

Bài báo nghiên cứu

PHƯƠNG PHÁP BIỂU DIỄN TRI THỨC VÀ CÁC HỆ THỐNG ỨNG DỤNG THÔNG MINH

Nguyễn Đình Hiền^{1*}, Phạm Thị Vương³

¹Trường Đại học Công nghệ Thông tin, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Trường Đại học Sài Gòn, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Nguyễn Đình Hiền – Email: hiennd@uit.edu.vn

Ngày nhận bài: 11-10-2022; ngày nhận bài sửa: 08-11-2022; ngày duyệt đăng: 12-01-2023

TÓM TẮT

Cơ sở tri thức là thành phần rất quan trọng trong việc xây dựng các hệ thống ứng dụng thông minh. Để tổ chức được cơ sở tri thức, chúng ta cần phải nghiên cứu các phương pháp biểu diễn tri thức. Hiện nay, có rất nhiều phương pháp để biểu diễn tri thức, bên cạnh những ưu điểm thì chúng vẫn còn có những khuyết điểm nhất định. Song hành với mô hình biểu diễn, các phương pháp suy diễn cũng là thành phần không thể tách rời trong việc biểu diễn tri thức, đó chính là thành phần giúp cho hệ thống có thể hoạt động, suy luận, giải quyết các vấn đề đặt ra trong mô hình. Trong bài báo này, chúng tôi sẽ trình bày một số phương pháp biểu diễn tri thức, và nghiên cứu các tiêu chuẩn hướng đến ứng dụng trong các hệ thống thông minh thực tế để đánh giá các phương pháp đã được trình bày. Bài báo cũng sẽ giới thiệu một số ứng dụng thông minh trong thực tế đòi hỏi việc tổ chức cơ sở tri thức một cách hoàn chỉnh, như các hệ giải quyết vấn đề thông minh, hệ trợ giúp quyết định và các ứng dụng thông minh khác.

Từ khóa: suy diễn tự động; hệ thống thông minh; công nghệ tri thức; biểu diễn tri thức; các hệ cơ sở tri thức

1. Giới thiệu

Trong khoa học Trí tuệ nhân tạo, biểu diễn tri thức và phương pháp suy diễn đóng một vai trò quan trọng, quyết định trong quá trình xây dựng và cài đặt hệ thống thông minh, đặc biệt là các hệ chuyên gia (Yun et al., 2021; Noy & McGuinness, 2013). Biểu diễn tri thức giúp cho hệ thống trở nên thông minh và dễ dàng tương tác hơn với người dùng (Hopgood, 2021). Chất lượng hoạt động của các hệ này phụ thuộc rất lớn vào tri thức đã có cũng như cách biểu diễn và tổ chức chúng. Việc xây dựng mô hình biểu diễn cho phép chúng ta có thể mô phỏng các tri thức, đồng thời có thể xác định được các kết quả có thể suy luận được từ tri thức.

Biểu diễn tri thức chính là động lực cho sự phát triển của khoa học máy tính đồng thời chính là nguyên nhân dẫn đến sự phát triển trong các ứng dụng thực tế trong các lĩnh vực từ

Cite this article as: Nguyen Dinh Hien, & Pham Thi Vuong (2023). Knowledge representation and intelligent systems. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 20(1), 135-152.

trí tuệ nhân tạo đến công nghệ phần mềm. Biểu diễn tri thức cũng đã góp phần giải quyết các vấn đề mang tính thời sự, hiện đại như: web ngữ nghĩa, tính toán sinh học, hệ thống hỏi đáp... Phương pháp biểu diễn các loại tri thức cùng với kỹ thuật suy diễn tương ứng là những thành phần cơ bản của hệ thống thông minh.

Khởi điểm ban đầu của biểu diễn tri thức chính là việc đặt ra mục tiêu xây dựng lý thuyết có thể giải quyết mọi bài toán (Noy & McGuinness, 2013), điều này được thể hiện qua các nghiên cứu lý thuyết về giải các bài toán tổng quát hay lý thuyết về chứng minh định lý tự động (automated theorem proving) (Jiang & Zhang, 2012). Tuy nhiên, với sự phát triển của quá trình nghiên cứu, các nhà khoa học nhận thấy mục tiêu này là bất khả thi, và các hệ thống chỉ có thể giải quyết một số khía cạnh nhất định trong các lĩnh vực được nghiên cứu. Hiện nay, về biểu diễn tri thức có một số quan điểm nổi bật như sau:

Marakakis và các cộng sự (2012) đã định nghĩa biểu diễn tri thức qua hai khái niệm “tri thức” và “biểu diễn”. Tri thức chính là sự mô tả thế giới quan, và biểu diễn chính là việc mã hóa tri thức đó để có thể lưu trữ được trên máy tính, những loại tri thức khác nhau sẽ cần phải có những cách biểu diễn tương ứng. Nói cách khác, để có quá trình nhận thức tốt hơn, tri thức phải được tạo ra, biểu diễn và lưu trữ.

Trong bài báo này, chúng tôi giới thiệu một số phương pháp biểu diễn tri thức thông dụng trong các hệ thống thông minh, đồng thời đề xuất các tiêu chuẩn để đánh giá phương pháp biểu diễn hướng đến các ứng dụng mang tính thực tiễn. Bài báo cũng sẽ giới thiệu một số ứng dụng thông minh trong thực tế đòi hỏi việc tổ chức cơ sở tri thức một cách hoàn chỉnh như: hệ thống hỗ trợ giải quyết vấn đề thông minh, hệ trợ giúp quyết định, các ứng dụng thông minh khác.

2. Nội dung

2.1. Phương pháp biểu diễn tri thức

2.1.1. Các tiêu chuẩn của mô hình biểu diễn tri thức

Biểu diễn tri thức chính là việc nghiên cứu các tri thức thực tế của con người trong một lĩnh vực và phạm vi nhất định, từ đó mô hình hóa chúng để có thể đặc tả được trên máy tính, khi đó máy tính cũng sẽ nhận được tri thức đặc tả và sử dụng chúng để giải quyết các vấn đề được đặt trong lĩnh vực ấy. Ngoài ra, quá trình biểu diễn tri thức phải đảm bảo được những tiêu chuẩn sau: (Nguyen et al., 2020a)

Tính phổ quát (Universality): Mô hình có thể biểu diễn nhiều miền tri thức khác nhau. Khi thiết kế các hệ thống thực, cấu trúc của mô hình có thể áp dụng một cách trực tiếp hoặc hoặc chỉ cần một cải tiến nhỏ cho các miền tri thức thực tế.

Tính khả dụng (Usability): Mô hình có thể biểu diễn đầy đủ tri thức. Đồng thời, mô hình có thể phân loại được các thành phần cơ bản của một miền tri thức: Khái niệm, quan hệ, và luật.

Tính hình thức (Formality): Các thành phần trong mô hình được nghiên cứu một cách hình thức. Bên cạnh đó, các lớp bài toán trên mô hình cũng phải được mô hình hóa. Tính hình

thức này cũng là cơ sở để chứng minh cho tính đúng đắn của các thuật giải suy diễn.

Tính thực tiễn (Practicality): Bên cạnh việc tính hình thức thì các mô hình được xây dựng phải đảm bảo được có thể ứng dụng một cách trực tiếp vào các miền tri thức thực tế. Phương pháp biểu diễn tri thức tương tự như cách biểu diễn của con người. Người dùng có thể sử dụng để biểu diễn và cập nhật tri thức. Trên cơ sở đó, minh chứng sự hiệu quả của mô hình.

Mỗi tiêu chuẩn biểu diễn tri thức này có 4 mức độ, mỗi mức độ của tiêu chuẩn tương ứng với các tiêu chí được đánh giá như trong Bảng 1.

