ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP.HCM
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Nguyễn Đình Hiển

PHƯƠNG PHÁP BIỂU DIỄN TRI THỨC THEO CÁCH TIẾP CẬN ĐẠI SỐ

Chuyên ngành: Khoa học máy tính
Mã số: 62 48 01 01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ
KHOA HỌC MÁY TÍNH

TP. HỒ CHÍ MINH – Năm 2019

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Công nghệ thông tin, ĐHQG-HCM.

Người hướng dẫn khoa học: PGS. TS. Đỗ Văn Nhơn

Phản biện 1: PGS.TS. Trần Văn Lăng .....

Phản biện 2: PGS.TS. Phạm Thế Bảo.....

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận án cấp Trường tại:

Trường Đại học Công nghệ thông tin, ĐHQG-HCM .....

.....

Vào lúc …. giờ … ngày … tháng … năm ….

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam

- Thư viện Trường Đại học Công nghệ thông tin

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1 Tổng quan về biểu diễn tri thức

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. Biểu diễn tri thức chính là nghiên cứu các phương pháp mô hình tri thức thực tế lên hệ thống máy tính để xác lập cách tổ chức lưu trữ tri thức trên máy tính, thông qua đó hệ thống có thể thực hiện một số tác vụ nhất định của con người, đặc biệt là hoạt động suy luận. Nghiên cứu biểu diễn tri thức đóng góp cho sự phát triển của khoa học máy tính đồng thời ảnh hưởng đến sự phát triển trong các ứng dụng thực tế trong các lĩnh vực từ trí tuệ nhân tạo đến công nghệ phần mềm. Phương pháp biểu diễn tri thức cùng với kĩ thuật suy diễn tương ứng là những thành phần cơ bản của hệ thống thông minh.

1.1.1 Các phương pháp biểu diễn tri thức

Hiện nay có nhiều phương pháp biểu diễn tri thức, các phương pháp này có thể phân thành các loại sau:

- *Các phương pháp biểu diễn mang tính cục bộ:* bao gồm các phương pháp cổ điển như biểu diễn bằng logic, hệ luật dẫn, mạng ngữ nghĩ, kết hợp với các phương pháp tìm kiếm trên đồ thị để tìm kiếm mục tiêu của bài toán như BFS, DFS, A*,… Các phương pháp chỉ hướng đến việc giải quyết các vấn tri thức mang tính đơn lẻ. Các hệ thống xây dựng các cấu trúc dữ liệu để giải quyết mục tiêu của bài toán bằng cách phân rã mục tiêu thành các mục tiêu nhỏ hơn, từ đó xây dựng các chiến lược để giải quyết các mục tiêu nhỏ hơn này.

- *Các phương pháp biểu diễn cho các miền tri thức tổng quát:* Các hệ thống thông minh hiện nay hướng đến việc xây dựng

các hệ thống mang tính thực tiễn, phù hợp với năng lực con người trong một nhiệm vụ cụ thể. Các hệ thống này gồm 2 thành phần chính: Cơ sở tri thức và động cơ suy diễn. Các phương pháp hướng đến việc có thể ứng dụng trong nhiều miền tri thức để đáp ứng các nhu cầu tổ chức cơ sở tri thức trong các hệ chuyên gia khác nhau. Một số phương pháp biểu diễn tiêu biểu như biểu diễn dựa trên logic mô tả, xây dựng các đồ thị khái niệm trên cơ sở mạng ngữ nghĩa, biểu diễn bằng frame và script. Các nhà nghiên cứu cũng xây dựng các phương pháp theo tiếp cận ontology dựa trên các framework, và các các mô hình hình thức (symbolic model) theo tiếp cận đại số.

- *Các phương pháp biểu diễn cho các ứng dụng thực tiễn mang tính hệ thống:* Một số các phương pháp biểu diễn tri thức được nghiên cứu: biểu diễn bằng mạng neural, biểu diễn bằng các ontology, xây dựng các các mô hình hình thức cho việc biểu diễn tri thức. Hiện nay, các nhà nghiên cứu hướng đến việc xây dựng các hệ thống tích hợp dựa trên sự phối hợp các phương pháp biểu diễn tri thức. Tri thức của hệ thống được thu thập từ các nguồn khác nhau như: mạng xã hội, hành vi và kiến thức con người thông qua các tương tác trên Internet, thông tin dưới dạng văn bản (text), và thông tin từ các tập dữ liệu lớn (big data). Điều này dẫn đến đòi hỏi cần phải có các phương pháp biểu diễn tri thức thích hợp cho các nguồn tri thức này, chẳng hạn như phương pháp sử dụng đồ thị tri thức. Vì vậy, bên cạnh việc biểu diễn các tri thức chắc chắn, các phương pháp biểu diễn tri thức không chắc chắn cũng được nghiên cứu.

1.1.2 Các hệ thống ứng dụng

a) Hệ chuyên gia

Hệ chuyên gia (expert system) là một hệ thống xây dựng dựa trên cơ sở tri thức có thể mô phỏng kỹ năng và hành động của một

chuyên gia. Hệ chuyên gia sử dụng các tri thức của những chuyên gia để giải quyết các vấn đề khác nhau trong lĩnh vực. Một hệ chuyên gia gồm hai thành phần chính là cơ sở tri thức và động cơ suy diễn, cùng với thành phần để hệ thống giao tiếp với người sử dụng.

Cơ sở tri thức biểu diễn các sự kiện là những gì đã biết hay những thông tin có ích của chuyên gia. Hiện nay, cơ sở tri thức của hệ chuyên gia được xây dựng trên cấu trúc của của tri thức lĩnh vực và các khái niệm của tri thức theo tiếp cận hướng đối tượng.

Động cơ suy diễn là một hệ thống suy diễn tự động dựa trên cơ sở tri thức thông qua việc áp dụng các luật của tri thức được đặc tả. Bên cạnh việc suy diễn, động cơ suy diễn cũng có khả năng giải thích, để giải thích cho người sử dụng một chuỗi các lý luận được sử dụng để đi đến một kết luận cụ thể. Người dùng sẽ cung cấp sự kiện cho hệ thống thông qua bộ giao tiếp của hệ chuyên gia và nhận. được những câu trả lời là những lời khuyên hay những gợi ý từ hệ thống.

b) Hệ hỗ trợ giải bài tập thông minh trong giáo dục

Trong giáo dục, hệ thống cần phải có một hệ cơ sở tri thức đầy đủ để có thể hướng dẫn, hỗ trợ người học, đặc biệt là các hệ thống hỗ trợ giải bài tập thông minh (Intelligent Problem Solver – IPS). Trong hệ thống này, người học chỉ cần khai báo các giả thiết và mục tiêu của bài toán theo một ngôn ngữ đặc tả nhất định. Người dùng có thể yêu cầu hệ thống giải hoặc đưa ra các hướng dẫn giải cho các bài tập đó. Vì vậy, các hệ thống hỗi trợ giải bài tập thông minh cần phải có một cơ sở tri thức đầy đủ để có thể giải được các bài tập thông dụng ở mức độ cơ bản và nâng cao trong kiến thức của môn học. Bên cạnh đó, các lời giải hay hướng dẫn của hệ thống này còn phải mang tính

sư phạm, giúp người dùng hiểu rõ hơn về bài học và phương pháp giải các bài tập. Hệ thống này cần phải đảm bảo các yêu cầu sau:

(RQ1) Chương trình có thể giải được các bài tập thông dụng của môn học.

(RQ2) Bài toán phải được đặc tả bằng ngôn ngữ gần với ngôn ngữ tự nhiên của con người. Lời giải của bài toán cũng phải rõ ràng, từng bước, tương tự như cách giải của con người.

(RQ3) Quá trình giải hay hướng dẫn giải bài tập cần phải tương tự như quá trình người học suy luận để giải quyết bài toán.

Để đáp ứng được các yêu cầu đó, hệ thống IPS phải có một cơ sở tri thức và bộ suy diễn mạnh mẽ để thực hiện. Vì vậy, một phương pháp biểu diễn tri thức cho hệ thống hỗ trợ giải bài tập thông minh cần phải thỏa các tiêu chuẩn sau:

- Tính phổ quát (Universality):
- Tính khả dụng (Usability)
- Tính thực tiễn (Practicality)
- Tính hình thức (Formality)

Bảng 1.1: So sánh Các phương pháp biểu diễn dựa các tiêu chuẩn của biểu diễn tri thức cho hệ thống thông minh trong giáo dục

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 dạng mạng	Mức 2	Mức 3	Mức 2	Mức 3
4	Biểu diễn tri thức dạng Frame	Mức 2	Mức 2	Mức 2	Mức 2
5	Biểu diễn bằng ontology	Mức 3	Mức 3	Mức 2	Mức 3
6	Biểu diễn theo tiếp cận đại số	Mức 1	Mức 2	Mức 1	Mức 4

1.2 Các phương pháp suy diễn

Bên cạnh mô hình biểu diễn tri thức, suy diễn để giải quyết các bài toán dựa trên tri thức cũng là một vấn đề quan trọng. Các phương pháp suy diễn tự động nhằm vận dụng kiến thức đã biết trong quá

trính lập luận giải quyết vấn đề trong đó quan trọng nhất là các chiến lược điều khiển giúp phát sinh những sự kiện mới từ các sự kiện đã có. Trên cơ sở suy luận thực tế của con người gồm các loại suy luận:

- Suy diễn dạng diễn dịch (Deductive Reasoning).
- Suy diễn dạng quy nạp (Inductive Reasoning).
- Suy diễn loại suy (Analogical Reasoning).

Dựa trên các loại suy luận ấy, chúng ta có các dạng suy luận để sử dụng cho các mô hình biểu diễn tri thức:

- Suy diễn tiến
- Suy diễn lùi
- Lập luận dựa trên tình huống
- Suy diễn dựa trên tri thức Bài toán mẫu và Mẫu bài toán
- Suy diễn với các heuristic.

1.3 Mục tiêu luận án

1.3.1 Mục tiêu chung của luận án

Luận án này sẽ xây dựng các mô hình để biểu diễn các thành phần tri thức, đặc biệt là các thành phần khái niệm, tri thức quan hệ, tri thức toán tử, các luật suy diễn. Các thành phần trong mô hình là những tập hợp có cấu trúc và các tính chất nhất định. Các mô hình tri thức được xây dựng phải thể hiện các dạng tri thức khác nhau, phổ biến trong các ứng dụng thực tế, và mô hình được các vấn đề (bài toán) của miền tri thức. Thông qua cấu trúc của mô hình này, sự tồn tại lời giải của các bài toán cũng phải được nghiên cứu và chứng minh, để từ đó làm cơ sở để xây dựng các thuật giải suy diễn để giải quyết các vấn đề.

