



СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Кафедра Вычислительной техники

Магистерская программа

«Семантические технологии и многоагентные системы»

Дисциплина: «Интеллектуальные агенты и многоагентные системы»

## *Лекция 4*

# *Практически Рассуждающие Агенты* (Practical Reasoning Agents)

# Практические рассуждения

- *Практические рассуждения* – рассуждения, направленные на действия – процесс выяснения, что надо делать.

(Теоретические рассуждения направлены на убеждения!)

«Предмет *практических рассуждений* – взвешивание противоречивых соображений за и против конкурирующих вариантов, где соответствующие соображения определяются тем, что агент желает, ценит, о чем беспокоится, во что верит»

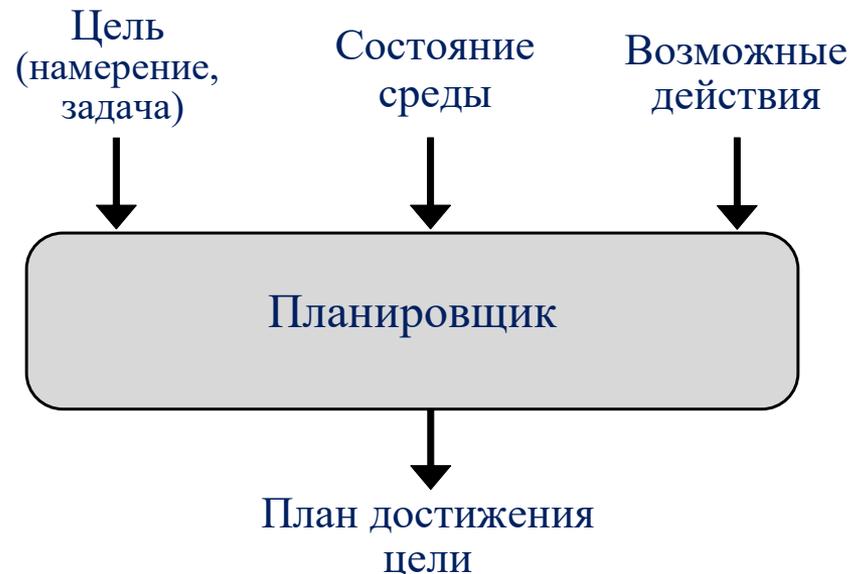
(M. Bratman)

- Практические рассуждения людей состоят из *двух активностей*:
  - **обдумывание (*deliberation*)** – решение, какого положения дел мы хотим достичь
    - результатом обдумывания являются *намерения (*intentions*)*;
  - **рассуждения «цель-средство» (*Means-ends reasoning*)** – решение, как достичь нужного состояния дел, используя доступные средства (действия, которые агент может выполнять).
    - результатом *рассуждений «цель-средство»* являются планы (в ИИ рассуждения «цель-средство» известны как *планирование*)

# Планирование

- Планирование – процесс построения плана.
- Планировщик – система, принимающая в качестве входа:
  1. Цель (намерение, задачу) – состояние, которого агент хочет достичь.
  2. Текущее состояние среды – убеждения (beliefs) агента.
  3. Действия – доступные агенту.

На выходе планирующий алгоритм генерирует план – последовательность действий для достижения цели



## Базовый ментальный цикл ПРА

1 **while** true **do**

2     Воспринять состояние мира;

3     Обновить внутреннюю модель мира;

4     Обдумать (выбрать) следующее намерение;

5     Построить план для намерения путем *рассуждений* «цель-средство»;

6     Выполнить план;

7 **end while**

*Шаги 2 и 3 рассматриваться не будут*

## Реализация ПРА: учет времени обдумывания

- Процессы обдумывания намерения и рассуждения «цель-средство» (планирования) **затратны по времени**
- Пусть:
  - $t_0$  – момент начала обдумывания намерения;
  - $t_1$  – момент завершения обдумывания намерения;
  - $t_2$  – момент завершения построения плана (рассуждения «цель-средство»)

$$t_{deliberate} = t_1 - t_0 ; \quad t_{me} = t_2 - t_1$$

- Пусть обдумывание намерения *оптимально* в том смысле, что в момент  $t_0$  оно *было лучшим* (максимизирующее ожидаемую полезность)
- Обдумывание намерения завершается в момент  $t_1$ 
  - есть риск, что в момент  $t_1$  выбранное намерение уже не является оптимальным
- Аналогично, время затраченное на рассуждения «цель-средство» (планирование) повышают риск, что выбранное намерение уже не является оптимальным
- *Оптимальность* достигается если:
  - обдумывание и рассуждения «цель-средство» достаточно быстры;
  - мир остается статичным;
  - выбранное намерение гарантированно остается оптимальным;

