêm hồ sơ bệnh án của bệnh nhân mới. Hồ sơ bệnh nhân mới được biểu diễn dạng luật mờ như sau:

IF S_1 là *Cao*, S_2 là *Cao*, S_3 là *Bình thường*, S_4 là *Bình thường*, S_5 là *Cao*, S_6 là *Cao* THEN Kết luận =?

Yêu cầu: Đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh đối với bệnh nhân mới dựa trên cơ sở luật mờ đã nêu tại Bảng II mà không phải hỏi thêm ý kiến của các bác sĩ. Để giải quyết yêu cầu của bài toán là đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh đối với bệnh nhân mới, chúng tôi đã áp dụng mô hình đề xuất như đã được trình bày tại mục B (Phần III). Dưới đây, nhóm tác giả mô tả các bước thực hiện với trường hợp FKG-Pairs với $k=3$ (cặp 3) như sau:

Bước 1: Tính các bộ trọng số $\tilde{A}, \tilde{B}$.

Trước hết, bộ trọng số $\tilde{A}$ gồm các cạnh nối giữa các nhân

Bảng III
KẾT QUẢ TÍNH BỘ TRỌNG SỐ $\tilde{A}$

$\tilde{A}$	BN_1	BN_2	BN_3	BN_4	BN_5	BN_6
$\tilde{A}_{1234}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1235}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1236}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1245}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1246}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1256}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1345}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1346}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1356}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{1456}$	1/6	1/3	1/6	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{2345}$	1/3	1/3	1/3	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{2346}$	1/3	1/3	1/3	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{2356}$	1/3	1/3	1/3	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{2456}$	1/3	1/3	1/3	1/6	1/3	1/6
$\tilde{A}_{3456}$	1/3	1/3	1/3	1/6	1/3	1/6

Bảng IV
KẾT QUẢ TÍNH BỘ TRỌNG SỐ $\tilde{B}$

$\tilde{B}$	BN_1	BN_2	BN_3	BN_4	BN_5	BN_6
$\tilde{B}_{1234}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1245}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1256}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1264}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1345}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1356}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1364}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1456}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1464}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{1564}$	10/9	5/3	5/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{2345}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{2356}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{2364}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{2456}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{2464}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{2564}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{3456}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{3464}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{3564}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12
$\tilde{B}_{4564}$	10/9	5/3	10/9	5/12	5/3	5/12

ngôn ngữ của các triệu chứng trong hồ sơ bệnh nhân t (P_t) được tính bởi công thức số (3).

Chẳng hạn, xét trong BN_1 trọng số $\tilde{A}$ được tính như sau:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_{1234}^1 &= \frac{[Rất\ cao \rightarrow B.thường \rightarrow B.thường \rightarrow Cao]}{6} = \frac{1}{6}, \\ \tilde{A}_{1235}^1 &= \frac{[Rất\ cao \rightarrow B.thường \rightarrow B.thường \rightarrow Cao]}{6} = \frac{1}{6}, \\ \tilde{A}_{1236}^1 &= \frac{[Rất\ cao \rightarrow B.thường \rightarrow B.thường \rightarrow B.thường]}{6} = \frac{1}{6}\end{aligned}$$

Tương tự, ta có:

$$\begin{aligned}\tilde{A}_{1245}^1 &= \tilde{A}_{1246}^1 = \tilde{A}_{1256}^1 = \tilde{A}_{1345}^1 = \tilde{A}_{1346}^1 = \tilde{A}_{1356}^1 = \\ \tilde{A}_{1456}^1 &= \frac{1}{6} \\ \tilde{A}_{2345}^1 &= \tilde{A}_{2346}^1 = \tilde{A}_{2356}^1 = \tilde{A}_{3456}^1 = \frac{1}{3}\end{aligned}$$

Bằng cách áp dụng công thức số (3) tính tương tự, ta có kết quả tính toán bộ trọng số $\tilde{A}$ được hiển thị trong Bảng III. Tiếp theo, chúng tôi áp dụng công thức số (4) để tìm bộ trọng số các cạnh nối giữa nhân của các cặp thuộc tính với nhân đầu ra kết luận chẩn đoán bệnh nhân t (P_t). Kết quả tính toán bộ trọng số $\tilde{B}$ được hiển thị ở Bảng IV

Bước 2. Biểu diễn đồ thị tri thức mờ dạng cặp.

