

# Исследование схем правдоподобных рассуждений в системах искусственного интеллекта

Луценко Юрий Юрьевич

МГУ им. М.В.Ломоносова, факультет ВМиК, группа м114

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Соловьев С.Ю.

2016 г.

Задачей данной работы является исследование изоморфных преобразований схемы правдоподобных рассуждений Шортлиффа, используемой в системе MYCIN, и составление их перечня, так называемой “энциклопедии трансформации схемы Шортлиффа”.

# Схема Шортлиффа (MYCIN)

- Вычисляет, используя продукционные правила, суждения о гипотезах на основании суждений о фактах
- Поддерживает “интеллектуальный” диалог экспертной системы с пользователем с целью получения оценочных суждений о фактах
- Существенно использует модель вычисления так называемых коэффициентов уверенности
  - Коэффициенты уверенности правил - числа из полуинтервала  $(0, 1]$
  - Коэффициенты уверенности фактов и гипотез - числа из отрезка  $[-1, 1]$
  - Важно выделить особые точки  $\{-1, -0.2, 0, 0.2, 1\}$

# Продукционные правила

Используются правила вида

*if* Антецедент *then* Гипотеза *with* CF

- Антецедент - формула, построенная из фактов и гипотез с помощью операций конъюнкции, дизъюнкции и отрицания
- Гипотеза - одна из гипотез продукционной системы
- CF - коэффициент уверенности правила

# Операции над коэффициентами уверенности

В схеме Шортлиффа используется следующий фиксированный набор операций над коэффициентами уверенности:

- (i)  $\min(a, b)$  (Конъюнкция)
- (ii)  $\max(a, b)$  (Дизъюнкция)
- (iii)  $\text{not}(a) = -a$  (Отрицание)
- (iv)  $\text{rge}(a) = \mathbb{I}(a \geq 0.2)$ ,  $\text{rle}(a) = \mathbb{I}(a \leq -0.2)$  (Управление вычислительным процессом)
- (v)  $\text{tms}(a, b) = a \cdot b$  (Функция ослабления)
- (vi) 
$$\text{cmb}(a, b) = \begin{cases} a + b - a \cdot b, & a \geq 0, b \geq 0 \\ \frac{a+b}{1-\min(|a|, |b|)}, & a \cdot b < 0 \\ a + b + a \cdot b, & a \leq 0, b \leq 0 \end{cases}$$
 (Функция комбинирования)

# Свойства функции комбинирования

- Область определения  $D_{cmb} = [-1, 1] \setminus \{(-1, 1), (1, -1)\}$
- $cmb(a, b) = cmb(b, a)$
- $cmb(a, cmb(b, c)) = cmb(cmb(a, b), c)$
- $cmb(a, b) = -cmb(-a, -b)$
- $cmb(a, b) \in C(D_{cmb})$
- $\forall l \text{ } cmb(a, l) \leq cmb(b, l), a \leq b$
- $-1 \leq cmb(a, b) \leq 1$
- $cmb(a, -a) = 0$
- $cmb(a, 0) = a$
- $cmb(1, 1) = 1, cmb(-1, -1) = -1$

# Трансформации схемы Шортлиффа

Идея трансформации схемы Шортлиффа заключается в том, чтобы преобразовать имеющиеся операции таким образом, что появляется возможность оперировать с множеством  $A$ , отличным от отрезка  $[-1, 1]$ .

Для этого мы будем рассматривать взаимно однозначную монотонно возрастающую функцию  $h : [-1, 1] \rightarrow A$ .

