**LỜI CAM ĐOAN**

Chúng tôi xin cam đoan rằng ngoại trừ các kết quả tham khảo từ các công trình khác như đã ghi trong luận văn, các kết quả trình bày trong luận văn này là do chính chúng tôi thực hiện và chưa có phần nội dung nào trong luận văn này được nộp để lấy bằng cấp ở bất cứ trường nào.

Nguyễn Ngọc Phước – Nguyễn Duy Nhất.

**LỜI CẢM ƠN**

Chúng tôi xin gửi lời cám ơn đến thầy Th.S. Nguyễn Thanh Sơn đã nhiệt tình hướng dẫn chúng tôi trong quá trình thực hiện luận văn. Thầy đã gợi ý, giúp đỡ cũng như bù đắp những chỗ kiến thức còn thiếu hụt của chúng tôi, tạo cho chúng tôi một tác phong làm việc rất chuyên nghiệp.

Chúng tôi xin gửi lời cảm ơn tới cha mẹ, những người sinh thành và dưỡng dục chúng tôi, những người luôn ủng hộ chúng tôi cả về vật chất lẫn tinh thần, giúp chúng tôi vượt qua những khó khăn trong suốt thời gian qua.

Chúng tôi cũng gửi lời cám ơn tới những người anh, người chị khoá trước, cùng những người bạn thân thiết đã luôn bên chúng tôi động viên, giúp đỡ chúng tôi rất nhiều trong suốt quá trình từ Thực tập đến lúc hoàn thành bản luận văn tốt nghiệp.

**TÓM TẮT LUẬN VĂN**

Chủ để của luận văn là: “ Chứng minh tự động logic vị từ bằng phương pháp suy luận tự nhiên”.

Logic học là khoa học xuất hiện rất sớm trong lịch sử. Nó xuất hiện vào thế kỷ IV trước công nguyên, khi sự phát triển của khoa học nói riêng và tư duy nói chung đã đòi hỏi phải trả lời câu hỏi: làm thế nào để đảm bảo suy ra được kết luận đúng đắn, chân thực từ các tiền đề chân thực?

Từ “Logic” có nguồn gốc từ Hy Lạp “Logos”, có rất nhiều nghĩa, trong đó hai nghĩa ngày nay được dùng nhiều nhất như sau. Thứ nhất, nó được dùng để chỉ tính quy luật của sự tồn tại và phát triển của thế giới khách quan. Thứ hai, từ “logic” dùng để chỉ những quy luật đặc thù của tư duy. Khi ta nói “Logic của sự vật là như vậy”, ta đã sử dụng nghĩa thứ nhất. Còn khi nói “Anh ấy suy luận hợp logic lắm”, ta dùng nghĩa thứ hai của từ logic.

Theo quan điểm phổ biến nhất hiện nay thì logic học là khoa học về các hình thức, các quy luật của tư duy. Nhưng khác với các khoa học khác cũng nghiên cứu về tư duy tâm lý học, sinh lý học thần kinh…, logic học nghiên cứu các hình thức và quy luật của tư duy để đảm bảo suy ra các kết luận chân thực từ các tiền đề, kiến thức đã có, và đưa ra các phương pháp để có được các suy luận đúng đắn. Để hiểu cặn kẽ hơn về đối tượng của logic học, ta phải tìm hiểu các đặc điểm của giai đoạn nhận thức lý tính và trả lời cho câu hỏi thế nào là hình thức và quy luật của tư duy.

Luận lý tóan học hay luận lý là một lý thuyết phân tích những kỹ thuật của lý luận trong đời thường. Lý thuyết hướng tới việc hệ thống hóa và mã hóa các nguyên tắc của lý luận, từ đó rút ra được các qui luật của ngôn ngữ.

Luận lý tóan học được hình thành từ việc nghiên cứu cách sử dụng ngôn ngữ tự nhiên trong lý luận. Tuy nhiên, hệ thống này không hàm chứa ý nghĩa của thực tế, nên còn được gọi là có tính hình thức

Luận lý tóan học từ lâu đã được nghiên cứu và có nhiều công trình. Thêm vào đó, luận lý tóan học lại có rất nhiều ngành, nhưng có hai dạng cổ điển, phổ biến là luận lý mệnh đề và luận lý vị từ.