Ở bước này, một đồ thị tri thức mờ dạng cặp 3 được biểu diễn từ cơ sở luật mờ ở Bảng II và các bộ trọng số $\tilde{A}, \tilde{B}$ đã tính ở Bước 1. Hình 3 minh họa đồ thị tri thức mờ dạng cặp 3 với trọng số.

Bước 3. Áp dụng quá trình suy luận xấp xỉ và đưa ra kết quả chẩn đoán bệnh.

Dựa vào kết quả tính bộ trọng số $\tilde{B}$, chúng tôi đưa ra kết luận chẩn đoán bệnh của bệnh nhân mới dựa trên cơ sở luật mờ đã nêu tại Bảng II. Đầu tiên, các giá trị ($\tilde{C}$) và ($\tilde{D}$) của hồ sơ bệnh của bệnh nhân mới được tính toán, suy luận xấp xỉ bằng cách sử dụng công thức số (5) ta tính được các giá trị ($\tilde{C}$):

$$\begin{aligned}\tilde{C}_{1230} &= \tilde{C}_{1240} = \tilde{C}_{1250} = \tilde{C}_{1260} = \tilde{C}_{1340} = \tilde{C}_{1350} = \tilde{C}_{1360} = \\ \tilde{C}_{1450} &= \tilde{C}_{1460} = \tilde{C}_{1560} = \tilde{C}_{2340} = \tilde{C}_{2350} = \tilde{C}_{2360} = \tilde{C}_{2450} = \\ \tilde{C}_{2460} &= \tilde{C}_{2560} = \tilde{C}_{3450} = \tilde{C}_{3460} = \tilde{C}_{3560} = \tilde{C}_{4560} = 0.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{C}_{1231} &= \tilde{C}_{1241} = \tilde{C}_{1251} = \tilde{C}_{1261} = \tilde{C}_{1341} = \tilde{C}_{1351} = \tilde{C}_{1361} = \\ \tilde{C}_{1451} &= \tilde{C}_{1461} = \tilde{C}_{1561} = \tilde{C}_{2341} = \tilde{C}_{2351} = \tilde{C}_{2361} = \tilde{C}_{2451} = \\ \tilde{C}_{2461} &= \tilde{C}_{2561} = \tilde{C}_{3451} = \tilde{C}_{3461} = \tilde{C}_{3561} = \tilde{C}_{4561} = 0.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tilde{C}_{1232} &= \tilde{C}_{1242} = \tilde{C}_{1252} = \tilde{C}_{1262} = \tilde{C}_{2342} = \tilde{C}_{2352} = \tilde{C}_{2362} = \\ \tilde{C}_{2452} &= \tilde{C}_{2462} = \tilde{C}_{2562} = 0.\end{aligned}$$

$$\tilde{C}_{1342} = \tilde{C}_{1352} = \tilde{C}_{1362} = \tilde{C}_{1452} = \tilde{C}_{1462} = \tilde{C}_{1562} = 5/9$$

$$\tilde{C}_{3452} = \tilde{C}_{3462} = \tilde{C}_{3562} = \tilde{C}_{4562} = 10/9$$