Bảng 1. Các mức độ của các tiêu chuẩn cho phương pháp biểu diễn tri thức

Tiêu chuẩn	Mức 1	Mức 2	Mức 3	Mức 4
Tính phổ quát	Chỉ áp dụng vào các miền tri thức thử nghiệm	Được xây dựng cho một miền tri thức cụ thể	Ứng dụng cho các dạng miền tri thức có những đặc trưng nhất định	Có thể ứng dụng vào nhiều dạng tri thức trong thực tế
Tính khả dụng	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình chưa đủ để áp dụng vào các miền tri thức thực - Sự suy luận trên mô hình còn mang tính máy móc 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình được xây dựng để biểu diễn một miền tri thức cụ thể - Hệ thống chỉ đáp ứng được các yêu cầu cơ bản trên miền tri thức 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình có thể biểu diễn các thành phần tri thức cơ bản của các miền tri thức, đặc biệt là các tri thức về khái niệm - Suy luận và giải quyết được các vấn đề tổng quát với lời giải tự nhiên, tương tự như cách giải của con người 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình có thể biểu diễn đầy đủ các thành phần tri thức trong thực tế - Giải được các vấn đề thường gặp của miền tri thức. Mô hình giải được các vấn đề đòi hỏi việc vận dụng tri thức được đặc tả một cách linh hoạt - Quá trình suy luận trên mô hình tương tự như cách suy diễn của con người trên tri thức thực tế
Tính hình thức	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình chưa đáp ứng được tính chặt chẽ về mặt toán học - Chưa có mô hình để biểu diễn các lớp bài toán 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình tri thức được xây dựng trên cơ sở các cấu trúc toán học xác định - Các lớp bài toán được mô hình hóa dựa trên mô hình biểu diễn tri thức 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình tri thức được xây dựng một cách một cách chặt chẽ từ các cấu trúc toán học - Mô hình hóa được các lớp bài toán của miền tri thức - Các thuật giải được xây dựng từ kiến trúc của mô hình bài toán và mô hình tri thức 	<ul style="list-style-type: none"> - Mô hình tri thức được xây dựng một cách chặt chẽ từ các cấu trúc toán học - Các lớp bài toán được mô hình một cách rõ ràng - Các thuật giải trên mô hình được chứng minh một cách chặt chẽ về tính đúng đắn, độ phức tạp
Tính thực tiễn	<ul style="list-style-type: none"> - Ngôn ngữ đặc tả tri thức không tự nhiên, mang tính máy móc - Phương pháp biểu diễn chưa đủ thể giải được một cách trọn vẹn các vấn đề cơ bản trên tri thức 	<ul style="list-style-type: none"> - Ngôn ngữ đặc tả tri thức chưa tự nhiên, chưa phù hợp với cách đặc tả của con người - Phương pháp biểu diễn có thể giải quyết được các vấn đề thông dụng của miền tri thức 	<ul style="list-style-type: none"> - Ngôn ngữ đặc tả tri thức tương tự như cách biểu diễn của con người - Phương pháp biểu diễn có thể giải quyết được các vấn đề thông dụng của miền tri thức - Các bước suy luận của phương pháp giải phù hợp với phương pháp giải của con người 	<ul style="list-style-type: none"> - Phương pháp biểu diễn đáp ứng được các yêu cầu hệ thống ứng dụng trong thực tế - Cơ sở tri thức của hệ thống còn hướng đến việc hướng dẫn giải cho các vấn đề của miền tri thức

2.1.2. Các phương pháp biểu diễn tri thức

- *Phương pháp logic*

Dựa trên nền tảng toán học về logic mệnh đề và logic vị từ, các phương pháp này sử dụng các biểu thức logic hình thức (Russell & Norvig, 2010; Van Harmelen et al., 2008) để diễn đạt các sự kiện và các luật trong cơ sở tri thức. Yang và Cai (2008), cũng đã xây dựng cơ sở lý thuyết toán học trong việc biểu diễn tri thức dựa trên hệ luật mở rộng, các luật này được nghiên cứu trong việc giải quyết bài toán về kiểm tra sự mâu thuẫn trong các mô hình hình thức. Plotkin và Plotkin (2012), đã trình bày một cấu trúc đại số cho tri thức cơ sở (elementary knowledge) trên cơ sở của logic vị từ cấp 1, dựa trên cấu trúc này, tác giả đã giải quyết bài toán về sự tương đương thông tin của tri thức. Cùng một mục tiêu giải quyết bài toán này, trong (Knyazhansky, 2005), tác giả sử dụng cách tiếp cận đại số để biểu diễn tri thức thông qua việc xây dựng các tự đồng cấu (automorphic) của cơ sở tri thức.

Tuy nhiên, phương pháp logic hình thức tỏ ra không hữu hiệu cho các miền tri thức phức tạp, đồng thời phương pháp logic hình thức không thể được dùng để thiết kế cho các cơ sở tri thức có tính phức tạp.

Trong quá trình phát triển của biểu diễn tri thức, các nhà nghiên cứu đã phát triển phương pháp logic thành logic mô tả. Logic mô tả là một dạng hình thức hóa cho việc biểu diễn các tri thức có ngữ nghĩa hình thức. Logic mô tả xây dựng các cấu trúc để biểu diễn các thuật ngữ của miền tri thức một cách trực quan. Logic mô tả được nghiên cứu và sử dụng từ cuối những năm 80 của thế kỷ trước.

Để biểu diễn tri thức bằng logic mô tả, ta phải xây dựng các khái niệm từ các khái niệm nguyên tố, các vai trò nguyên tố và bằng các luật khái niệm. Hệ thống khái niệm mà ta có được gọi là bộ thuật ngữ. Bộ khẳng định là tập hợp các khẳng định thể hiện mối quan hệ giữa khái niệm với cá thể hay giữa hai cá thể với nhau. Hiện nay, logic mô tả vẫn đang được nghiên cứu và phát triển và ứng dụng rộng rãi, đặc biệt là trong lĩnh vực về web ngữ nghĩa. Tuy nhiên, logic mô tả vẫn còn có những hạn chế, đó chính là khả năng có thể ứng dụng một cách trực tiếp vào các miền tri thức thực, lớn gồm nhiều loại khái niệm với những quan hệ phức tạp.

Bên cạnh đó, các phương pháp BDTT cung cấp giải pháp suy diễn mang tính hình thức cao. Các phương pháp suy diễn logic hiện nay cũng đã được nghiên cứu để thực hiện việc suy diễn dựa trên tính toán song song (Dovier et al., 2022). Phương pháp logic cùng với các suy diễn là nền tảng cho việc nghiên cứu các hệ thống kiểm thử tự động.

- *Phương pháp biểu diễn dạng mạng*

Biểu diễn mạng nắm bắt kiến thức như là một đồ thị trong đó các đỉnh biểu diễn cho các khái niệm hay các đối tượng và các cạnh biểu diễn các quan hệ hay những sự kết hợp nào đó giữa các đối tượng và các khái niệm (Chen et al., 2020). Các đồ thị này có đỉnh biểu diễn các đối tượng, cá thể hoặc một lớp trừu tượng nào đó, còn các cạnh của đồ thị biểu diễn cho quan hệ giữa các đỉnh. Phổ biến nhất trong các phương pháp loại này là các mạng ngữ

nghĩa và các đồ thị khái niệm (Lehman, 2008). Bên cạnh đó, mạng Petri cũng được nghiên cứu và phát triển (Mou et al., 2022).

Helbig (2005), đã xây dựng Mạng mở rộng nhiều lớp (MultiNet) là một hệ thống biểu diễn tri thức dựa trên các mạng ngữ nghĩa. Trong hệ thống này, các biểu thức ngôn ngữ tự nhiên được biểu diễn bởi các cấu trúc khái niệm, trong đó các khái niệm cũng được biểu diễn bởi các nút và mối quan hệ giữa các niệm được biểu diễn bởi các cung, tuy nhiên các khái niệm này đã được phân loại theo một ontology định trước, còn các cung được gán nhãn từ tập các quan hệ tiêu chuẩn (khoảng 150 quan hệ).

Phương pháp biểu diễn dạng mạng rất tốt trong việc phân loại các khái niệm, tuy nhiên, các mạng biểu diễn tri thức này vẫn còn có những khiếm khuyết nhất định và chưa thể biểu diễn được cho một miền tri thức thực tế. Bên cạnh đó, đặc biệt là các mạng ngữ nghĩa, thì việc sử dụng chúng còn phải phụ thuộc vào ngôn ngữ dùng để biểu diễn tri thức. Do (2009), cũng đã đề cập đến mô hình mạng tính toán và mạng các đối tượng tính toán, nhưng trong mô hình này, vấn đề về biểu diễn các quan hệ giữa các đối tượng lại chưa được đề cập một cách đầy đủ.