## Формализация ментального цикла ПРА

- Обозначим:
  - $B$  – текущие убеждения (*beliefs*) агента;
  - $Bel$  – множество убеждений;
  - $D$  – текущие желания (*desires*) агента;
  - $Des$  – множество желаний;
  - $I$  – текущие намерения (*intentions*) агента;
  - $Int$  – множество намерений;
  - $\rho, \rho_1, \dots$  – восприятия;
  - $Per$  – множество восприятий
- Процесс обновления убеждений агента моделируется функцией ревизии убеждений (*brf*):
  - $brf: \wp(Bel) \times Per \rightarrow \wp(Bel)$
- Процесс обдумывания задается функцией:
  - $deliberate: \wp(Bel) \rightarrow \wp(Int)$
- Рассуждения «цель-средство» задаются функцией:
  - $plan: \wp(Bel) \times \wp(Int) \rightarrow Plan$

## Формализованное представления ментального цикла ПРА (1)

```
1   $B := B_0$ ;      /*  $B_0$  – исходные убеждения */
2  while true do
3      get next percept  $\rho$  ;      // получить следующее восприятие
4       $B := brf(B, \rho)$ ;          // обновить убеждения
5       $I := deliberate(B)$ ;        // обдумать намерение
6       $\pi := plan(B, I)$ ;          // построить план
7      execute ( $\pi$ );              // выполнить план
8  end while
```

## Генерация и фильтрация вариантов при реализации ПРА

- При обдумывании необходимо:
  - *оценивать* доступные варианты и *выбирать* один из них
- *Функция обдумывания* может быть разделена на *два компонента*:
  - *Генерация вариантов (option generation)* :
    - агент генерирует множество возможных альтернатив (желаний)  
*options:  $\wp(\text{Bel}) \times \wp(\text{Int}) \rightarrow \wp(\text{Des})$*
  - *Фильтрация (filtering)*:
    - агент выбирает из конкурирующих альтернативных намерений  
*filter:  $\wp(\text{Bel}) \times \wp(\text{Des}) \times \wp(\text{Int}) \rightarrow \wp(\text{Int})$*

## Ментальный цикл с учетом генерации и фильтрации вариантов

```
1   $B := B_0;$            /*  $B_0$  – исходные убеждения */
2   $I := I_0;$            /*  $I_0$  – исходные намерения */
3  while true do
4      get next percept  $\rho;$            // получить текущее восприятие
5       $B := brf(B, \rho);$            // обновить убеждения
6       $D := options(B, I);$            // сгенерировать желание
7       $I := filter(B, D, I);$            // выбрать намерение
8       $\pi := plan(B, I);$            // построить план
9      execute( $\pi$ );           // выполнить план (последовательное
                               // выполнение действий)
10 end while
```

Проблемы:

- Цикл управления занят выполнением плана до его полного выполнения, даже если он неуспешен
- Никогда не останавливается для пересмотра намерений, даже если это намерение уже невозможно или появились новые возможности

Если план неудачен необходимо *перепланирование* !!!

Необходим *пересмотр намерений* !!!

# Стратегии приверженности

В теории рациональных агентов известны следующие *стратегии приверженности (commitment strategies)*:

- *Слепая приверженность (Blind commitment)*  
- агент продолжает придерживаться намерения до тех пор, пока не убедится, что намерение действительно достигнуто;
- *Целенаправленная приверженность (Single-minded commitment)*  
- агент продолжает придерживаться намерения до тех пор, пока либо он не убедится, что намерение *действительно достигнуто*, либо его больше *невозможно достигнуть*;
- *Непредубежденная приверженность (Open-minded commitment)*  
- агент будет продолжать поддерживать намерение до тех пор, пока оно еще считается возможным.

## Формальные обозначения для планирования

$\pi$  – план:

- $pre(\pi)$  – предусловия плана;
- $post(\pi)$  – постусловия плана;
- $body(\pi)$  – тело плана;
- $empty(\pi)$  – проверка пустоты плана;
- $execute(\pi)$  – выполнение плана;
- $hd(\pi)$  – «голова» плана;
- $tail(\pi)$  – «хвост» плана;
- $sound(\pi, I, B)$  – план обоснован (актуален)

## Ментальный цикла ПРА со стратегией *слепой приверженности*

```
1.
2.    $B := B_0;$ 
3.    $I := I_0;$ 
4.   while true do
5.     get next percept  $\rho;$ 
6.      $B := brf(B, \rho);$ 
7.      $D := options(B, I);$ 
8.      $I := filter(B, D, I);$ 
9.      $\pi := plan(B, I);$ 
10.    while not empty( $\pi$ ) do           // План не пуст?
11.       $\alpha := hd(\pi);$               // План выполняется по шагам
12.      execute( $\alpha$ );
13.       $\pi := tail(\pi);$ 
14.      get next percept  $\rho;$           // Получить новое восприятие
15.       $B := brf(B, \rho);$ 
16.      if not sound( $\pi, I, B$ ) then
17.         $\pi := plan(B, I)$ 
18.      end-if
19.    end-while
20.  end-while
```

