

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN

KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN



Lab 02 - Logic

Môn học: Cơ sở trí tuệ nhân tạo

Sinh viên thực hiện:

Tạ Công Hoàng (21120074)

Giảng viên lý thuyết:

Thầy Lê Hoài Bắc

Giảng viên trợ giảng:

Thầy Nguyễn Duy Khánh

Ngày 3 tháng 12 năm 2023

Mục lục

1	Tự đánh giá theo các tiêu chí	2
2	Giải thích cài đặt	2
2.1	Hàm main	2
2.2	Hàm PL_Resolution - giải thuật chính của chương trình	3
2.3	Hàm PLResolve	4
3	Kết quả thử nghiệm	5
4	Nhận xét đánh giá	12
4.1	Ưu điểm của giải thuật trên	12
4.2	Khuyết điểm của giải thuật trên	12
5	Tài liệu tham khảo	12

1 Tự đánh giá theo các tiêu chí

STT	Đặc tả tiêu chí	Điểm	Mức độ hoàn thành
1	Đọc dữ liệu đầu vào và lưu trong cấu trúc dữ liệu phù hợp	0.5	100%
2	Cài đặt giải thuật hợp giải trên logic mệnh đề	1	100%
3	Các bước suy diễn phát sinh đủ mệnh đề và kết luận đúng	2.5	100%
4	Tuân thủ mô tả định dạng của đề bài	0.5	100%
5	Báo cáo test case và đánh giá	0.5	100%

2 Giải thích cài đặt

Các file python có trong chương trình:

- Literal: chứa class *Literal* dùng để thể hiện 1 literal gồm hai attributes là *name* (dùng để lưu tên biến) và cờ *negative* để biểu diễn literal nếu nó âm.
- Clause: chứa class *Clause* này dùng để thể hiện một mệnh đề nó sẽ gồm một mảng các literal.
- KB: chứa class *KB* dùng để biểu diễn một cơ sở tri thức (KB) và nó sẽ gồm một mảng các clause.
- PL_Resolution: chứa các hàm *PL_Resolution* để giải quyết bài toán.
- main: hàm main của chương trình.

2.1 Hàm main

```

1 import os
2 import pathlib
3
4 from source.Clause import Clause
5 from source.KB import KnowledgeBase
6 from source.PL_Resolution import PL_Resolution
7
8 current_dir = pathlib.Path(__file__).parent.resolve()
9 input_dir = current_dir.joinpath('INPUT')
10 output_dir = current_dir.joinpath('OUTPUT')
11
12 input_file_list = os.listdir(input_dir)
13 num_input_file = len(input_file_list)
14
15 for i in range(num_input_file):
16     input_filename = 'input_' + str(i) + '.txt'
17     input_filedir = input_dir.joinpath(input_filename)
18     with open(input_filedir, 'r') as fin:
19         str_alpha = fin.readline()
20         alpha = Clause.convert_str_to_clause(str_alpha)
21

```

```

22     number_clauses = int(fin.readline())
23
24     string_clause_list = fin.readlines()
25     KB = KnowledgeBase.convert_str_list_to_KB(string_clause_list)
26     fin.close()
27
28     clause_list, entails_result = PL_Resolution(KB, alpha)
29
30     output_filename = 'output_' + str(i) + '.txt'
31     output_filedir = output_dir.joinpath(output_filename)
32     with open(output_filedir, 'w') as fout:
33         for clause_of_step in clause_list:
34             fout.write('{}\n'.format(len(clause_of_step)))
35
36             for clause in clause_of_step:
37                 fout.write('{}\n'.format(clause))
38
39         if entails_result:
40             fout.write('YES')
41         else:
42             fout.write('NO')
43     fout.close()

```

Thực hiện các bước sau: Đọc dữ liệu đầu vào → gọi hàm *PL_Resolution* (được trình bày ở phần 2.2) để giải quyết bài toán → ghi các mệnh đề phát sinh trong quá trình hợp giải và kết quả hợp giải vào tập tin đầu ra.