# Семейство трансформаций №1

Трансформации из семейства  $G_1(\alpha)$ , где  $\alpha > 0$ , переводят комбинирование в умножение, а умножение - в его изоморфный образ. Каждый элемент этого семейства - функция  $g_1 : [-1, 1] \rightarrow [0, +\infty]$ .

$$g_1(x) = \begin{cases} (1+x)^\alpha, & -1 \leq x < 0 \\ (1-x)^{-\alpha}, & 0 \leq x < 1 \\ +\infty, & x = 1 \end{cases}$$

Обратная функция  $g_1^{-1} : [0, +\infty] \rightarrow [-1, 1]$  выглядит следующим образом:

$$g_1^{-1}(x) = \begin{cases} x^{\frac{1}{\alpha}} - 1, & 0 \leq x < 1 \\ 1 - x^{-\frac{1}{\alpha}}, & 1 \leq x < +\infty \\ 1, & x = +\infty \end{cases}$$



$$\blacksquare \text{ cmb}(A, B) = A \cdot B$$

$$\blacksquare \text{ tms}(A, B) =$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} 0, & (A, B) \in \{(0, +\infty), (+\infty, 0)\} \\ +\infty, & (A, B) \in \{(0, 0), (+\infty, +\infty)\} \\ \frac{1}{A}, & A \in (0, +\infty), B = 0 \\ A, & A \in (0, +\infty), B = +\infty \\ \frac{1}{B}, & B \in (0, +\infty), A = 0 \\ B, & B \in (0, +\infty), A = +\infty \\ (A^{-\frac{1}{\alpha}} + B^{\frac{1}{\alpha}} - A^{-\frac{1}{\alpha}} B^{\frac{1}{\alpha}})^{\alpha}, & (A, B) \in (1, +\infty) \times (0, 1] \\ (A^{-\frac{1}{\alpha}} + B^{-\frac{1}{\alpha}} - A^{-\frac{1}{\alpha}} B^{-\frac{1}{\alpha}})^{-\alpha}, & (A, B) \in (1, +\infty) \times (1, +\infty) \\ (A^{\frac{1}{\alpha}} + B^{\frac{1}{\alpha}} - A^{\frac{1}{\alpha}} B^{\frac{1}{\alpha}})^{-\alpha}, & (A, B) \in (0, 1] \times (0, 1] \\ (A^{\frac{1}{\alpha}} + B^{-\frac{1}{\alpha}} - A^{\frac{1}{\alpha}} B^{-\frac{1}{\alpha}})^{\alpha}, & (A, B) \in (0, 1] \times (1, +\infty) \end{array} \right.$$

## Семейство трансформаций №2

Главная особенность функции  $h_1 : [-1, 1] \rightarrow [-\infty, +\infty]$  из семейства трансформации  $H_1(\beta)$  при  $\beta > 1$  заключается в переводе функции комбинации в сумму.

$$h_1(x) = \begin{cases} -\infty, & x = -1 \\ +\log_{\beta}(1+x), & -1 < x < 0 \\ -\log_{\beta}(1-x), & 0 \leq x < 1 \\ +\infty, & x = 1 \end{cases}$$

Ей соответствует обратная функция  $h_1^{-1} : [-\infty, +\infty] \rightarrow [-1, 1]$ :

$$h_1^{-1}(x) = \begin{cases} -1, & x = -\infty \\ \beta^x - 1, & -\infty < x < 0 \\ 1 - \beta^{-x}, & 0 \leq x < +\infty \\ 1, & x = +\infty \end{cases}$$

■  $cmb(A, B) = A \cdot B$

■  $tms(A, B) =$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\infty, \\ +\infty, \\ -A, \\ A, \\ -B, \\ B, \\ \log_{\beta}(\beta^{-A} + \beta^B - \beta^{-A}\beta^B), \\ -\log_{\beta}(\beta^{-A} + \beta^{-B} - \beta^{-A}\beta^{-B}), \\ -\log_{\beta}(\beta^A + \beta^B - \beta^A\beta^B), \\ \log_{\beta}(\beta^A + \beta^{-B} - \beta^A\beta^{-B}), \end{array} \right.$$