- *Phương pháp Ontology*

Công nghệ ontology là một công nghệ được nghiên cứu phát triển mạnh mẽ trong thời gian gần đây. Ontology trở thành một lĩnh vực nghiên cứu phổ biến có mặt trong nhiều lĩnh vực từ xử lý ngôn ngữ tự nhiên, công nghệ tri thức, các hệ thống trao đổi, tích hợp thông tin cho đến biểu diễn và quản lý tri thức (Noy & McGuinness, 2013). Ontology giúp ta xây dựng mạng lưới ngữ nghĩa, bộ từ điển về các lĩnh vực chuyên môn hỗ trợ trong các ứng dụng, giúp ta mã hóa tri thức lĩnh vực thành một hệ tri thức dùng chung mà máy tính có thể hiểu được bằng cách phân tách khối tri thức này thành các đối tượng tri thức nhỏ hơn và tìm ra các mối liên hệ giữa chúng.

Ontology là một thuật ngữ có nguồn gốc từ Triết học diễn tả các thực thể tồn tại trong tự nhiên và các mối quan hệ giữa chúng. Theo cách nhìn của triết học, ontology – bản thể học là “một môn khoa học về nhận thức, cụ thể hơn là một nhánh của siêu hình học về tự nhiên và bản chất của thế giới, nhằm xem xét các vấn đề về sự tồn tại hay không tồn tại của các sự vật”. Theo đó người ta đưa ra khái niệm bộ ba ngữ nghĩa bao gồm biểu tượng – khái niệm – sự vật, đây là mô hình dùng để mô tả hay biểu diễn thế giới thực, biểu tượng sẽ gọi lên khái niệm và biểu diễn sự vật còn khái niệm sẽ đề cập tới sự vật.

Ontology là phương thức biểu diễn tri thức nhằm biểu diễn tất cả các thực thể cùng với các mối quan hệ giữa chúng. Có rất nhiều định nghĩa của ontology trong lĩnh vực trí tuệ nhân tạo, tuy nhiên, nói chung các tác giả đều đưa ra định nghĩa ontology theo cách mà họ xây dựng ontology của họ (Le et al., 2009).

Gruber (2006) định nghĩa, “Ontology là tập hợp các thành phần nguyên thủy để biểu diễn cho một miền tri thức nhất định”, các thành phần biểu diễn nguyên thủy ấy bao gồm các loại: lớp, thuộc tính và các quan hệ. Biểu diễn tri thức bằng ontology được chia thành 2

trường phái: Xây dựng ontology trên nền tảng logic và Xây dựng ontology cho các ứng dụng. Các phương pháp biểu diễn này tuy đã được nghiên cứu về mặt lý thuyết và ứng dụng, nhưng các ứng dụng ấy vẫn còn rất hạn chế, chưa biểu diễn được các miền tri thức phức tạp.

Do (2014), đã trình bày phương pháp biểu diễn tri thức bằng mô hình ontology COKB với các thành phần (C, H, R, Ops, Funcs, Rules) biểu diễn được khá nhiều khía cạnh của tri thức: các quan hệ, sự kế thừa, các toán tử, hàm và luật. Mô hình này đã được chứng minh tính đúng đắn thông qua việc xây dựng các miền tri thức ứng dụng cụ thể. Hiện nay, mô hình COKB hiện vẫn tiếp tục được nghiên cứu.

- *Biểu diễn tri thức theo tiếp cận đại số:*

Tiếp cận đại số là phương pháp xây dựng mô hình dựa trên các cấu trúc toán học, cấu trúc này có thể là các cấu trúc đại số cổ điển hoặc là những cấu trúc toán học khác, cấu trúc này có thể là sự lai ghép giữa các cấu trúc đại số cổ điển với những khái niệm mới, cấu trúc mới được định nghĩa trong quá trình nghiên cứu (Tian et al., 2009). Bên cạnh đó, các lớp bài toán cũng được hình thức hóa dựa trên cấu trúc mô hình, để từ đó có thể xây dựng thuật giải cho các lớp bài toán ấy và được kiểm chứng về phương diện lý thuyết.

Với mục tiêu có thể xây dựng một công cụ lý thuyết để phục vụ cho việc biểu diễn tri thức, đồng thời việc biểu diễn này có thể áp dụng tương đối trực tiếp vào các ứng dụng thực, thì hướng tiếp cận đại số là một phương pháp mang lại nhiều tính năng hữu ích. Trong các công trình nghiên cứu về biểu diễn tri thức hiện nay, đã có một số kết quả nghiên cứu cho tiếp cận đại số nhưng chúng đều có những hạn chế nhất định.

Plotkin và Plotkin (2005), đã trình bày một cấu trúc đại số cho tri thức cơ sở (elementary knowledge) trên cơ sở của logic vị từ cấp 1, dựa trên cấu trúc này, tác giả đã giải quyết bài toán về sự tương đương thông tin của tri thức. Cùng một mục tiêu giải quyết bài toán này, Knyazhansky (2012), sử dụng cách tiếp cận đại số để biểu diễn tri thức thông qua việc xây dựng các tự đồng cấu (automorphic) của cơ sở tri thức. Tuy nhiên, các miền tri thức được khảo sát trong các bài báo chỉ là những miền tri thức đơn giản.

Cīrulis (1999), đã dùng cách tiếp cận đại số để giải quyết các vấn đề trong biểu diễn tri thức. Việc tiếp cận này sẽ cho ta một công cụ toán học để biểu diễn, lập luận và chứng minh các tính chất trong việc biểu diễn tri thức một cách chặt chẽ và chuẩn mực. Tuy nhiên, các kết quả trước đây vẫn chưa thể áp dụng cho việc biểu diễn các tri thức thực tế phức tạp.

Calmet và Tjandra (2012), đã trình bày cách tiếp cận để chuyển đặc tả đại số của miền toán học về các tính toán thành các cơ sở tri thức, từ đó áp dụng vào việc đặc tả ngôn ngữ hình thức FORMAL-S và hệ thống biểu diễn tri thức MANTRA. Tuy nhiên, hệ thống này hiện nay đã ngừng phát triển.

Tomczak và Swiatek (2009), đã trình bày cấu trúc đại số của mô hình tri thức quan hệ, từ đó tác giả đã trình bày một phương pháp để thu nhận (acquisition) tri thức (một dạng của học máy). Tuy nhiên trong mô hình này, tác giả lại không chỉ rõ cấu trúc của một khái niệm trong tri thức cũng như không đề cập đến khái niệm luật của miền tri thức.

Plotkin và Knyazhansky (2012), đã xây dựng một định nghĩa của cơ sở tri thức dựa trên cấu trúc đại số (D, \mathcal{R}, f) , trong đó D là một miền dữ liệu (D là đại số), \mathcal{R} là tập các kí hiệu quan hệ (symbols of relations), và f là một interpretation (giải thích) của của các kí hiệu quan hệ, ví dụ, nếu \mathcal{R} là một quan hệ n -ngôi thì $f(\mathcal{R})$ là tập con của tích Descartes D^n . Từ đó, tác giả giải quyết bài toán sự tương đương giữa hai cơ sở tri thức thông qua việc chứng minh sự tương đương của hai nhóm tự đồng cấu tương ứng với hai cơ sở tri thức.

Wang và các cộng sự (2020), cũng đã xây dựng các khái niệm của tri thức bằng cách sử dụng cấu trúc đại số để biểu diễn các thành phần của một khái niệm và những quan hệ trên nó. Cấu trúc này được tác giả sử dụng để xây dựng hệ thống nhận thức cho máy tính. Đây là một kết quả tốt trong lĩnh vực nhận thức cho máy tính. Tuy vậy, tác giả vẫn chưa đề cập đến một thành phần rất quan trọng trong tri thức chính là các luật suy diễn.