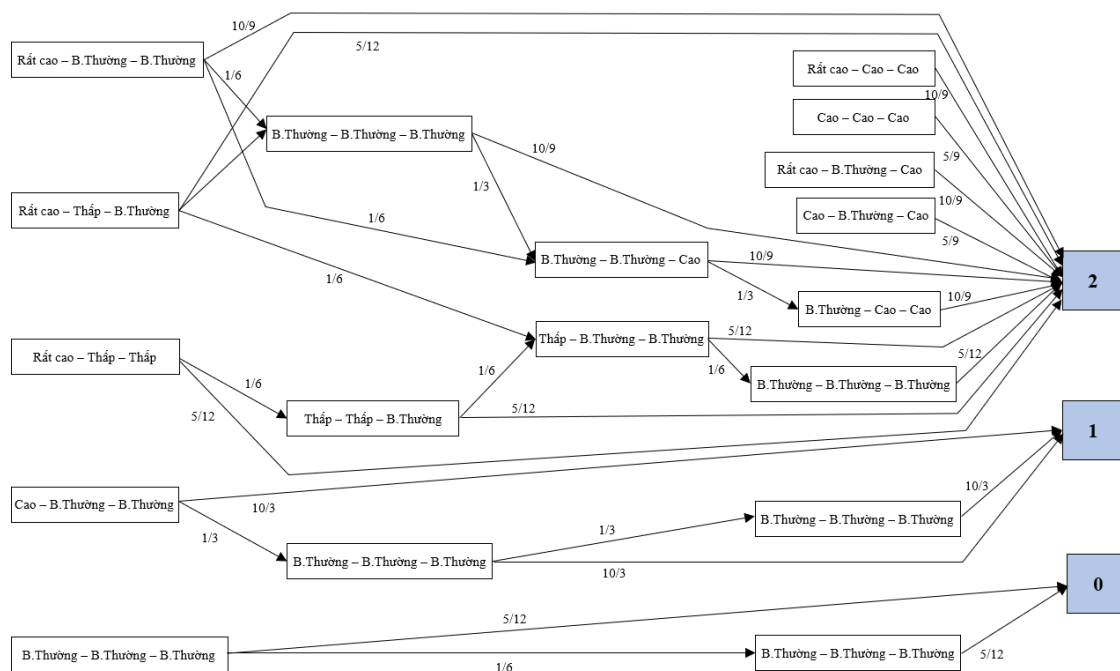
Giá trị ($\tilde{D}$) được tính bằng cách áp dụng công thức (6), ta có: $\tilde{D}_0 = \tilde{D}_1 = 0, \tilde{D}_2 = 10/9$. Do đó, sử dụng phép toán Max trong công thức số (7) ta thu được nhân đầu ra của hồ sơ bệnh nhân là 2 vì $\tilde{D}_2$ lớn nhất (nghĩa là bệnh nhân được chẩn đoán bị tiền sản giật nặng).

Tóm lại, qua kết quả ví dụ thực nghiệm trên dữ liệu mô phỏng, có thể thấy rằng mô hình đề xuất áp dụng cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam hoàn toàn có thể tin cậy. Điều này khẳng định rằng mô hình đề xuất trong bài báo này có thể tiếp tục nghiên cứu để ứng dụng chẩn đoán bệnh bằng cách kết hợp giữa y học cổ truyền với y học hiện đại tại các bệnh viện, cơ sở khám bệnh, đặc biệt tại các bệnh viện y học cổ truyền và cơ sở khám bệnh ở địa phương.

2. Thực nghiệm trên bộ dữ liệu thực tế

a) Kích bản thực hiện

Trong phần này, nhóm tác giả tiến hành thực nghiệm với bộ dữ liệu về các sản phụ được bác sĩ theo dõi và chỉ định làm xét nghiệm để chẩn đoán liệu sản phụ có bị tiền sản giật hay không? Từ đó bác sĩ có thể đưa ra chỉ định yêu cầu theo dõi chặt chẽ đối với sản phụ trong suốt thời gian



Hình 3. Biểu diễn đồ thị tri thức mở dạng cặp.

còn lại của thai kỳ để hạn chế tối đa biến chứng đối với sản phụ và thai nhi. Tập dữ liệu (BN-TienSanGiat) được sử dụng để thực nghiệm gồm 199 sản phụ đến khám định kỳ theo dõi thai nhi với 19 thông số kiểm tra, theo dõi được trình bày chi tiết trong Bảng V (trong đó, theo kết luận chẩn đoán có 114 sản phụ thai bình thường, 57 sản phụ có dấu hiệu tiền sản giật và 28 sản phụ bị tiền sản giật nặng).

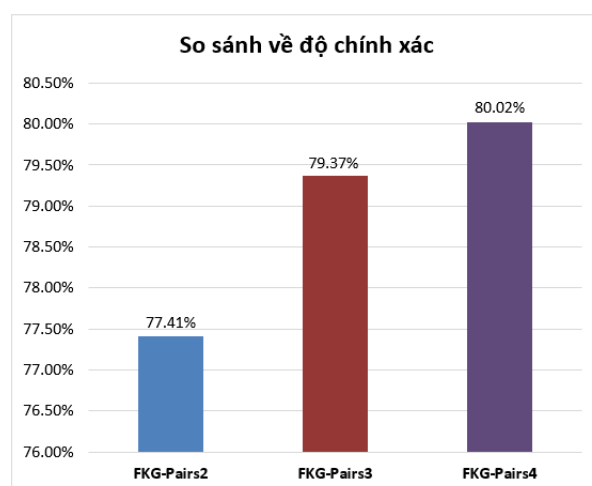
Để tiến hành thực nghiệm, chúng tôi sử dụng ngôn ngữ Matlab 2014 đã được cài đặt trên máy tính xách tay (DELL Intel(R) Core (TM) i5-7200U CPU @ 2,50GHz 2,70 GHz) và thực nghiệm theo phương pháp k-fold (với $k = 5$) trên bộ dữ liệu BN-TienSanGiat. Lý do chúng tôi lựa chọn chia bộ dữ liệu theo phương pháp k-fold là vì bộ dữ liệu BN-TienSanGiat tương đối nhỏ (199 bản ghi). Mục tiêu của thực nghiệm là nhằm kiểm chứng khả năng áp dụng đồ thị tri thức mở dạng cặp để hỗ trợ chẩn đoán dấu hiệu tiền sản giật của các sản phụ trong y học cổ truyền.

