



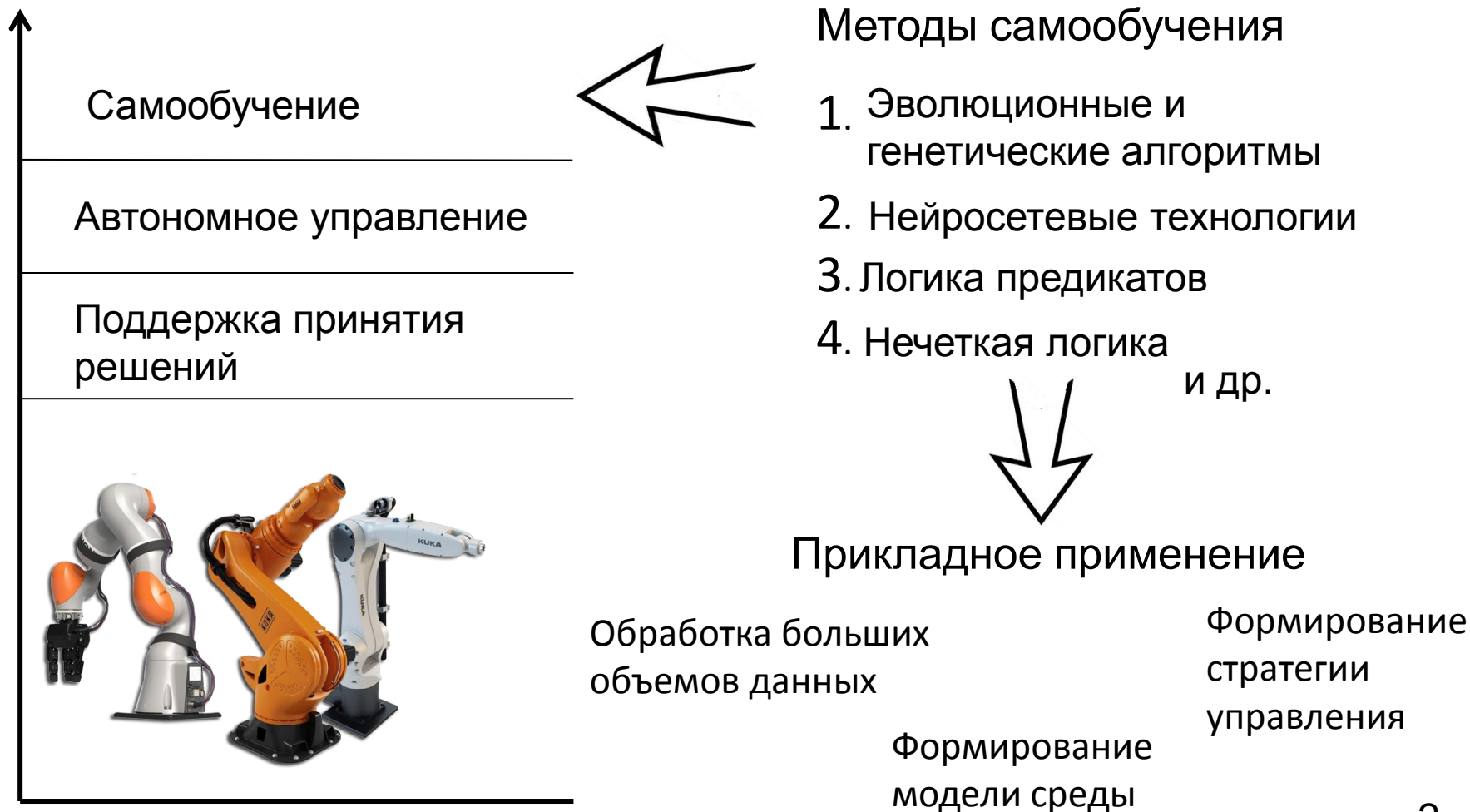
Применение аппарата модальной логики в задаче самообучения интеллектуальных роботов

А.М.Романов¹, Е. А. Слепынина²
О.А.Тягунов

¹romanov@mirea.ru,

²slepynina@mirea.ru

Самообучение интеллектуальных роботов

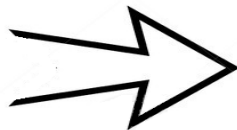


МОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА В ЗАДАЧЕ САМООБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Модальная логика

Модальности - семантические категории, выражающие оценку или отношение к некоторому событию или действию

Конечный аппарат – способ организации механизма самообучения, основанный на последовательных переходах между дискретными состояниями объекта управления



Основные достоинства

1. Простота реализации.