Sự phát minh logic vị từ là một cuộc cách mạng lớn trong ngành triết học. Logic vị từ đủ mạnh để có thể diễn tả hết mọi lập luận của ngôn ngữ tự nhiên (đặc biệt thông dụng là logic vị từ bậc nhất). Lợi ích của logic vị từ là chúng ta có thể dễ dàng chứng minh một lập luận tự nhiên là đúng hay sai bằng cách đưa những lập luận ấy về dạng logic vị từ và chứng minh kết luận có đúng hay không nhờ vào những định lý, tiên đề của logic vị từ.

Có nhiều phương pháp để chứng minh một mệnh đề logic vị từ. Trong đó nổi bật là phương pháp *suy luận tự nhiên*. Phương pháp này có đặc điểm là lập luận từ hệ tiên đề đã cho đi đến kết quả của bài toán dựa vào những hệ quả, định lý đã được cho sẵn của logic vị từ. Do đó, phương pháp này sẽ dẵn dắt quá trình chứng minh một cách logic, dễ hiểu.

Hệ thống chứng minh tự động logic vị từ bằng phương pháp suy luận tự nhiên là một hệ thống có khả năng chứng minh các công thức lập luận logic vị từ là đúng hay sai một cách tự động. Việc nghĩ ra những thuật tóan thông minh và viết chương trình dựa trên nó có thể giúp chúng ta tổng hợp được các kiến thức đã học ở giảng đường, kĩ năng lập trình, tăng khả năng suy nghĩ thông minh, tạo điều kiện thuận lợi khi rời khỏi ghế nhà trường bước chân vào cuộc sống. Ở đây, đề tài luận văn được thực hiện trong một giai đoạn, do đó chúng tôi tập trung hiện thực để giải quyết vấn đề.

**MỤC LỤC**

**CHƯƠNG I**

**GIỚI THIỆU VỀ ĐỀ TÀI**

1. **Giới thiệu về logic**
   * 1. **Logic**

**Logic** hay **luận lý học**, từ tiếng Hy Lạp cổ điển λόγος (logos), nghĩa nguyên thủy là *từ ngữ*, hoặc *điều đã được nói*, (nhưng trong nhiều ngôn ngữ châu Âu đã trở thành có ý nghĩa là *suy nghĩ* hoặc *lập luận* hay *lý trí*). *Logic* thường được nhắc đến như là một ngành nghiên cứu về tiêu chí đánh giá các luận cứ, mặc dù định nghĩa chính xác của logic vẫn là vấn đề còn đang được bàn cãi giữa các triết gia. Tuy nhiên khi môn học được xác định, nhiệm vụ của nhà logic học vẫn như cũ: làm đẩy mạnh tiến bộ của việc phân tích các suy luận có hiệu lực và suy luận ngụy biện để người ta có thể phân biệt được luận cứ nào là hợp lý và luận cứ nào có chỗ không hợp lý.

Theo truyền thống, logic được nghiên cứu như là một nhánh của triết học. Kể từ giữa thế kỉ 19 logic đã thường được nghiên cứu trong toán học và luật. Gần đây nhất logic được áp dụng vào khoa học máy tính và trí tuệ nhân tạo. Là một ngành khoa học hình thức, logic nghiên cứu và phân loại cấu trúc của các khẳng định và các lý lẽ, cả hai đều thông qua việc nghiên cứu các hệ thống hình thức của việc suy luận và qua sự nghiên cứu lý lẽ trong ngôn ngữ tự nhiên. Tầm bao quát của logic do vậy là rất rộng, đi từ các đề tài cốt lõi như là nghiên cứu các lý lẽ ngụy biện và nghịch lý, đến những phân tích chuyên gia về lập luận, chẳng hạn lập luận có xác suất đúng và các lý lẽ có liên quan đến quan hệ nhân quả. Ngày nay, logic còn được sử dụng phổ biến trong lý thuyết lý luận.

