

Моделирование процесса планирования поведения в знаковой картине мира

Александр Панов

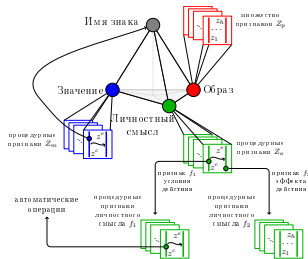
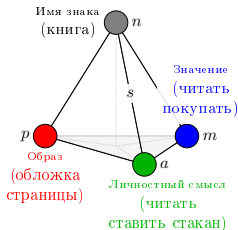
Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление»
Российской академии наук

23 июня 2016 г.

Знаковая модель представления знаний

Компонентом представления знаний является знак:

- в смысле культурно-исторического подхода Выготского-Лурии,
- следуя теории деятельности Леонтьева.

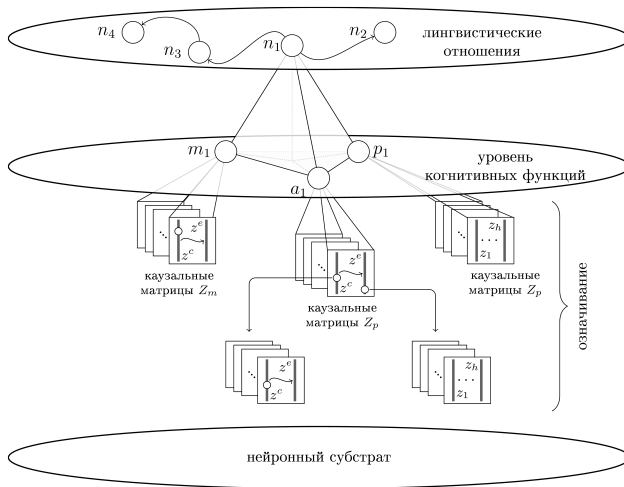


В пользу существования такой структуры свидетельствуют:

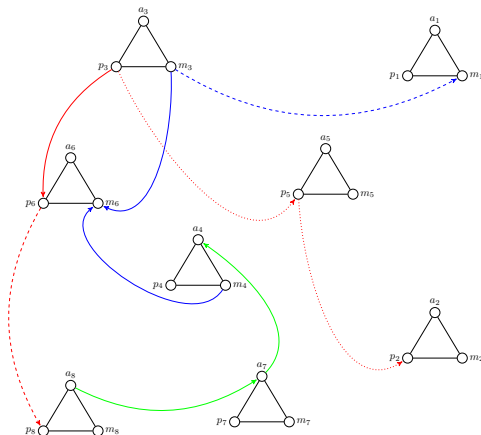
- нейрофизиологические данные (Эдельман, Иваницкий, Маунткастл и др.),
- другие психологические теории (например, трехкомпонентная модель Станович).

- Осипов, Г. С., А. И. Панов и Н. В. Чудова. «Управление поведением как функция сознания. II. Синтез плана поведения». *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2015.
- «Управление поведением как функция сознания. I. Картина мира и целеполагание». *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2014.

Уровни представления



Картина мира субъекта деятельности



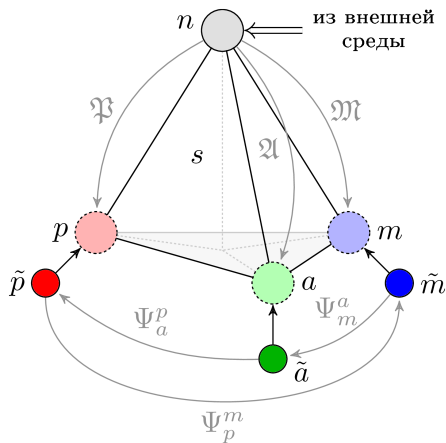
Семиотическая сеть

$H = \langle H_P, H_A, H_M \rangle$, где

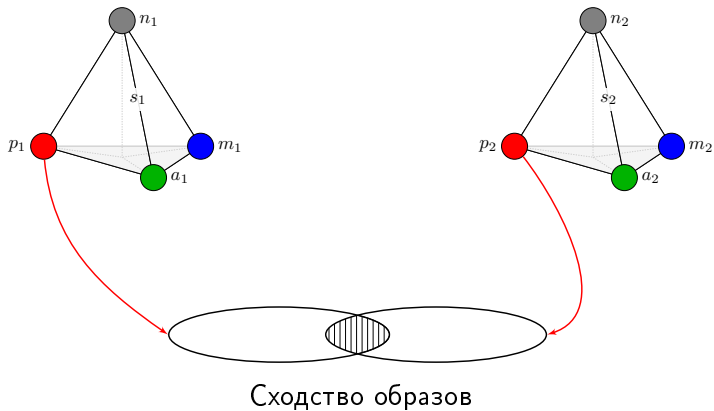
- $H_P = \langle 2^P, \mathfrak{R}_P \rangle$ — семантическая сеть на множестве образов знаков,
- $H_A = \langle 2^A, \mathfrak{R}_A \rangle$ — семантическая сеть на множестве значений знаков,
- $H_M = \langle 2^M, \mathfrak{R}_M \rangle$ — семантическая сеть на множестве личностных смыслов знаков.

Осипов, Г. С., А. И. Панов и Н. В. Чудова. «Управление поведением как функция сознания. I. Картина мира и целеполагание». *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2014.