2.2 Hàm PL_Resolution - giải thuật chính của chương trình

```

1 def PL_Resolution(kb, alpha):
2     result = False
3     clauses = set(kb.KB)
4
5     if len(alpha.literal_list) > 1: # alpha is a disjunction
6         for literal in alpha.literal_list:
7             negated_literal = literal.clone()
8             negated_literal.negate()
9             negated_clause = Clause()
10            negated_clause.add_literal(negated_literal)
11            clauses.add(negated_clause)
12    else:
13        # If alpha is not a disjunction, negate it and add to clauses
14        alpha.negate()
15        clauses.add(alpha)
16
17    step_clauses = []
18    while (True):
19        new = set()
20        for (ci, cj) in combinations(sorted(clauses), 2):
21            resolvents, is_empty = Clause.PLResolve(ci, cj)
22            new.update(resolvents)
23            result |= is_empty
24
25    is_child = is_child_of(new, clauses)

```

```

26         different_clause = sorted(new.difference(clauses))
27         step_clauses.append(different_clause)
28
29         clauses.update(new)
30         if is_child:
31             return step_clauses, False
32         elif result:
33             return step_clauses, True

```

Hàm này em tham khảo ở sách *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Third Edition, Chương 7, Hình 7.12, hàm PL-RESOLUTION.

Hàm này gồm hai đối số là kb (knowledge base) và alpha (mệnh đề cần kiểm tra). Hàm này sẽ trả về một tuple, trong đó phần đầu tiên là một danh sách các bước suy luận (các bước thực hiện giải quyết) và phần thứ hai là kết quả cuối cùng (True nếu mệnh đề alpha có thể được suy luận từ kb, và False nếu ngược lại).

Ta thực hiện lần lượt các bước sau:

- Đầu tiên, ta phủ định mệnh đề alpha trước khi đưa vào.
- Sau đó, lặp qua tất cả các cặp mệnh đề trong tập hợp *clauses*. Gọi hàm *PLResolve* (được đề cập ở phần 2.3 để thực hiện quá trình giải quyết PL-Resolution giữa hai mệnh đề c_i và c_j). Kết quả trả về bao gồm tập hợp các resolvents mới và một biến *is_empty* cho biết liệu có mệnh đề trống rỗng hay không.
- Cập nhật tập hợp 'new' với các resolvents mới từ quá trình giải quyết và cập nhật *result* nếu có mệnh đề rỗng xuất hiện.
- Tìm các mệnh đề mới (khác nhau) mà không thuộc tập hợp cũ và thêm danh sách các mệnh đề mới vào danh sách các bước suy luận.
- Nếu tập hợp mới là tập con của tập hợp cũ, nghĩa là không có thêm cách nào để giải quyết, trả về kết quả là danh sách bước suy luận và False. Nếu đã có ít nhất một mệnh đề trống rỗng, trả về kết quả là danh sách bước suy luận và True.

2.3 Hàm PLResolve

```

1 def PLResolve(Ci,Cj):
2
3     isEmpty=False
4     setResolve=set()
5
6     for Li in Ci.literal_list:
7         for Lj in Cj.literal_list:
8             if (Li.isOppositeTo(Lj)):
9                 newClause=Clause.mergeClauses(
10                     Clause.createClauseByExcepting(Ci,Li),
11                     Clause.createClauseByExcepting(Cj,Lj)
12                 )
13                 if (newClause.has2ComplementaryClause()):
14                     continue
15                 if(newClause.isEmpty()):
16                     isEmpty=True

```

```

17         setResolve.add(newClause)
18     return setResolve.isEmpty
    
```

Hàm này là hàm phụ trợ cho hàm $PL_Resolution$ là một phần của thuật toán giải quyết $PL_Resolution$ giữa hai mệnh đề C_i và C_j .

Lần lượt lặp qua tất cả các literal trong mệnh đề C_i và C_j kiểm tra literal L_i có đối với literal L_j không. Nếu có thì hợp nhất hai mệnh đề mới để tạo ra một mệnh đề mới có chứa tất cả các literal của C_i trừ đi L_i và C_j trừ đi L_j . Sau đó, kiểm tra xem mệnh đề mới có chứa hai mệnh đề đối lập không. Nếu có, tiếp tục với cặp literal tiếp theo. Kiểm tra xem mệnh đề mới có trống rỗng không và thiết lập 'isEmpty' thành True nếu có. Thêm mệnh đề mới vào tập hợp các resolvent.