Qua suốt quá trình lịch sử, đã có nhiều sự quan tâm trong việc phân biệt lập luận tốt và lập luận không tốt, và do đó logic đã được nghiên cứu trong một số dạng ít nhiều là quen thuộc đối với chúng ta. Logic Aristotle chủ yếu quan tâm đến việc dạy lý luận thế nào cho tốt, và ngày nay vẫn được dạy với mục đích đó, trong khi trong logic toán học và triết học phân tích (*analytical philosophy*) người ta nhấn mạnh vào logic như là một đối tượng nghiên cứu riêng, và do vậy logic được nghiên cứu ở một mức độ trừu tượng hơn.

Các quan tâm về các loại logic khác nhau giải thích rằng logic không phải là được nghiên cứu trong chân không. Trong khi logic thường có vẻ tự cung cấp sự thúc đẩy chính nó, môn học này phát triển tốt nhất khi lý do mà chúng ta quan tâm đến logic được đặt ra một cách rõ ràng.

* + 1. **Logic vị từ**

Môn Logic như được nghiên cứu ngày nay rất khác với môn học đã được nghiên cứu trước đây, và sự khác biệt chính là sự phát minh của **logic vị từ**. Trong khi logic tam đoạn luận của Aristote định ra những dạng thức cho những phần có liên quan với nhau trong mỗi phán đoán, logic vị từ cho phép các câu được phân tích thành chủ đề và các luận cứ theo nhiều cách khác nhau, do vậy cho phép logic vị từ giải quyết được vấn đề tổng quát hóa nhiều lần - vấn đề đã làm bối rối các nhà logic học thời trung cổ. Với logic vị từ, lần đầu tiên, các nhà logic học đã có khả năng đưa ra các phép lượng hóa (*quantifiers*) đủ tổng quát để diễn tả mọi luận cứ có mặt trong ngôn ngữ tự nhiên.

Sự khám phá ra logic vị từ thường được coi là công của Gottlob Frege, người cũng được xem là một trong những sáng lập viên của ngành triết học phân tích, nhưng dạng phát biểu có hệ thống thông dụng nhất ngày nay của logic vị từ là logic bậc nhất (*first-order logic*) được trình bày trong cuốn sách Các nguyên lý về logic lý thuyết (*Grundzüge der theoretischen Logik*) của David Hilbert và Wilhelm Ackermann vào năm 1928. Tính tổng quát có tính phân tích của logic vị từ cho phép hình thức hóa toán học và đẩy mạnh nghiên cứu về lý thuyết tập hợp, cho phép sự phát triển của cách tiếp cận của Alfred Tarski đối với lý thuyết mô hình; và không quá lời khi nói rằng nó là nền tảng của logic toán học hiện đại.

Hệ thống nguyên thủy của Frege về logic vị từ không phải là bậc nhất mà là bậc hai. Logic bậc hai được bảo vệ mạnh mẽ nhất bởi George Boolos và Stewart Shapiro (trước các phê phán của Willard Van Orman Quine và những người khác).

1. **Giới thiệu về suy luận tự nhiên**

Trong triết học logic, *suy luận tự nhiên* là một cách tiếp cận lý thuyết chứng minh. Suy luận tự nhiên cố gắng cung cấp một hệ thống luận lý là mô hình hình thức của logic luận lý làm cho những lý luận này diễn ra theo một cách *tự nhiên.* Phương pháp này đối nghịch với phương pháp chứng minh phản chứng.

Suy luận tự nhiên được sử dụng để thử để chứng minh rằng một số lý luận là chính xác.

**CHƯƠNG II**

**PHÂN TÍCH VÀ THIẾT KẾ HỆ THỐNG**

1. **Phân tích Input và Ouput**
   1. **Input**

Như chúng ta đã biết, logic vị từ là một ngôn ngữ hình thức. Do đó, những câu trong ngôn ngữ tự nhiên sẽ được biểu diễn thành một câu trong ngôn ngữ logic với một hình thức khác. Có những kí hiệu đặc biệt trong ngôn ngữ logic. Cụ thể là các toán tử kết nối như: ∧ , ∨ , ¬ , → , … Chính vì vậy ta phải thiết kế một bộ kí tự tương đương với những kí tự đặc biệt này.

