

DOI: <https://doi.org/10.59294/HIUJS.KHTT.2026.048>

CẢI TIẾN MÔ HÌNH Che-COKB DỰA TRÊN TÍCH HỢP BÀI TOÁN MẪU (SAMPLE PROBLEMS)

Huỳnh Vĩnh Phát*

Trường Đại học Quốc tế Hồng Bàng

TÓM TẮT

Biểu diễn tri thức bằng phương pháp ontology đóng vai trò quan trọng trong việc thiết kế hệ cơ sở tri thức và các hệ giải toán thông minh. Mô hình Che-COKB là một biến thể từ mô hình COKB phù hợp cho miền tri thức nguyên tố hoá học nhờ lược bỏ thành phần toán tử và mở rộng tập sự kiện lên mười lăm loại. Tuy nhiên, khi suy luận giải các bài toán trong thực tế, các bước suy luận khi giải các bài toán trước đó có thể được tái sử dụng thay vì suy luận hoàn toàn từ đầu. Bài báo này đề xuất mô hình Che-COKB-SP bằng cách bổ sung thành phần bài toán mẫu nhằm mô phỏng cơ chế suy luận dựa trên kinh nghiệm của con người. Mỗi bài toán mẫu được biểu diễn dưới dạng tập giả thiết và chuỗi suy luận tương ứng, cho phép hệ thống nhận diện và tái sử dụng các quy trình giải phù hợp. Trên cơ sở đó, một cơ chế suy luận kết hợp giữa luật và bài toán mẫu được xây dựng và tích hợp vào hệ thống hiện có. Mô hình được đánh giá trên các nhóm bài toán phổ biến cho thấy phương pháp đề xuất giúp giảm số bước suy luận, cải thiện thời gian xử lý và nâng cao tính tự nhiên của lời giải.

Từ khóa: biểu diễn tri thức, hệ cơ sở tri thức, suy diễn, ontology

AN ENHANCED Che-COKB MODEL BASED ON THE INTEGRATION OF SAMPLE PROBLEMS

Huynh Vinh Phat

ABSTRACT

Ontology-based knowledge representation plays an important role in the design of knowledge-based systems and intelligent problem-solving systems. The Che-COKB model is a variant of the COKB model, which is suitable for the domain of chemical elements by removing the operator component and extending the set of facts to fifteen types, thereby improving knowledge representation and supporting reasoning. However, in practical learning, learners often solve problems based on experience by reusing previously encountered similar problems rather than deriving solutions from first principles. This paper proposes the Che-COKB-SP model by incorporating a sample problem component to simulate human experience-based reasoning mechanisms. Each sample problem is represented as a set of hypotheses and a corresponding reasoning sequence, enabling the system to identify and reuse appropriate solution procedures. Accordingly, an effective reasoning mechanism combining rule-based reasoning and sample problems is developed and integrated into the existing system. The model is evaluated on groups of common problems in the domain of chemical elements and experimental results demonstrate that the proposed approach leads to fewer reasoning steps, improved processing efficiency, and more natural generated solutions.

Keywords: knowledge representation, knowledge based system, automated reasoning, ontologies

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biểu diễn tri thức dựa trên ontology đóng vai trò quan trọng trong việc thiết kế, xây dựng các hệ cơ

* Tác giả liên hệ: Huỳnh Vĩnh Phát, Email: phathv1@hiu.vn

(Ngày nhận bài: 16/3/2026; Ngày nhận bản sửa: 31/3/2026; Ngày duyệt đăng: 03/4/2026)

sở tri thức và hệ giải toán thông minh, cho phép mô hình hóa tri thức một cách có cấu trúc, nhất quán và hỗ trợ suy luận hiệu quả. Mô hình ontology COKB [1] đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi trong nhiều miền tri thức khác nhau [2 - 5], cho thấy tính linh hoạt và khả năng mở rộng cao. Trên cơ sở đó, mô hình Che-COKB [6] được phát triển như một biến thể chuyên biệt cho miền tri thức về các nguyên tố hóa học, với việc lược bỏ thành phần toán tử Ops và mở rộng tập sự kiện lên mười lăm loại, qua đó nâng cao khả năng biểu diễn các đặc trưng hóa học cũng như hỗ trợ thiết kế các thuật toán suy luận phù hợp với đặc thù của miền tri thức này.