b) Kết quả thực hiện

Sau khi tiến hành thực hiện, kết quả về độ chính xác (Accuracy) và thời gian tính toán (Computational Time) của các phương pháp FKG-Pairs khác nhau (bao gồm FKG-Pairs2, FKG-Pairs3, và FKG-Pairs4) trong việc chẩn đoán bệnh tiền sản giật đối với sản phụ được trình bày trong Bảng VI.

Hình 4 chứng tỏ rằng phương pháp FKG-Pairs4 tốt nhất về mặt độ chính xác (80.02%), nhưng thời gian cao gấp khoảng bốn lần so FKG-Pairs2 và gấp đôi so với FKG-

Pairs3. Trong khi đó, Hình 5 cho thấy rằng phương pháp FKG-Pairs2 có thời gian tính toán thấp nhất (*chỉ 0,0156s*) nhưng độ chính xác lại kém so với FKG-Pairs3 và FKG-Pairs4 lần lượt là 1,96% và 2,61%. Điều này có thể nhận thấy rằng, suy luận và chẩn đoán bệnh dựa trên đồ thị tri thức mở dạng cặp (FKG-Pairs) về mặt tham số độ chính xác đã được cải thiện một chút khi tăng cặp k , trong khi tham số thời gian tính toán lại tăng rất nhanh.



Hình 4. Biểu đồ so sánh độ chính xác của các phương pháp.

Tóm lại, kết quả thực nghiệm đã chứng minh rằng khả năng áp dụng đồ thị tri thức mở dạng cặp để hỗ trợ chẩn

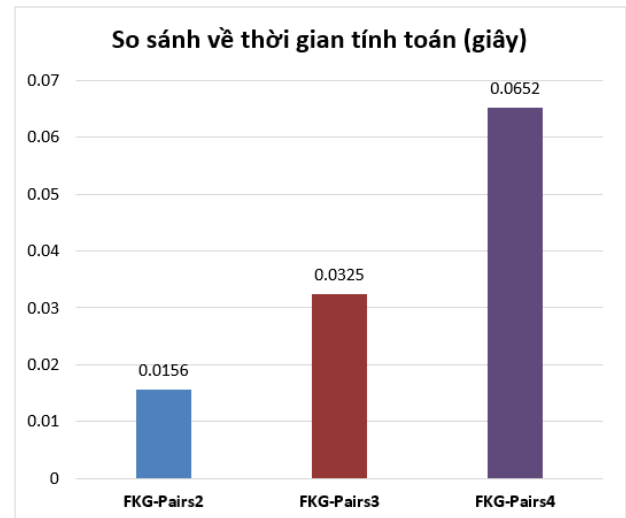
Bảng V
DANH SÁCH CÁC THUỘC TÍNH TRONG
TẬP DỮ LIỆU BỆNH NHÂN TIỀN SẢN GIẬT

STT	Tên thuộc tính	Miền giá trị
1	Tuổi của sản phụ	18 - 66
2	Nghề nghiệp của sản phụ	Công nhân, Nông dân CCVC, Tự do,...
3	Tuổi của thai nhi	15 - 40
4	Số lần mang thai	0 - 9
5	Chiều cao của sản phụ	1,40m - 1,90m
6	Cân nặng của sản phụ	45 - 95
7	Huyết áp trên	90 - 129
8	Huyết áp dưới	60 - 84
9	Chỉ số HGB	120 - 160
10	Chỉ số PLT	150 - 450
11	Chỉ số URE	2,5 - 6,7
12	Chỉ số CREATEIN	50,4 - 98,1
13	Chỉ số ACID URIC	150 - 350
14	Chỉ số ALT	< 31/37°C
15	Chỉ số AST	< 31/37°C
16	Chỉ số PROTEIN toàn phần	64 - 83
17	Chỉ số ALBUMIN	35 - 52
18	Chỉ số LDH	< 247
19	Chỉ số PROTEIN niệu	0,1 - 0,25
Kết quả đầu ra	Nhân (kết luận chẩn đoán)	0: Bình thường 1: Tiền sản giật 2: Tiền sản giật nặng