1.3.2 Các vấn đề giải quyết trong luận án

Trong thực tế, tri thức về quan hệ và tri thức toán tử là các thành phần tri thức thường gặp. Vì vậy, các mô hình biểu diễn tri thức phải biểu diễn được các thành phần tri thức có dạng này. Do đó, luận án sẽ phải giải quyết các vấn đề sau:

i/ Nghiên cứu cấu trúc của mô hình biểu diễn tri thức quan hệ, mô hình này có nền tảng là các khái niệm, quan hệ và luật suy diễn; đồng thời nghiên cứu việc suy luận giải quyết các vấn đề trên mô hình tri thức này, các vấn đề gồm: các bài toán trên một đối tượng và các bài toán tổng quát trên mô hình.

ii/ Nghiên cứu cấu trúc của mô hình biểu diễn tri thức có chứa toán tử, mô hình này có nền tảng là các khái niệm, toán tử và luật suy diễn; đồng thời nghiên cứu việc suy luận giải quyết các vấn đề trên mô hình tri thức này, các vấn đề gồm: các bài toán trên một đối tượng và các bài toán tổng quát trên mô hình.

iii/ Nghiên cứu cấu trúc của mô hình biểu diễn tri thức vừa có thành phần quan hệ, vừa có thành phần toán tử, mô hình này có nền tảng là các khái niệm, quan hệ, toán tử và luật suy diễn

1.4 Các kết quả của luận án

Trong luận án, đã đạt được một số kết quả sau:

- *Xây dựng mô hình tri thức quan hệ:*

Xây dựng cấu trúc mô hình tri thức quan hệ, Rela-model, là một bộ gồm 03 thành phần: (**C, R, Rules**). Trong đó, **C** là tập các khái niệm, mỗi khái niệm là một lớp đối tượng, các đối tượng có cấu trúc (*Attrs, Facts, RulObj*) và các hành vi nội tại; **R** là tập các quan hệ giữa các khái niệm; **Rules** là tập các luật suy diễn của tri thức.

Trên mô hình Rela-model, chúng tôi đã mô hình hóa các lớp bài toán: Bài toán trên một đối tượng gồm các vấn đề xác định bao đóng tập thuộc tính, bao đóng tập sự kiện, diễn giải suy luận; bài toán trên mô hình gồm các vấn đề xác định một đối tượng, một quan hệ giữa các đối tượng. Các thuật giải giải quyết các bài toán cũng đã được chứng minh tính dừng, và độ phức tạp.

– *Xây dựng mô hình biểu diễn tri thức có chứa toán tử:*

Xây dựng cấu trúc mô hình tri thức toán tử, Ops-model, là một bộ gồm: (**C, Ops, Rules**). Trong đó, **C** là tập các khái niệm, mỗi khái niệm là một lớp đối tượng, các đối tượng có cấu trúc (*Attrs, EqObj, RulObj*) và các hành vi nội tại của nó; **Ops** là tập các toán tử giữa các khái niệm, các phép toán này gồm hai loại là toán tử một ngôi và toán tử hai ngôi; **Rules** là tập các luật suy diễn.

Trên mô hình Ops-model, bên cạnh các bài toán trên một đối tượng, các lớp bài toán trên mô hình cũng được nghiên cứu: Xác định đối tượng, tính giá trị biểu thức, rút gọn biểu thức, chứng minh đẳng thức giữa các biểu thức, biến đổi biểu thức tương đương. Các thuật giải cũng được chứng minh tính dừng, và độ phức tạp.

– *Xây dựng mô hình tri thức gồm cả quan hệ và toán tử*

Mô hình tri thức gồm cả quan hệ và toán tử, Rela-Ops model, là một bộ gồm các thành phần: (**C, R, Ops, Rules**). Các khái niệm trong cấu trúc các đối tượng trong thành phần **C** là một lớp các đối tượng có cầu trúc và hành vi nhất định. Thành phần tập luật **Rules** và các sự kiện được định nghĩa và phân loại một cách cụ thể. Bên cạnh đó, cấu trúc các thành phần khác trong mô hình cũng được xây dựng dựa trên kiến trúc của chúng trong các mô hình Rela-model và Ops-model. Ngoài ra, mối liên hệ giữa các thành phần cũng được làm rõ, đặc biệt là quan hệ giữa thành phần **R** và **Ops**.

Chương 2: MÔ HÌNH TRI THỨC QUAN HỆ

2.1 Mô hình tri thức quan hệ

Một số các ký hiệu được sử dụng trong chương này:

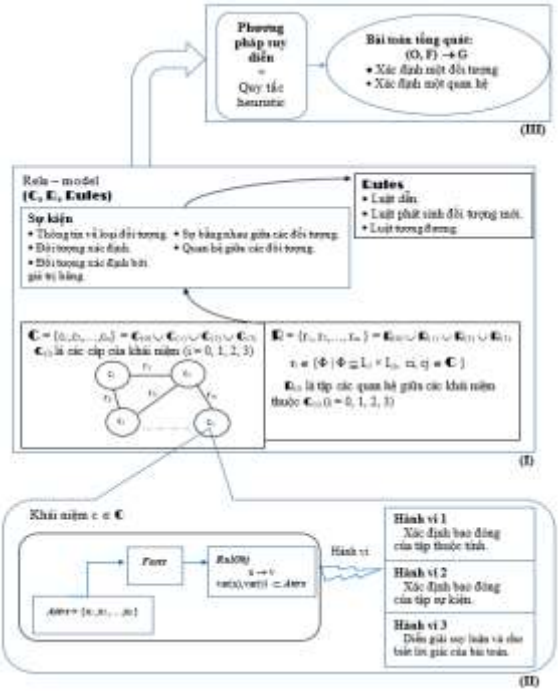
$\mathbb{R}$: tập các số thực.

var(*u*): Tập các biến trong biểu thức *u*.

Định nghĩa 2.1: Mô hình tri thức quan hệ, Rela-model, là một bộ gồm 03 thành phần:

$$(\mathbb{C}, \mathbb{R}, \mathbf{Rules})$$

Trong đó, $\mathbb{C}$ là tập các khái niệm, mỗi khái niệm là một lớp các đối tượng. Mỗi đối tượng có các thuộc tính và các quan hệ nội tại giữa các thuộc tính đó, đối tượng cũng có các hành vi giải quyết các lớp vấn đề trên bản thân nó. $\mathbb{R}$ là tập các quan hệ hai ngôi giữa các khái niệm trong $\mathbb{C}$. Tập **Rules** là tập các luật của tri thức.



Hình 2.1: Cấu trúc mô hình tri thức quan hệ (Rela-model)

Cấp	$\mathbb{C}$	$\mathbb{R}$	**Rules**	Sự kiện
$C_{(0)}$	- Tập các số thực $\mathbb{R}$ - Các khái niệm cơ sở: + Khái niệm cơ sở c được xác định bởi tập các phần tử, tập này được gọi là tập thể hiện, ký hiệu là I_c. + $I_c \neq \emptyset$ + Mỗi $o \in I_c$ được gọi là một đối tượng của khái niệm c.	- Quan hệ giữa các số trong trường số thực $\mathbb{R}$: $\{\leq, =\}$ - $R_0 \subset \{\Phi \mid \Phi \subseteq I_{ci} \times I_{cj}$, ci, cj $\in C_{(0)}\}$ * Trong trường hợp ci = cj, các tính chất sau của Φ sẽ được kiểm tra: phản xạ, đối xứng, phản xứng, bắc cầu.	Mỗi luật r $\in$ **Rules** thuộc một trong ba dạng sau: *1. Luật dẫn:* r có dạng: $u(r) = \{f_1, f_2, \ldots, f_p\} \rightarrow \{q_1, q_2, \ldots q_k\} = v(r)$ với f_i, q_i là các sự kiện. 2. *Luật phát sinh một đối tượng mới:* r là một luật dẫn có dạng: $u(r) \longrightarrow v(r)$ với $u(r)$, $v(r)$ là các tập sự kiện thỏa điều kiện: $\exists$ đối tượng o: $o \in v(r)$ và $o \notin u(r)$ 3. *Luật tương đương:*	Một sự kiện thuộc một trong các loại sau: 1/ *Thông tin loại đối tượng* Đặc tả: **x:c** Điều kiện: $x \in \Sigma^*$, $c \in \mathbb{C}$ 2/ *Sự xác định một đối tượng* Đặc tả: **o** Điều kiện: $o \in I_c$, $c \in \mathbb{C}$ 3/ *Sự xác định một đối tượng bằng một giá trị hằng.* Đặc tả: **o = <const>** Điều kiện: $o \in I_c$, $c \in \mathbb{C}$ <const>: constant 4/ *Sự bằng nhau giữa*
$C_{(1)}$	Mỗi khái niệm thuộc $C_{(1)}$ là một lớp các đối tượng. Cấu trúc mỗi khái niệm này là một bộ gồm 03 thành phần: **(*Attrs, Facts, RulObj*)** 1/ ***Attrs*** tập các thuộc tính: $\emptyset \neq$ ***Attrs*** $\subset \{ x_i, i=1..n \mid x_i \in I_{ci}, ci \in C_{(0)}\}$ 2/ ***Facts*** tập các sự kiện của	$R_1 \subset \{\Phi \mid \Phi \subseteq I_{ci} \times I_{cj}$, ci, cj $\in C_{(0)} \cup C_{(1)}$ ci $\in C_{(1)} \vee$ cj $\in C_{(1)}\}$ * Trong trường hợp ci = cj, các tính chất sau của Φ sẽ được kiểm tra: phản xạ, đối xứng, phản xứng, bắc cầu.		