Может быть реализована, как самостоятельный конечный автомат, в том числе как автомат с линейной тактикой и единичной глубиной памяти

2. Гибкость и масштабируемость.

Обеспечение гибкости механизма самообучения за счет вариативности семантических категорий

МОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА В ЗАДАЧЕ САМООБУЧЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Формализация задачи самообучения

Внешняя среда: $\mathbf{S} = (\mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, \dots \mathbf{S}_j)$

где S_i - i -ый,
измеряемый сенсорной
системой параметр

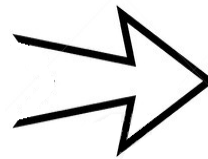
Объект
управления:

$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots x_n)$

вектор действий (влияющих
на параметры внешней
среды)

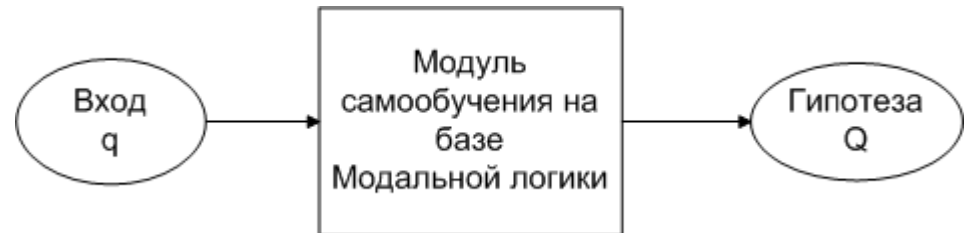
Целевое
состояние
среды:

$\mathbf{S}' = (\mathbf{S}'_1, \mathbf{S}'_2, \dots \mathbf{S}'_j)$

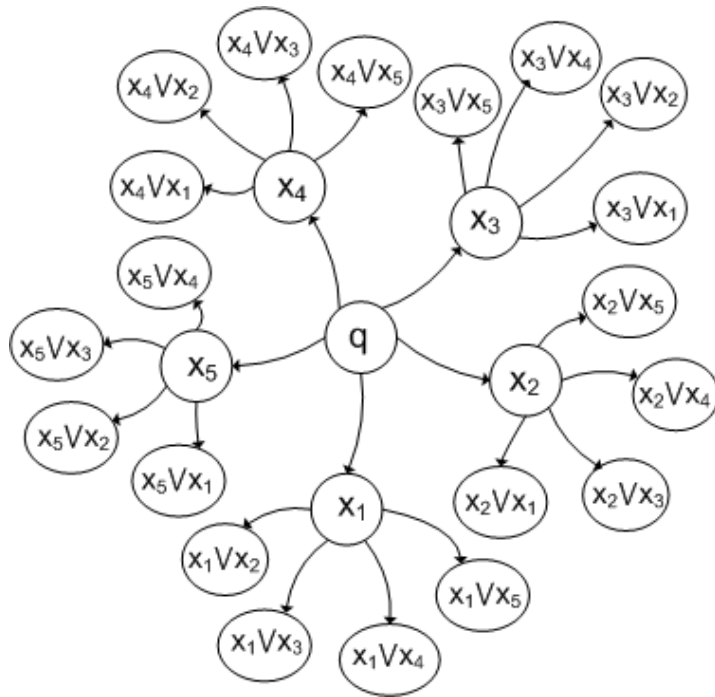


Цель: определение
совокупности действий
объекта (формирование
стратегии),
такой что:

$x_i \vee x_{i+k} \rightarrow \mathbf{S}'$



МОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА. ПРИМЕР ФОРМАЛИЗАЦИИ



Начальный вид дерева гипотез
количество вариантов 20

Простейший тип
модальностей
трехзначная логика
Лукасевича:

- - необходимо;
- ◇ - вероятно;
- - исключено

Гипотеза:

$$Q = \diamond x_3 \vee \diamond x_5$$

Пусть совместное применение действий x_3 и x_5 привело к увеличению рассогласования ΔS между вектором системы S и S'

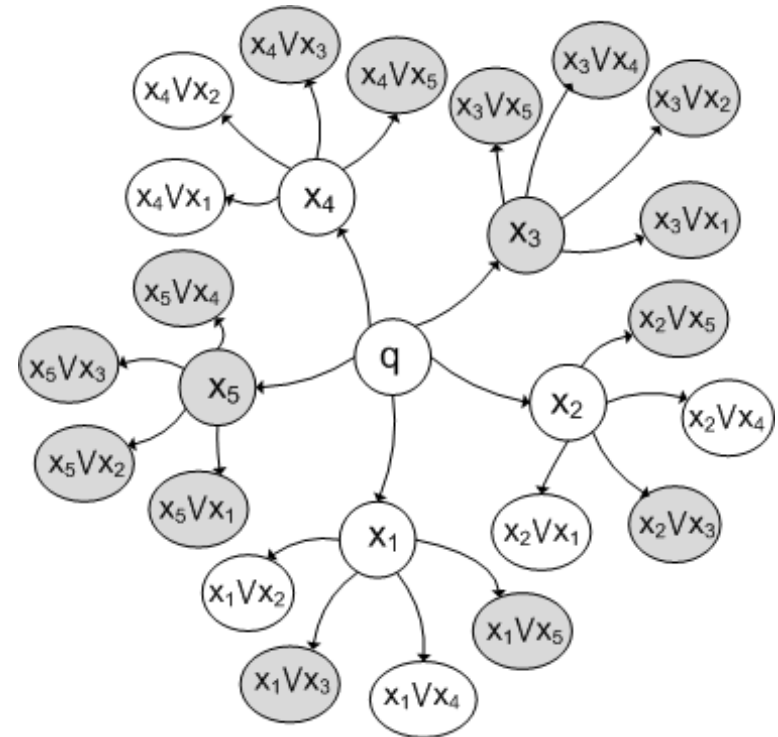
$$x_3 \vee x_5 \rightarrow \uparrow \Delta S$$

МОДАЛЬНАЯ ЛОГИКА. ПРИМЕР ФОРМАЛИЗАЦИИ

утверждение $\bullet x_3 \vee \bullet x_5 \rightarrow \downarrow \Delta S$

Действиям присваивается модальность «исключено», соответствующие им ветки или решения исключаются из дерева решений

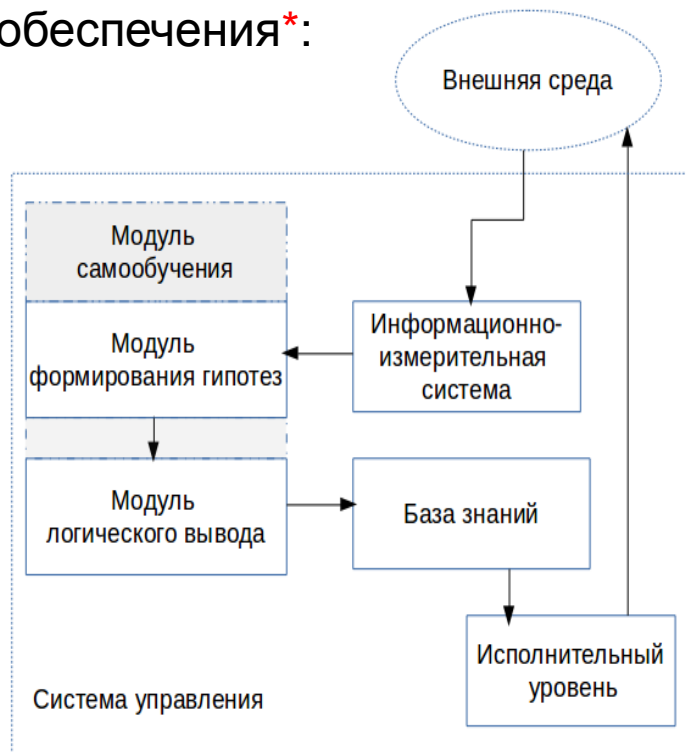
В результате применения модальностей количество гипотез сократилось более чем в три раза



Результирующий вид дерева гипотез
количество вариантов 6

Экспериментальное тестирование модели системы управления

Структура программного обеспечения*:



Модальности: • исключено;
• вероятно исключено;
• неизвестно;
• вероятно необходимо;
• необходимо.