Bảng VI
KẾT QUẢ SO SÁNH ĐỘ CHÍNH XÁC VÀ THỜI
GIAN THỰC HIỆN CỦA CÁC PHƯƠNG PHÁP

Phương pháp	Độ chính xác (%)	Thời gian (giây)
FKG-Pairs2	77,41%	0,0156
FKG-Pairs3	79,37%	0,0325
FKG-Pairs4	80,02%	0,0652

đoán đầu hiệu tiền sản giật của các sản phụ trong y học cổ truyền là hoàn toàn khả thi. Độ chính xác của phương pháp cặp tư (FKG-Pairs4) đạt 80,02%, cao hơn một chút so với các phương pháp cặp đôi (FKG-Pairs2) và cặp ba (FKG-Pairs3) lần lượt là 2,61% và 1,96%. Trong khi thời gian tính toán của phương pháp FKG-Pairs4 cao hơn gấp gần 4,18 lần so với FKG-Pairs2 (và 2,01 lần với FKG-Pairs3).



Hình 5. Biểu đồ so sánh thời gian tính toán của các phương pháp.

V. KẾT LUẬN

Bài báo này đã trình bày một phương pháp khám và chẩn đoán bệnh hoàn toàn mới dựa trên đồ thị tri thức mờ dạng cặp (*FKG-Pairs*). Một mô hình áp dụng cho bài toán chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền ở Việt Nam dựa trên đồ thị tri thức mờ dạng cặp đã được đề xuất gồm với tám bước chia thành hai giai đoạn: (i) chuẩn bị dữ liệu; (ii) biểu diễn đồ thị và chẩn đoán bệnh. Đặc biệt, nhóm tác giả đã cải tiến các công thức tính bộ trọng số trong mô hình M-CFIS-FKG từ cặp đơn thành dạng cặp k . Điều này góp phần thúc đẩy ứng dụng FKG-Pairs vào trong các bài toán khám và chẩn đoán bệnh trong y học cổ truyền. Ngoài ra, với cách tiếp cận sử dụng *FKG-Pairs* cũng góp phần làm tăng độ chính xác trong quá trình suy luận để tìm nhân đầu ra. Một số hướng nghiên cứu tiếp theo liên quan đến FKG-Pairs được khuyến nghị, cụ thể là: (1) xác định giá trị ngưỡng k phù hợp (ở đó $k = \overline{1, m}$ để có thể áp dụng FKG-Pairs cho các bài toán trợ giúp ra quyết định dựa trên tập dữ liệu đầu vào có nhiều thuộc tính; (2) tìm giá trị hợp lý nhất k^* (ở đó $k^* = \overline{1, k}$) để ứng dụng trong các bài toán trợ giúp ra quyết định dựa trên tập dữ liệu lớn góp phần làm tăng hiệu quả về mặt thời gian tính toán (*computational time*); (3) nghiên cứu tích hợp học tăng cường (*reinforcement learning*) vào đồ thị tri thức mờ để xử lý bài toán trợ giúp ra quyết định trong các trường hợp cực đoan (*extreme cases*).