	khái niệm ***Facts*** $\subset \{ f \mid f$ là sự kiện, $var(f) \subseteq$ ***Attrs***$\}$ 3/ ***RulObj*** tập các luật dẫn của khái niệm: ***RulObj*** $\subset \{ u \rightarrow v \mid u,v$ tập các sự kiện, $var(u) \subseteq$ ***Attrs***, $var(v) \subseteq$ ***Attrs***, $u \sqcap v = \emptyset\}$		r có h(r), u(r) và v(r) là các tập sự kiện thỏa: h(r), u(r) $\longrightarrow$ v(r), và h(r), v(r) $\longrightarrow$ u(r) đều đúng. r được ký hiệu: h(r), u(r) $\leftrightarrow$ v(r)	*hai đối tượng* Đặc tả: **x = y** Điều kiện: x,y$\in I_c$, c$\in$ ℂ 5/ *Quan hệ giữa hai đối tượng* Đặc tả: x Φ y Điều kiện: Φ ∈ R, x ∈ I_{cx} , y ∈ I_{cy}, cx ∈ ℂ, cy ∈ ℂ * *Kind*(f): hàm trả về loại của sự kiện f.
$C_{(2)}$	Mỗi khái niệm thuộc $C_{(2)}$ là một lớp các đối tượng. Cấu trúc mỗi khái niệm này là một bộ gồm 03 thành phần: **(*Attrs, Facts, RulObj*)** 1/ $\emptyset \neq$ ***Attrs*** $\subset \{ x_i, i=1..n \mid x_i \in I_{ci}, ci \in C_{(0)} \cup C_{(1)}\}$ 2/$\exists x_o \in$ ***Attrs***, $\exists c_{xo} \in C_{(1)}$, $x_o \in I_{cxo}$	$R_2 \subset \{\Phi \mid \Phi \subseteq I_{ci} \times I_{cj}$, ci , cj $\in C_{(0)} \cup C_{(1)} \cup C_{(2)}$ ci $\in C_{(2)} \vee$ cj $\in C_{(2)}$ $\}$ * Trong trường hợp ci = cj, các tính chất sau của Φ sẽ được kiểm tra: phản xạ, đối xứng, phản xứng, bắc cầu. Quan hệ phân cấp $\prec \in R_2$: ci $\prec$ cj $\Leftrightarrow$ ci là khái niệm con của cj		

	3/ ***Facts*** $\subset \{f \mid f$ là một sự kiện, $var(f) \subseteq$ ***Attrs*** $\}$ 4/ ***RulObj*** $\subset \{ u \rightarrow v \mid u,v$ là tập các sự kiện, $var(u) \subseteq$ ***Attrs***, $var(v) \subseteq$ ***Attrs***, $u \sqcap v = \emptyset\}$	$\Leftrightarrow \begin{cases} cj.Attrs \subset ci.Attrs \\ cj.Facts \sqsubseteq \\ cj.RulObj \sqsubseteq \quad bj \end{cases}$		
$C_{(3)}$	Mỗi khái niệm thuộc $C_{(3)}$ là một lớp các đối tượng. Cấu trúc mỗi khái niệm này là một bộ gồm 03 thành phần: ***(Attrs, Facts, RulObj)*** 1/ $\emptyset \neq$ ***Attrs*** $\subset \{ x_i, i=1..n \mid x_i \in I_{ci}, ci \in C_{(0)} \cup C_{(1)} \cup C_{(2)}\}$ 2/$\exists x_o \in$ ***Attrs***, $\exists c_{xo} \in C_{(2)}, x_o \in I_{cxo}$ 3/ ***Facts*** $\subset \{f \mid f$ là một sự kiện, $var(f) \subseteq$ ***Attrs***$\}$ 4/ ***RulObj*** $\subset \{ u \rightarrow v \mid u,v$ là tập các sự kiện, $var(u) \subseteq$ ***Attrs***, $var(v) \subseteq$ ***Attrs***, $u \sqcap v = \emptyset\}$	$R_3 \subset \{\Phi \mid \Phi \subseteq I_{ci} \times I_{cj}$, $ci, cj \in \bigcup$ $ci \in C_{(3)} \vee cj \in C_{(3)}$ $\}$ * Trong trường hợp ci = cj, các tính chất sau của Φ sẽ được kiểm tra: phản xạ, đối xứng, phản xứng, bắc cầu. Quan hệ phân cấp $\prec \in R_3$: $ci \prec cj \Leftrightarrow$ ci là khái niệm con của cj		

2.2 Mô hình bài toán và thuật giải

Các bài toán trên mô hình Rela-model được phân thành hai loại: Bài toán trên đối tượng và Bài toán tổng quát trên mô hình.

2.2.1 Bài toán trên đối tượng và các thuật giải

Cho đối tượng Obj = ***(Attrs, Facts, RulObj)*** thuộc một khái niệm trong mô hình Rela-model. Đối tượng này có khả năng giải được các bài toán sau:

Bài toán 1: Xác định bao đóng của tập thuộc tính: Cho tập A $\subset$ Obj.***Attrs***. Trên cơ sở các luật trong Obj.***RulObj***, xác định tập lớn nhất các thuộc tính có thể được suy diễn từ A.

Bài toán 2: Xác định bao đóng của tập sự kiện: Cho tập sự kiện F. Trên cơ sở các luật trong Obj.***RulObj***, xác định tập lớn nhất các sự kiện có thể được suy diễn từ F.

Bài toán 3: Diễn giải suy luận và cho biết lời giải của bài toán có dạng: F $\rightarrow$ G, với F là tập sự kiện và G là sự kiện mục tiêu và var(G) $\subset$ Obj.***Attrs***.

Để giải quyết các bài toán trên đối tượng, một số khái niệm sau cần được định nghĩa: luật suy diễn, bao đóng thuộc tính, bao đóng sự kiện, tập sinh thuộc tính, tập cơ sở của thuộc tính, đối tượng xác định, lời giải.

Định nghĩa 2.1: *Bao đóng tập sự kiện*

Cho đối tượng Obj = ***(Attrs, Facts, RulObj)*** của một khái niệm trong ◐.

a/ *OBJFACTS(Obj)*: Tập các sự kiện có thể suy diễn từ các sự kiện trong Obj.Facts bằng cách áp dụng luật trong Obj.***RulObj.***

Cho F $\subset$ *OBJECTFACTS(Obj)* là tập các sự kiện.

Bao đóng tập sự kiện F bởi đối tượng Obj, Obj.*Closure*(F), là tập mở rộng lớn nhất của F bằng cách áp dụng các luật trong suy diễn trong Obj trên tập F.

b/ Cho A $\subset$ Obj.***Attrs***.

Bao đóng tập thuộc tính A bởi đối tượng Obj, Obj.*AClosure*(A), là tập lớn nhất các thuộc tính của Obj có thể suy ra từ A bởi áp dụng các luật suy diễn trong Obj trên tập A.

Obj.*AClosure*(A) := Obj.*Closure*(A) $\sqcap$ Obj.***Attrs***

Dựa trên định nghĩa của bao đóng tập sự kiện, ta có thuật giải cho bài toán 2: Xác định bao đóng tập sự kiện của đối tượng. Thuật giải này cũng có thể giải quyết bài toán 1 trên đối tượng.

Thuật giải 2.1: *Giải bài toán 2*

Input: Đối tượng Obj = ***(Attrs, Facts, RulObj)***, F $\subset$ OBJECTFACTS(Obj) là tập sự kiện.

Output: Obj.*Closure*(F)

Định lý 2.1:

(i) *Thuật giải 2.1 là hữu hạn*.

(ii) *Độ phức tạp của thuật giải 2.1 là* $O(m^{k.n})$

Trong đó, *m* = card(***F***): số lượng các sự kiện trong ***F***

n = card(***RulObj***): số lượng các luật trong ***RulObj***.

k = max{card(u(r)) | r$\in$ ***RulObj***}

2.2.2 Bài toán trên mô hình Rela-model

Bài toán tổng quát trên mô hình Rela-model có giả thiết gồm các đối tượng và sự kiện giữa các đối tượng, mục tiêu bài toán là

xác định một đối tượng và xác định một quan hệ giữa các đối tượng. Mô hình của bài toán như sau:

$$\mathbf{(O, F) \rightarrow G}$$

Trong đó: O – là tập các đối tượng của bài toán,

F – là tập các sự kiện,

G – là mục tiêu của bài toán.

Định nghĩa 2.2: *Lời giải của bài toán*

Cho miền tri thức $\mathcal{K}$ = (**C, R, Rules**), và bài toán P = **(O, F) → G** trên tri thức $\mathcal{K}$.

(a) Giả sử D = [r_1, r_2, …, r_m] là dãy các quy tắc suy luận, D thỏa các điều kiện sau:

(1) r_1 áp dụng được trên F. Đặt $r_1(F) = F \sqcup v_F(r_1)$

(2) $\forall k = \overline{2,m}$, r_k áp dụng được trên $r_{k-1}(F)$.

Đặt $r_k(F) = r_{k-1}(F) \sqcup v_{r_{k-1}(F)}(r_k)$

Đặt $D(F) = r_m(F)$.

Bài toán P được gọi là *giải được* khi và chỉ khi tồn tại dãy các quy tắc suy luận D sao cho $G \sqsubseteq D(F)$.

(b) Nếu bài toán P giải được, tồn tại dãy các quy tắc suy luận D = [r_1, r_2, …, r_m] sao cho $G \sqsubseteq D(F)$.

$$\forall k = \overline{2,m}: \quad s_k = [r_k,\ u_{r_{k-1}(F)}(F),\ v_{r_{k-1}(F)}(F)]$$

S = [s_1, s_2, …, s_m] được gọi là *lời giải* của bài toán P và s_k gọi là *bước giải* của bài toán P.

(c) Giả sử S, T là các lời giải của bài toán P.

S được gọi là tốt hơn T khi và chỉ khi card(S) ≤ card(T)

Thuật giải 2.2: *Thuật giải giải quyết bài toán trên Rela-model*

Cho bài toán P = **(O, F) → G** trên miền tri thức $\mathfrak{K}$ = (**C, R, Rules**), ta có thuật giải sau đề tìm lời giải cho bài toán P:

Input: P = **(O, F) → G**

Output: Lời giải bài toán P

Thuật giải được xây dựng theo chiến lược suy diễn tiến kết hợp với các luật heuristic, đồng thời các đối tượng cũng tham gia vào quá trình suy luận để giải quyết bài toán.

Bổ đề: *Cho miền tri thức* $\mathfrak{K}$ = (**C, R, Rules**) *và* ***(O, F)*** *là giả thiết của một bài toán trên mô hình.*

Khi đó, tồn tại một tập lớn nhất $\mathfrak{L}_{(O, F)}$ *thỏa mãn điều kiện bài toán* ***(O, F)*** $\rightarrow$ $\mathfrak{L}_{(O, F)}$ *là giải được, nghĩa là:* $\forall S$ *là tập hữu hạn các sự kiện thỏa mãn điều kiện là bài toán* ***(O, F)*** $\rightarrow$ *S giải được, khi đó* $S \sqsubseteq \mathfrak{L}_{(O, F)}$..

Định lý 2.2: *Cho miền tri thức* $\mathfrak{K}$ = (**C, R, Rules**)*, và bài toán P =* ***(O, F)*** $\rightarrow$ ***G*** *trên miền tri thức. Các mệnh đề sau là tương đương:*

(i) Bài toán P giải được.