Внешняя среда:

$$\mathbf{S} = (\mathbf{S}_1, \mathbf{S}_2, \mathbf{S}_3, \mathbf{S}_4, \mathbf{S}_5)$$

Целевое состояние среды:

$$\mathbf{S}' = (\mathbf{S}'_1, \mathbf{S}'_2, \mathbf{S}'_3, \mathbf{S}'_4, \mathbf{S}'_5)$$

Объект управления:

$$\mathbf{X} = (\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \mathbf{x}_3, \mathbf{x}_4, \mathbf{x}_5)$$

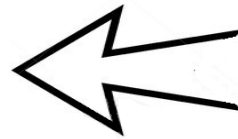
Задача: Найти стратегию \mathbf{X}_s , приводящую к искомому изменению вектора \mathbf{S} с заранее определенной точностью

* Программная реализация была произведена средствами C# в среде Visual Studio Professional 2012

Экспериментальное тестирование модели системы управления

Пусть Внешняя среда представлена вектором \mathbf{S} :

$$\mathbf{S} = (1, 0, 0, 0, 1)$$



В общем случае – данные сенсорной системы

А Целевой вектор \mathbf{S}' :

$$\mathbf{S}' = (0, 1, 0, 0, 1)$$

Задача: Найти стратегию
 $\mathbf{X}_s = x_i \vee x_j \rightarrow \mathbf{S}'$

Следовательно, необходимо воздействовать на элементы \mathbf{S}_1 и \mathbf{S}_2 вектора \mathbf{S}

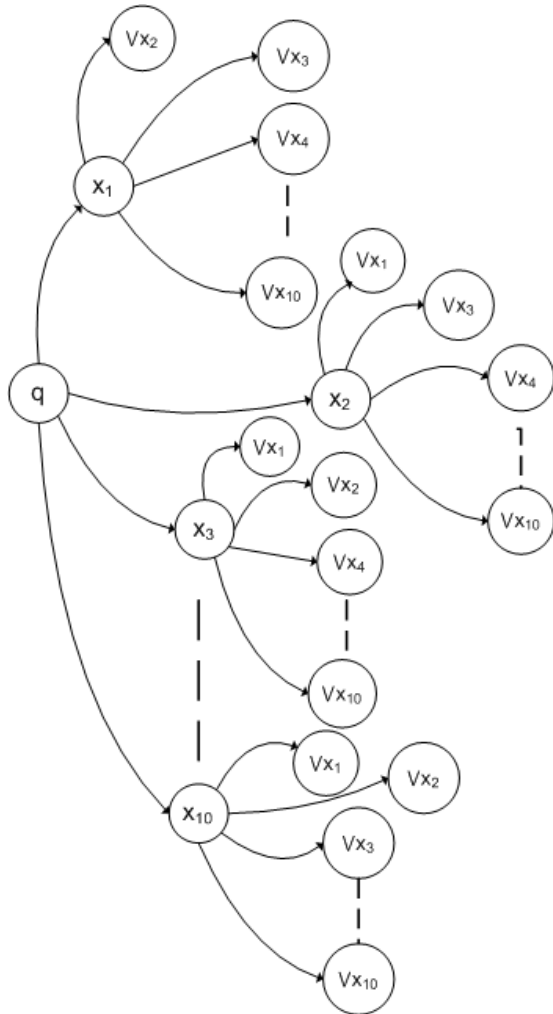
Функционал работа может быть описан вектором действий $\mathbf{X}[10]$:

$$\mathbf{X} = (x_1, x_2, \dots, x_{10})$$

Условия:

1. Объект управления может совершать только парные действия
2. Каждый элемент вектора \mathbf{X}_s изменяет значение единственного элемента вектора \mathbf{S}
3. Существует единственное решение поставленной задачи

Экспериментальное тестирование модели системы управления



Древо гипотез содержит 90 вариантов решений поставленной задачи

Предположим, что

$$x_2 \rightarrow \downarrow S_1 \text{ и } x_3 \rightarrow \uparrow S_2$$

Ход обучения:

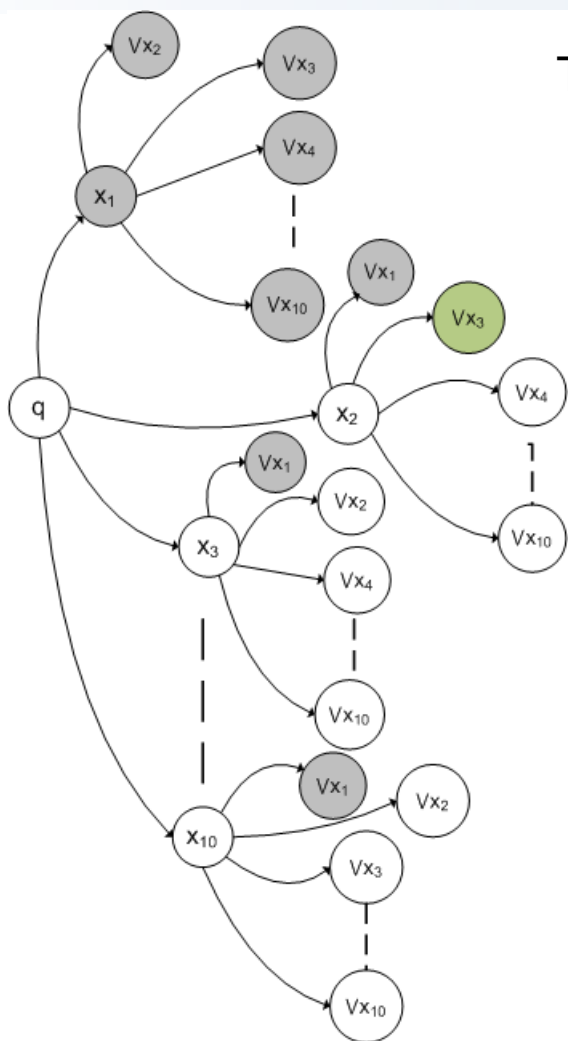
Тестовый этап

- накопление опыта
- может быть пройден неявно (в настоящем примере равен трем итерациям)

Контрольный этап

- дополнение и актуализация базы знаний

Экспериментальное тестирование модели системы управления



Тестовый этап.

Гипотезы: $x_1 \vee x_2 \rightarrow \Delta S = 0$
 $x_3 \vee x_4 \rightarrow \Delta S = 0$
 $x_5 \vee x_6 \rightarrow \uparrow \Delta S$ - Модальность изменяется
 (на «вероятно исключено»)

Модальности не
меняются

Контрольный этап.

Гипотезы: $x_1 \vee x_3 \rightarrow \Delta S = 0$ - Модальности не меняются
 $x_1 \vee x_4 \rightarrow \uparrow \Delta S$ - Модальность изменяется
 (на «вероятно исключено»)
 $x_2 \vee x_3 \rightarrow \downarrow \Delta S$ - Модальность изменяется
 (на «вероятно необходимо»)

$x_2 \vee x_3$

Гипотеза проверяется, как наиболее вероятная. Модальность изменяется на «необходимо». Решение найдено

Экспериментальное тестирование модели системы управления

Для оценки применимости подхода в задачах самообучения было произведено 10 000 независимых опытов

<i>Модальная Логика</i>			<i>Метод Полного перебора</i>
Количество итераций, ед.			Количество итераций, ед.
Среднее значение	Макс. значение	Мин. значение	
29	90	23	

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Модальная логика упрощает задачу самообучения
- Модальная логика может быть применена при самообучении интеллектуальных роботов



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

А.М.Романов¹, Е. А. Слепынина²

О.А.Тягунов

¹romanov@mirea.ru,

²slepynina@mirea.ru