

# СИНТЕЗ РЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Герман Ю. О., Герман О. В., Мигалевич С. А.  
Факультет компьютерных сетей и систем,  
Факультет информационных технологий и управления,  
Центр информатизации и инновационных разработок,  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Республика Беларусь  
E-mail: juliagerman@gmail.com

*Рассматривается задача синтеза решения проблемы (управления системой) на основе логической модели знаний с временным параметром (тактом). Значение временного шага в общем случае может превосходить 1. Модель не ограничена применением только классической логики. Подход излагается на основе иллюстрации, раскрывающей его суть. Обобщение достигается совмещением логической модели с другими логико-комбинаторными алгебраическими или теоретико-множественными моделями.*

## ВВЕДЕНИЕ

Задача синтеза управления – это классическая задача теории управления. Алгоритмы ее решения зависят от используемой модели задачи. Использование логических моделей в задачах синтеза мотивируется возросшими возможностями искусственного интеллекта и робототехники [1]. Интерес представляют многообразные варианты задачи логического синтеза, связанные с использованием неклассических логик, комбинированием логических и дискретно-комбинаторных или алгебраических и других моделей [2] и т.п. Ниже рассмотрена задача синтеза управления для логики с временным параметром [3]. Временной параметр в этой модели представляет номер шага (такта). Физическая длительность такта не имеет какого-то специального значения. В [4] представлен вариант синтеза для дизъюнктивных формул с произвольным тактом. В этой работе мы рассмотрим формулы с шагом, равным 1.

## I. ПРИМЕР ЗАДАЧИ СИНТЕЗА

Имеется закрытый шлагбаум, автомобиль слева от шлагбаума (позиция  $A$ ) и площадка справа от шлагбаума (позиция  $B$ ). Возможны следующие действия:

- **up** (поднять шлагбаум);
- **down** (опустить шлагбаум);
- **move** (переместить автомобиль).

Для описания состояния системы введем следующие предикаты:

- $open(t)$  (шлагбаум открыт в момент  $(t)$ );
- $closed(t)$  (шлагбаум закрыт в момент  $(t)$ );
- $A(t)$  (автомобиль на позиции  $(A)$  в момент  $(t)$ );
- $B(t)$  (автомобиль на позиции  $(B)$  в момент  $(t)$ ).

Каждое действие предполагает выполнение предусловий. Само действие  $k$  (пред)условиям не относится. Поэтому запишем формулы системы несколько особым образом:

1. **[move]**  
 $A(t) \& open(t) \rightarrow B(t+1)$ .

Эта формула передает предусловия и постусловие действия переместить автомобиль, записанного в квадратных скобках. Сама логическая формула связывает предусловия и постусловия действия. Далее по аналогии

2. **[up]**  
 $closed(t) \rightarrow open(t+1)$ .

3. **[down]**  
 $open(t) \rightarrow closed(t+1)$ .

Кроме этих формул, есть еще «внутренняя» логика системы, не связанная с действиями. Нам нужна такая формула

4. **[ ]**  
 $\neg A(t+1) \rightarrow \neg A(t)$ .

Формула 4 означает, что если автомобиля нет на позиции  $A$  в момент  $t+1$ , то его не было там и в момент  $t$ . Начальные условия (действий нет)

5.  $closed(0)$ .
6.  $A(0)$ .

Сформулируем цель (теорему), которую нужно доказать

7.  $\exists t \ closed(t) \& B(t)$ .

Выбор обозначений для переменных в целом свободен, если не ведет к нарушению логического смысла). Построение доказательств можно выполнять различными путями. Один из широко используемых методов – метод резолюций Дж. Робинсона. В соответствии с этими правилами логики формулы 1 – 5 примут такой вид:

1. **[move]**  
 $\neg A(t) \vee \neg open(t) \vee B(t+1)$ .
2. **[up]**  
 $open(t+1) \vee \neg closed(t)$ .
3. **[down]**  
 $closed(t+1) \vee \neg open(t)$ .
4.  $A(t+1) \vee \neg A(t)$ .
5.  $closed(0)$ .
6.  $A(0)$ .
7.  $\exists w \ closed(w) \& B(w)$ .

Согласно технике доказательства от противного, требуется присоединить к системе отрицание доказываемой теоремы и получить вывод пустой формулы ( $\square$ ) – лжи. Отрицание теоремы имеет такой вид

$$7. \forall w \neg closed(w) \vee \neg B(w)$$

или просто

$$\neg closed(w) \vee \neg B(w).$$

Правило порождения резольвенты поясним на примере дизъюнктов

2. [up]

$$open(t+1) \vee \neg closed(t).$$

3. closed((0)).

Правило получения резольвенты требует сформировать новый дизъюнкт, объединив с помощью операции дизъюнкции унифицированные литералы родительских дизъюнктов и исключив контрарную пару литералов. В итоге получаем такую резольвенту:

$$open(1).$$

В скобках указывается номер такта. Далее, например, из (3) и (7) получаем

8. [down]

$$\neg B(w) \vee open(w-1)$$

(подстановка)  $t = w - 1$ )

Из (1) и (8) получаем

9. [move, down]

$$\neg A(w-1) \vee \neg open(w-1)$$

(подстановка)  $t = w - 1$ )

Из (2) и (9) получаем

10. [up, move, down]

$$\neg A(w-1) \vee \neg closed(w-2)$$

(подстановка)  $t = w - 2$ )

Из (5) и (10) получаем

11. [up, move, down]

$$\neg A(1)$$

(подстановка  $w = 2$ )

Из (4) и (11) получаем

12. [up, move, down]

$$\neg A(0)$$

(подстановка  $t = 0$ )

Из (6) и (11) получаем противоречие. Доказательство найдено.

## II. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы показали, как «привязать» действия к выводу. Каждое действие описывается пред-условиями и постусловиями. При построении резольвент условия обоих участвующих в процессе родительских дизъюнктов соединяются в последовательность. В итоге получена такая финальная последовательность

[up, move, down]

$$\neg A(0)$$

$$A(0)$$

противоречие( $\square$ )

Очевидно, что это общее замечание требует конкретизации в каждом конкретном случае. Сам по себе факт построения плана действий в процессе логического вывода указывает на сильную сторону логического аппарата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Krishnan, G. A. Artificial intelligence and robotics. / G. Krishnan, M. A. Susmera // SSRN Electronic Journal (www.ijert.org), 6(2). 2018, pp : 1323–1327.
2. Russell, S. Artificial intelligence. A modern approach / S. Russell, P. Norvig // Prentice Hall, 2010, 1192p.
3. Герман, О. В. Метод синтеза поведения интеллектуальной системы / О. В. Герман, О. И. Садовская // Труды БГТУ. Сер. 3, Физ.-мат. науки и информатика. - Минск: БГТУ, 2013. - № 6 (230). - С. 139-141
4. Герман, О. В. Составление плана работ на основе системы дизъюнктов разностного типа / О. В. Герман, Ю. О. Герман, О.И. Садовская // Труды БГТУ. Сер. 3, Физ.-мат. науки и информатика. - Минск: БГТУ, 2014. - № 6 (170). - С. 131-134