Tran (2011), đã trình bày khái niệm về phân hoạch một hệ suy dẫn thành các hệ con, thuật toán phân hoạch hệ suy dẫn và định lí về biểu diễn cơ sở của hệ suy dẫn thông qua các cơ sở của hệ con. Tuy nhiên, các kết quả này không thể áp dụng trực tiếp với tri thức thực tế.

2.2.3. So sánh các phương pháp biểu diễn tri thức theo các tiêu chuẩn

Dựa trên mức độ các tiêu chí đã được trình bày trong mục 2.1. Bảng 2 so sánh các phương pháp biểu diễn tri thức theo các tiêu chuẩn với các mức độ tương ứng.

Bảng 2. So sánh các phương pháp BDTT

STT	Phương pháp	Tính phổ quát	Tính khả dụng	Tính thực tiễn	Tính hình thức hóa
1	Biểu diễn bằng logic	Mức 2	Mức 1	Mức 1	Mức 4
2	Biểu diễn bằng logic mô tả	Mức 3	Mức 2	Mức 2	Mức 4
3	Biểu diễn bằng ontology	Mức 3	Mức 3	Mức 2	Mức 3
4	Biểu diễn theo tiếp cận đại số	Mức 1	Mức 2	Mức 1	Mức 3

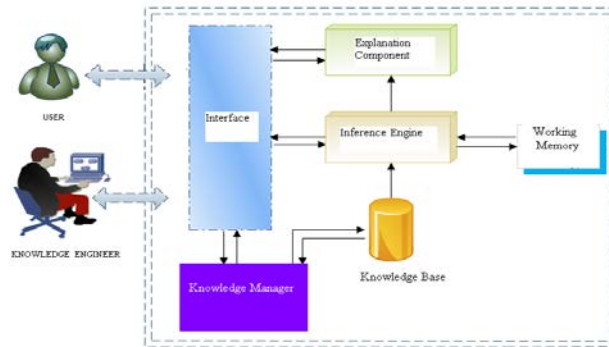
2.3. Các hệ thống ứng dụng thông minh

Trong mục này, chúng tôi trình bày một số ứng dụng thông minh có sử dụng cơ sở tri thức. Các ứng dụng này bao gồm: các hệ giải bài toán thông minh (intelligent problem solver), hệ trợ giúp quyết định (decision support system), và một số ứng dụng thông minh khác (Do et al., 2022).

2.3.1. Hệ giải bài toán thông minh

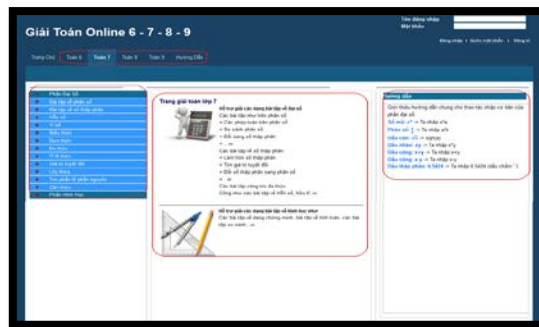
Trên cơ sở nghiên cứu về các phương pháp biểu diễn tri thức và suy luận, chúng tôi cũng đã xây dựng một số các ứng dụng hỗ trợ trong học tập, đặc biệt là các ứng dụng trong lĩnh vực hỗ trợ giải bài tập thông minh. Các chương trình cho phép người dùng có thể nhập bài toán theo một ngôn ngữ tự nhiên được quy ước, từ đó chương trình sẽ tự động tìm ra lời giải cho bài toán đó (Do, 2009). Lời giải của bài toán được trình bày rõ ràng, từng bước.

Kiến trúc của một hệ thống giải bài tập thông minh như Hình 1:



Hình 1. Kiến trúc hệ giải bài tập thông minh

Hình 2 và Hình 3 là chương trình thử nghiệm hỗ trợ giải bài tập Toán cấp trung học cơ sở ở tất cả các khối lớp trong cả hai lĩnh vực Đại số và Hình học (Nguyen et al., 2018; Phan et al., 2020). Các chương trình này đã được thử nghiệm tại một số trường trung học cơ sở (THCS) và nhận được kết quả tích cực từ đối tượng sử dụng là các học sinh THCS. Hiện nay trang web hỗ trợ học tập Toán này đang được điều chỉnh để có thể tiến hành đưa vào sử dụng trong thực tế.



Hình 2. Trang web hỗ trợ giải toán cấp THCS²

Tim ước chung lớn nhất, bội chung nhỏ nhất

Chọn dạng bài tập: đây số nguyên^(*)
 UCLN của 45, 15, 30
 Ví dụ: 45, 15, 30

Thư hiện giải | Thể hiện đề bài

Tim ước số chung lớn nhất của: 45, 15, 30

Phân tích thành thừa số nguyên tố:

45 có ước nguyên tố là: 3, 5
 $45 = 3^2 \cdot 5$

15 có ước nguyên tố là: 3, 5
 $15 = 3 \cdot 5$

30 có ước nguyên tố là: 2, 3, 5
 $30 = 2 \cdot 3 \cdot 5$

Các số 45, 15, 30 có các ước nguyên tố giống nhau là: 3, 5

Ta có số mũ của ước nguyên tố ở UCLN là:

3 có số mũ là 1
 5 có số mũ là 1

Vậy UCLN là: $3 \cdot 5 = 15$

Giải bài toán Hình học

Viết giải như:

Cho các điểm A, B, C, D. Cho tam giác ABC. D thuộc AC. AD=10, AC=20, AB=15, BC=25, AE=15.

Viết kết luận:

Chứng minh rằng: Tam giác ADE đồng dạng tam giác ABC. Cho (ABD) = (x) và (ACE).

Kết quả

o Chứng Minh: tam giác AED đồng dạng tam giác ABC
 o Bài Giải:
 Bước 1:
 Vì: $AD = 10, AC = 20, AE = 15$
 Suy ra $AD^2 = AC \cdot AE$

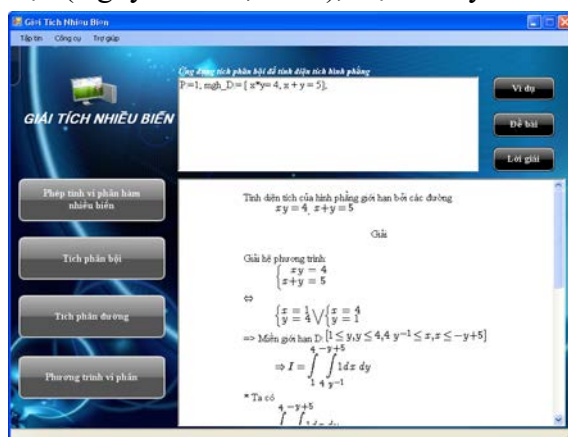
Bước 2:
 Vì: $AD^2 = AC \cdot AE$; góc BAD = góc CAB
 Do: tam giác đồng dạng trong hợp x - y - z.
 Suy ra: tam giác ABD đồng dạng tam giác AED

o Chứng Minh: góc ABC = góc ACE
 o Bài Giải:
 Bước 1:
 Vì: tam giác ABD đồng dạng tam giác AED
 Do: quan hệ hai tam giác đồng dạng
 Suy ra: góc ABD = góc ACE

Hình 3. Lời giải các bài toán Đại số và Hình học của trang web

² <https://youtu.be/pSCrjQo0zJE>

Bên cạnh kiến thức Toán THCS, phương pháp biểu diễn tri thức theo ontology cũng được nghiên cứu để xây dựng các chương trình hỗ trợ học Toán ở cấp THPT, trong một số các miền tri thức như: Hình học giải tích hai chiều, hình học giải tích ba chiều, hình học không gian (Nguyen et al., 2020a). Ontology cũng được áp dụng trong việc tổ chức cơ sở tri thức và xây dựng hệ thống hỗ trợ việc học tập của sinh viên trong các môn Toán ở đại học (Hình 4), như: Toán rời rạc (Nguyen et al., 2021), Đại số tuyến tính (Nguyen et al., 2020b).