3 Kết quả thử nghiệm

Gồm 10 testcases tự tạo và được lưu trong các tập tin có dạng 'input_x.txt' với x chạy từ 0 đến 9. Có 5 testcases ra kết quả YES và 5 testcases ra kết quả NO. Cụ thể như sau:

input_0.txt	output_0.txt	Ghi chú
$\neg A$	3	
4	$\neg A$	$(\neg A \vee B)$ hợp giải với $(\neg B)$
$\neg A \vee B$	B	$(\neg A \vee B)$ hợp giải với $(\neg(\neg A))$
$B \vee \neg C$	$\neg C$	$(B \vee \neg C)$ hợp giải với $(\neg B)$
$A \vee \neg B \vee C$	4	
$\neg B$	{}	$(\neg B)$ hợp giải với (B)
	$A \vee \neg B$	$(A \vee \neg B \vee C)$ hợp giải với $(\neg C)$
	$A \vee C$	$(A \vee \neg B \vee C)$ hợp giải với (B)
	$\neg B \vee C$	$(A \vee \neg B \vee C)$ hợp giải với $(\neg A)$
	YES	KB entails α vì tồn tại mệnh đề rỗng trong KB

Bảng 1: Testcase 1

input_1.txt	output_1.txt	Ghi chú
D	2	KB KHÔNG entail α vì không phát sinh được mệnh đề mới và không tìm thấy mệnh đề rỗng
4	$\neg F$	
$\neg D \vee E$	$\neg E \vee F$	
$\neg F \vee E$	2	
$D \vee F \vee \neg E$	$D \vee \neg E$	
$\neg E$	$\neg D \vee F$	
	1	
	$D \vee \neg F$	
	0	
	NO	

Bảng 2: Testcase 2

input_2.txt	output_2.txt	Ghi chú
M	5	KB KHÔNG entail α vì không phát sinh được mệnh đề mới và không tìm thấy mệnh đề rỗng
5	P	
$\neg M \vee Q$	$N \vee Q$	
$N \vee \neg P \vee Q$	$M \vee N \vee Q$	
$M \vee P$	0	
$P \vee Q$	NO	
Q		

Bảng 3: Testcase 3

input_3.txt	output_3.txt	Ghi chú
Q	9	
7	P	(O) hợp giải với $(\neg O \vee P)$
O	$\neg V$	$(\neg V \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
$\neg O \vee P$	$O \vee U$	$(O \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
$O \vee V$	$P \vee V$	$(O \vee P)$ hợp giải với $(O \vee V)$
$P \vee \neg U$	$P \vee \neg V$	$(P \vee \neg U)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
$\neg P \vee Q \vee V$	$\neg P \vee V$	$(\neg P \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg(Q))$
$\neg V \vee U$	$\neg O \vee Q \vee V$	$(\neg V \vee U)$ hợp giải với $(\neg O \vee P)$
$\neg U$	$\neg P \vee Q \vee U$	$(\neg P \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	$Q \vee \neg U \vee V$	$(P \vee \neg U)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	18	
	$\neg P$	$(P \vee V)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$
	V	$(P \vee V)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$
	$O \vee P$	$(O \vee V)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$
	$\neg O \vee Q$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V)$
	$\neg O \vee V$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	$P \vee U$	$(P \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	$\neg P \vee Q$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
	$\neg P \vee U$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	$Q \vee U$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với P
	$Q \vee \neg U$	$(Q \vee \neg U \vee V)$ hợp giải với $(\neg V)$
	$Q \vee V$	$(\neg P \vee Q \vee V)$ hợp giải với (P)
	$\neg U \vee V$	$(Q \vee \neg U \vee V)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	$O \vee Q \vee V$	$(Q \vee \neg U \vee V)$ hợp giải với $(O \vee R \vee U)$
	$\neg O \vee P \vee Q$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$
	$\neg O \vee Q \vee U$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	$P \vee Q \vee \neg U$	$(Q \vee \neg U \vee V)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$
	$Q \vee U \vee V$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(P \vee V)$
	$Q \vee U \vee \neg V$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$
	14	
	$\{\}$	(V) hợp giải với $(\neg V)$
	$\neg O$	$(\neg O \vee Q)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	Q	$(Q \vee \neg U)$ hợp giải với $(Q \vee U)$
	U	$(\neg P \vee U)$ hợp giải với $(P \vee U)$
	$O \vee Q$	$(O \vee P)$ hợp giải với $(\neg P \vee Q)$
	$\neg O \vee U$	$(\neg O \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	$P \vee Q$	$(P \vee U)$ hợp giải với $(Q \vee \neg U)$
	$Q \vee \neg V$	$(\neg P \vee Q)$ hợp giải với $(P \vee \neg V)$