$$(A, B) \in \{(-\infty, +\infty), (+\infty, -\infty)\}$$

$$(A, B) \in \{(-\infty, -\infty), (+\infty, +\infty)\}$$

$$A \in (-\infty, +\infty), B = -\infty$$

$$A \in (-\infty, +\infty), B = +\infty$$

$$B \in (-\infty, +\infty), A = -\infty$$

$$B \in (-\infty, +\infty), A = +\infty$$

$$A \in (0, +\infty), B \in (-\infty, 0]$$

$$A \in (0, +\infty), B \in (0, +\infty)$$

$$A \in (-\infty, 0], B \in (-\infty, 0]$$

$$A \in (-\infty, 0], B \in (0, +\infty)$$

# Задача выявления и доопределения

## 1 Задача обнаружения отображений

# Задача выявления и доопределения

- 1 Задача обнаружения отображений
- 2 Задача подтверждения формул

# Задача выявления и доопределения

- 1 Задача обнаружения отображений
- 2 Задача подтверждения формул
- 3 Задача конструирования формул

# Задача выявления и доопределения

- 1 Задача обнаружения отображений
- 2 Задача подтверждения формул
- 3 Задача конструирования формул
- 4 Задача выявления отображений

# Задача выявления и доопределения

- 1 Задача обнаружения отображений
- 2 Задача подтверждения формул
- 3 Задача конструирования формул
- 4 Задача выявления отображений
- 5 Задача доопределения функции комбинирования



## Функция комбинирования Хамахера

Можно вывести и доопределить функцию комбинирования с использованием функции из семейства триангуляционных конорм Хамахера вида  $\phi(a, b) = \frac{a+b+(r-2)ab}{1+(r-1)ab}$ ,  $r > 0$ . В этом случае отображение принимает следующий вид:

$$h_r(x) = \begin{cases} -\infty, & x = -1 \\ -\log_{\beta}\left(\frac{r}{1+x} + 1 - r\right), & -1 < x < 0 \\ +\log_{\beta}\left(\frac{r}{1-x} + 1 - r\right), & 0 \leq x < 1 \\ +\infty, & x = 1 \end{cases}$$

Обратное отображение выглядит так:

$$h_r^{-1}(x) = \begin{cases} -1, & x = -\infty \\ \frac{\beta^x - 1}{1 + (r-1)\beta^x}, & -\infty < x < 0 \\ \frac{\beta^x - 1}{\beta^x + r - 1}, & 0 \leq x < +\infty \\ 1, & x = +\infty \end{cases}$$

Используя обозначенное выше отображение, можно вывести функцию комбинирования:

$$cmb_r(a, b) = \begin{cases} \frac{a+b-(r-2)ab}{1+(r-1)ab}, & a \geq 0, b \geq 0 \\ \frac{a+b}{1+(r-1)ab-(r-2)\min(|a|, |b|)}, & a \cdot b < 0 \\ \frac{a+b+(r-2)ab}{1+(r-1)ab}, & a \leq 0, b \leq 0 \end{cases}$$

# Схема Шортлиффа-Хамахера

С целью построения соответствующих функций  $tms_r$  строится отображение  $h_{1r}(x) = h_r^{-1}(h_1(x))$ :

$$h_{1r}(x) = \operatorname{sgn}(x) \frac{1 - (1 - |x|)^\gamma}{1 + (r - 1)(1 - |x|)^\gamma}$$

$$h_{1r}^{-1}(x) = \operatorname{sgn}(x) \left( 1 - \left( \frac{1 - |x|}{1 + (r - 1)|x|} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \right)$$

Такие отображения образуют семейство, зависящее от параметра  $\gamma = \log_{\beta_1} \beta_2$ .

Таким образом, схема Шортлиффа-Хамахера - это преобразование схемы Шортлиффа с функцией  $ctmb_r$ , в которой

$$tms_r(A, B) = h_{1r}(h_{1r}^{-1}(A) \cdot h_{1r}^{-1}(B)) = \text{sgn}(AB) \cdot \Gamma(\delta(A) + \delta(B) - \delta(A) \cdot \delta(B))$$

$$\blacksquare \Gamma(x) = \frac{1-x^\gamma}{1+(r-1)x^\gamma}$$

$$\blacksquare \delta(x) = \left( \frac{1-|x|}{1+(r-1)|x|} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

Спасибо за внимание!