(ii) $\boldsymbol{G} \sqsubseteq \mathfrak{L}_{(O, F)}$

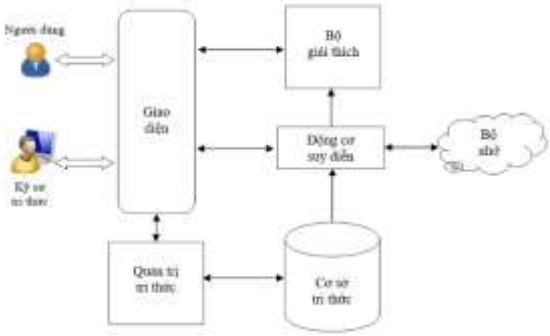
(iii) Tồn tại dãy quy tắc suy luận D thỏa mãn $\boldsymbol{G} \sqsubseteq D(\boldsymbol{F})$

Định lý 2.2 chứng minh rằng thuật giải suy diễn tiến sẽ luôn cho ta kết quả của bài toán. Hơn nữa, thuật giải 2.2 được thiết kế dựa trên chiến lược suy diễn tiến này, do đó định lý 2.2 cũng đã chứng minh cho thuật giải 2.2 sẽ luôn dẫn đến kết quả của bài toán.

2.3 Ứng dụng xây dựng Hệ giải bài tập thông minh kiến thức hình học không gian cấp Trung học phổ thông

2.3.1 Thiết kế hệ thống

Kiến trúc của một hệ thống giải bài tập thông minh (Intelligent Problems Solver - IPS) được trình bày trong hình 2.1. Hệ thống này có cấu trúc cgồm các thành phần: cơ sở tri thức, động cơ suy diễn, bộ giải thích, bộ nhớ làm việc, quản lý tri thức và giao diện.



Hình 2.1: Kiến trúc hệ giải bài tập thông minh.

Để hỗ trợ cho việc học tập kiến thức toán cấp THPT, hệ thống IPS phải cho lời giải phù hợp với trình độ của học sinh THPT. Cơ sở tri thức của hệ giải bài tập kiến thức hình học không gian được đặc tả theo mô hình Rela-model, gồm 3 thành phần **(C, R, Rules)**.

2.3.2 Kết quả thử nghiệm

a) *Tốc độ và lời giải của chương trình hệ giải bài tập thông minh kiến thức hình học không gian:*

Chương trình đã thử nghiệm 141 bài tập được thu thập từ các sách và tài liệu về kiến thức hình học không gian cấp THPT. Các bài tập này được phân thành các loại sau:

- Dạng 1: Các bài tập về xác định giao điểm gữa một đường thẳng và một mặt phẳng, hoặc giao tuyến giữa hai mặt phẳng.
- Dạng 2: Bài tập về quan hệ song song.
- Dạng 3: Bài tập về quan hệ vuông góc.
- Dạng 4: Bài tập tổng hợp – sử dụng phối hợp các tính chất của quan hệ song song, vuông góc và giao tuyến, giao điểm trong quá trình giải bài toán

Chương trình được thử nghiệm trên máy tính có cấu hình: Intel® Core™ i5-3210M CPU @ 2.50GHz, RAM 8.00GB, Operating system: Window 8, 64-bit. Chương trình được thử nghiệm với các thuật giải trong các trường hợp sau:

+ Trường hợp 1: Thuật giải không sử dụng các quy tắc heuristic.

+ Trường hợp 2: Thuật giải sử dụng các quy tắc heuristic.

Chương trình có thể giải được 110 bài toán với thời gian trung bình cho mỗi dạng bài toán như sau:

Bảng 2.1: So sánh thời gian của các trường hợp và lời giải

Dạng	Số bài toán giải được	Thời gian trung bình (giây)	
		Trường hợp 1	Trường hợp 2
1	36	184.4	42

2	35	215.2	131.5
3	24	432.2	161
4	15	308	106.9
Tổng cộng	110		

b) So sánh với chương trình giải toán toán hình học không gian khác

Trong (*), các tác giả đã sử dụng phương pháp coordinate-free dựa trên thể tích để chứng minh một số định lý trong hình học không gian. Phương pháp này sử dụng các đặc trưng của hình học về diện tích và thể tích để chứng minh các định lý về hình học không gian với lời giải là đọc được. Tuy nhiên, các lời giải này không tự nhiên, còn mang tính máy móc và không mô phỏng được quá trình giải quyết bài toán của con người, vì vậy nó rất khó để ứng dụng cho việc hỗ trợ học tập của học sinh.

So sánh về sự biểu diễn cơ sở tri thức của hình học không gian:

Chương trình được xây dựng không thể giải được các bài toán về tính toán trong hình học không gian; tuy nhiên, chương trình có thể biểu diễn được các kiến thức trong hình học không gian tốt hơn, đặc biệt là các khái niệm. Trong (*), mỗi khái niệm chỉ là tên của một kiểu dữ liệu, nhưng trong chương trình chúng tôi, mỗi khái niệm là một lớp các đối tượng có cấu trúc toán học rõ ràng, đồng thời các đối tượng này cũng có các hành vi để giải quyết các lớp vấn đề trong nội tại nó, do đó việc biểu diễn này tự

(*) J. Jiang, J. Zhang, *A Review And Prospect Of Readable Machine Proofs For Geometry Theorems*, Journal of System Science and Complexity, **25** (2012) 802-820

nhiên hơn và linh hoạt hơn. Vì vậy, các quan hệ và các luật trong chương trình chúng tôi có thể biểu diễn tương tự như trong thực tế.

So sánh theo tiêu chuẩn của một hệ thống hỗ trợ giải bài tập thông minh trong giáo dục:

Bảng 2.4: So sánh các hệ thống giải bài tập hình học không gian

Tiêu chuẩn	**Chương trình chứng minh định lý hình học không gian (*)**	**Hệ giải bài tập thông minh hình học không gian**
Giao diện thân thiện với người dùng	• Người dùng chỉ cần khai báo bài toán theo ngôn ngữ đặc tả nhất định. • Lời giải có thể hiểu được.	
	• Giao diện chương trình không thân thiện. Người dùng sử dụng thông qua các dòng lệnh. • Lời giải phức tạp. Học sinh rất khó để hiểu. Lời giải không phù hợp với việc giải bài tập của học sinh.	• Chương trình có giao diện GUI với nhiều chức năng hỗ trợ người dùng. • Lời giải tương tự như cách giải bài toán của học sinh. Quá trình suy luận sử dụng các kiến thức trong chương trình toán học cấp THPT.
Cơ sở tri thức đầy đủ	• Sử dụng hệ luật dẫn để biểu diễn cơ sở tri thức. • Chưa biểu diễn được đầy đủ các kiến thức trong hình học không gian ở THPT	• Việc biểu diễn cơ sở tri thức hình học không gian gần với trong thực tế thông qua cấu trúc của mô hình Rela-model. • Cơ sở tri thức đáp ứng được kiến thức của trình độ THPT. Tuy nhiên, nó chưa biểu diễn được các tri thức về tính toán.
Khả năng giải quyết vấn đề	• Lời giải rõ ràng, từng bước.	
	• Sử dụng các đặc trưng của hình học về diện tích và thể tích trong quá trình suy luận. • Chương trình có thể giải được hầu hết các bài tập có thể chuyển về dạng diện tích hoặc thể tích.	• Quá trình suy luận sử dụng các sự kiện và các luật về giao điểm, giao tuyến, quan hệ song song, và quan hệ vuông góc. • Chương trình có thể giải được các bài tập về quan hệ song song và vuông góc. • Chương trình vẫn còn hiển thị các bước giải ẩn mà học sinh sẽ không cần phải viết ra trong quá trình giải bài tập.
Sự hữu ích đối với người học	• Thời gian giải các bài tập là chấp nhận được.	
	• lời giải của chương trình không thích hợp với trình độ cũng như kiến thức của học sinh THPT.	• Chương trình có thể hỗ trợ tốt ch việc học vì lời giải của chương trình tương tự như cách giải của học sinh, sử dụng đúng kiến thức trong chương trình học.

Chương 3: MÔ HÌNH TRI THỨC TOÁN TỬ

3.1 Mô hình tri thức toán tử

Một số các ký hiệu được sử dụng trong chương này như sau:

- $\mathbb{R}$: tập hợp các số thực
- var(u): Tập hợp các biến trong biểu thức u

2.1.1 Cấu trúc các thành phần của mô hình

Định nghĩa 3.1: Mô hình biểu diễn tri thức toán tử, gọi là *Ops-model*, là một bộ gồm ba thành phần:

$$\mathcal{K} = (\mathbf{C}, \mathbf{Ops}, \mathbf{Rules})$$

Trong đó: $\mathbf{C}$ là tập các khái niệm của miền tri thức. $\mathbf{Ops}$ là tập các toán tử. Trong bài báo này chúng tôi chỉ xét toán tử hai ngôi trên các khái niệm trong tập $\mathbf{C}$, cùng với việc khảo sát các tính chất của toán tử: đối xứng, kết hợp, phần tử trung hòa. $\mathbf{Rules}$ là tập các luật, các luật trong mô hình này được phân thành hai loại: luật dạng luật dẫn và luật dạng phương trình.

3.1.2 Thành phần toán tử

Định nghĩa 3.2: *Định nghĩa biểu thức*

<expr>::= o | ∇<expr> | <expr>Θ<expr>

o: đối tượng

∇: toán tử một ngôi Θ: toán tử hai ngôi

Nếu Θ có tính chất kết hợp, khi đó ta có: (p, q, r là các biểu thức)

$$p \Theta q \Theta r = (p \Theta q) \Theta r = p \Theta (q \Theta r)$$

Định nghĩa 3.3: C*hiều dài của biểu thức*

Cho g là một biểu thức, length(g) – chiều dài của biểu thức g - được tính như sau:

a/ Nếu g chỉ có một đối tượng x thì:

length(g) = 1 nếu $x \in I_c$ and $c \in \mathbf{C}_{(0)}$

length(g) = 2 nếu $x \in I_c$ and $c \in \mathbf{C}_{(1)}$

length(g) = 3 nếu $x \in I_c$ and $c \in \mathbf{C}_{(2)}$

b/ Nếu $g = \oplus f$, với f là một biểu thức, và $\oplus$ là toán tử một ngôi, thì: length(g) = length(f) + 1

c/ Nếu $g = f \otimes h$, với f, h là các biểu thức, và toán tử hai ngôi $\otimes \in \mathbf{Ops}$, thì: length(g) = length(f) + length(h)

Định nghĩa 3.4: Cho p là một biểu thức giữa các đối tượng, ta định nghĩa cây *T(p)* để biểu diễn p theo quy nạp như sau:

a) Nếp p là một đối tượng, thì T(p) là một node có nhãn là p.
b) Nếu $p = \oplus q$, với $\oplus$ là toán tử một ngôi và q là một biểu thức, thì T(p) là một cây với gốc được dán nhãn là $\oplus$ với một nhánh trực tiếp từ gốc đó là T(q).
c) Nếu $p = q \Theta r$, với Θ là một phép toán hai ngôi, q và r là các biểu thức, thì T(p) là một cây với gốc được dán nhãn là Θ với hai nhánh trực tiếp từ gốc đó là T(q) và T(r).
d) Nếu $p = q_1 \otimes q_2 \ldots \otimes q_k$, với $\otimes$ là phép toán hai ngôi có tính chất kết hợp và q_j (j=1…k) là các biểu thức thì T(p) là một cây với gốc được dán nhãn là $\otimes$ với k nhánh trực tiếp từ gốc đó là $T(q_1)$, …,$T(q_k)$.