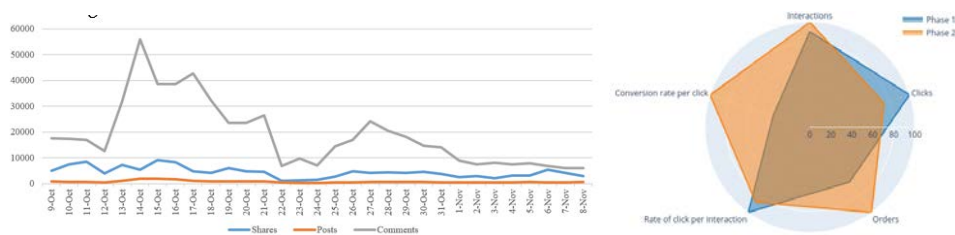
Hình 4. Chương trình hỗ trợ học toán ở đại học

Các chương trình được xây dựng hướng tới mục tiêu hỗ trợ tốt nhất cho người học, đặc biệt trong lĩnh vực giải bài tập thông minh. Chương trình cho ra lời giải của bài toán một cách tự nhiên, từng bước, tương tự như cách giải của con người. Tuy nhiên, chúng vẫn còn một số hạn chế nhất định như: tốc độ giải của chương trình còn chậm, chưa giải được các bài tập đòi hỏi việc vận dụng kiến thức trong nhiều lĩnh vực. Trong tương lai, các nghiên cứu sẽ được tiếp tục để giải quyết các hạn chế này, và chương trình sẽ được nâng cấp hơn, thông qua việc xây dựng phương pháp, kỹ thuật để thực hiện việc hướng dẫn giải cho các bài toán.

2.3.2. Hệ trợ giúp quyết định

Hệ trợ giúp quyết định hướng tới khả năng tư vấn và hỗ trợ cho nhà quản lý đi tới những quyết định quan trọng như quyết định đầu tư, chiến lược kinh doanh, quyết định về nhân sự. Các hệ thống này cần sự vận dụng các phương pháp biểu diễn tri thức và suy luận trong thiết kế hệ thống ứng dụng (Nguyen et al., 2022a).

Ví dụ, trong lĩnh vực tiếp thị kỹ thuật số, hệ thống quản trị chiến dịch tiếp thị trên mạng xã hội là hệ thống có thể có thể đưa ra các độ đo để xác định người dùng có ảnh hưởng có ảnh hưởng (influencers) trên mạng xã hội (Nguyen et al., 2020c). Từ đó, sử dụng các người dùng này để thực hiện các chiến dịch tiếp thị trên mạng xã hội (influencer marketing). Trong quá trình chạy các chiến dịch này, hệ thống có thể tổng hợp các thông tin về lượt tương tác, doanh số cùng với tỉ lệ chuyển đổi tương ứng đối với mỗi influencer. Hệ thống có thể trực quan hóa các dữ liệu để hỗ trợ các nhà quản trị quan sát và ra quyết định kịp thời trong chiến dịch. Hình 5 trình bày các dữ liệu được trực quan của hệ thống ADVO (Huynh et al., 2022).



Hình 5. ADVO – Hệ thống quản trị chiến dịch tiếp thị (influencer marketing) trên mạng xã hội (Huynh et al., 2022)

2.3.3. Các hệ thống ứng dụng thông minh khác

Ứng dụng phương pháp biểu diễn bằng logic, các nhà nghiên cứu đã xây dựng chương trình Prolog và ngôn ngữ lập trình này hiện vẫn còn được sử dụng trong quá trình giảng dạy và minh họa cho biểu diễn tri thức bằng logic. Bên cạnh đó, một định dạng để biểu diễn tri thức phục vụ cho việc trao đổi tri thức giữa các hệ thống với nhau cũng được xây dựng trên cơ sở logic hình thức (Knowledge Interchange Format - KIF). Trên nền tảng KIF này, Pease đã xây dựng một ontology từ vựng cho hệ thống xử lý thông tin trên máy tính, ontology này được gọi là Suggested Upper Merged Ontology (SUMO) (Pease et al., 2012). Ontology này được xây dựng một cách hình thức và tương ứng với ngữ nghĩa trong hệ thống WorldNet.

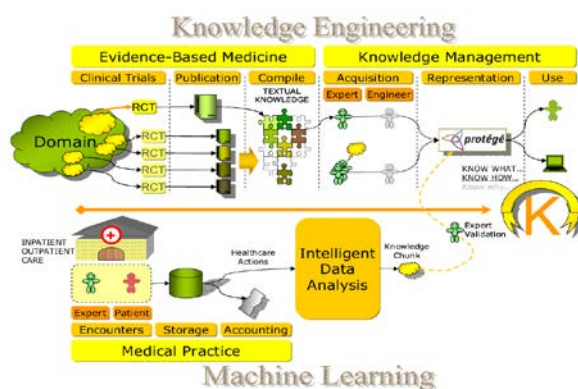
WorldNet là một cơ sở dữ liệu về từ vựng tiếng Anh được xây dựng trên cơ sở mạng ngữ nghĩa. WorldNet bao gồm các danh từ, tính từ và trạng từ được nhóm lại thành những bộ từ đồng nghĩa. Các nhóm từ liên kết với nhau thông qua các mối quan hệ ngữ nghĩa và từ vựng (Vossen & Fellbaum, 2022).

Các chương trình thông minh hỗ trợ việc truy vấn và tra cứu kiến thức các môn học được dựa trên cơ sở tri thức. Chương trình này hoạt động như một từ điển để tra cứu các kiến thức trong môn học. Tính thông minh của các hệ thống này được thể hiện thông qua việc các chức năng hỗ trợ tra cứu theo các bài học, và các thành phần của tri thức, tự động gợi ý các kiến thức liên quan đến nội dung đang tra cứu. Hình 6 là giao diện của một hệ thống hỗ trợ việc tra cứu kiến thức môn học Các hệ Cơ sở dữ liệu trong chương trình đào tạo Công nghệ Thông tin bậc đại học.



Hình 6. Chương trình hỗ trợ tra cứu kiến thức môn học Cơ sở dữ liệu (Truong et al., 2022)

EURECA (Enabling information re-Use by linking clinical REsearch and Care): là dự án nghiên cứu về sự liên kết giữa thông tin sức khỏe từ trong hồ sơ chăm sóc sức khỏe với thông tin từ Hệ thống thử nghiệm lâm sàng (EURECA, 2022). Đây là cơ sở để tạo điều kiện cho rất nhiều các dịch vụ phần mềm và các công cụ phát triển trong lĩnh vực y tế, chăm sóc sức khỏe. Hệ thống này là sự kết hợp của công nghệ tri thức trong việc tổ chức các kiến thức y khoa kết hợp với các phương pháp xử lý dữ liệu lâm sàng được thu thập trong thực tế (Hình 7).



Hình 7. Công nghệ tri thức ứng dụng trong y khoa (Riano, 2006)

Wolfram Alpha (2022), là một dịch vụ trực tuyến có nhiệm vụ trả lời các câu hỏi nhập vào trực tiếp bằng cách tính toán câu trả lời từ các dữ liệu được thu thập. Hiện nay, chương trình hỗ trợ rất tốt trong việc học tập trong một số lĩnh vực: toán học, hóa học, thống kê. Chương trình có nền tảng chính là việc tính toán các tri thức từ các dữ liệu thu thập được.

Ngoài ra, các nghiên cứu về biểu diễn tri thức cũng được ứng dụng trong việc xây dựng các hệ thống hỏi đáp (Nguyen et al., 2022b; Chakraborty et al., 2021). Để xây dựng hệ thống hỏi đáp, hiện nay có hai cách tiếp cận để chuyển từ ngôn ngữ tự nhiên sang ngôn ngữ biểu diễn trên máy tính. Cách tiếp cận thứ nhất, đó là việc sử dụng phương pháp logic cổ điển để biểu diễn. Trong cách tiếp cận này, thông qua việc phân tích cú pháp của các văn bản đồng thời kết hợp với việc sử dụng ngữ nghĩa của từ điển liên quan WordNet, biểu diễn truy vấn dưới dạng logic. Cách tiếp cận thứ hai, đó là việc rút trích các sự kiện có liên quan từ ngôn ngữ tự nhiên. Để rút trích được các sự kiện này, có những cách sau:

- + Sự kiện liên quan có được từ các lập luận trước đó, trong cách này chúng ta phải đặc tả được tri thức của hệ thống để có thể tiến hành các bước suy luận;
- + Hoặc sử dụng bộ phân tích ngữ nghĩa liên kết với ngữ pháp, ngữ nghĩa được xây dựng từ cơ sở dữ liệu từ điển liên quan cùng với một nền tri thức sẵn có trong lĩnh vực (chẳng hạn như WordNet);
- + Sử dụng các hệ thống khai thác thông tin để rút trích các sự kiện cần thiết.