Образование нового знака

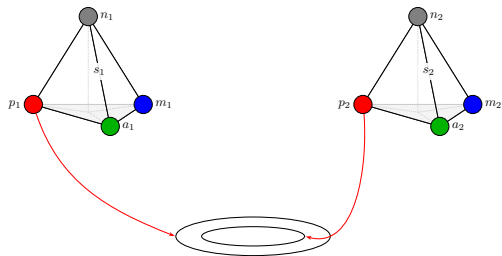


Отношения на множестве компонент знака

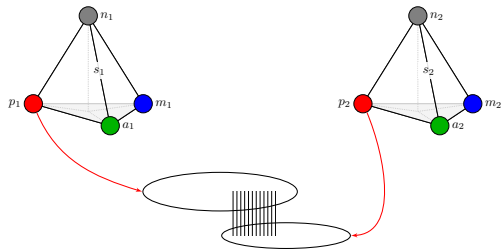


Отношения на множестве компонент знака

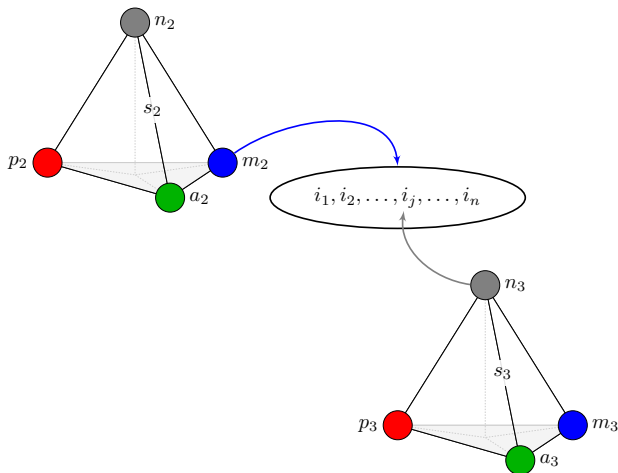
Включение образов



Противопоставление образов



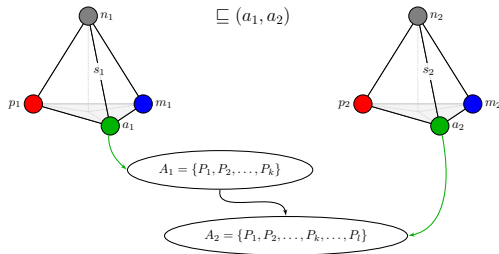
Отношения на множестве компонент знака



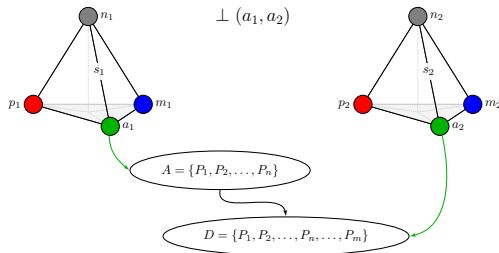
Сценарий на значениях

Отношения на множестве компонент знака

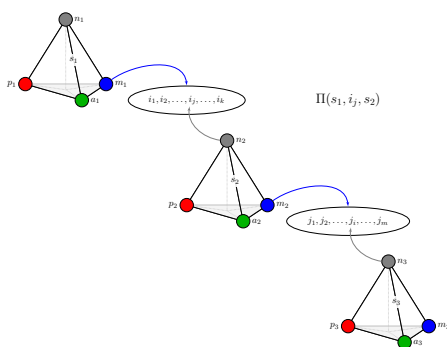
Поглощение
личностных смыслов



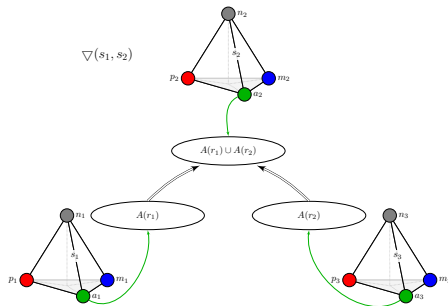
Противопоставление
личностных смыслов



Операции на множестве компонент знака

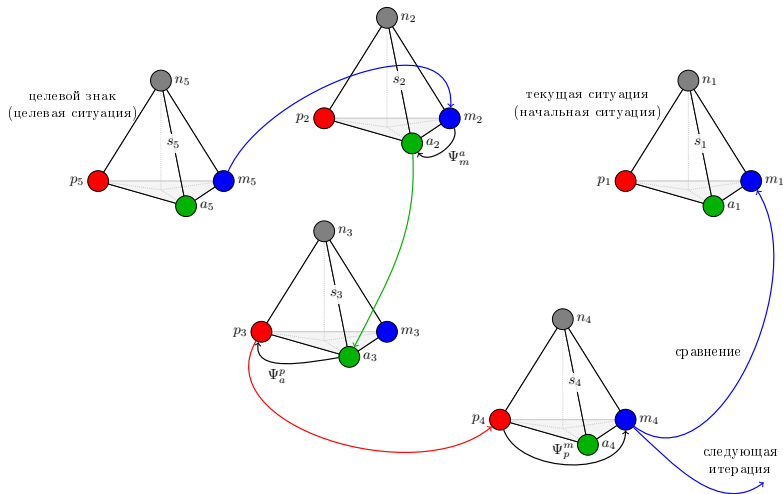


Замыкание по значениям



Агглютинация личностных
смыслов

Модель функции планирование поведения

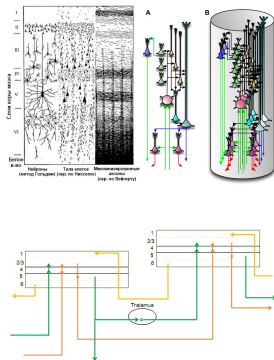


Осипов, Г. С., А. И. Панов и Н. В. Чудова. «Управление поведением как функция сознания. II. Синтез плана поведения». *Известия Российской академии наук. Теория и системы управления*. 2015.

Модель компонент знака

Принимается следующие гипотезы:

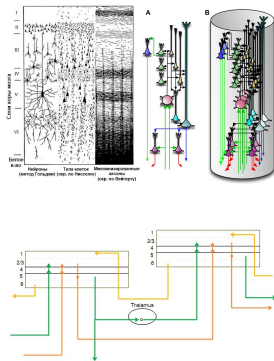
- неокортекс состоит из зон (регионов), состоящих в свою очередь из колонок и имеющих одинаковое строение на всех участках коры;
- колонки в регионе объединены латеральными связями;
- таламус формирует последовательности паттернов за счет задержки возбуждения/торможения.



Модель компонент знака

Основные свойства:

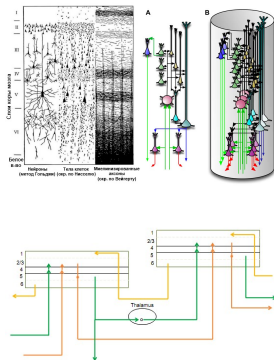
- хранение последовательности паттернов в инвариантной форме,
- воспроизведение паттернов автоассоциативно,
- хранение паттернов в иерархической системе,
- использование обратной связи для предсказания поступающей на данный уровень иерархии информации.



Модель компонент знака

Упрощения:

- дискретность во времени,
- простейшая строгая иерархия со связями только между ближайшими уровнями,
- гипотеза одинаковой длительности распознаваемых явлений в рамках одного региона,
- пороговая модель принятия решений в случае неопределенности результата распознавания,
- подавление непредвиденного сигнала,
- отсутствие моторной составляющей обратной связи.