Bộ kí tự tương đương như sau:

|  |  |
| --- | --- |
| Kí tự đặc biệt trong logic (unicode) | Kí tự thay thế (ascii) |
| ∧ | & |
| ∨ | | |
| ¬ | ! |
| → | -> |
| ├─ | |- |
| ∀ | \- |
| ∃ | -] |
| ⊥ | \_|\_ |

Input sẽ là một chuỗi (string) gồm nhiều công thức logic vị từ. Các công thức này được ngăn cách nhau bởi dấu phẩy “,” . Tiếp theo sau đó là một toán tử kết nối kết luận (├─) và cuối cùng sẽ là một công thức logic (đây là công thức kết luận của bài toán).

* 1. **Ouput**

Đối với yêu cầu của đề tài, Ouput của chương trình là tuần tự các bước giải từ các giả thiết đã cho đến kết luận của bài toán

1. **Phân tích thuật giải**

**CHƯƠNG III**

**HIỆN THỰC HỆ THỐNG**

1. **Input**
   1. **BNF Logic vị từ**

Sentence → AtomicSentence | Sentence Connective Sentence

| Quantifier Variable, ... Sentence | ¬ Sentence | (Sentence)

AtomicSentence → Predicate(Term, …) | Term = Term

Term → Function(Term, …) | Constant | Variable

Connective → ∧ | ∨ | 🡪

Quantifier → ∀ | ∃

Constant → A, B, C, X1 , X2, Jim, Jack

Variable → a, b, c, x1 , x2, counter, position

Predicate → Adjacent-To, Younger-Than,

Function → Father-Of, Square-Position, Sqrt, Cosine

* 1. **Input của hệ thống**

Input của chương trình là một đề toán logic vị từ gồm có 2 phần: CONDITION và GOAL. Theo cấu trúc:

CONDITION |- GOAL

* CONDITION: gồm một hoặc nhiều công thức logic vị từ theo cấu trúc của một BNF đã cho ở phần 1. Các công thức này được ngăn cách nhau bởi dấu phẩy ‘,’ .
* GOAL: gồm một công thức logic vị từ cũng theo cấu trúc BNF trên.

1. **SCANNER**

Nhận dạng chuỗi nhập và chuyển chuỗi nhập thành dạng Token, đồng thời cho biết vị trí của Token đó. Các Token và các lexeme tương ứng được qui ước như sau:

LGC\_VAR = ‘x’, ‘y’, ‘z’, …(chuỗi bắt đầu bằng kí tự viết thường)

LGC\_INTERSECTION\_OP = ‘and’, ‘AND’, ‘∧’

LGC\_UNION\_OP = ‘or’, ‘OR’, ‘∨’

LGC\_NEGATION\_OP = ‘not’, ‘NOT’, ‘!’, ‘~’

LGC\_MAPPING\_OP = ‘map’, ‘MAP’, ‘=>’, ‘→’

LGC\_EQUIVALENT\_OP = ‘<=>’ , ‘<->’

LGC\_LEFTPAR = ‘ (‘

LGC\_RIGHTPAR = ‘)’

LGC\_BOOLEANLITERAL = ‘true’, ‘false’, ‘TRUE’, ‘FALSE’

LGC\_CONTRADITION\_OP = ‘<>’

LGC\_ALL\_OP = ‘V-‘ , ‘all’ , ‘ALL’

LGC\_EXIST\_OP = ‘ -]’ , ‘exists’ , ‘EXISTS’

LGC\_RESULT\_OP = ‘=|’ , ‘|-‘

LGC\_COMMA = ‘,’

LGC\_CON = ‘P’, ‘Q’, …( chuỗi bắt đầu bằng kí tự viết hoa)

LGC\_NIL = 15,

LGC\_ERROR = others

Ví dụ: Chuỗi nhập là:

p(t) , all x p(x)→ q(x) |- q(t)

Các Token tương ứng là:

Token.LGC\_VAR Lexeme: p CharStart:2 CharFinish:2

Token.LGC\_LEFTPAR Lexeme: ( CharStart:3 CharFinish:3

Token.LGC\_VAR Lexeme: t CharStart:4 CharFinish:4

Token.LGC\_RIGHTPAR Lexeme: ) CharStart:5 CharFinish:5

Token.COMMA Lexeme: , CharStart:7 CharFinish:7

Token.LGC\_ALL\_OP Lexeme: all CharStart:9 CharFinish:11

Token.LGC\_VAR Lexeme: x CharStart:13 CharFinish:13

Token.LGC\_VAR Lexeme: p CharStart:15 CharFinish:15

Token.LGC\_LEFTPAR Lexeme: ( CharStart:16 CharFinish:16

Token.LGC\_VAR Lexeme: x CharStart:17 CharFinish:17

Token.LGC\_RIGHTPAR Lexeme: ) CharStart:18 CharFinish:18

Token.LGC\_MAPPING\_OP Lexeme: -> CharStart:20 CharFinish:21

Token.LGC\_VAR Lexeme: q CharStart:23 CharFinish:23

Token.LGC\_LEFTPAR Lexeme: ( CharStart:24 CharFinish:24

Token.LGC\_VAR Lexeme: x CharStart:25 CharFinish:25

Token.LGC\_RIGHTPAR Lexeme: ) CharStart:26 CharFinish:26

Token.LGC\_RESULT\_OP Lexeme: |- CharStart:28 CharFinish:29

Token.LGC\_VAR Lexeme: q CharStart:31 CharFinish:31

Token.LGC\_LEFTPAR Lexeme: ( CharStart:32 CharFinish:32

Token.LGC\_VAR Lexeme: t CharStart:33 CharFinish:33

Token.LGC\_RIGHTPAR Lexeme: ) CharStart:34 CharFinish:34

Token.LGC\_NIL Lexeme: $ CharStart:35 CharFinish:35

1. **SCANNER**

* Nhận kết quả từ bộ SCANNER
* Kiểm tra cú pháp chuỗi nhập có đúng với văn phạm của logic vị từ hay không
  + Nếu đúng cú pháp thì sẽ đưa vào bảng cấu trúc dữ liệu (bảng TERMVECTOR)
  + Nếu sai thì sẽ ngừng chương trình, đồng thời báo lỗi sai và vị trí sai đầu tiên để người dùng có thể dễ dàng sửa chữa.

Các qui ước như sau

* CONDITION
  + Các tiên đề ngăn cách nhau bởi dấu phẩy và được gọi là 1 câu (sentence).
  + Một câu sẽ có cú pháp theo cấu trúc văn phạm BNF logic vị từ đã nêu ở trên.
* GOAL
  + Là một câu.

Ví dụ 1: Chuỗi nhập là:

p(t) , all x p(x)→ q(x) |- q(t)

Kết quả:

Sẽ gồm 3 câu như sau:

BeginSentence

p(t)

EndSentence

BeginSentence

all x p(x)→ q(x)

EndSentence

BeginSentence

q(t)

EndSentence

Có nghĩa là 3 câu trên sẽ được đưa vào cấu trúc dữ liệu

Ví dụ 2: Chuỗi nhập là:

p(t) , all x p(x **→** q(x) |- q(t) // (thiếu dấu đóng ngoặc tại biến x)

Kết quả:

Unexpected Token.LGC\_MAPPING\_OP Lexeme: **→** CharStart:19 CharFinish:20

Chương trình sẽ báo lỗi sai tại Token. LGC\_MAPPING\_OP tức là dấu : → (vì thiếu đóng ngoặc)

1. **CONVERTER**

* Chuyển các toán tử logic thành dạng hàm

Qui ước:

* + A ∨ B thành or(A,B)
  + A∧ B thành and(A,B)
  + A→B thành map(A,B)
  + ¬ A thành not(A)
* Độ ưu tiên của các toán tử
  + Theo tứ tự: ( ) ¬ ∧ ∨ 🡪

Ví dụ:

A → ¬B ∧ (¬C ∨ D) thành map ( A, and( not(B), or( not(C),D)))

1. **TERM VECTOR**

4.1 – Mô hình **Warren Abstract Machine**

4.1.1 – Lịch sử

* Vào năm 1983, David H. D. Warren đã thiết kế ra mô hình abstract machine để thực thi chương trình Prolog gồm:

+ Kiến trúc bộ nhớ

+ Tập lệnh

* Bản thiết kế này được biết đến với tên là **Warren Abstract Machine (WMA)** và đã trở thành một chuẩn trong chương trình dịch của Prolog trong thực tế.