3.2 Mô hình bài toán và thuật giải

3.2.1 Mô hình bài toán

Định nghĩa 3.5: Cho miền tri thức toán tử $\mathcal{K}$ = (**C, Ops, Rules**), các bài toán trên tri thức $\mathcal{K}$ được mô hình như sau:

a/ Loại 1: Mô hình bài toán gồm 3 thành phần:

$O = \{O_1, O_2, \ldots, O_n\}$, tập các đối tượng

$F = \{f_1, f_2, \ldots, f_m\}$, tập các sự kiện

G = {KEYWORD: expr} với "KEYWORD" là từ khóa của mục tiêu và expr là biểu thức, "KEYWORD" có thể là các từ khóa sau:

- "Xác định": Xác định một biểu thức hay đối tượng.
- "Tính": Tính giá trị một biểu thức.
- "Rút gọn": Rút gọn một biểu thức.

Bài toán được ký hiệu bởi **(O, F) → G**

b/ Loại 2: Mô hình bài toán có dạng: **(O, F), E → G**

Trong đó, $E = \{expr_1, expr_2, \ldots, expr_p\}$, tập các biểu thức giữa các đối tượng trong O

G = {KEYWORD: expr} với "KEYWORD" là các từ khóa:

- "Chứng minh": Chứng minh đẳng thức giữa các biểu thức.
- "Biến đổi": Biến đổi đối tượng thành một biểu thức giữa các đối tượng cho trước.

Định nghĩa 3.6: *Biến đổi một biểu thức*.

1. Cho expr, s, u là các biểu thức.

Ký hiệu: subs(expr, s, u) là một biểu thức, trong đó biểu thức u trong expr được thay thế bằng s.

2. Cho f là một biểu thức và r là một luật dạng đẳng thức, f có một biểu thức con g.
   - f *có thể biến đổi* bởi luật r nếu g là một vế của luật r.
     - Nếu g = left(r): Đặt r(f) = subs(f, g, right(r))
     - Nếu g = right(r): Đặt r(f) = subs(f, g, left(r))

• HOẶC f *có thể biến đổi* bởi luật r nếu ∃ biến p_o trong r và biểu thức e_o thỏa mãn g là một vế của subs(r, p_o, e_o).

- Nếu g = left(subs(r, p_o, e_o)): Đặt r(f) = subs(f, g, right(subs(r, p_o, e_o)))
- Nếu g = right(subs(r, p_o, e_o)): Đặt r(f) = subs(f, g, left(subs(r, p_o, e_o)))

Một đối tượng trong mô hình Ops-model có các hành vi giải quyết các vấn đề trong nội tại của chúng, trong đó việc xác định bao đóng của các sự kiện trong đối tượng chính là bài toán cơ sở.

Định nghĩa 3.7: *Bao đóng của các sự kiện trong đối tượng*

Cho đối tượng Obj = **(*Attrs, EqObj, RulesObj*)** là một đối tượng của khái niệm trong ℂ, và A là tập các sự kiện liên quan đến các thuộc tính của Obj.

Khi đó:

a/ Nếu e ⊂ ***EqObj***: khi đó e là hệ phương trình giữa k biến có kiểu giá trị là số thực $\{x_1,x_2,\ldots,x_k\} \subseteq$ Attr

e *áp dụng được trên A* khi và chỉ khi từ các sự kiện loại 3, 4 và 5 trong A, ta có:

+ e có thể giải để xác định giá trị các biến $\{x_1,x_2,\ldots,x_k\}$.

Đặt e(A) = A ⊔ $\{x_1,x_2,\ldots,x_k\}$

+ HOẶC từ e có thể sinh ra các quan hệ mới dưới dạng phương trình giữa các biến $\{x_1,x_2,\ldots,x_k\}$

Đặt: $e(A) = A \bigsqcup_{f \in A, \text{f loại 3}} (f, \text{left}(f), \text{right}(f))$

b/ Nếu g ∈ ***RuleObj***: g là luật dẫn có dạng: u(g) → v(g)

g *áp dụng được trên A* khi và chỉ khi u(g) ⊑ A.

Đặt: g(A) = A ⊔ v(g)

c/ Đặt $r_0(A) = A$ và $s = [r_1, r_2, \ldots, r_m]$ với $r_k \in$ ***RulesObj*** hay $r_k \subseteq$ ***EqObj***, s được gọi là *suy diễn đối tượng* khi và chỉ khi s thỏa các điều kiện:

(1) $\forall k = \overline{1,m}$, r_k áp dụng được trên $r_{k-1}(A)$.

Đặt $r_k(A) = r_k(r_{k-1}(A))$

(2) $\forall r \in$ ***RulesObj***$\backslash\{r_1, r_2, \ldots, r_m\}$, r không áp dụng được trên $r_m(A)$.

(3) $\forall r \subseteq$ ***EqObj***$\backslash\{r_1, r_2, \ldots, r_m\}$, r không áp dụng được trên $r_m(A)$

Đặt $D_{Obj}(A) = \{s = [r_1, r_2, \ldots, r_m] \mid$ s là một suy diễn đối tượng$\}$

d/ Đặt: $Obj.Closure(A) = r_m(A)$

$Obj.Deduce(A) = d_A$, với $d_A \in D_{Obj}(A)$

và $card(d_A) = \min\{card(s) \mid s \in D_{Obj}(A)\}$

Mệnh đề 3.1: *Cho đối tượng Obj* ***= (Attrs, EqObj, RulesObj)*** *là một đối tượng của một khái niệm trong* ***C****, và A là tập các sự kiện liên quan đến thuộc tính của Obj.*

Giả sử tồn tại hai danh sách $s = [r_1, r_2, \ldots, r_m]$ *và* $t = [f_1, f_2, \ldots, f_n]$ *với* $s, t \in D_{Obj}(A)$. *Khi đó, ta có:* $r_m(A) = f_n(A)$

Mệnh đề 3.1 chỉ ra rằng định nghĩa Obj.Closure(A) trong định nghĩa 3.7d là một định nghĩa tốt (well-defined)

3.2.2 Thuật giải giải quyết các vấn đề

a) Thuật giải suy diễn trên đối tượng

Thuật giải 3.1: Trên miền tri thức dạng Ops-model, cho đối tượng Obj = **(*Attr, EqObj, RuleObj*)** và A là một tập các sự kiện của Obj. Thuật giải sau sẽ xác định Obj.Closure(A) và Obj.Deduce(A).

Input: Obj = **(*Attr, EqObj, RuleObj*).**

A: Tập các sự kiện trên Obj.

Output: Xác định Obj.Closure(A) and Obj.Deduce(A)

b) Thuật giải cho bài toán xác định một đối tượng hay giá tri một biểu thức

Thuật giải 3.2: Cho bài toán S = (O, F) → G thuộc loại 1 của mô hình tri thức toán tử Ops-model như trong định nghĩa 3.7a, ta có thuật giải sau để tìm lời giải cho bài toán S:

Input: S = (O, F) → G với G = {"Xac dinh": expr}

Output: Lời giải của bài toán S

Thuật giải này được xây dựng dựa trên chiến lược suy diễn tiến, trong đó các đối tượng sử dụng thuật giải 3.1 tham gia vào quá trình suy diễn thông qua các hành vi của của chúng.

Các thuật giải cho mô hình tri thức toán tử thể hiện tư duy của con người trong quá trình suy diễn, tìm lời giải của bài toán. Thuật giải 3.1 chính là bước suy luận trên bản thân đối tượng, trong quá trình này, đối tượng sẽ tự động suy luận phát sinh các sự kiện thông qua hành vi nội tại của đối tượng. Bên cạnh đó, hệ thống cũng sẽ tìm lời giải thông qua việc phát sinh các sự kiện dựa trên các luật dẫn và việc giải các phương trình được xây dựng từ các luật dạng đẳng thức của tri thức trong các thuật giải 3.2.

c) Thuật giải rút gọn biểu thức

Thuật giải 3.3: Cho miền tri thức $\mathcal{K}$ = (**C, Ops, Rules**) được biểu diễn theo mô hình Ops-model, và bài toán S loại 1 có dạng: (O, F) → G như trong định nghĩa 3.5a, G = {"Rut gon": expr}. Thuật giải sẽ trả về một biểu thức g là rút gọn của biểu thức expr, nghĩa là g là biểu thức thỏa mãn:

g = expr Và ∀ h, h = f ⇒ g << h

Input: S = (O, F) → G với G = {"Rut gon": expr}

Output: g.

Ý tưởng thuật giải: Trước tiên, thuật giải này sử dụng các luật dạng phương trình để thu gọn biểu thức *expr* đơn giản nhất có thể. Ta được một biểu thức mới, gọi là *min*. Sau đó, biểu thức *min* sẽ được khai triển và ta sẽ tiếp tục thu gọn biểu thức được khai triển đó, ta được biểu thức *h*. Nếu biểu thức *h* đơn giản hơn *min*, ta thay thế *min* bởi *h* và tiếp tục lặp lại bước khai triển. Nếu *h* không đơn giản hơn *min*, ta dừng thuật toán. Quá trình khai triển biểu thức sẽ được thực hiện tối đa β lần (β là hằng số). Kết quả cuối cùng chính là biểu thức *g*.