Модель процесса обучения

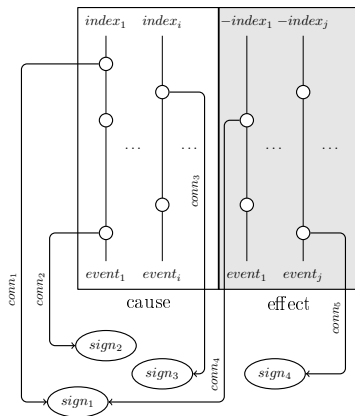
К основным принципам работы механизма обучения относятся:

- использование иерархии вычислительных узлов с восходящими и нисходящими связями,
- использование Хэббовских правил обучения,
- разделение пространственного и временного группировщиков,
- подавление второстепенной активации для формирования разреженного представления.

В результате работы механизма обучения по прецедентам (без учителя) формируются так называемые **каузальные матрицы**.

Skrynnik, A., A. Petrov, and A. I. Panov. "Hierarchical Temporal Memory Implementation with Explicit States Extraction". *Biologically Inspired Cognitive Architectures (BICA) for Young Scientists*. 2016.

Каузальная матрица

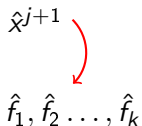


Панов, А. И. «Алгебраические свойства операторов распознавания в моделях зрительного восприятия». *Машинное обучение и анализ данных*. 2014.

Модель процесса восприятия — алгоритм \mathcal{A}_{th}

$$\hat{f}_1, \hat{f}_2 \dots, \hat{f}_k$$

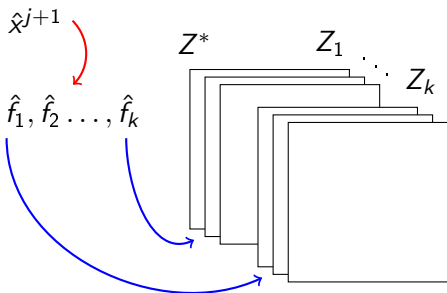
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathcal{A}_{th}



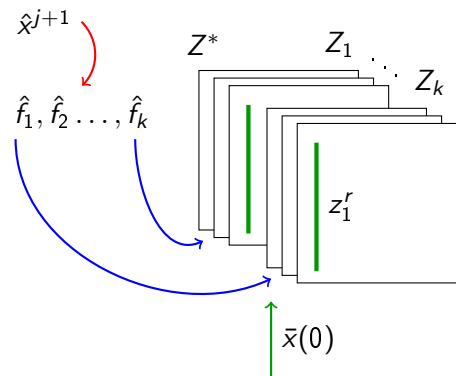
A diagram illustrating a step in a perception process. At the top, the expression \hat{x}^{j+1} is shown. Below it, a red curved arrow points downwards to a sequence of features $\hat{f}_1, \hat{f}_2, \dots, \hat{f}_k$.

$$\hat{x}^{j+1}$$
$$\hat{f}_1, \hat{f}_2, \dots, \hat{f}_k$$

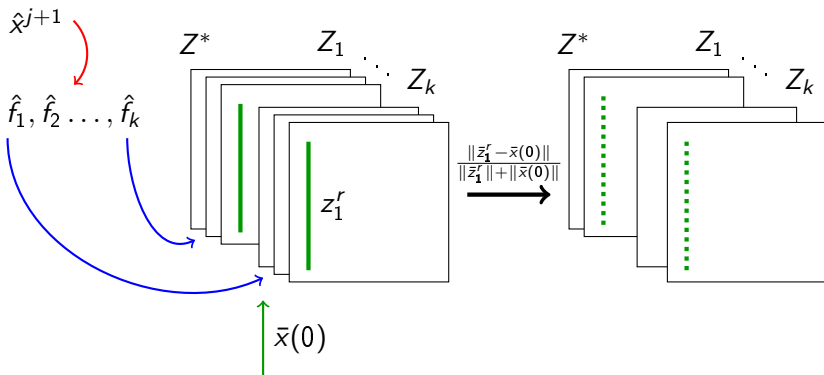
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathcal{A}_{th}



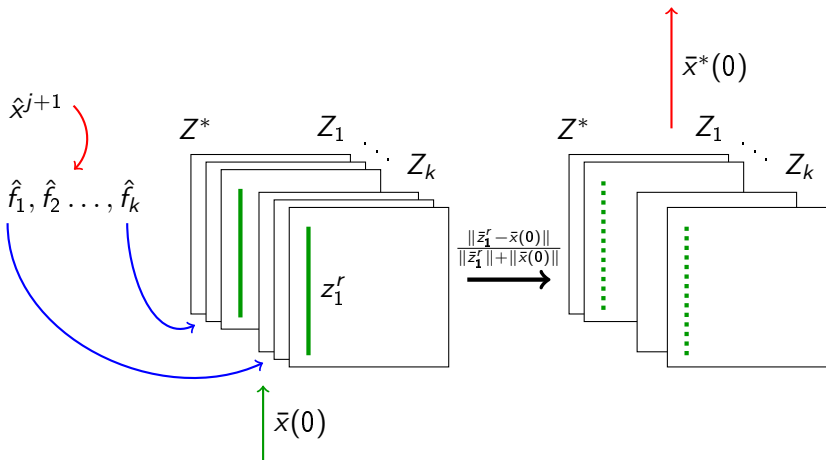
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathcal{A}_{th}



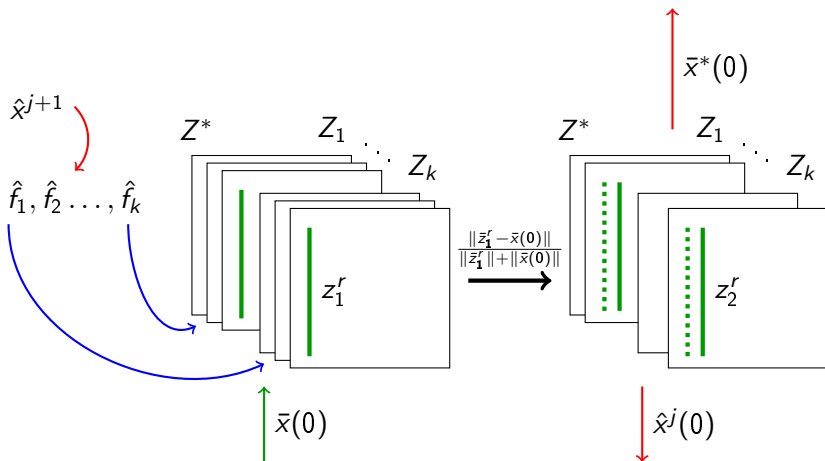
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathfrak{A}_{th}