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển khoa học và công nghệ Quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số 102.05-2019.316.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] W. H. Organization *et al.*, *WHO traditional medicine strategy: 2014-2023*. World Health Organization, 2013.
- [2] T. chí y học cổ truyền Viện Y Dược cổ truyền dân tộc, “Y học cổ truyền là gì? Nguyên tắc chữa bệnh và địa chỉ khám, chữa uy tín [đăng tải ngày 23/6/2020]”, tại địa chỉ: <https://www.tapchihoccotruyen.com/y-hoc-co-truyen.html>, [truy cập ngày 20/5/2021].
- [3] P. A. Bonatti, S. Decker, A. Polleres, and V. Presutti, “Knowledge graphs: New directions for knowledge representation on the semantic web (dagstuhl seminar 18371),” in *Dagstuhl Reports*, vol. 8, no. 9. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2019.
- [4] L. T. H. Lan, T. M. Tuan, T. T. Ngan, N. L. Giang, V. T. N. Ngoc, P. Van Hai *et al.*, “A new complex fuzzy inference system with fuzzy knowledge graph and extensions in decision making,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 164 899–164 921, 2020.
- [5] Đảng Cộng Việt, *Nghiên cứu chuẩn đoán và xử trí tiền sản giật tại Bệnh viện Phụ sản Trung ương*, Luận văn thạc sĩ, 2020, Đại học Y Hà Nội.
- [6] H. Van Pham and L. K. Cu, “Intelligent rule-based support model using log files in big data for optimized service call center schedule,” in *Intelligent Computing in Engineering*. Springer, 2020, pp. 931–942.
- [7] S. Meier, B. Gebel-Sauer, and P. Schubert, “Knowledge graph for the visualisation of crm objects in a social network of business objects (sonbo): Development of the sonbo visualiser,” *Procedia Computer Science*, vol. 181, pp. 448–456, 2021.
- [8] C. K. Long, H. Q. Trung, T. N. Thang, N. T. Dong, and P. Van Hai, “A knowledge graph approach for the detection of digital human profiles in big data,” *Journal of Science and Technology: Issue on Information and Communications Technology*, vol. 19, no. 6.2, pp. 6–15, 2021.
- [9] T. T. Ngan, L. T. H. Lan, T. M. Tuan, N. H. Minh *et al.*, “Colorectal cancer diagnosis with complex fuzzy inference system,” in *Frontiers in Intelligent Computing: Theory and Applications*. Springer, 2020, pp. 11–20.
- [10] J. Liu, F. Schmid, K. Li, and W. Zheng, “A knowledge graph-based approach for exploring railway operational accidents,” *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 207, p. 107352, 2021.
- [11] X. Wang and D. Calvanese, “Editorial for special issue of journal of big data research on “big data meets knowledge graphs,”” 2021.
- [12] L. Zadeh, “Fuzzy sets, information and control,” vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.
- [13] L. C. Ortega, L. D. Otero, and C. Otero, “Fuzzy inference system framework to prioritize the deployment of resources in low visibility traffic conditions,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 174 368–174 379, 2019.
- [14] T. M. Tuan, L. T. H. Lan, S.-Y. Chou, T. T. Ngan, L. H. Son, N. L. Giang, M. Ali *et al.*, “M-cfis-r: Mamdani complex fuzzy inference system with rule reduction using complex fuzzy measures in granular computing,” *Mathematics*, vol. 8, no. 5, p. 707, 2020.
- [15] L. A. Zadeh, “Approximate reasoning based on fuzzy logic,” in *Proceedings of the 6th international joint conference on Artificial intelligence-Volume 2*, 1979, pp. 1004–1010.
- [16] S. Moussa and S. B. H. Kacem, “Symbolic approximate reasoning with fuzzy and multi-valued knowledge,” *Procedia computer science*, vol. 112, pp. 800–810, 2017.
- [17] T. T. Sơn, “Lập luận xấp xỉ với giá trị của biến ngôn ngữ,” *Tạp chí Tin học và Điều khiển*, vol. 15, pp. 6–10, 1999.
- [18] N. Đức Thọ và cộng sự, “Ứng dụng Đồ thị tri thức, tri thức suy diễn và học máy trong chuyển đổi số,” pp. 453–458, 2020.
- [19] S. Jin, J. Peng, Z. Li, and Q. Shen, “Bidirectional approximate reasoning-based approach for decision support,” *Information Sciences*, vol. 506, pp. 99–112, 2020.
- [20] J. Xiong and J. Wu, “Construction of approximate reasoning model for dynamic cps network and system parameter identification,” *Computer Communications*, vol. 154, pp. 180–187, 2020.

SƠ LƯỢC VỀ TÁC GIẢ

Cù Kim Long



Nhận bằng Thạc sĩ Công nghệ thông tin năm 2012 tại Đại học Quốc gia Hà Nội (VNU). Nghiên cứu sinh từ năm 2018 tại Đại học Bách khoa Hà Nội.

Hiện là Phó Giám đốc Trung tâm Công nghệ thông tin - Bộ Khoa học và Công nghệ, thành viên Ban kỹ thuật TCVN/JTC1 “Công nghệ thông tin”.