	$P \vee Q \vee \neg V$	$(Q \vee U \vee \neg V)$ hợp giải với $(P \vee Q \vee \neg U)$
	YES	KB entails α vì tồn tại mệnh đề rỗng trong KB

Bảng 4: Testcase 4

input_4.txt	output_4.txt	Ghi chú
Q	3	KB KHÔNG entail α vì không phát sinh được mệnh đề mới và không tìm thấy mệnh đề rỗng
5	$\neg P$	
O	$\neg V$	
$\neg O \vee \neg P$	$\neg P \vee \neg V$	
$\neg P \vee Q \vee \neg V$	0	
$\neg V \vee U$	NO	
$\neg U$		

Bảng 5: Testcase 5

input_5.txt	output_5.txt	Ghi chú
Q	4	KB KHÔNG entail α vì không phát sinh được mệnh đề mới và không tìm thấy mệnh đề rỗng
5	P	
O	$\neg P \vee V$	
$\neg O \vee P$	$\neg O \vee Q \vee V$	
$\neg P \vee Q \vee V$	$\neg P \vee Q \vee U$	
$\neg V \vee U$	6	
U	V	
	$\neg O \vee V$	
	$\neg P \vee U$	
	$Q \vee U$	
	$Q \vee V$	
	$\neg O \vee Q \vee U$	
	1	
	$\neg O \vee U$	
	0	
	NO	

Bảng 6: Testcase 6

input_6.txt	output_6.txt	Ghi chú
$\neg A$	3	
4	$\neg A$	$(\neg A \vee B)$ hợp giải với $(\neg B)$
$\neg A \vee B$	B	$(\neg A \vee B)$ hợp giải với $(\neg(\neg A))$
$B \vee \neg C$	$\neg C$	$(B \vee \neg C)$ hợp giải với $(\neg B)$
$A \vee \neg B \vee C \vee D$	4	
$\neg B$	{}	$(\neg B)$ hợp giải với (B)
	$A \vee \neg B \vee D$	$(A \vee \neg B \vee C \vee D)$ hợp giải với $(\neg C)$
	$A \vee C \vee D$	$(A \vee \neg B \vee C \vee D)$ hợp giải với (B)
	$\neg B \vee C \vee D$	$(A \vee \neg B \vee C \vee D)$ hợp giải với $(\neg A)$
	YES	KB entails α vì tồn tại mệnh đề rỗng trong KB

Bảng 7: Testcase 7

input_7.txt	output_7.txt	Ghi chú
T	7	
6	$\neg O$	$(\neg O \vee T)$ hợp giải với $(\neg T)$
O	T	$(\neg O \vee T)$ hợp giải với (O)
$O \vee \neg U$	$\neg V$	$(\neg V \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
$\neg O \vee T$	$O \vee \neg V$	$(O \vee \neg U)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
$\neg T \vee Q \vee V$	$T \vee \neg U$	$(\neg O \vee T)$ hợp giải với $(O \vee \neg U)$
$\neg V \vee U$	$\neg O \vee Q \vee V$	$(\neg T \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg O \vee T)$
$\neg U$	$Q \vee \neg T \vee U$	$(\neg T \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	9	
	$\{\}$	O hợp giải với $\neg O$
	$\neg O \vee Q$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V)$
	$Q \vee \neg T$	$(Q \vee \neg T \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
	$Q \vee U$	$(Q \vee \neg T \vee U)$ hợp giải với (T)
	$Q \vee V$	$(\neg T \vee Q \vee V)$ hợp giải với (T)
	$T \vee \neg V$	$(T \vee \neg U)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	$O \vee Q \vee \neg T$	$(Q \vee \neg T \vee U)$ hợp giải với $(O \vee \neg U)$
	$\neg O \vee Q \vee U$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	$Q \vee \neg U \vee V$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(O \vee \neg U)$
	YES	KB entails α vì tồn tại mệnh đề rỗng trong KB