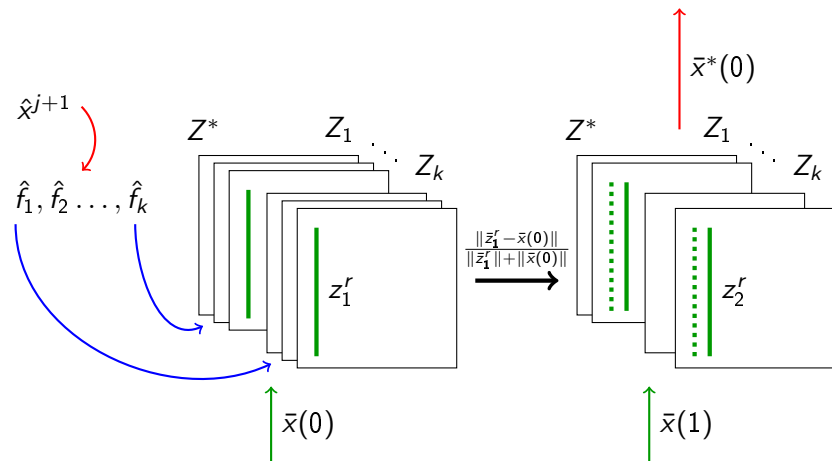
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathfrak{A}_{th}



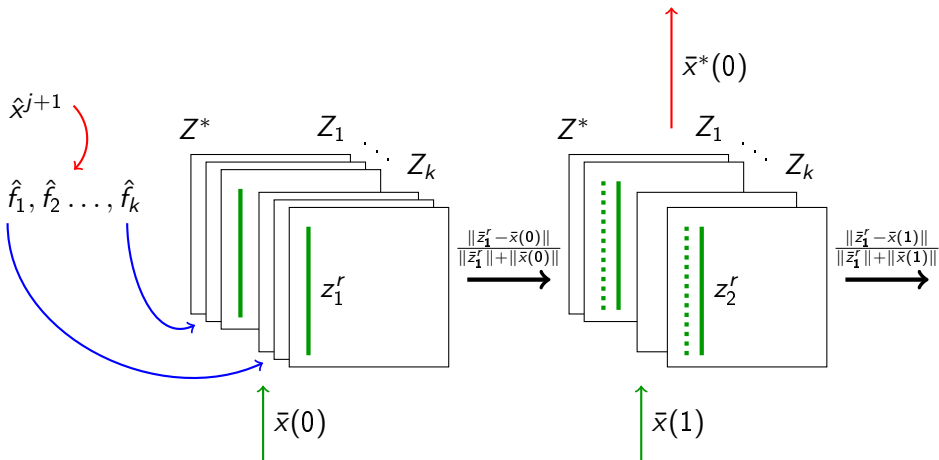
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathfrak{A}_{th}



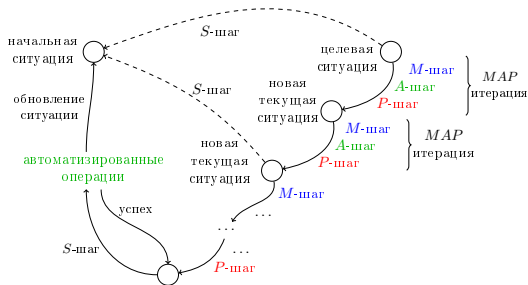
Модель процесса восприятия — алгоритм \mathfrak{A}_{th}



Модель процесса восприятия — алгоритм \mathcal{A}_{th}



Алгоритм планирования поведения



Иерархический процесс планирования начинается с конечной ситуации и стремится достичь начальной ситуации.

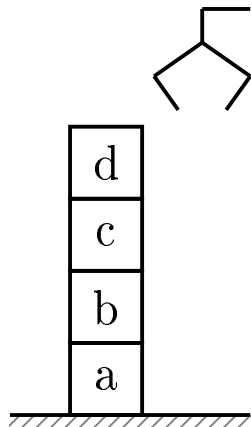
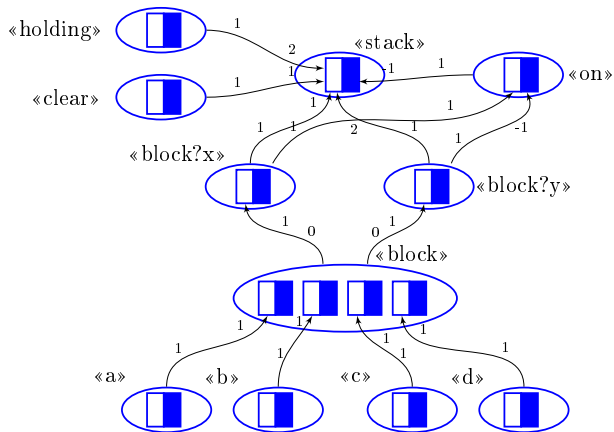
MAP-итерация:

- *M-step* – поиск применимых действий на сети значений,
- *A-step* – генерация личностных смыслов, соответствующих найденным значениям,
- *P-step* – построение новой текущей ситуации по множеству признаков условий найденных действий,
- *S-step* – отправка сообщения другим участникам коалиции или выполнение найденного действия или активаций иерархии операция вплоть до автоматических операций.

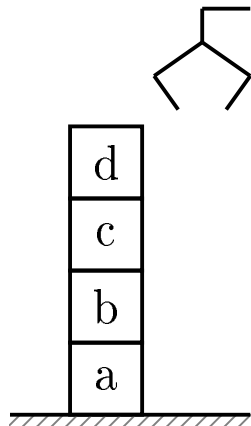
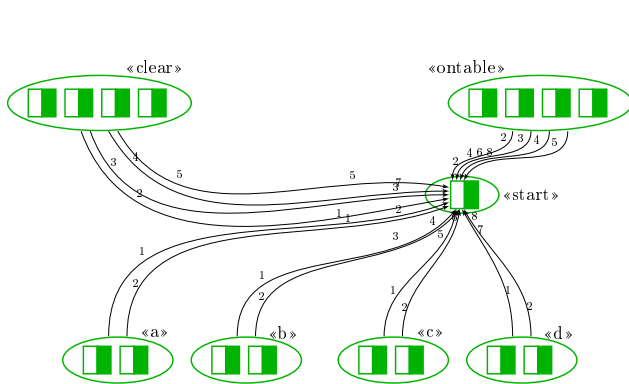
Panov, A. I. and K. S. Yakovlev. "Behavior and path planning for the coalition of cognitive robots in smart relocation tasks". *Robot Intelligence Technology and Applications* 4. 2016.