Hằng số β phụ thuộc vào miền tri thức, nó được xác định dựa trên việc giải các bài tập được thu thập trong thực tế. Ví dụ, trong kiến thức Đại số vector, chúng ta chọn β = 7.

d) Thuật giải chứng minh một đẳng thức:

Thuật giải 3.4: Cho miền tri thức ℵ = (**C, Ops, Rules**) được biểu diễn theo mô hình Ops-model, và một bài toán S thuộc loại 2 có dạng: (O,F), E → G như trong định nghĩa 3.7b, thuật giải chứng minh hay xác định một đẳng thức giữa hai biểu thức:

Input: S = (O, F), E → G với E = {f, g}

Output: Chứng minh đẳng thức: f = g

e) Thuật giải biến đổi một đối tượng thành biểu thức giữa các đối tượng cho trước

Thuật giải 3.5: Cho miền tri thức ℵ = (**C, Ops, Rules**) được biểu diễn theo mô hình Ops-model, và một bài toán loại 2 có

dạng: (O,F), E → G như trong định nghĩa 3.7b, thuật giải sẽ biến đổi một đối tượng thành biểu thức giữa các đối tượng cho trước.

Input: S = (O, F), E → G

Output: Biến đổi đối tượng o thuộc O thành biểu thức giữa các đối tượng cho trước thuộc O.

3.2.3 Định lý:

Định lý 3.1:

(i) Số các đối tượng được duyệt và các đối tượng mới được sinh ra trong thuật giải 3.1 → 3.5 là hữu hạn.

(ii) *Số các quan hệ mới cũng như các phương trình mới được sinh ra trong thuật giải 3.1 → 3.5 là hữu hạn.*

Mệnh đề 3.2: *Danh sách Deduce trong thuật giải 3.1 thỏa mãn các điều kiện trong định nghĩa 3.9c về suy diễn đối tượng.*

Định lý 3.2: *Cho miền tri thức toán tử $\mathcal{K}$ = (**C, Ops, Rules**) và bài toán S = (O, F) → G trên miền tri thức đó. Khi đó các mệnh đề sau là tương đương:*

(i) Bài toán S là giải được.

(ii) $G \sqsubseteq \mathcal{L}_{(O,F)}$

(iii) Tồn tại danh sách D như trong định nghĩa 3.11 sao cho $G \sqsubseteq D(F)$

Định lý 3.2 cho chúng ta biết thuật giải suy diễn tiến sẽ luôn cho ta kết quả của bài toán. Hơn nữa, các thuật giải 3.1, 3.2 và 3.4 được thiết kế dựa trên chiến lược suy diễn tiến này, do đó định lý 3.2 cũng đã chứng minh các thuật giải này sẽ cho ta kết quả của bài toán.

Tương tự như định lý 2.3, từ định lý 3.2, ta suy ra: Bài toán P không giải được $\Leftrightarrow \mathbf{G} \notin \mathcal{L}_{(O, F)}$. Thuật giải 3.1, 3.2, và 3.4 được thiết kế để xác định $\mathcal{L}_{(O, F)}$, do đó về lý thuyết khi kết thúc các thuật giải nếu không xác định được **G** thì bài toán P sẽ không giải được. Trong thực tế, để tăng hiệu quả cho các ứng dụng thực, các thuật giải này được giới hạn thời gian tính toán trong quá trình giải quyết vấn đề. Nếu quá trình suy luận của của các thuật giải vượt ngưỡng thời gian này, hệ thống sẽ tự động dừng và trong trường hợp này ta sẽ xem như bài toán không giải được.

Định lý 3.3: *Cho bài toán S = **(O, F) → G** trên miền tri thức $\mathcal{K}$ = **(C, Ops, Rules)** được biểu diễn theo mô hình Ops-model, với G = "Rút gọn: expr". Độ phức tạp của thuật giải 3.3 là:* $O(n.(l + d)^2)$

Trong đó, l = length(expr), n = $|\text{Rule}_{\text{equation}}|$

d = max{abs(length(left(r)) – length(right(r))) | r ∈ $\text{Rule}_{\text{equation}}$}.

3.3 Ứng dụng xây dựng hệ hỗ trợ giải bài toán thông minh trong miền kiến thức Đại số vector

3.3.1 Thiết kế cơ sở tri thức Đại số vector:

Mô hình tri thức toán tử được ứng dụng vào miền tri thức Đại số vector. Dựa trên tri thức Đại số vector trong chương trình toán cấp trung học phổ thông [103], miền tri thức này có thể biểu diễn bởi mô hình tri thức toán tử như sau: **(C, Ops, Rules)**

3.3.2 Thiết kế động cơ suy diễn.

Mô hình bài toán của tri thức Đại số vector được định nghĩa trong định nghĩa 3.7, và bộ suy diễn của hệ thống được xây dựng dựa trên các thuật giải 3.1 - 3.5. Chương trình được tích hợp thêm

các quy tắc heuristic cho miền tri thức Đại số vector để có thể tìm kiếm lời giải bài toán nhanh hơn.

a) Quy tắc heureistic sử dụng Bài toán mẫu

b) Sắp xếp thứ tự áp dụng các luật

3.3.3 Kết quả thử nghiệm

Các bài tập thử nghiệm được thu thập từ Sách giáo khoa Toán chương trình Toán cấp THPT được chia thành 4 loại sau:

- Loại 1: Rút gọn một biểu thức vector.
- Loại 2: Chứng minh một đẳng thức giữa hai biểu thức.
- Loại 3: Tính giá trị một biểu thức.
- Loại 4: Biến đổi một vector thành biểu thức giữa các vector khác cho trước.

Với các chương trình khác về giải các bài tập vectot, chúng chỉ giải được các loại bài bài về tính toán vector. Symbolab có thể giải được nhiều loại bài tập toán với lời giải từng bước, tuy nhiên nó chỉ được các dạng bài tập về tính toán giá trị một biểu thức vector đơn giản. Woflfram|Alpha có thể tính được giá trị của một biểu thức vector, tuy nhiên kết quả của chương trình không phải là lời giải bài toán của học sinh.

Bảng 3.1: Kết quả thử nghiệm của chương trình

Bài tập		**Loại 1**	**Loại 2**	**Loại 3**	**Loại 4**	**Tổng**
Số lượng bài tập thử nghiệm		20	21	15	7	63
Số lượng bài tập giải được	Chương trình giải bài tập Đại số Vector	17	15	13	6	51
	Symbolab	5	3	7	0	15
	Wolfram|Alpha	6	3	7	0	16

Chương 4: MÔ HÌNH TRI THỨC QUAN HỆ VÀ TOÁN TỬ

4.1 Mô hình tri thức quan hệ và toán tử

4.1.1 Cấu trúc các thành phần của mô hình

Mô hình tri thức có cả tri thức quan hệ và toán tử được xây dựng dựa trên các kết quả trong chương 2 và chương 3. Bên cạnh đó, các sự kiện trên mô hình cũng được nghiên cứu.

Định nghĩa 4.1: Mô hình tri thức quan hệ và toán tử, *Rela-Ops model*, là một bộ gồm 4 thành phần:

$$\mathcal{K} = (\mathbf{C}, \mathbf{R}, \mathbf{Ops}, \mathbf{Rules})$$

Trong đó: $\mathbf{C}$ là tập các khái niệm. $\mathbf{R}$ là tập các quan hệ khác giữa các khái niệm. $\mathbf{Ops}$ là tập hợp các phép toán. $\mathbf{Rules}$ là tập các luật. Cấu trúc thành phần quan hệ ($\mathbf{R}$) và toán tử ($\mathbf{Ops}$) của mô hình đã được trình bày trong chương 2 và chương 3.

4.1.2 Thành phần khái niệm

Mỗi khái niệm trong $\mathbf{C}$ là một lớp các đối tượng. Khái niệm có cấu trúc ***(Attrs, Facts, EqObj, RulObj)***. Trong đó, ***Attrs*** là tập các thuộc tính, ***Facts*** là tập các sự kiện trên khái niệm, ***EqObj*** là phương trình giữa các thuộc tính trong ***Attrs***, và ***RulObj*** là tập các luật dẫn của khái niệm.

4.1.3 Sự kiện trong mô hình Rela-Ops model

a) Cấu trúc của mệnh đề

Định nghĩa 4.2: Cho miền tri thức $\mathcal{K}$ có dạng Rela-Ops model, một mệnh đề trong $\mathcal{K}$ sẽ là một trong các dạng sau:

Dạng	Đặc tả	Điều kiện
1	x:c	x là một đối tượng, c∈ $\mathbf{C}$
2	o	o ∈ I_c, c ∈ $\mathbf{C}$

3	o = <const>	$o \in I_c$, $c \in \mathbb{C}$ <const>: constant
4	x Φ y	$\Phi \in \mathbb{R}$, $x \in I_{c1}$, $y \in I_{c2}$, $c1 \in \mathbb{C}$, $c2 \in \mathbb{C}$
5	<expr1> = <expr2>	<expr1>, <expr2>: biểu thức

Ký hiệu: $\mathbb{S}$ = {p | p là một mệnh đề}

Định nghĩa 4.3: *Định nghĩa một phát biểu*

a) $p \in \mathbb{S}$: p là một phát biểu

b) Nếu *A* là một phát biểu, thì $\neg A$ cũng là một phát biểu.

c) Nếu *A, B* là các phát biểu, thì $A \vee B$, $A \wedge B$ cũng là các phát biểu.

Định nghĩa 4.4: *Giá trị của một phát biểu*

a) Mỗi phát biểu A sẽ có một giá trị Bool (true hoặc false), ký hiệu Val(*A*)

b) Ta có hàm *I*: $\mathbb{S} \rightarrow$ {true, flase}

c) Nếu $p \in \mathbb{S}$: Val(p) = *I*(p)

d) Nếu *A, B* là các phát biểu thì:

$$Val(A \vee B) = Val(A) \vee Val(B)$$

$$Val(A \wedge B) = Val(A) \wedge Val(B)$$

$$Val(\neg A) = \neg Val(A)$$

b) Cấu trúc của vị từ

Định nghĩa 4.5: Trên miền tri thức $\mathbb{K}$ có dạng Rela-Ops model, ta có các vị từ sau:

1. Type(c, x) ::= (x : c) ($c \in \mathbb{C}$, x là một đối tượng)
2. Determine(x)::= o ($c \in \mathbb{C}$, $x \in I_c$)
3. $Equal_{const}(x)$ ::= (x = <const>) ($c \in \mathbb{C}$, $x \in I_c$, <const>: hằng số)

4. $Rela_{\Phi}(x, y) ::= (x\ \Phi\ y)$ $(\Phi \in \mathbb{R}, c1, c2 \in \mathbb{C}, x \in I_{c1}, y \in I_{c2})$
5. $Equal(e1, e2) ::= (e1 = e2)$ (e1, e2 là các biểu thức)

Đặt $\mathcal{P}_K = \{f \mid f$ là một vị từ$\}$

α_K: $\mathcal{P}_K \rightarrow \mathbb{N}$: hàm xác định số lượng đối số của một vị từ

Định nghĩa 4.6: *Định nghĩa một phát biểu*

a) $p \in \mathbb{S}$: p là một phát biểu.

b) Nếu $f \in \mathcal{P}_K$, $\alpha_K(f) = n$ and $x_1, x_2, \ldots, x_n$ là các biến mệnh đề, thì $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ là một phát biểu.

c) Nếu *A* là một phát biểu, thì $\neg A$ cũng là một phát biểu.

d) Nếu *A, B* là các phát biểu, thì $A \vee B$, $A \wedge B$ cũng là các phát biểu.

e) Nếu A là một phát biểu và x là biến, thì $(\forall x)A$, $(\exists x)A$ cũng là các phát biểu.