Tuy nhiên, trong thực tế học tập và giải bài toán hóa học, con người thường không chỉ tiến hành suy luận hoàn toàn từ đầu mà dựa vào kinh nghiệm, cụ thể là tìm kiếm các bài toán tương tự đã được giải trước đó để tái sử dụng quy trình giải. Khái niệm khai thác bài toán mẫu này đã được đề cập trong nghiên cứu của G. Polya [7], nhấn mạnh vai trò của việc sử dụng các bài toán đã biết để định hướng giải quyết các bài toán mới. Bên cạnh đó, nghiên cứu của J. F. Sowa và A. K. Majumdar [8] cũng đã làm rõ cơ chế suy luận tương đồng, trong đó tri thức từ miền nguồn được ánh xạ sang miền tri thức đích dựa trên sự tương đồng về cấu trúc. Mặc dù các hướng tiếp cận này cho thấy tính hiệu quả và phù hợp với cách con người tư duy, chúng vẫn mang tính tổng quát và chưa được cụ thể hóa khi áp dụng vào các miền tri thức chuyên biệt, chẳng hạn như tri thức về các nguyên tố hóa học. Điều này đặt ra yêu cầu cần có các mô hình và cơ chế triển khai cụ thể hơn để có thể khai thác hiệu quả suy luận dựa trên kinh nghiệm trong từng miền ứng dụng cụ thể. Các nghiên cứu về bài toán mẫu [9, 10] cũng được nghiên cứu và ứng dụng trên mô hình COKB đã mang lại nhiều hiệu quả thực tiễn và được đánh giá cao khi thiết kế xây dựng hệ cơ sở tri thức. Xuất phát từ các nghiên cứu trước đó, bài báo này đề xuất mô hình Che-COKB-SP, mở rộng Che-COKB bằng cách tích hợp thành phần Bài toán mẫu (Sample Problems) nhằm mô phỏng cơ chế suy luận dựa trên kinh nghiệm của con người.

2. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu được thực hiện dựa trên sự kết hợp giữa phương pháp biểu diễn tri thức theo ontology COKB, các kỹ thuật suy luận trên đã biết trên mô hình và phương pháp suy luận dựa trên kinh nghiệm thông qua bài toán mẫu.

2.1. Ontology COKB và biến thể Che-COKB cho biểu diễn tri thức

Mô hình tri thức các đối tượng tính toán (COKB - Computational Object Knowledge Base) gồm có 6 thành phần.

(C, H, R, Ops, Funcs, Rules)

Trong đó, **C** là một tập hợp hệ thống khái niệm trong miền tri thức và mỗi khái niệm là một lớp đối tượng tính toán. **H** là tập các quan hệ phân cấp giữa các đối tượng tính toán; **R** là tập các khái niệm về loại quan hệ giữa các đối tượng tính toán; **Ops** là tập các toán tử; **Funcs** là tập các hàm; **Rules** là tập các luật dẫn, trên mô hình COKB các sự kiện được xem xét theo 12 loại đặc trưng.

Mô hình Che-COKB được xây dựng dựa trên mô hình COKB. Tuy nhiên, mô hình này đã lược bỏ tập các toán tử trong các thành phần cấu trúc và các nghiên cứu về toán tử này được xây dựng chuyên sâu và riêng biệt trong [10]. Các loại sự kiện (facts) được mở rộng từ 12 loại lên 15 loại sự kiện. Hơn nữa, mô hình bài toán và các thuật toán suy luận cũng đã được thiết kế dựa trên mô hình này. Mô hình Che-COKB bao gồm năm thành phần: (C, H, R, Funcs, Rules). Trong đó, **C** là tập các khái niệm của các đối tượng tính toán. Mỗi khái niệm trong **C** là một lớp của C-Object. Trong miền tri thức về các nguyên tố hóa học tồn tại nhiều khái niệm khác nhau, chẳng hạn như: Nguyên tố hóa học, nguyên tử, hợp chất, phản ứng hóa học, phản ứng hạt nhân, phân rã phóng xạ, v.v. Cấu trúc của một C-Object có thể được mô hình hóa dưới dạng (Attributes, F, Facts, Rules). Attributes là tập các thuộc tính của đối tượng, được khai báo dưới các kiểu cơ bản, kiểu đối tượng cơ sở, kiểu danh sách và kiểu tập hợp; F là tập các quan hệ tính toán; Facts là tập các tính chất hoặc sự kiện của đối tượng; Rules là tập các luật suy diễn áp dụng trên các sự kiện. **H** là tập các quan hệ phân cấp trên các khái niệm trong **C**. Các quan hệ này có thể được biểu diễn dưới dạng sơ đồ Hasse. Ví dụ, khái niệm Carbon không chỉ có các