— "Psychologically inspired planning method for smart relocation task". *Procedia Computer Science*. 2016.

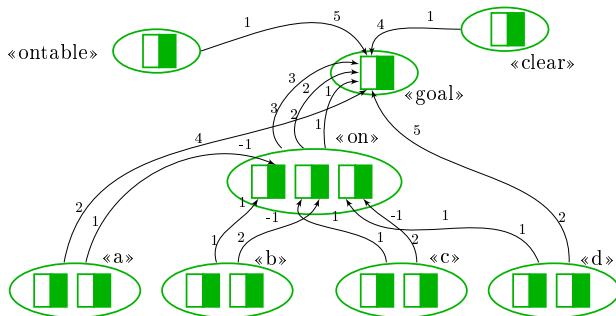
Пример: фрагмент сети на значениях



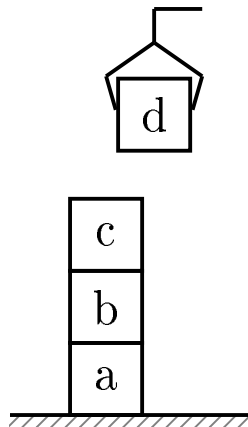
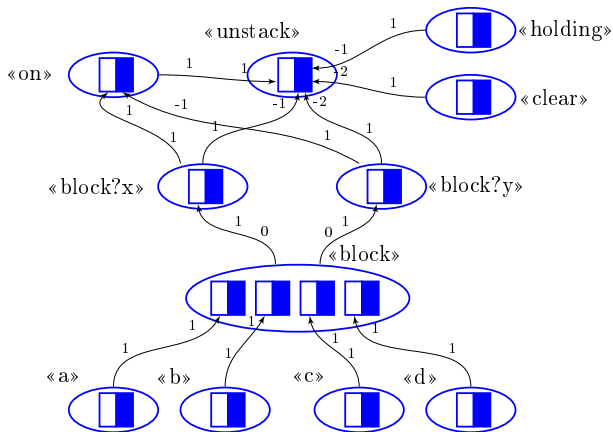
Пример: сеть на личностных смыслах - начальная ситуация



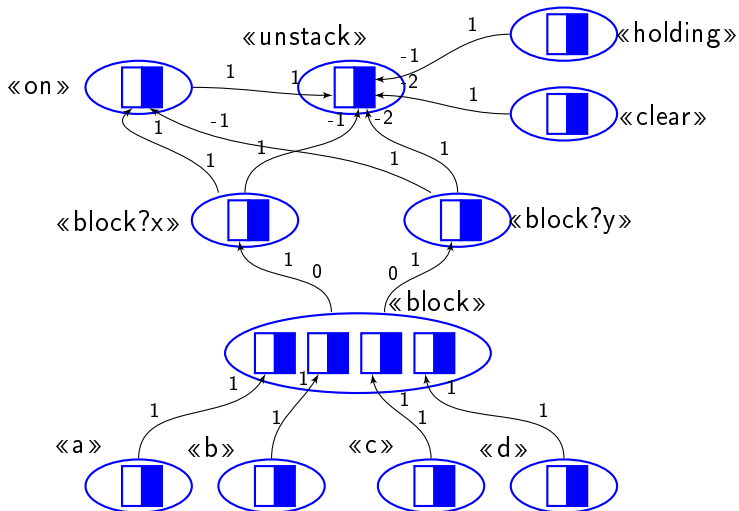
Пример: сеть на личностных смыслах - целевая ситуация