Định nghĩa 4.7: *Giá trị của một phát biểu*

a) Nếu $p \in \mathbb{S}$: $Val(p) = I(p)$

b) Nếu $f \in \mathcal{P}_K$, $\alpha_K(f) = n$ và $x_1, x_2, \ldots, x_n$ là các biến mệnh đề: $Val(f(x_1, x_2, \ldots, x_n)) = I(f(x_1, x_2, \ldots, x_n))$

c) Nếu *A* là một phát biểu và *x* là một biến thì:

- $Val(\forall xA) = true$ nếu $Val(\lambda_{x=d}(A)) = true$ với tất cả các giá trị *d* (*d* có kiểu của đối số trong phát biểu *A*)

  $Val(\forall xA) = false$ trong các trường hợp khác
- $Val(\exists xA) = true$ nếu $Val(\lambda_{x=d}(A)) = true$ với một giá trị *d* nào đó (*d* có kiểu của đối số trong phát biểu *A*)

  $Val(\exists xA) = false$ trong các trường hợp khác

$\lambda_{x=d}(A)$: là phép thế giá trị *d* vào biến *x* trong *A*.

e) Nếu *A, B* là các phát biểu:

$$\text{Val}(A \vee B) = \text{Val}(A) \vee \text{Val}(B)$$
$$\text{Val}(A \wedge B) = \text{Val}(A) \wedge \text{Val}(B)$$
$$\text{Val}(\neg A) = \neg\text{Val}(A)$$

c) Hợp nhất sự kiện

Định nghĩa 4.8:

a) Một *sự kiện* trong mô hình tri thức Rela-Ops model là một phát biểu dạng mệnh đề (định nghĩa 2.3) hoặc phát biểu dạng vị từ (định nghĩa 2.6).

b) *Hợp nhất sự kiện:*

Hai sự kiện f và g được gọi là hợp nhất, ký hiệu $f \cong g$, khi và chỉ khhi chúng thỏa các điều kiện sau:

1. Nếu f và g là các mệnh đề dạng k, với $1 \leq k \leq 5$: sử dụng các điều kiện hợp nhất trong định nghĩa 2.2 và định nghĩa 3.6
2. HOẶC nếu $f = \neg f_1$ và $g = \neg g_1$, và f_1, g_1 là các sự kiện thì: $f_1 \cong g_1$.
3. HOẶC nếu $f = f_1 \wedge f_2$ và $g = g_1 \wedge g_2$, và f_1, f_2, g_1, g_2 là các sự kiện thì:
   ($f_1 \cong g_1$ và $f_2 \cong g_2$) hay ($f_2 \cong g_1$ và $f_2 \cong g_1$).
4. HOẶC nếu $f = f_1 \vee f_2$ và $g = g_1 \vee g_2$, và f_1, f_2, g_1, g_2 là các sự kiện thì:
   ($f_1 \cong g_1$ và $f_2 \cong g_2$) hay ($f_2 \cong g_1$ và $f_2 \cong g_1$).
5. HOẶC nếu $f = \forall o_1 f_1$ và $g = \forall o_2 g_1$, và f_1, g_1 là các sự kiện, o_1, o_2 là các đối tượng thì: ($o_1 \cong o_2$ và $f_1 \cong g_1$).
6. HOẶC nếu $f = \exists o_1 f_1$ and $g = \exists o_2 g_1$, và f_1, g_1 là các sự kiện, o_1, o_2 là các đối tượng thì: ($o_1 \cong o_2$ và $f_1 \cong g_1$).

4.1.4 Thành phần luật

Một luật suy diễn r ∈ **Rules** là một trong bốn loại luật sau:

Rules = $Rule_{deduce}$ ∪ $Rule_{generate}$ ∪ $Rule_{equivalent}$ ∪ $Rule_{equation}$

$Rule_{deduce}$	$Rule_{generate}$	$Rule_{equivalent}$	$Rule_{equation}$
r là một *luật dẫn* có dạng: $u(r) \longrightarrow v(r)$ với u(r), v(r) là các tập sự kiện.	r là một luật dẫn *phát sinh đối tượng mới*, r có dạng: $u(r) \longrightarrow v(r)$ với u(r), v(r) là các tập sự kiện thỏa điều kiện: ∃ đối tượng o, o ∈ v(r) và o ∉ u(r)	r là một *luật tương đương*, r có dạng: $h(r), u(r) \leftrightarrow v(r)$ với h(r), u(r) và v(r) là các tập sự kiện thỏa điều kiện: h(r), u(r) $\longrightarrow$ v(r), và h(r), v(r) $\longrightarrow$ u(r) đều đúng.	r là *luật dạng phương trình*, r có dạng: g = h với g, h là các biểu thức giữa các đối tượng. Kí hiệu: left(r) = g right(r) = h

4.2 Các lớp bài toán và Thuật giải

4.2.1 Mô hình bài toán

a) Bài toán trên một đối tượng

Một đối tượng Obj = ***(Attrs, Facts, EqObj, RulObj)*** trong mô hình tri thức quan hệ và toán tử cũng có các hành vi để giải quyết các vấn đề nội tại của nó. Bài toán trên một đối tượng có mô hình A → B, trong đó A và B là các tập sự kiện trên các thuộc tính của Obj.Attrs. Các bài toán có các mục tiêu là:

- Xác định các thuộc tính chưa biết từ các thuộc tính đã biết.
- Xác định một quan hệ giữa các thuộc tính trong một đối tượng.
- Cho biết quá trình suy luận và lời giải của việc xác định các thuộc tính và các quan hệ.

Các thuật giải để giải quyết các vấn đề trên đã được trình bày trong chương 2 và chương 3.

b) Bài toán trên mô hình tri thức quan hệ và toán tử

Định nghĩa 4.9: Mô hình bài trên mô hình tri thức quan hệ và toán tử.

a/ Loại 1: Mô hình bài toán có dạng: **(O, Re, E) → G**

trong đó, O = {O_1, O_2 …, O_m} là tập đối tượng của bài toán.

Re = {r_1, r_2,…, r_n} là tập quan hệ giữa các đối tượng

E = {e_1, e_2,…, e_k} là tập các phương trình.

G = { "KEYWORD": *f*} với "KEYWORD" là từ khóa cho mục tiêu của bài toán và *f* là một phát biểu, "KEYWORD" có thể là các từ sau:

- "Xác định": có nghĩa là xác định phát biểu *f*.
- "Chứng minh": có nghĩa là chứng minh phát biểu *f*.
- "Tính toán": Xác định giá trị của *f* khi *f* là một biểu thức.

b/ Loại 2: Mô hình bài toán có dạng: **(O, F) → G**

trong đó, F = {f_1, f_2, …, f_p} là các sự kiện của bài toán.

G = { "KEYWORD": *f* } với "KEYWORD" là các từ khóa có dạng:

- "Rút gọn": có nghĩa là rút gọn biểu thức *f*.
- "Biến đổi": có nghĩa là biến đổi biểu thức *f* thành biểu thức giữa các đối tượng được cho trước.

4.2.2 Thuật giải cho bài toán trên mô hình tri thức quan hệ và toán tử

a) Thuật giải cho bài toán dạng 1

Định nghĩa 4.10: Cho miền tri thức $\mathcal{K}$ = **(C, R, Ops, Rules)** dạng Rela-Ops model, và bài toán P = **(O, Re, E) → G** dạng 1. Giả sử S = [s_1, s_2, …, s_k] là danh sách các luật.

Ký hiệu: E_0 = E, E_1 = $s_1(E_0)$, E_2 = $s_2(E_1)$,…, E_k = $s_k(E_{k-1})$ and S(E) = E_k, với $s_i(E_{i-1})$ là tập các sự kiện dẫn xuất từ E_{i-1} bằng luật s_i ($1 \le i \le k$).

Bài toán P được gọi là giải được khi và chỉ khi tồn tại một danh sách S thỏa mãn G.$f \odot$ S(E).

Thuật giải 4.1: Cho bài toán P = **(O, Re, E) → G** trên miền tri thức $\mathcal{K}$ = (**C, R, Ops, Rules)**.

Input: Bài toán P = **(O, Re, E) → G** trên mô hình tri thức Rela-Ops model.

Output: Lời giải bài toán P.

b) Thuật giải cho bài toán dạng 2

Thuật giải 4.2: Cho bài toán P = (O, F) → G trên miền tri thức $\mathcal{K}$ = (**C, R, Ops, Rules)**.

Input: Bài toán P = (O, F) → G trên mô hình tri thức Rela-Ops model.

Output: Lời giải bài toán P.

4.3 Ứng dụng xây dựng hệ hỗ trợ giải bài toán thông minh trong miền kiến thức Đại số tuyến tính

4.3.1 Thiết kế cơ sở tri thức Đại số tuyến tính

Dựa trên tri thức Đại số tuyến tính được thu thập từ [105], các kiến thức về ma trận, hệ phương trình tuyến tính, không gian vector được biểu diễn bằng mô hình tri thức quan hệ và toán tử:

(C, R, Ops, Rules)

C - là tập các khái niệm

C = {MATRAN, MATRANVUONG, MATRANCHEO, VECTOR, PHUONGTRINH, HEPHUONGTRINH, HECRAMER, KG_VECTOR}

R – Các quan hệ giữa các khái niệm trong **C**

R = {*Bằng nhau, Tương đương dòng, Tương đương cột, vector riêng, trị riêng*,

Tương đương, *Thuộc, không gian con, Cơ sở, Tập sinh, Độc lập tuyến tính,…*}

Ops – tập các phép toán giữa các ma trận, vector, không gian vector.