Trong các cách tiếp cận trên, hệ thống hỏi đáp đều cần phải có một cơ sở tri thức nền để phục vụ cho việc truy vấn. Do đó, biểu diễn tri thức là một thành phần không thể thiếu trong việc thiết kế các hệ thống hỏi đáp thông minh.

2.4. Xây dựng Chương trình minh họa các thuật toán cho môn học Cấu trúc dữ liệu và Giải thuật

2.4.1. Mô hình tích hợp tri thức dạng ontology và frames

Trong mục này, chúng tôi sẽ trình bày mô hình tri thức để biểu diễn kiến thức cho môn học Cấu trúc dữ liệu và Giải thuật. Mô hình này là sự tích hợp phương pháp biểu diễn dạng ontology và frames. Mô hình là sự kết hợp giữa ontology Rela-model về các tri thức quan hệ và các frame.

Định nghĩa 4.1. Mô hình tri thức tích hợp ontology Rela-model và frame, được gọi là *Integ-model*, có cấu trúc như sau:

(C, R, Rules) + Algo

Trong đó, ontology **(C, R, Rules)** là ontology Rela-model (Do et al., 2018) biểu diễn miền tri thức. **C** là tập các khái niệm, mỗi khái niệm là một bộ (*Attrs, Facts, RulObj*), với *Attrs* là tập các thuộc tính, *Facts* là tập các sự kiện của khái niệm, và *RulObj* là tập các luật dẫn trên khái niệm; **R** là tập các quan hệ hai ngôi giữa các khái niệm; **Rules** là tập các luật trên miền tri thức. Thành phần **Algo** là tập các frame biểu diễn các thuật toán, các frame này có cấu trúc như sau:

(*Name, Content, Pseudo, Tasks, Visualization*)

với, *Name* là tên của thuật toán, *Content* là nội dung của thuật toán, *Pseudo* là mã giả của thuật toán, *Tasks* là danh sách các bước thực thi của thuật toán, mỗi task biểu diễn sự diễn giải của một bước trong thuật toán; *Visualization* là sự minh họa cho thuật toán:

$Visualization = [s_1, \dots, s_k]$

Mỗi s_j là một kết quả của task trong *Tasks*. Mỗi s_j có cấu trúc (*text-sol, graph-sol*), với *text-sol* là kết quả hiển thị dưới dạng văn bản hoặc chuỗi, và *graph-sol* là kết quả hiển thị dưới dạng các đồ họa như: các ảnh, biểu đồ hoặc đồ thị ($1 \leq j \leq k$).

Ví dụ 4.1. Kiến thức của môn học Cấu trúc dữ liệu và giải thuật có thể được biểu diễn bằng mô hình Integ-model như sau:

C- tập các khái niệm

Tập **C** gồm các khái niệm về cấu trúc dữ liệu như: Mảng, Danh sách liên kết, Ngăn xếp, hàng đợi, Cây, Cây nhị phân tìm kiếm, ...

$C = \{ARRAY, LINKED_LIST, BINARY_TREE, \dots\}$

Khái niệm **LINKED_LIST** về danh sách liên kết có thể được biểu diễn như sau:

(*Attrs, Facts, RulObj*)

Attrs = {*head, tail, n*}, trong đó:

head: pointer // con trỏ đầu của danh sách liên kết

tail: pointer // con trỏ đuôi của danh sách liên kết

n: INT // số phần tử trong danh sách

Facts = { }

RulObj = { *r*: {*head = tail*} → {*n = 0*} }

R – Quan hệ giữa các khái niệm trong C

Tập **R** là tập các quan hệ có dạng: *is-a* và *has-a*. Ví dụ, Cây nhị phân tìm kiếm là cây nhị phân, Ngăn xếp là một danh sách liên kết.

$$\mathbf{R} = \{ \text{TREE has-a ROOT_NODE,} \\ \text{BINARY_SEARCH_TREE is-a BINARY_TREE,} \\ \text{STACK is-a LINKED_LIST, QUEUE is-a LINKED_LIST, ...} \}$$

Rules – Tập các luật dẫn

Mỗi luật $r \in \mathbf{Rules}$ có dạng: $h(r) \rightarrow g(r)$, trong đó, $h(r)$ và $g(r)$ là các tập sự kiện. Ví dụ, cây nhị phân thỏa điều kiện: i) cây con bên trái của một nút có khóa (key) nhỏ hơn giá trị khóa của nút cha, và ii) cây con bên phải của một nút có khóa lớn hơn giá trị khóa của nút cha, thì đó là cây nhị phân tìm kiếm.

$$r: \{ T: \text{BINARY_TREE}, \forall p: \text{node}, p \in T, p.\text{left.key} < p.\text{key}, p.\text{key} < p.\text{right.key} \} \\ \rightarrow \{ T: \text{BINARY_SEARCH_TREE} \}$$

Algo = { *InterchangeSort, BubbleSort, SelectionSort, InsertionSort, QuickSort, ...* }

2.4.2. Các vấn đề về minh họa một thuật giải

Minh họa một thuật giải là quá trình xử lý để hiển thị các kết quả tương ứng ở mỗi bước chạy của thuật toán. Việc minh họa này giúp cho học sinh quan sát được quá trình thực thi tại từng bước của thuật toán để hiểu rõ hơn thuật toán. Quá trình minh họa thuật toán cần giải quyết 3 vấn đề sau:

(1) Bài toán 1. Theo dõi trạng thái hiện tại của thuật toán và hiển thị kết quả dữ liệu trong thuật toán tại bước này.

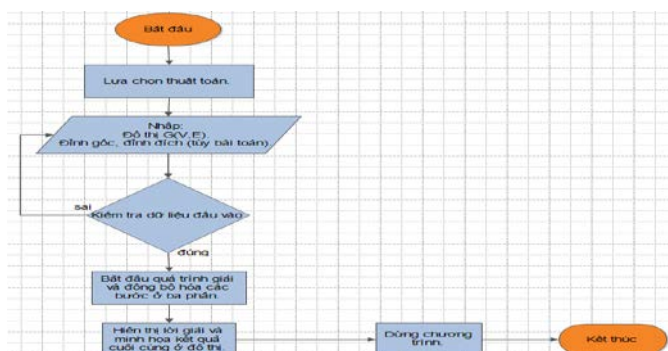
(2) Bài toán 2. Hiển thị kết quả mỗi bước chạy của thuật toán dưới dạng đồ họa.

(3) Bài toán 3. Đồng bộ hóa việc hiển thị thuật toán ở ba nội dung: cho biết trạng thái hiện tại của thuật toán, kết quả dữ liệu và minh họa trạng thái hiện tại của thuật toán ở dạng đồ họa.

Cho thuật toán *Alg*. Bài toán 1 giải quyết vấn đề theo dõi các task trong thuật toán *Alg* để quan sát quá trình thực thi của thuật toán. Nó sẽ làm nổi bật (highlight) một task t trong *Alg.Tasks* và tính kết quả của dữ liệu tại task này. Bài toán 2 giải quyết việc trực quan hóa thuật toán. Với mỗi task t trong *Alg.Tasks*, đồ họa cho task t sẽ được lưu trữ trong *graph-sol* của bước tương ứng trong danh sách các bước thực thi *Alg.Visualization*. Dựa trên cấu trúc frame của *Alg*, phương pháp giải quyết Bài toán 1 và 2 chỉ phụ thuộc ngôn ngữ lập trình giao diện của chương trình (Le et al., 2019; Nguyen et al., 2019).