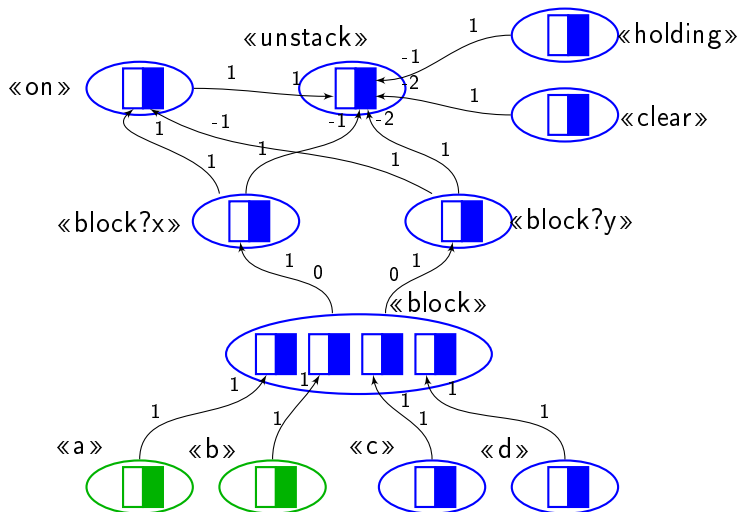
Пример: фрагмент сети на значениях



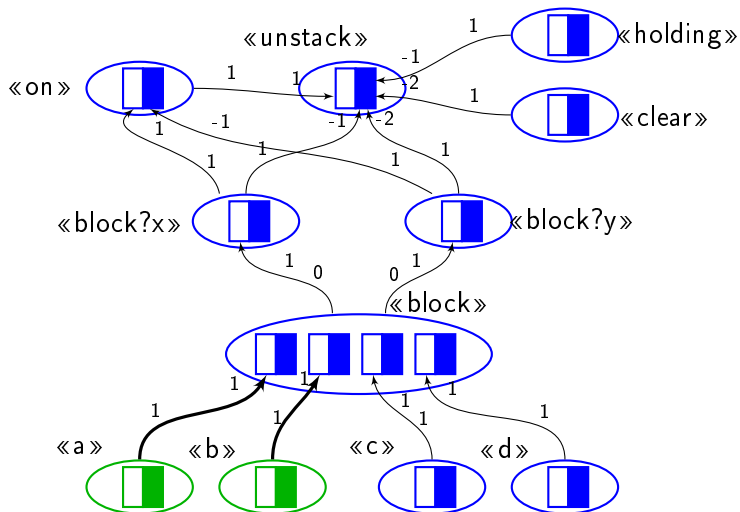
Пример: генерация личностного смысла



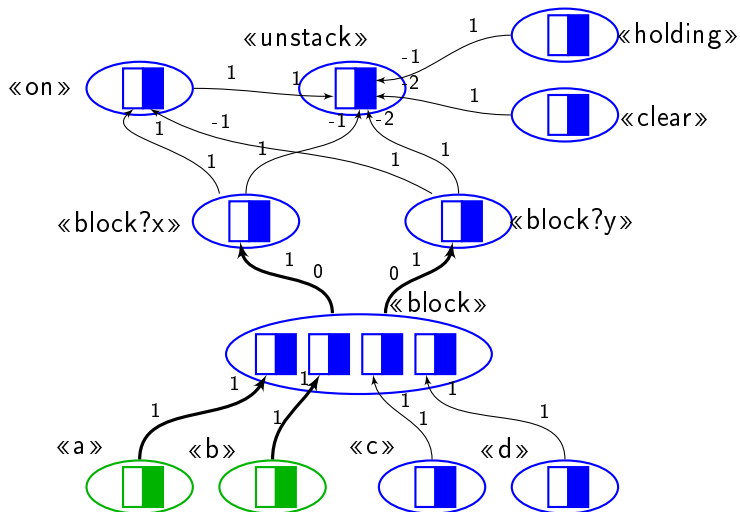
Пример: генерация личностного смысла



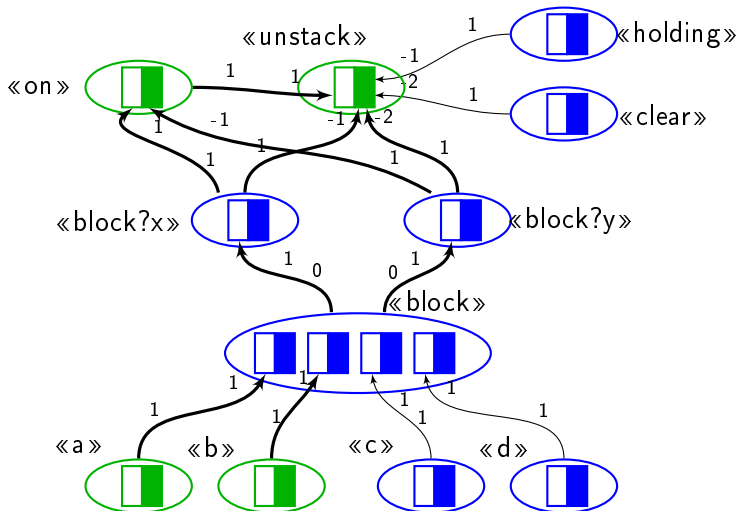
Пример: генерация личностного смысла



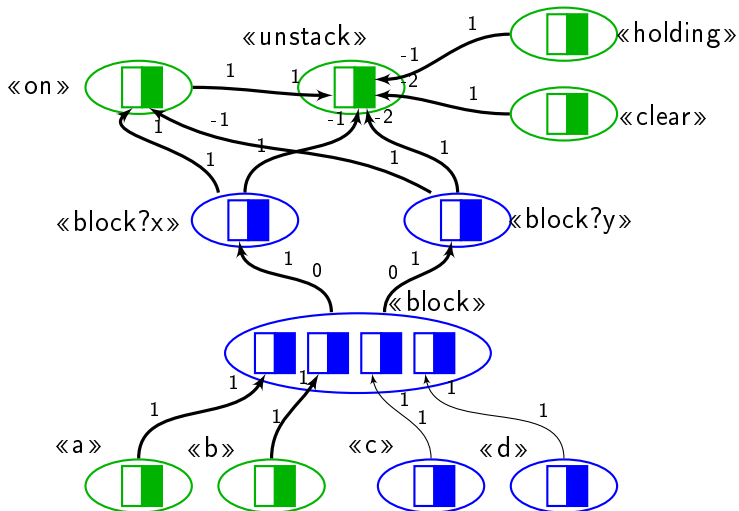
Пример: генерация личностного смысла



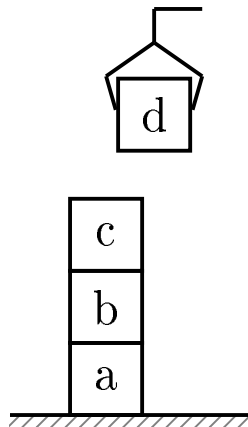
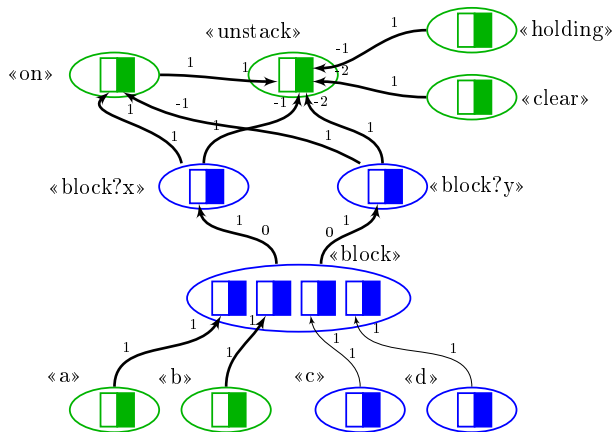
Пример: генерация личностного смысла



Пример: генерация личностного смысла



Пример: генерация личностного смысла



Особенности постановки задачи

Рассматривается случай группового взаимодействия автономных технических объектов (агентов), в котором:

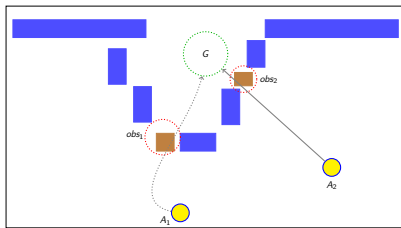
- агенты решают общую задачу (имеют общую цель высшего уровня),
- агенты действуют независимо друг от друга (децентрализованное управление), в т.ч. могут ставить индивидуальные подцели и достигать их,
- агенты обладают различными характеристиками, как техническими, так и когнитивными, т.е. разными стратегиями поведения,
- агенты обладают различными картинками мира,
- агенты действуют в меняющейся среде.

Требования к представлению знаний

На представление пространственных и временных знаний в задаче согласованного перемещения с такими особенностями налагается ряд ограничений:

- необходимость поддержки некоторого протокола коммуникации, разделение знаний на коммуницируемые и некоммуницируемые (личные),
- необходимость выделения компоненты знания, не зависящей от индивидуальных (личных) характеристик агента,
- требование к наличию механизма связывания реальных объектов внешней среды и процедур их распознавания с символьным коммуницируемым представлением (symbol grounding problem),
- поддержка механизмов пополнения картины мира (обучение и абстрагирование).