Lĩnh vực nghiên cứu: OPS, MIS, Enterprise Architecture, Cyber Security, e-Government, Industry 4.0, Smart City, IoT, Big Data, Trí tuệ nhân tạo, Evaluation, DSS, Picture Fuzzy Set, Knowledge Graph, Fuzzy Knowledge Graph, Reinforcement Learning, ...

Email: longck.2006@gmail.com

Trần Mạnh Tuấn



Nhận bằng thạc sĩ Công nghệ thông tin tại trường Đại học Thái Nguyên và bằng tiến sĩ Cơ sở toán học cho tin học tại Học viện Khoa học Công nghệ, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam năm 2017.

Hiện là Phó trưởng bộ môn Hệ thống thông tin, Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Thủy lợi.

Lĩnh vực nghiên cứu: ứng dụng trí tuệ nhân tạo, học máy, dữ liệu lớn, logics mờ.

Email: tmtuan@tlu.edu.vn

Lê Hoàng Sơn



Nhận bằng tiến sĩ Toán - Tin tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội (ĐHQGHN) năm 2013. Được phong hàm Phó Giáo sư ngành Công nghệ Thông tin năm 2017.

Hiện là Trưởng phòng Đa phương tiện và Thực tại ảo, Viện Công nghệ Thông tin, ĐHQGHN.

Lĩnh vực nghiên cứu: Trí tuệ nhân tạo, khai phá dữ liệu, tính toán mềm, hệ tư vấn và hệ thống thông tin địa lý, ứng dụng trong y tế và mạng viễn thông. Một số ứng dụng đã triển khai gần đây: Hệ thống hỗ trợ chẩn đoán bệnh từ ảnh y tế với mô hình học sâu và đồ thị tri thức, các hệ thống bán giám sát trong phát hiện đối tượng trên ảnh viễn thám, hệ tư vấn lớn (Mega RS) với các kỹ thuật trích rút thông tin trên bệnh án điện tử, các phần mềm phân tích biểu cảm khuôn mặt, và hỗ trợ ra quyết định động.

Email: sonlh@vnu.edu.vn

Lương Thị Hồng Lan



Nhận bằng thạc sĩ về SPKT Tin học tại trường Đại học Bách Khoa Hà nội; bảo vệ luận án tiến sĩ chuyên ngành Khoa học máy tính tại Học viện Khoa học Công nghệ, Viện hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam năm 2021.

Hiện là giảng viên bộ môn Hệ thống thông tin, khoa Công nghệ thông tin, trường Đại học Thủy lợi.

Lĩnh vực nghiên cứu: Trí tuệ nhân tạo, tính toán mềm, hệ mờ, logic mờ, khai phá dữ liệu.
Email: lanlhbk@tlu.edu.vn

Phạm Minh Chuẩn



Nhận bằng thạc sĩ Toán tin ứng dụng và bằng tiến sĩ Hệ thống thông tin tại trường Đại học Bách Khoa Hà nội năm 2018.

Hiện là Trưởng bộ môn Khoa học máy tính, khoa Công nghệ thông tin, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên.

Lĩnh vực nghiên cứu: Trí tuệ nhân tạo, khai phá dữ liệu, học máy, hệ tư vấn.
Email: chuanpm@gmail.com

Nguyễn Thọ Thông



Nhận bằng tiến sĩ chuyên ngành Hệ thống thông tin tại trường Đại học Công nghệ, Đại học quốc gia Hà Nội (ĐHQGHN) năm 2021.

Hiện là giảng viên của khoa Công nghệ thông tin, trường Đại học Thủy Lợi.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ra quyết định đa tiêu chí, hệ thống thông tin, hệ tư vấn và trí tuệ nhân tạo.

Email: thongnt89@tlu.edu.vn

Phạm Văn Hải



Nhận bằng tiến sĩ Công nghệ thông tin tại trường Đại học Ritsumeikan Nhật Bản năm 2013. Được phong hàm Phó Giáo sư năm 2017.

Hiện là giảng viên cao cấp trường Công nghệ Thông tin - Truyền thông, Đại học Bách khoa Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ứng dụng trí tuệ nhân tạo (chuyển đổi số, cách mạng công nghiệp 4.0), học máy, tính toán mềm, phân

tích dữ liệu lớn, ứng dụng hệ mờ, logics, hệ thống thông minh lai, tích hợp hệ thống, Big Data; ...

Email: haipy@soict.hust.edu.vn