Bảng 8: Testcase 8

input_8.txt	output_8.txt	Ghi chú
Q	5	
5	P	$(\neg O \vee P)$ hợp giải với (O)
O	$\neg V$	$(\neg V \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
$\neg O \vee P$	$\neg P \vee V$	$(\neg P \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg Q)$
$\neg P \vee Q \vee V$	$\neg O \vee Q \vee V$	$(\neg P \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg O \vee P)$
$\neg V \vee U$	$\neg P \vee Q \vee U$	$(\neg P \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
$\neg U$	9	
	$\neg P$	$(\neg P \vee V)$ hợp giải với $(\neg V)$
	V	$(\neg P \vee V)$ hợp giải với (P)
	$\neg O \vee Q$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V)$
	$\neg O \vee V$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	$\neg P \vee Q$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
	$\neg P \vee U$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	$Q \vee U$	$(\neg P \vee Q \vee U)$ hợp giải với (P)
	$Q \vee V$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với (O)
	$\neg O \vee Q \vee U$	$(\neg O \vee Q \vee V)$ hợp giải với $(\neg V \vee U)$
	5	
	$\{\}$	$(\neg P)$ hợp giải với (P)
	$\neg O$	$(\neg O \vee Q)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	Q	$(Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg U)$
	U	$(\neg PORU)$ hợp giải với (P)
	$\neg O \vee U$	$(\neg O \vee Q \vee U)$ hợp giải với $(\neg Q)$
	YES	KB entails α vì tồn tại mệnh đề rỗng trong KB

Bảng 9: Testcase 9

input_9.txt	output_9.txt	Ghi chú
X	7	KB KHÔNG entail α vì không phát sinh được mệnh đề mới và không tìm thấy mệnh đề rỗng
7	$\neg T$	
Y	Z	
$\neg Y \vee Z$	$T \vee \neg V$	
$\neg Y \vee T \vee \neg V$	$U \vee Z$	
$Y \vee U$	$T \vee U \vee \neg V$	
$Z \vee V$	$T \vee \neg Y \vee Z$	
$\neg T \vee U$	$U \vee \neg V \vee \neg Y$	
$\neg U$	6	
X	$\neg V$	
	$T \vee Z$	
	$U \vee \neg V$	
	$\neg V \vee \neg Y$	
	$T \vee U \vee Z$	
	$U \vee \neg Y \vee Z$	
	0	
	NO	

Bảng 10: Testcase 10

4 Nhận xét đánh giá

4.1 Ưu điểm của giải thuật trên

- Vì tập resolution closure là hữu hạn nên thuật luôn kết thúc và trả về kết quả.
- Nếu tập hợp mệnh đề không thỏa mãn thì kết thúc phân giải các mệnh đề đó chứa mệnh đề trống.

4.2 Khuyết điểm của giải thuật trên

Mệnh đề clauses sử dụng trong giải thuật phải được viết dưới dạng CNF. Và trong quá trình thực hiện sẽ tạo ra thêm nhiều mệnh đề mới có thể không liên quan đến mệnh đề cần phủ định alpha.

5 Tài liệu tham khảo

- [1] [Template báo cáo trên Overleaf](#)
- [2] S. Russell and P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall, 3 ed., 2010.
- [3] GS.TS Lê Hoài Bắc. Tài liệu bài giảng môn Cơ sở Trí tuệ nhân tạo, Trường ĐH KHTN, ĐHQG-HCM, 2023.