thuộc tính, quan hệ và luật riêng, mà còn kế thừa các đặc tả từ khái niệm ở mức cao hơn trong H, chẳng hạn như khái niệm nguyên tố hóa học. **R** là tập các quan hệ giữa các khái niệm không thuộc H. Trong miền tri thức về các nguyên tố hóa học, liên kết hóa học giữa các nguyên tử có thể được xem là một quan hệ giữa hai khái niệm nguyên tử; quan hệ đồng vị giữa các nguyên tố hóa học; quan hệ phân hạch hạt nhân giữa nguyên tử ban đầu và nguyên tử sau phản ứng; v.v. **Funcs** là tập các hàm trên các C-Object. Tri thức về các hàm cũng là một dạng tri thức phổ biến trong hầu hết các miền tri thức như toán học, vật lý, hóa học. **Rules** là tập các luật suy diễn.

2.2. Bài toán trên Che-COKB và ứng dụng bài toán mẫu khi giải toán

Mô hình tổng quát để biểu diễn bài toán bao gồm hai tập được gọi là Hypothesis và Goal. Hypothesis là tập chứa thông tin về các đối tượng, các thuộc tính và các sự kiện đã biết, được định nghĩa trong Che-COKB. Goal là tập chứa các mục tiêu của bài toán. Các lớp bài toán được biểu diễn dưới dạng:

$$\text{Hypothesis} \rightarrow \text{Goal}.$$

Trong đó:

Hypothesis = { **probO**, **probA**, **probF** }

- *probO* là tập các đối tượng tính toán Che-Object trong bài toán.
- *probA* là tập các thuộc tính của các đối tượng được đề cập trong bài toán.
- *probF* là tập các sự kiện đã biết trong bài toán. Các sự kiện này thuộc 15 loại (1)-(15) trong mô hình Che-COKB.

Goal = { **goal₁**, **goal₂**,... **goal_n** }

Mỗi *goal* là một mục tiêu hay yêu cầu cụ thể của bài toán. Các mục tiêu này có thể là:

- Các sự kiện thuộc 15 loại (1)-(15) trong bài toán
- Phương trình phản ứng/phân rã hóa học
- Phương trình phản ứng đã cân bằng

Ví dụ 1: (Bài 2.24, trang 54 – Sách bài tập HHĐC[11])

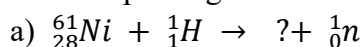
Viết phương trình phân rã beta của hạt nhân nguyên tử $^{228}_{88}\text{Ra}$ và $^{14}_6\text{C}$.

Bài toán này có thể được mô hình hóa theo mô hình trên như sau:

```
probO := { Obj:PU_HOA_HOC, Ra:NGUYEN_TU, newO:NGUYEN_TU }
probA := { Ra.Z, newO.A }
probF := { ["PHAN_RA_-_BETA", Ra, newO], [Obj.ds_chat_truoc_pu union {Ra}], Ra.Z = 88, Ra.A = 228 }
Goal := { Obj.pt_phan_ung }
```

Ví dụ 2: (Bài 2.31.a, trang 56 – Sách bài tập HHĐC[11])

Viết các phương trình biến đổi hạt nhân:



Bài toán 2.31.a có thể được mô hình hóa theo mô hình trên như sau:

```
probO := { Obj:PU_HOA_HOC, Ni:NGUYEN_TU, H:NGUYEN_TU }
missing_atom:NGUYEN_TU, n:H_NEUTRON }
probA := { Ni.Z, Ni.A, H.Z, H.A }
probF := { [Obj.pt_phan_ung = `Ni + H = missing_atom + n`], Ni.Z = 28, Ni.A = 61, H.Z = 1, H.A = 1 }
Goal := { missing_atom.name, missing_atom.Z, missing_atom.A }
```

Trong quá trình giải quyết các bài toán thực tiễn, khi tìm kiếm lời giải cho một bài toán mới đôi khi không được xây dựng ngay từ đầu mà thường dựa trên việc nhận diện và khai thác các bài toán tương tự đã được giải trước đó. Theo George Pólya, cách tiếp cận hiệu quả là tìm kiếm các bài toán có liên quan, từ đó điều chỉnh và đề xuất lời giải phù hợp cho bài toán hiện tại [7]. Đồng thời, các kết quả thu được từ những bài toán liên quan cũng có thể được tái sử dụng như một nguồn tri thức để hỗ trợ quá trình suy luận. Những bài toán như vậy được gọi là các bài toán mẫu (sample problems) và đã được nghiên cứu ứng dụng trên mô hình COKB. Phương pháp khai thác bài toán mẫu đã được nghiên cứu

và áp dụng trên mô hình COKB, cho thấy hiệu quả tích cực trong việc cải thiện tốc độ và chất lượng suy luận. Do đó, việc tiếp tục nghiên cứu và tích hợp tư tưởng bài toán mẫu vào mô hình Che-COKB là cần thiết, góp phần nâng cao hiệu quả của hệ thống trong việc giải các lớp bài toán phức tạp.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp kết hợp giữa phân tích cơ sở lý thuyết của các mô hình biểu diễn tri thức dựa trên ontology và các cơ chế suy luận kết hợp với lý thuyết bài toán mẫu. Đồng thời, mô hình được triển khai và đánh giá thông qua việc thực nghiệm trên các nhóm bài toán cụ thể trong miền tri thức về các nguyên tố hóa học.

3.1. Định nghĩa và các tiêu chí chọn bài toán mẫu trên Che-COKB

Định nghĩa 3.1: Cho miền tri thức K bao gồm 5 thành phần (C, H, R, Funcs, Rules) được biểu diễn theo mô hình Che-COKB. Bài toán mẫu SP (Sample Problem) trên K bao gồm 2 thành phần chính được biểu diễn dưới dạng:

$$SP = (H_p, D_p)$$

Trong đó:

$H_p = (\text{probO}, \text{probA}, \text{probF})$ là tập giả thuyết của bài toán mẫu. Bao gồm:

- **probO:** Tập chứa các đối tượng mẫu trong bài toán. Mỗi đối tượng là một thể hiện (instance) của một lớp xác định trong tập C của Che-COKB,
- **probA:** Tập chứa các thuộc tính của các đối tượng mẫu trong bài toán,
- **probF:** Tập chứa các sự kiện mẫu đã biết trong bài toán. Mỗi sự kiện thuộc một trong 15 loại sự kiện được định nghĩa trong Che-COKB;

D_p : Chuỗi bước suy luận mẫu có thể áp dụng trên H_p để sinh ra sự kiện trung gian/đích trong quá trình suy luận.

Tiêu chí xác định Bài toán mẫu (Sample Problem):

Dựa trên các miền tri thức thực tế đã được nghiên cứu khi áp dụng bài toán mẫu trong miền tri thức hóa học về các nguyên tố hóa học, ta có thể xem một bài toán (P) là bài toán mẫu (SP) nếu thỏa mãn hai tiêu chí sau:

- **Tiêu chí thứ nhất (Tần suất xuất hiện):** Bài toán phải có tần suất xuất hiện cao khi tiến hành giải toán trong miền tri thức tương ứng. Cụ thể, trong không gian các bài toán phổ biến của miền tri thức về các nguyên tố hóa học, số lần sử dụng của P phải lớn hơn một ngưỡng xác định ($> \delta$).
- **Tiêu chí thứ hai (Không gian xử lý):** Số lượng đối tượng tham gia trong bài toán P phải nhỏ, không vượt quá một ngưỡng λ , tức là $\text{card}(\text{probO}) \leq \lambda$.
- **Tiêu chí thứ ba (Độ phức tạp):** Số lượng bước giải phải ít và không vượt quá ngưỡng φ , tức là $\text{card}(D_p) \leq \varphi$.