4.1.2 – Kiến trúc bộ nhớ trong mô hình **Warren Abstract Machine**

- Dùng cấu trúc dữ liệu HEAP, là một array các data cell. Địa chỉ của cell chính là chỉ số index trong array.

- Chỉ có 2 loại dữ liệu được lưu trong data cell. Đó là variable và function

1. **INFERENCE**
   1. – Tập luật

* Trong suy luận tự nhiên logic vị từ, tập luật được chia thành 2 loại
* Elimination rules : gồm những luật dùng để phân rã một biểu thức thành nhiều biểu thức con
  + - A ∧ B ├─ A (e ∧ 1)
    - A ∧ B ├─ B (e ∧ 2)
* Introduction rules : gồm những luật dùng để sinh ra một biểu thức mới từ những biểu thức đang có
  + - A , A→ B ├─ B ( i→)

5.2 – Giải thuật chính

* 5.2.1 - Elimination
  + Tìm 1 công thức hoặc 1 cặp công thức mà có thể áp dụng luật elimination
  + Áp luật elimination theo độ ưu tiên : ∧ ∨ → ¬ ∀ ∃
  + Một vài tiên đề cần phải dùng kĩ thuật riêng để giải (sẽ được nói rõ hơn trong phần sau
  + Cập nhật lại list\_proof
* 5.2.2 – Introduction
  + Gọi ∑ = {P0,…,Pn} : tập hợp các công thức trong CONDITION   
     Ω : tập hợp các công thức trong GOAL
  + Nếu Gn không phải là ⊥ và đồng thời thuộc các dạng bên dưới thì ta có phép biến đổi tương đương sau:
  + ∑ ⊢ Ω ,F = ∑ , ¬F ⊢Ω ,F, ⊥
  + ∑ ⊢ Ω , ¬F = ∑ , F ⊢ Ω , ¬F, ⊥
  + ∑ ⊢ Ω , A ∧ B = ∑ ⊢ Ω , A ∧ B, A, B
  + ∑ ⊢ Ω , A ∨ B = ∑ ⊢ Ω , A ∨ B, A (failed 5)
  + ∑ ⊢ Ω , A ∨ B = ∑ ⊢ Ω , A ∨ B, B (failed 6)
  + ∑ ⊢ Ω , A ∨ B = ∑ , ¬ (A ∨ B) ⊢ Ω , A ∨ B, ⊥
  + ∑ ⊢ Ω , A →B = ∑ ,A ⊢ Ω , A→B, B
  + ∑ ⊢ Ω , ∀x A(x) = ∑ ⊢ Ω , ∀ x A(x) , A( xo/x) (any xo)
  + ∑ ⊢ Ω , ∃x A(x) = ∑ ⊢ Ω , ∃x A(x) , A( xo/x) (relative xo)
* 5.2.3 – Contradition deduction
  + Khi không thể áp dụng luật elimination và goal hiện tại đang là ⊥ (nghĩa là cũng không thể áp dụng luật introduction) thì procedure này sẽ được gọi với sự tương đương sau:
  1. ∑ ,¬F ⊢ Ω , ⊥ = ∑ ,¬F ⊢ Ω, ⊥, F
  2. ∑ ,A ∨ B ⊢ Ω , ⊥ = ∑ ,A ∨ B ⊢ Ω, ⊥, ¬ A
  3. ∑ ,A → B ⊢ Ω , ⊥ = ∑ ,A → B ⊢ Ω, ⊥, A
* 5.2.4 – Matching
  + Nếu goal là 1 term:
    - Unification ( A, A)
  + Nếu goal là 1 mâu thuẫn (contradition):
    - Unification ( A, ¬ A)
* 5.2.5 – Rule Apply
  + Áp luật R cho phân giải Gn-1 từ Gn
  + Cập nhật Goal\_list và Proof\_list
  + Xóa goal Gn
  + Xóa tất cả các giả thiết.

**CHƯƠNG IV**

**ĐÁNH GIÁ VÀ KẾT LUẬN**

**PHỤ LỤC**

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**