Trong mục này, chúng tôi trình bày phương pháp giải quyết Bài toán 3: Cho thuật toán *Alg* có cấu trúc (*Name, Content, Pseudo, Tasks, Visualization*) như trong Định nghĩa 4.1.

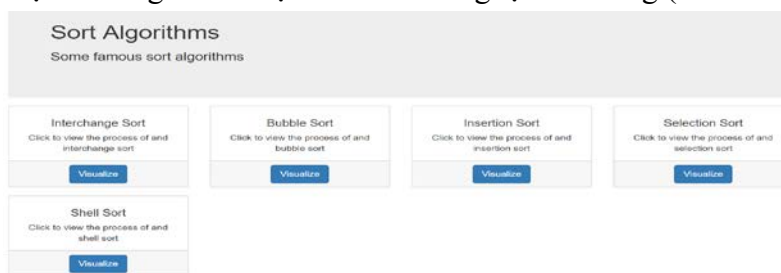
Việc minh họa thuật toán phải đồng bộ ba nội dung: hiển thị trạng thái hiện tại của thuật toán (Bài toán 1), kết quả dữ liệu của thuật toán tại trạng thái đó (vấn đề 1) và minh họa trạng thái bằng đồ họa, hình ảnh (Bài toán 2). Hệ thống sẽ minh họa từng bước thực thi của thuật toán. Các bước thực thi này sẽ tương ứng với các task trong *Alg.Tasks* và các kết quả trong *Alg.Visualization*. Việc đồng bộ hóa sẽ được thực hiện thông qua các bước sau:



Hình 8. Thuật toán đồng bộ hóa các thành phần để minh họa thuật toán

2.4.3. Thử nghiệm chương trình

Chương trình được xây dựng trên nền website với ngôn ngữ thực hiện thuật toán và các hiệu ứng đồng bộ các thành phần là Javascript, giao diện được xây dựng từ HTML5, CSS3, công nghệ Bootstrap3, chương trình được triển khai dựa trên web framework Django. Hình 9 là giao diện chương trình được thiết kế tương tự như trong (Le et al., 2019).



Hình 9. Giao diện chương trình minh họa thuật toán của môn học Cấu trúc dữ liệu và giải thuật (Le et al., 2019)

Hệ thống có thể minh họa một số thuật toán cơ bản trong môn học như: thuật toán sắp xếp (Đổi chỗ trực tiếp, Chèn trực tiếp, Sắp xếp nổi bọt...) và thuật toán trên danh sách liên kết. Các kết quả của hệ thống thân thiện và có thể hiển thị từng bước cho người dùng. Tại mỗi bước, người dùng có thể chọn bước kế tiếp hoặc bước trước đó. Ngoài ra, mã giả của thuật toán cũng được hiển thị cùng lúc với các bước minh họa đang được thực hiện.

3. Kết luận và hướng phát triển

Hiện nay, các phương pháp biểu diễn tri thức đều hướng tới việc xây dựng các ứng dụng thực tế để phục vụ cho con người, đặc biệt là các ứng dụng thông minh, đòi hỏi việc phải tổ chức cơ sở tri thức, đồng thời các phương pháp này cũng phải đảm bảo tính lí luận chặt chẽ để có thể phát triển tốt hơn (Nguyen et al., 2020a). Tuy nhiên, các phương pháp hiện nay lại không đáp ứng được đầy đủ những tiêu chuẩn cho việc biểu diễn tri thức.

Phương pháp biểu diễn bằng logic là phương pháp cổ điển, đảm bảo được tính chặt chẽ và lí luận của hệ thống, nhưng phương pháp logic chỉ biểu diễn những miền tri thức đơn giản và rất khó để áp dụng trong thực tế. Các phương pháp dạng mạng, Frame, Script rất hữu ích trong việc xây dựng các khái niệm và phân loại chúng trong một miền tri thức, nhưng

những khái niệm này còn khá đơn giản, chưa phù hợp với thực tế, hơn nữa các phương pháp này còn thiếu một cơ sở lí luận chặt chẽ.

Phương pháp biểu diễn theo tiếp cận đại số đáp ứng được các yêu cầu của biểu diễn tri thức, đặc biệt là yêu cầu về tính hình thức hóa. Tiếp cận đại số có thể cho ta những kết quả mà từ dữ liệu trực tiếp không thể suy ra được. Tuy nhiên, yêu cầu hiện nay đối với mô hình tri thức là phải có khả năng có thể áp dụng vào các miền tri thức một cách tương đối trực tiếp. Do đó, các nghiên cứu của tiếp cận đại số hiện nay hướng đến việc sử dụng phương pháp như một cơ sở để đảm bảo tính hình thức của biểu diễn tri thức.

Ontology là phương pháp này có thể biểu diễn được các miền tri thức sát với thực tế. Tuy nhiên, hiện nay tri thức được kết hợp từ nhiều nguồn cũng như nhiều dạng khác nhau, do đó ontology xây dựng cần phải đảm bảo được việc tích hợp với các thành phần tri thức cũng như tích hợp với các cơ sở tri thức khác (Nguyen et al., 2022b). Vì vậy, ontology là một phương pháp biểu diễn tri thức rất tiềm năng trong việc nâng cao khả năng ứng dụng cho các hệ thống thông minh trong thực tế (Nguyen et al., 2022a).

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Calmet J., & Tjandra, I. A. (1994). Building bridges between knowledge representation and algebraic specification. *Methodologies for Intelligent Systems*, LNCS, 869, 295-304.
- Chakraborty, N., Lukovnikov, D., Maheshwari, G., Trivedim P., & Lehmann, J. (2021). Introduction to neural network-based question answering over knowledge graphs. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 11(3), e1389.
- Chen, X., Jia, S., & Xiang, Y. (2020). A review: Knowledge reasoning over knowledge graph. *Expert Systems with Applications*, 141, 112948.
- Cirulis, J. (1999). An Algebraic Approach to Knowledge Representation. *Mathematical Foundations of Computer Science 1999*, Lecture Notes in Computer Science, 1672, 1999, 299-309.
- Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P. (1993). What is a Knowledge Representation? *AI Magazine*, 14(1), 17-33.
- Dovier, A., Formisano, A., Gupta, G., Hermenegildo, M., Pontelli, E., & Rocha, R. (2022). Parallel logic programming: A sequel. *Theory and Practice of Logic Programming*, 22(6), 906-973.
- Do, N. (2009). *Computational Networks for Knowledge Representation*. Proc. of ICCSISE 2009, V, Singapore.
- Do, N. (2012). Intelligent Problem Solvers in Education: Design Method and Applications. In *Intelligent Systems*, Koleshko, V.M. (Ed.). InTech.
- Do, N. V. (2014). Ontology COKB for designing knowledge-based systems. *Proceeding of 13th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools, and Techniques (SOMET 2014)*, (pp. 354-373), IOS press.