Задача интеллектуального перемещения



Задача

Целевая область не достижима некоторым агентом самостоятельно (с использованием только методов планирования траектории).

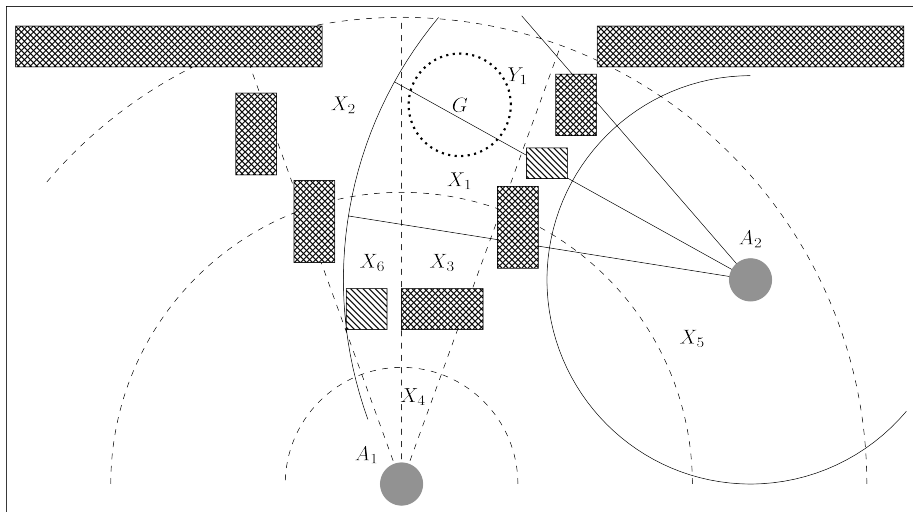
Решение

Агенты должны поддерживать коммуникацию и модифицировать свои собственные планы с учетом коалиционных подзадач.

Особенности:

- Меняющаяся внешняя среда.
- Различные типы препятствий (некоторые могут быть разрушены).
- Агенты обладают различной функциональностью.
- Общая пространственная цель (ВСЕ агенты должны достичь определенной области на карте).

Представление пространственных знаний



Панов, А. И. «Представление знаний автономных агентов, планирующих согласованные перемещения». *Робототехника и техническая кибернетика*. 2015.

Представление действий по перемещению

Действия по перемещению — знаки s_t (признаки f_t , t — тип перемещения), которым соответствуют каузальные матрицы типа Z_t , состоящие из трёх столбцов

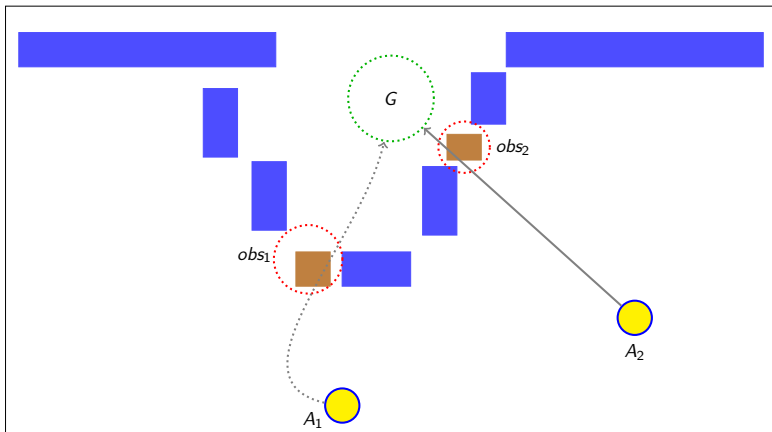
$$z_1 = (l_x, l), z_2 = (l_y, d_u, E), z_3 = (l_y, l, t_v),$$

где

- l_x, l_y — признаки, соответствующие категории расстояния в пространственной логике (например, вплотную, близко, далеко и др.),
- d_u — признак, соответствующий категории направления в пространственной логике (например, впереди, слева и др.),
- t_v — признак, соответствующий категории времени во временной логике (например, скоро, в будущем и др.),
- l — признак присутствия самого агента,
- E — признак отсутствия препятствия.

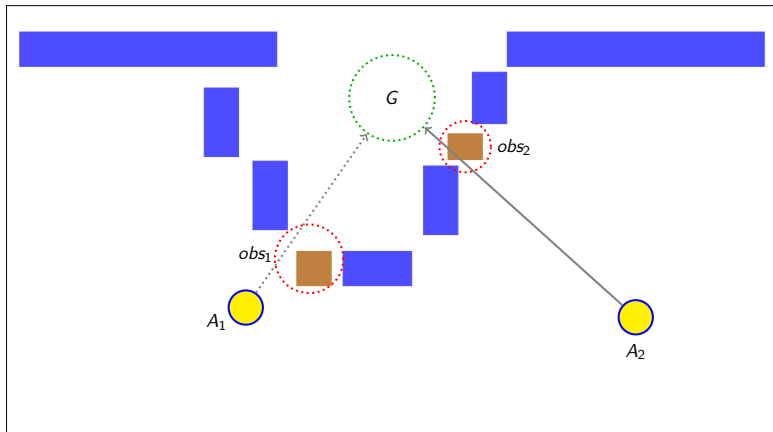
Распределение ролей при решении задачи

Пример по перемещению



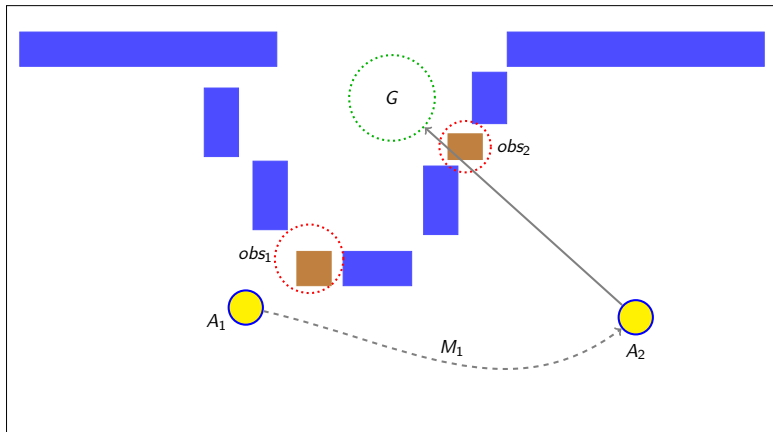
Актуализированные знаки агента A_1 : “область X_6 ”, “далеко”,
 “перемещение 1” → операции планирования траектории.