Rules – Tập các luật cuả tri thức đại số tuyến tính

4.3.2 Thử nghiệm chương trình

Chương trình đã được thử nghiệm trên các bài tập trong sách giáo khoa toán về Đại số tuyến tính. Lời giải các bài tập tương tự như cách giải của sinh viên, phù hợp với kiến thức của người học.

Symbolab là một website hỗ trợ giải bài tập toán tự động. Nó có thể cho lời giải từng bước. Chương trình này có thể giải một số dạng toán về ma trận và giải hệ phương trình. Kết quả so sánh thử nghiệm của chương trình chúng tôi với Symbolab trên các bài tập thu thập được như sau:

Bảng 4.1: Kết quả việc giải các bài tập thử nghiệm trong sách

Kiến thức	Số bài tập thử nghiệm	Số bài tập giải được	
		Symbolab	Chương trình giải toán ĐSTT
Ma trận – vector	65	30	58
Hệ phương trình tuyến tính bậc nhất	39	25	38
Không gian vector	67	0	53
Tổng cộng	171	55	149

CHƯƠNG 5: KẾT LUẬN

5.1 Kết quả của luận án

Trong luận án này, chúng tôi đã xây dựng cấu trúc của các mô hình biểu diễn tri thức quan hệ, tri thức toán tử và tri thức có cả quan hệ và toán tử. Các mô hình này được xây dựng theo kiến trúc hướng đối tượng (object-oriented approach). Thành phần chính trong các mô hình là các khái niệm, mỗi khái niệm là một lớp các đối tượng với các cấu trúc và hành vi để giải quyết các vấn đề nội tại của khái niệm. Các thành phần khác của mô hình được xây dựng trên cơ sở các khái niệm bằng cấu trúc tập hợp với những tính chất nhất định. Thông qua mô hình tri thức, các lớp bài toán trên mô hình cũng được mô hình hóa. Các thuật giải trong mô hình cũng đã được chứng minh về tính dừng, tính hiệu quả cũng như đánh giá độ phức tạp của chúng. Các kết quả về các mô hình tri thức được xây dựng trong luận án gồm:

a) Mô hình tri thức quan hệ:

- Xây dựng cấu trúc mô hình tri thức quan hệ trên cơ sở các thành phần tri thức: khái niệm, quan hệ và luật (Rela-model).
- Định nghĩa các khái niệm trên mô hình như: phân loại các sự kiện, bao đóng tập sự kiện, mô hình bài toán, quy tắc suy luận, lời giải bài toán.
- Mô hình hóa các lớp vấn đề trên mô hình và xây dựng thuật giải để giải quyết.
- Các định lý: Chứng minh tính dừng và tính hiệu quả của các thuật giải, Xác định độ phức của thuật giải cho bài toán trên mô hình tri thức quan hệ.

- Ứng dụng: Áp dụng mô hình Rela-model để tổ chức cơ sở tri thức cũng như thiết kế động cơ suy diễn của ứng dụng Hệ giải bài tập thông minh cho miền tri thức hình học không gian.

b) Mô hình tri thức toán tử:

- Xây dựng cấu trúc mô hình tri thức toán tử trên cơ sở các thành phần tri thức: khái niệm, toán tử và luật (Ops-model).
- Định nghĩa các khái niệm trên mô hình như: phân loại các sự kiện, bao đóng tập sự kiện, biểu thức, chiều dài biểu thức, biến đổi biểu thức, mô hình bài toán, quy tắc suy luận, lời giải bài toán.
- Mô hình hóa các lớp vấn đề và xây dựng thuật giải để giải quyết.
- Các định lý: Chứng minh tính dừng và tính hiệu quả của các thuật giải.
- Ứng dụng: Áp dụng mô hình Ops-model để tổ chức cơ sở tri thức cho miền tri thức Đại số vector trong kiến thức toán cấp trung học phổ thông. Từ đó thiết kế các hệ thống giải bài tập thông minh hỗ trợ cho việc học tập kiến thức này.

c) Mô hình tri thức có cả quan hệ và toán tử:

- Xây dựng cấu trúc mô hình tri thức gồm cả quan hệ và toán tử trên cơ sở các thành phần tri thức: khái niệm, quan hệ, toán tử và luật (Rela-Ops model).
- Mô hình hóa các lớp vấn đề và xây dựng thuật giải để giải quyết các vấn đề đó.

- Ứng dụng: Áp dụng mô hình Rela-Ops model để tổ chức cơ sở tri thức cho miền tri thức Đại số tuyến tính trong kiến thức toán cao cấp ở bậc đại học. Từ đó thiết kế các hệ thống giải bài tập thông minh hỗ trợ cho việc học tập môn học Đại số tuyến tính của các sinh viên bậc đại học.

Các mô hình biểu diễn tri thức này đáp ứng được các tiêu chuẩn của mô hình tri thức cho hệ thống IPS trong giáo dục.

Bảng 5.1: Các mô hình tri thức đối với các tiêu chuẩn của mô hình tri thức cho hệ thống IPS

STT	Phương pháp	Tính phổ quát	Tính khả dụng	Tính thực tiễn	Tính hình thức hóa
1	Rela-model	Mức 3	Mức 3	Mức 3	Mức 3
2	Ops-model	Mức 3	Mức 3	Mức 3	Mức 3
3	Rela-Ops model	Mức 4	Mức 4	Mức 3	Mức 3

5.2 Hướng phát triển

Việc nghiên cứu các mô hình biểu diễn tri thức theo tiếp cận đại số đã cho chúng ta một cơ sở toán học vững chắc trong việc biểu diễn các miền tri thức khác nhau trong thực tế. Các nghiên cứu tiếp theo sẽ hoàn thiện hơn các kết quả của mô hình tri thức để trở thành nền tảng cho việc xây dựng một công cụ hỗ trợ biểu diễn tri thức linh hoạt với khả năng giải quyết các vấn đề một cách tổng quát, có thể áp dụng cho việc tổ chức cơ sở tri thức và thiết kế động cơ suy diễn cho một miền tri thức có cấu trúc thích hợp.

Hiện nay các mô hình chỉ biểu diễn tri thức ở dạng "tĩnh", nghĩa là hệ thống không thể tự thay đổi hay cập nhật tri thức mà việc này phải được thực hiện thông qua tác động của một kỹ sư tri thức. Trong các nghiên cứu tương lai, chúng ta cần phải kết hợp việc biểu diễn tri thức với khả năng tự động cập nhật tri thức thông

qua các tác động của môi trường hoạt động của tri thức. Điều này dẫn đến đòi hỏi các mô hình biểu diễn tri thức ở dạng "động". Mô hình phải có khả năng kiểm soát, phát hiện các tri thức mới được phát sinh trong quá trình hoạt động và tiến hành cập nhật kiến thức một cách tự động.

Bên cạnh đó, các tri thức trong thực tế gồm các miền tri thức phối hợp nhau. Trong quá trình giải quyết vấn đề, các tri thức này sẽ được vận dụng phối hợp để suy diễn ra lời giải cho bài toán. Do đó, trong các nghiên cứu tương lai, chúng ta sẽ nghiên cứu sự phối hợp các miền tri thức trong quá trình giải quyết vấn đề, đặc biệt là các miền tri thức có dạng mô hình tri thức quan hệ, tri thức toán tử và tri thức có cả quan hệ và toán tử.

CÁC BÀI BÁO KHOA HỌC CỦA LUẬN ÁN

[1] Nguyễn Đình Hiển, Đỗ Văn Nhơn, "*Mô hình biểu diễn tri thức dạng quan hệ và Ứng dụng xây dựng hệ hỗ trợ giải toán thông minh*", Kỷ yếu Hội nghị quốc gia lần thứ XV: Một số vấn đề chọc lọc của Công nghệ thông tin và Truyền thông (@2012), ngày 03-04/12/2012, Hà Nội, In Quý III/2013.

[2] Nguyễn Đình Hiển, Đỗ Văn Nhơn, *Mô hình tri thức toán tử và Ứng dụng xây dựng hệ hỗ trợ giải bài toán thông minh*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, ISSN: 0866-708X, Tập 52, số 4D, trang 60-76 (2014).

[3] Van Nhon Do, Hien D. Nguyen, *Reducing model of COKB about Operators Knlwedge and Solving problems about Operators*, D. Camacho et al. (eds.), *New Trends in Computational Collective Intelligence*, pp. 39-49, Studies in Computational Intelligence 572, Springer (2014).

[4] Nhon V. Do, Hien D. Nguyen and Thanh T. Mai, "*Reasoning Method on Knowledge about Functions and Operators*", International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 6(6), pp. 156 – 168 (2015), ESCI.

[5] Hien D. Nguyen, Diem Nguyen, Vuong T. Pham, "*Design and Intelligent Problems Solver about Solid Geometry based on Knowledge model about Relation"*, Proceeding of 2016 IEEE International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE 2016), pp. 150-155, Ha Noi, Vietnam, October 2016.

[6] Hien D. Nguyen, Nhon V. Do, *Intelligent Problems Solver in Education for Discrete Mathematics*, Proceeding of 16th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools, and Techniques (SOMET_17), Kitakyushu, Japan, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, vol. 297, pp. 21-34, Sept. 2017, rank B.

[7] Nguyễn Đình Hiển, Đỗ Văn Nhơn, Phạm Thi Vương, *Xây dựng hệ hỗ trợ giải toán Đại số tuyến tính trên cơ sở tri thức gồm các miền tri thức phối hợp*, Tạp chí khoa học trường Đại học Cần Thơ, ISSN: 1859-2333, Số chuyên đề: Công nghệ thông tin, trang 10-18 (2017).

[8] Hien D. Nguyen, Nhon V. Do, Vuong T. Pham, Katsumi Inoue, *Solving problems on a knowledge model of operators and application*, International Journal of Digital Enterprise Technology (IJDET), Vol. 1, Nos. 1/2, pp.37–59 (2018).

[9] Nhon V. Do, Hien D. Nguyen, Ali Selamat, *Knowledge-Based Model of Expert Systems Using Rela-model*, International Journal of Software

Engineering and Knowledge Engineering (IJSEKE), Vol. 28, No. 8, pp.1047-1090 (2018). SCIE.

[10] Hien D. Nguyen, Nhon V. Do, Vuong T. Pham, *Rela-Ops model: A method for Knowledge Representation and Application,* Bài báo được chấp nhận đăng trong Proceeding of 17th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools, and Techniques (SOMET 2018), Granada, Spain, Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, vol. 303, pp. 825-838, Sept. 2018, rank B.