- Do, N., Nguyen, H. D., & Selamat, A. (2018). Knowledge-based model of Expert systems using Rela-model. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 28(8), 1047-1090.
- Do, V. N., Nguyen, D. H., & Nguyen, T. N. D. (2022). *Giao trình Các hệ cơ sở tri thức (tài liệu) [Knowledge-based Systems (second edition)]*. VNU-HCM.
- EURECA (2022). Retrieved from <http://eurecaproject.eu/about> (Access on 09 Oct. 2022).
- Gruber, T. (2009). Ontology. Entry in *Eyclopedia of Database Systems*, Liu, L., & Ozsu, M. (Eds), (pp. 1963-1965), Springer-Verlag.
- Helbig, H. (2005). *Knowledge representation with multilayered extended semantic net-works: the MultiNet paradigm*. Retrieved from http://pi7.fernuni-hagen.de/forschung/multinet/multinet_en.html
- Hopgood, A. (2021). *Intelligent Systems for Engineers and Scientists: A Practical Guide to Artificial Intelligence*. CRC press.
- Huynh, T., Nguyen, H., Zelinka, I., Pham, X.H., Pham, V., Selamat, A., & Krejcar, O. (2022). A method to detect influencers in social networks based on the combination of amplification factors and content creation. *PLOS ONE*, 17(10), e0274596.
- Jiang, J., & Zhang, J. (2012). A review and prospect of readable machine proofs for Geometry theorems. *J Syst Sci Complex*, 25, 802-820.
- Knyazhansky, M. (2012). Knowledge Bases over algebraic models: Some notes about information equivalence. *International Journal of Knowledge Management*, 8(1).
- Lehmann, F. (2008). *Semantic Networks in Artificial Intelligence*. Elsevier Science Ltd.
- Le, T. H., Tu, M. P., & Huynh, Q. T. (2006). *Tac tu – Công nghệ phân mềm hướng tac tu [Agents - Software Engineering with Agents]*. Hanoi Publisher of Science and Technology.
- Le, T., Luu, S., Nguyen, H., & Do, N. (2019). Knowledge representation method for designing an Intelligent Tutoring System in Learning of courses about Algorithms. *Proceedings of 2019 25th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2019)*, 310-315.
- Marakakis, E., Kondylakis, H., & Papadaki, N. (2012). Knowledge Representation in a Proof checker for Logic Programs. *Advances in Knowledge Representation*, 161-180.
- Mou, X., Mao, L. X., Liu, H. C., & Zhou, M. (2022). Spherical linguistic Petri nets for knowledge representation and reasoning under large group environment. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, 3(3), 402-413.
- Noy, N., & McGuinness, D. (2013). *Final Report on the 2013 NSF Workshop on Research Challenges and Opportunities in Knowledge Representation*. NSF Workshop Report.
- Nguyen, H. D., Do, N. V., Pham, V. T., & Inoue, K. (2018). Solving problems on a knowledge model of operators and application. *Int. J. Digital Enterprise Technology (IJDET)*, 1(1/2), 37-59.
- Nguyen, H. D., Do, N., Mai, T., & Pham, V. (2019). A method for designing the Intelligent system in learning of Algorithms. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, 318, 658-671.
- Nguyen, H., Do, N., Tran, N., Pham, X. H., & Pham, V. (2020a). Some criteria of the Knowledge Representation method for an Intelligent Problem Solver in STEM education. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2020.
- Nguyen, H., Do, N. V., Pham, V. T., Selamat, A., & Herrera-Viedma, E. (2020b). A method for knowledge representation to design Intelligent Problems Solver in mathematics based on Rela-Ops model. *IEEE Access*, 8, 76991-77012.
- Nguyen, H. D., Nguyen, K., Hoang, S., & Huynh, T. (2020c). Design a management system for the influencer marketing campaign on social network. *Proceedings of 9th International*

- Conference on Computational Data and Social Networks (CSoNet 2020)*, (pp. 139-151), Dallas, USA, Dec. 2020.
- Nguyen, H. D., Sakama, C., Sato, T., & Inoue, K. (2021). An efficient reasoning method on logic programming using partial evaluation in vector spaces. *Journal of Logic and Computation*, 31(5), 1298-1316.
- Nguyen, H., Nguyen, L., Tran, N., Nguyen-Le, V. T., & Vu, S. (2021). Design an Intelligent Problem Solver in Mathematics based on Integrated-Knowledge Model. *Proceedings of 13th IEEE International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE 2021)*, Bangkok, Thailand, Nov. 2021
- Nguyen, H., Do, N., & Pham, V. (2022a). A methodology for designing Knowledge-based Systems and Application. In: *Applications Computational Intelligence Multi Disciplinary Research*, A. Elgnar et al. (Eds.). Elsevier.
- Nguyen, H. Tran, T.V., Pham, X. T., Pham, V., & Nguyen, D. (2022b). Design Intelligent Educational Chatbot for Information Retrieval based on Integrated Knowledge Bases. *IAENG International Journal of Computer Science*, 49(2), 531-541.
- Pease, A., Li, J., & Nomorosa, K., (2012). WordNet and SUMO for Sentiment Analysis. *Proceedings of the 6th International Global Wordnet Conference (GWC2012)*, Matsue, Japan.
- Phan, N. M., Nguyen, H., Le, T., Tran, A. D., & Tran, N. (2020). Design an Intelligent Problem Solver in Geometry based on Knowledge Model of Relations. *Engineering Letters*, 28(4), 1108-1117.
- Plotkin, B., & Plotkin, T. (2005). An algebraic approach to knowledge base models informational equivalence. *Acta Appl. Math*, 89(1-3), 109-134.
- Plotkin, T., & Knyazhansky, M. (2012). Symmetries of knowledge bases. *Ann Math Artif Intell*, 64, 369-383.
- Riano, D. (2006). New Artificial Intelligence Systems in Geriatric Medicine. *The 51st National Congress of the Italian Society of Gerontology and Geriatric 2006*, Florence, Italy.
- Russell, S., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligent – A modern approach (third edition)*. Prentice Hall.
- Tian, Y, Wang, Y., & Hu, K. (2009). A Knowledge Representation Tool for Autonomous Machine Learning Based on Concept Algebra. *Lecture Notes of Computer Science*, 5540, 143-160, Springer.
- Tomczak, J., & Swiatek, J. (2009). Knowledge acquisition method for Relational Knowledge Representation. *Proceeding of 7th Workshop on Advanced Control and Diagnosis (ACD 2009)*, Poland, Nov. 2009.
- Tran, M. C., Bui, D. T., Truong, T. T. H., & Nguyen, X. H. (2011). Phan hoạch he suy dan [The partition of an inference system]. *Proceedings of the national conference on Information and Communication Technology (VNICT 2011)*, (pp. 418-426), Can Tho.
- Truong, D., Nguyen, H. D., Vu, S., Pham, V., & Nguyen, D. (2022). Construct an Intelligent Querying System in Education based on Ontology Integration. *The 2nd IEEE International Conference on Computing 2022 (ICOCO 2022)*, Kota Kinabalu, Malaysia, Nov. 2022.
- Van Harmelen, F., Lifschitz, V., & Porter, B. (Eds.). (2008). *Handbook of knowledge representation*. Elsevier.
- Vossen, P., & Fellbaum, C. (2022). *The global WordNet association*. <http://www.globalwordnet.org/> (Access on 09 Oct. 2022)

- Wang, Y, Raskin, V., Rayz, J., Baciú, G., Ayesh, A.,... Howard, N. (2020). Cognitive Computing: Methodologies for Neural Computing and Semantic Computing in Brain-Inspired Systems. In *Cognitive Analytics*, IGI Global.
- Worlfarm Alpha (2022). Retrieved from <https://www.wolframalpha.com/examples/> (Access on 09 Oct. 2022)
- Yun, W., Zhang, X., Li, Z., Liu, H., & Han, M. (2021). Knowledge modeling: A survey of processes and techniques. *International Journal of Intelligent Systems*, 36(4), 1686-1720.
- Yang, C., & Cai, W. (2008). Knowledge Representations based on Extension Rules. *Proc. the 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, Chongqing, China.
-

KNOWLEDGE REPRESENTATION AND INTELLIGENT SYSTEMS

Nguyễn Đình Hiền^{1,2*}, *Phạm Thị Vương*³

¹ University of Information Technology, Ho Chi Minh City, Vietnam

² Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

³ Sai Gon University, Ho Chi Minh city, Vietnam

*Corresponding author: Nguyen Dinh Hien – Email: hiennd@uit.edu.vn

Received: October 11, 2022; Revised: November 08, 2022; Accepted: January 12, 2022

ABSTRACT

Knowledge base is an important component of an intelligent system. For organizing the knowledge base, methods of knowledge representation need to be researched. Many methodologies for knowledge representation with strong and weak points exist. In addition, the inference engine is also an integral part of the knowledge base, which is the component that enables the system to operate, reason, and solve problems in the knowledge domain. This paper presents some common knowledge representation methods in intelligent systems, and the criteria of practical applications for evaluating those methods are also studied. The article will also introduce some intelligent, practical applications which require a complete organization of the knowledge base.

Keywords: automatic reasoning; intelligent system; knowledge engineering; knowledge representation; knowledge-based systems