Các tiêu chí này đảm bảo rằng các bài toán mẫu vừa mang tính đại diện cao trong miền tri thức, vừa có cấu trúc đủ đơn giản để thuận tiện cho việc khai thác và tái sử dụng trong quá trình suy luận.

3.2. Định nghĩa mô hình Che-COKB-SP

Định nghĩa 3.2: Mô hình tri thức Che-COKB-SP mở rộng mô hình tri thức Che-COKB kết hợp bài toán mẫu (Định nghĩa 3.1) bao gồm 6 thành phần được biểu diễn dưới dạng:

$$(C, H, R, \text{Funcs}, \text{Rules}, \text{SampleProbs})$$

Trong đó,

- $(C, H, R, \text{Funcs}, \text{Rules})$ là tri thức được biểu diễn theo mô hình Che-COKB;
- SampleProbs là tập hợp các Bài toán mẫu (Sample Problem) trên miền tri thức được biểu diễn theo Che-COKB.

Mô hình đề xuất là một phương pháp hiệu quả trong việc xây dựng và quản lý cơ sở tri thức cho miền tri thức về các nguyên tố hóa học, cho phép biểu diễn các đối tượng, quan hệ và quy luật hóa học một

cách có cấu trúc và hệ thống. Trên nền tảng đó, việc tích hợp khái niệm Bài toán mẫu (Sample Problem) giúp nâng cao đáng kể hiệu quả suy luận của hệ thống. Cụ thể, khi gặp một bài toán mới, hệ thống được xây dựng dựa trên mô hình này không cần thực hiện lại toàn bộ quá trình suy luận từ đầu, mà có thể nhận diện các bài toán mẫu tương tự đã được giải trước đó và tái sử dụng kết quả tương ứng trong quá trình suy luận. Cách tiếp cận này giúp giảm thiểu các bước xử lý trùng lặp, rút ngắn thời gian suy luận và tối ưu hóa tài nguyên tính toán. Nhờ đó, hệ cơ sở tri thức được xây dựng không chỉ mô phỏng sát hơn quá trình tư duy của con người trong giải quyết vấn đề mà còn đặc biệt phù hợp với các bài toán hóa học có quá trình suy luận phức tạp và không gian xử lý trên các đối tượng tính toán lớn.

3.3. Cải tiến các thuật toán sử dụng SP trên Che-COKB-SP

3.3.1. Thuật toán tìm kiếm và lựa chọn bài toán mẫu

Cho bài toán $P = Hypothesis \rightarrow Goal$ trên miền tri thức được biểu diễn bằng mô hình Che-COKB-SP và bài toán mẫu $SP = (Hp, Dp)$ có thể được áp dụng trên P theo các thuật giải sau:

Thuật giải 3.3.1.1: Nếu bài toán P và bài toán mẫu SP thỏa 3 điều kiện sau:

- (i) Tập các đối tượng đã biết trong P bằng với tập đối tượng đã biết trong SP . Ký hiệu $P.probO = SP.probO$
- (ii) Tập các thuộc tính của các đối tượng trong P bằng với tập các thuộc tính của các đối tượng trong SP . Ký hiệu $P.probA = SP.probA$
- (iii) Tập các sự kiện đã biết trong P bằng với tập sự kiện đã biết trong SP . Ký hiệu $P.probF = SP.probF$

Khi đó bài toán mẫu SP có thể áp dụng được trên bài toán P qua thuật giải sau:

```
foreach SP in SampleProbs
    flag ← true
    if not (P.probF = SP.probF) then flag ← false
    else if not (P.probO = SP.probO) then flag ← false
    else if not (P.probA = SP.probA) then flag ← false
    end if
    if flag then return true // SP có thể áp dụng vào P
    else return false // SP không thể áp dụng vào P
```

Thuật giải 3.3.1.2: Nếu bài toán P và bài toán mẫu SP thỏa 3 điều kiện sau:

- (i) Tập các đối tượng đã biết trong SP là tập con của tập đối tượng đã biết trong P . Ký hiệu $P.probO \supset SP.probO$
- (ii) Tập các thuộc tính của các đối tượng trong SP là tập con của tập các thuộc tính của các đối tượng trong P . Ký hiệu $P.probA \supset SP.probA$
- (iii) Tập các sự kiện đã biết trong SP là tập con của tập sự kiện đã biết trong P . Ký hiệu $P.probF \supset SP.probF$

Khi đó bài toán mẫu SP có thể áp dụng được trên bài toán P qua thuật giải sau:

```
foreach SP in SampleProbs;
    flag ← true;
    if not (P.probF ⊃ SP.probF) then flag ← false;
    else if not (P.probO ⊃ SP.probO) then flag ← false ;
    else if not (P.probA ⊃ SP.probA) then flag ← false;
    if flag then return true // SP có thể áp dụng vào P;
    else return false // SP không thể áp dụng vào P;
```

3.3.2. Thuật toán tìm lời giải trên mô hình Che-COKB-SP

Để giải bài toán trên mô hình cơ sở tri thức đã định nghĩa, ta cần xây dựng thuật giải suy luận tổng quát, tuy nhiên mỗi thuật toán cụ thể sẽ có các phương pháp suy luận riêng phù hợp với từng loại bài toán. Ý tưởng chung của các thuật giải có thể được mô tả theo các giai đoạn như sau:

- **Giai đoạn 1:** Ghi nhận mô hình bài toán, bao gồm các đối tượng, thuộc tính của đối tượng, các sự kiện đã biết và các mục tiêu cần đạt được.
- **Giai đoạn 2:** Xác định loại bài toán tương ứng với từng mục tiêu. Đây là bước quan trọng vì miền tri thức và phương pháp suy luận sẽ được lựa chọn dựa trên loại bài toán.
- **Giai đoạn 3:** Tìm kiếm bài toán mẫu có thể áp dụng vào bài toán đang giải quyết (Áp dụng thuật giải 4.3.k với $k=1..2$). Đây là bước cải tiến khi ta tiến hành tìm kiếm và áp dụng bài toán mẫu.
- **Giai đoạn 4:** Giải quyết từng mục tiêu trong tập mục tiêu. Bước này bao gồm việc áp dụng các phương pháp suy luận phù hợp với từng loại bài toán, sử dụng các thuật toán heuristic để lựa chọn luật hoặc phép suy diễn thích hợp nhằm sinh ra các sự kiện mới, đồng thời thực hiện quá trình tìm kiếm các luật liên quan và ghi nhận các tri thức mới (nếu có).
- **Giai đoạn 5:** Rút gọn lời giải bằng cách loại bỏ các bước suy luận dư thừa, đảm bảo lời giải ngắn gọn và hiệu quả.

Chiến lược suy diễn được thiết kế trong quá trình suy luận dựa trên phương pháp suy diễn tiến/lùi kết hợp với một số quy tắc heuristic. Trong quá trình giải toán, việc sử dụng các luật suy diễn và các bước suy luận để tạo ra các sự kiện mới rất quan trọng để có được quá trình suy luận và lời giải phù hợp với suy nghĩ của con người.

Bên cạnh đó, các suy luận dựa trên các luật suy diễn và các quan hệ tính toán bên trong đối tượng Che-Object cũng được tiến hành để tạo ra các sự kiện mới. Sử dụng kết hợp phương pháp suy luận bên trong và bên ngoài đối tượng tính toán góp phần giúp quá trình suy luận uyển chuyển và linh hoạt hơn. Ngoài ra, một số quy tắc suy diễn để phát sinh các sự kiện mới từ các sự kiện đã biết dựa trên heuristic cũng cần thiết khi giải các bài toán trên thực tế. Trong quá trình suy luận, các luật suy diễn được sử dụng nằm trong tập Rules của mô hình Che-COKB. Các luật suy diễn và quan hệ tính toán được sử dụng khi suy diễn bên trong đối tượng nằm trong các Che-Object riêng biệt.