Пример по перемещению



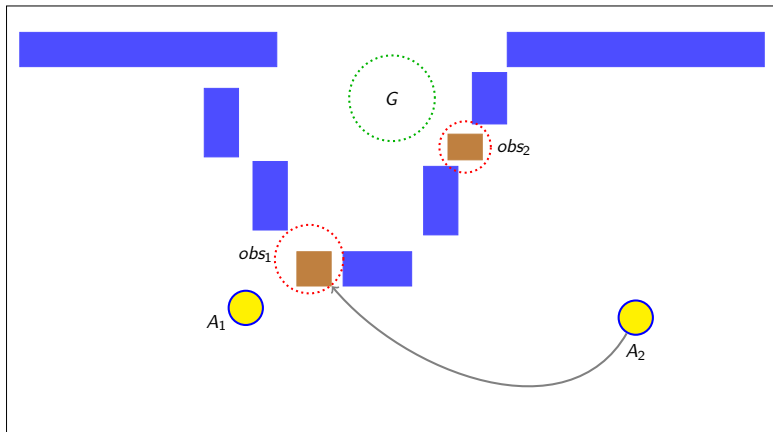
Актуализированные знаки агента A_1 : “препятствие 1”, “рядом”, “область X_6 ”.

Пример по перемещению



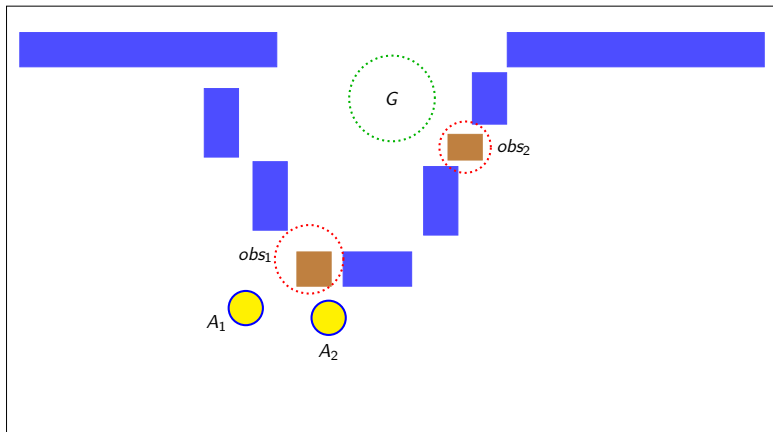
Актуализированные знаки агента A_1 : “отправить сообщение”, “агент A_2 ”.

Пример по перемещению



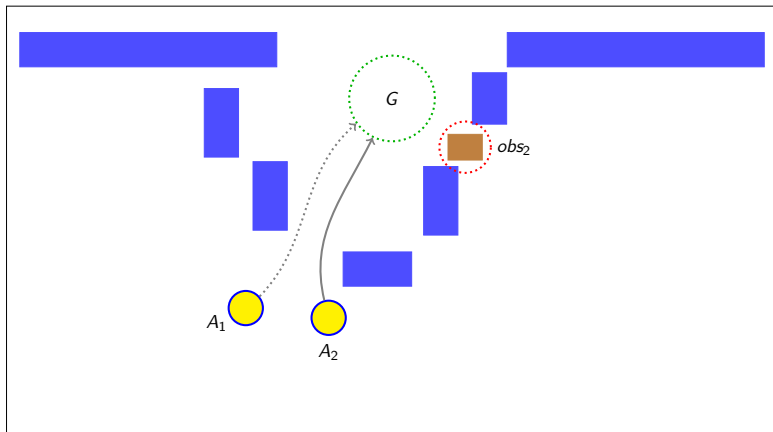
Актуализированные знаки агента A_2 : “область Y_3 ”, “далеко”,
 “перемещение 2” → операции планирования траектории.

Пример по перемещению



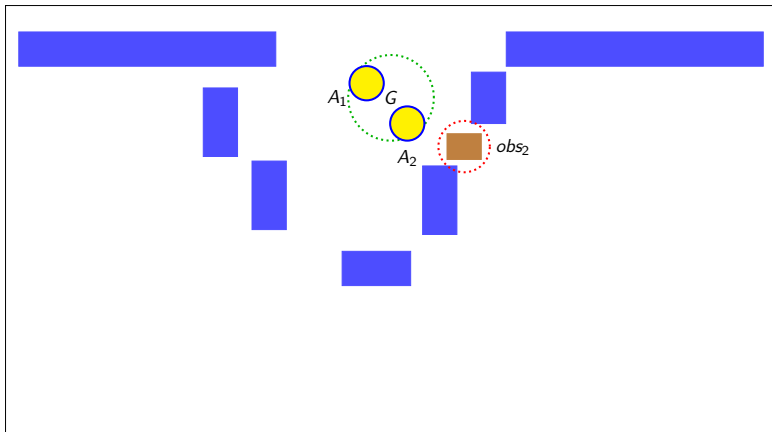
Актуализированные знаки агента A_2 : “область Y_1 ”, “рядом”, “препятствие 1”, “разрушить”.

Пример по перемещению



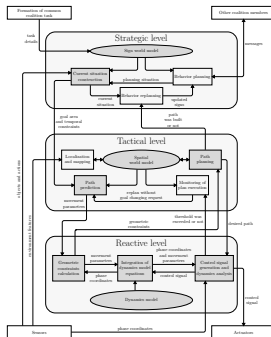
Актуализированные знаки агента A_1 and A_2 : “далеко”, “перемещение 3”
 → операции планирования траектории.

Пример по перемещению



Актуализированные знаки агента A_1 и A_2 : целевое состояние (“область G ”).

- Моделирование внимания.
- Образование нового знания (концепта).
- Планирование поведения.
- Построение картины мира субъекта на основе текстов.
- Генерация сообщений на основе картин мира определенного типа (виртуальные ассистенты).
- Построение многоуровневых архитектур управления.



Макаров, Д. А., А. И. Панов и К. С. Яковлев. «Архитектура многоуровневой интеллектуальной системы управления беспилотными летательными аппаратами». *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2015.

Зубарев, Д. В., Д. А. Макаров, А. И. Панов и К. С. Яковлев. «Принципы построения многоуровневых архитектур систем управления беспилотными летательными аппаратами». *Авиакосмическое приборостроение*. 2013.

Спасибо за внимание!

ФИЦ ИУ РАН, лаб. «Динамические интеллектуальные системы»,
pan@isa.ru

<https://github.com/cog-isa/map-planner.git>