Các dạng suy luận được sử dụng dựa trên quy tắc phát sinh sự kiện mới của các sự kiện thuộc loại (1) đến loại (15) để tạo ra các sự kiện mới. Các sự kiện mới này cũng thuộc mười lăm loại sự kiện trong Che-COKB.

Thuật giải 3.3.2: Tìm kiếm lời giải cho một sự kiện đơn giản:

Step 1:

```

probO := { objects in problem };
probA := { object's attributes in problem };
probF := { known facts in the problem };
sampleProbs := { sample problems in the same knowledge domain } // SampleProbs
goal := a single goal of Goals;
Solution := [];
rules := {};

```

Step 2.1:

```
ApplySampleProblem (probO, probA, probF);
```

Step 2.2:

```
if (goal ∈ probF) then goto Step 10 fi;
```

Step 3:

```
probType := CheckProbType(probO, probA, probF, goal);
```

Step 4:

```

if (probType = 1) then
    Process inferential methods for problem type 1;
elif (probType = 2) then
    Process inferential methods for problem type 2;
...
elif (probType = n) then
    Process inferential methods for problem type n;
fi;

```

Step 5:

```
if (goal ∈ probF) then goto Step 10 fi;
```

```

Step 6:
rules := ApplyAppropriateRules(probO, probA, probF, Solution);
Step 7:
if (rules is empty) then
    rules := ApplyAnyRules(probO, probA, probF, Solution);
fi;
Step 8 & 9:
if (rules is not empty) then
    goto Step 3;
else
    return Solution is not found;
fi;
Step 10:
Solution := RemoveRedundantSolution(Solution).
    
```

Các thuật toán suy luận được sử dụng trong hệ thống bao gồm một số thủ tục (procedures) được định nghĩa sẵn. Để có thể kiểm tra và áp dụng bài toán mẫu trong quá trình suy luận ta cần bổ sung thêm thủ tục sau:

Thủ tục ApplySampleProblem

Input: Bao gồm tập các đối tượng trong bài toán (probO), tập các thuộc tính của đối tượng (probA), tập các sự kiện đã biết (probF) và danh sách bài toán mẫu (sampleProbs).

Mô tả: Thủ tục này sẽ tìm kiếm bài toán mẫu có thể áp dụng vào bài toán đang giải quyết (Áp dụng thuật giải 3.3.1.k với k=1..2). Nếu tìm thấy bài toán mẫu SP có thể áp dụng vào bài toán P thì sẽ cập nhật danh sách lời giải, đồng thời cập nhật các giả thiết liên quan của bài toán.

Ngoài ra, các thủ tục được cài đặt trong quá trình suy luận khác cũng được định nghĩa tương tự như trong Che-COKB.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Để có thể đánh giá một cách khách quan hiệu quả sau khi ứng dụng mô hình CHE-COKB-SP vào thực tế, ta cần biểu diễn cho một miền tri thức cụ thể và các bài toán thử nghiệm được lựa chọn từ các tài liệu tham khảo có chọn lọc [12 - 15], đồng thời kết hợp với tập hợp các bài toán được thu thập từ nhiều nguồn khác nhau. Tập dữ liệu này đảm bảo tính đa dạng về dạng bài và mức độ phức tạp, qua đó cho phép đánh giá toàn diện khả năng biểu diễn tri thức, hiệu quả suy luận cũng như chất lượng lời giải mà mô hình có thể đưa ra khi suy luận.

Bảng 1. Số liệu định lượng sau khi áp dụng bài toán mẫu trên 6 lớp bài toán phổ biến [6, 12, 13]

Problem Type	Number of evaluated problems	Number of solved problems	Number of applied sample problems	Ratio between solved/eval problems	Ratio between applied/solved problems
Problem 1	132	129	78	0.98	0.6
Problem 2	18	17	15	0.94	0.88
Problem 3	105	102	85	0.97	0.83
Problem 4	384	366	334	0.95	0.91
Problem 5	53	49	35	0.94	0.71
Problem 6	111	101	76	0.91	0.75

Ngoài ra, hệ thống giải toán trên server (IPSS - *Intelligent Problem Solving System*) được xây dựng như một nền tảng xử lý trung tâm, đảm nhiệm việc thực hiện các suy luận và giải các bài toán trong miền tri thức về các nguyên tố hóa học. Các hệ thống này cung cấp các API cho phép các ứng dụng phía client truy cập và sử dụng các chức năng giải toán một cách linh hoạt. Ở phía client, các ứng dụng hỗ trợ (IPSC - *Intelligent Problem Solving Client*) có thể được triển khai trên các thiết bị di động hoặc các thiết bị đầu cuối khác, đóng vai trò là giao diện tương tác với người dùng. Thông qua

động khai phá và xây dựng tập bài toán mẫu từ dữ liệu tri thức hoặc từ các nguồn bài tập thực tế, nhằm giảm sự phụ thuộc vào việc xây dựng thủ công và mở rộng quy mô hệ thống. Ngoài ra, việc chuẩn hóa biểu diễn các phương trình phản ứng hóa học và các dạng tri thức liên quan sẽ góp phần nâng cao tính nhất quán và khả năng liên kết giữa các thành phần tri thức. Nghiên cứu cơ chế chuyển đổi giữa ngôn ngữ tự nhiên và ngôn ngữ đặc tả là một hướng quan trọng, giúp tăng khả năng tương tác với người dùng và mở rộng phạm vi ứng dụng của hệ thống trong các môi trường học tập thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N. V. Do, "Ontology COKB for designing knowledge-based systems," in *Proceeding of 13th International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools, and Techniques*, 2014.
- [2] Hien D. Nguyen, Nhon V. Do, Vuong T. Pham, "A method for designing Knowledge-based Systems and Application," in *Applications Computational Intelligence Multi-Disciplinary Research*, Elsevier, pp. 159-185, 2022.
- [3] N. V. Do, "Intelligent Problem Solvers in Education: Design Method and Applications," in *Intelligent Systems*, InTech, 2012.
- [4] Đ. V. Nhon, "Các hệ thống trí tuệ nhân tạo ứng dụng trong giáo dục," *Hong Bang International University Journal of Science*, 2023.
- [5] Diem Nguyen, "Intelligent Problem Solving about Functional Component of COKB Model and Application," in *International Conference on Computational Collective Intelligence Technologies and Applications*, 2014.
- [6] P. Huynh, Nhon V. Do, "A Variation of COKB Model for Solving Problems about Chemical Elements," in *International Conference on Knowledge and Systems Engineering*, 2015.
- [7] Polya G., Conway J. H., "How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method," Princeton University Press, 2014.
- [8] J. F. Sowa and A. K. Majumdar, "Analogical reasoning," in *Proceedings of the International Conference on Conceptual Structures (ICCS 2003)*, B. Ganter, A. de Moor, and W. Lex, Eds., *Lecture Notes in Computer Science (LNAI)*, vol. 2746, Springer, Heidelberg, pp. 16-36, 2003.
- [9] Nhon Do, Thanh T. Mai, "Perfect COKB Model and Reasoning Methods for the design of Intelligent Problem Solvers," in *International Conference on Intelligent Software Methodologies, Tools, and Techniques*, Japan, 2017.
- [10] V. N. Do and H. D. Nguyen, "Reducing model of COKB about operators knowledge and solving problems about operators," in *New Trends in Computational Collective Intelligence*, ser. *Studies in Computational Intelligence*, vol. 572, Springer, pp. 39-49, 2015.
- [11] Nhon V. Do, Hien D. Nguyen, Thanh T. Mai, "Designing an Intelligent Problems Solving System based on Knowledge about Sample Problems," in *Conference on Intelligent Information and Database Systems (ACIIDS)*, KUALA LUMPUR, 2013.
- [12] C. D. Nguyen, *General Chemistry*, Vietnam National University Press, 2014.
- [13] N. Hoang, *Inorganic Chemistry*, Vietnam Education Publishing House, 2004.
- [14] J. Hastings *et al.*, "The ChEBI reference database and ontology for biologically relevant chemistry: Enhancements for 2013," *Nucleic Acids Research*, vol. 41, no. D1, pp. D456-D463, 2013.
- [15] U. Müller, *Inorganic Structural Chemistry*, 2nd ed. John Wiley & Sons, 2006.