Если *план не обоснован*, строится другой, до тех пор пока план успешно не выполнен или выполняется выход из плана

# Стратегии приверженности

## Недостатки:

- Излишняя приверженность намерениям
  - цикл никогда не останавливается, чтобы рассмотреть актуальны ли его намерения
- Необходимо остановится для определения, следовать ли намерениям или они невозможны
- *Целенаправленная приверженность*

## МЦ ПРА: Перепланирование в цикле

```
2.   $B := B_0;$ 
3.   $I := I_0;$ 
4.  while true do
5.    get next percept  $\rho;$ 
6.     $B := brf(B, \rho);$ 
7.     $D := options(B, I);$ 
8.     $I := filter(B, D, I);$ 
9.     $\pi := plan(B, I);$ 
10.   while not ( $empty(\pi)$ 
11.         or  $succeeded(I, B)$ 
12.         or  $impossible(I, B)$ ) do
13.      $\alpha := hd(\pi);$ 
14.      $execute(\alpha);$ 
15.      $\pi := tail(\pi);$ 
16.     get next percept  $\rho;$ 
17.      $B := brf(B, \rho);$ 
18.     if not  $sound(\pi, I, B)$  then
19.        $\pi := plan(B, I)$ 
20.     end-if
21.   end-while
22. end-while
```

Что если возникают новые возможности?

Пока (1) план не пуст и  
(2) текущее намерение не достигнуто и  
(3) не является недостижимым

- выбрать очередное действие плана
  - выполнить его
  - скорректировать план
  - получить следующее восприятие
  - обновить убеждения
- Если план не обоснован, то
- выполнить перепланирование

## Пересмотр намерений

- Такой агент может пересматривать свои намерения один раз во время прохода по внешнему циклу, т. е. когда он :
  - полностью выполнил план достижения его текущих намерений, или
  - убежден, что он достиг своих текущих намерений, или
  - убежден, что его текущие намерения более невозможны.
- Это *ограничивает возможности пересмотра* агентом его *намерений*
- Модификация: Пересматривать намерения *после выполнения каждого действия*

## МЦ ПРА: Пересмотр намерений

```
1.
2.   $B := B_0$ ;
3.   $I := I_0$ ;
4.  while true do
5.      get next percept  $\rho$ ;
6.       $B := brf(B, \rho)$ ;
7.       $D := options(B, I)$ ;
8.       $I := filter(B, D, I)$ ;
9.       $\pi := plan(B, I)$ ;
10.     while not ( $empty(\pi)$ 
11.                or  $succeeded(I, B)$ 
12.                or  $impossible(I, B)$ ) do
13.          $\alpha := hd(\pi)$ ;
14.          $execute(\alpha)$ ;
15.          $\pi := tail(\pi)$ ;
16.         get next percept  $\rho$ ;
17.          $B := brf(B, \rho)$ ;
18.          $D := options(B, I)$ ;
19.          $I := filter(B, D, I)$ ;
20.         if not  $sound(\pi, I, B)$  then
21.              $\pi := plan(B, I)$ 
22.         end-if
23.     end-while
24. end-while
```

Пересмотр намерения после  
выполнения каждого действия плана

## Дилемма пересмотра намерений

- Пересмотр намерений – достаточно ресурсоемок!

### Дилемма:

- Агент, который не останавливается для пересмотра намерений достаточно часто будет продолжать пытаться достичь намерений даже после того, как стало ясно что они не могут быть достигнуты или что нет никаких причин их достигать
  - Агент, который непрерывно пересматривает свои намерения может затрачивать на это очень много времени для их достижения и никогда не достигать
- *Возможное решение:* добавить явный компонент *управления на мета-уровне*, который будет решать начинать или нет пересмотр намерений

# Пересмотр намерений

```
1.
2.   $B := B_0;$ 
3.   $I := I_0;$ 
4.  while true do
5.    get next percept  $\rho;$ 
6.     $B := brf(B, \rho);$ 
7.     $D := options(B, I);$ 
8.     $I := filter(B, D, I);$ 
9.     $\pi := plan(B, I);$ 
10.   while not ( $empty(\pi)$ 
11.             or  $succeeded(I, B)$ 
12.             or  $impossible(I, B)$ ) do
13.      $\alpha := hd(\pi);$ 
14.      $execute(\alpha);$ 
15.      $\pi := tail(\pi);$ 
16.     get next percept  $\rho;$ 
17.      $B := brf(B, \rho);$ 
18.     if  $reconsider(I, B)$  then
19.        $D := options(B, I);$ 
20.        $I := filter(B, D, I);$ 
21.     end-if
22.     if not  $sound(\pi, I, B)$  then
23.        $\pi := plan(B, I)$ 
24.     end-if
25.   end-while
26. end-while
```

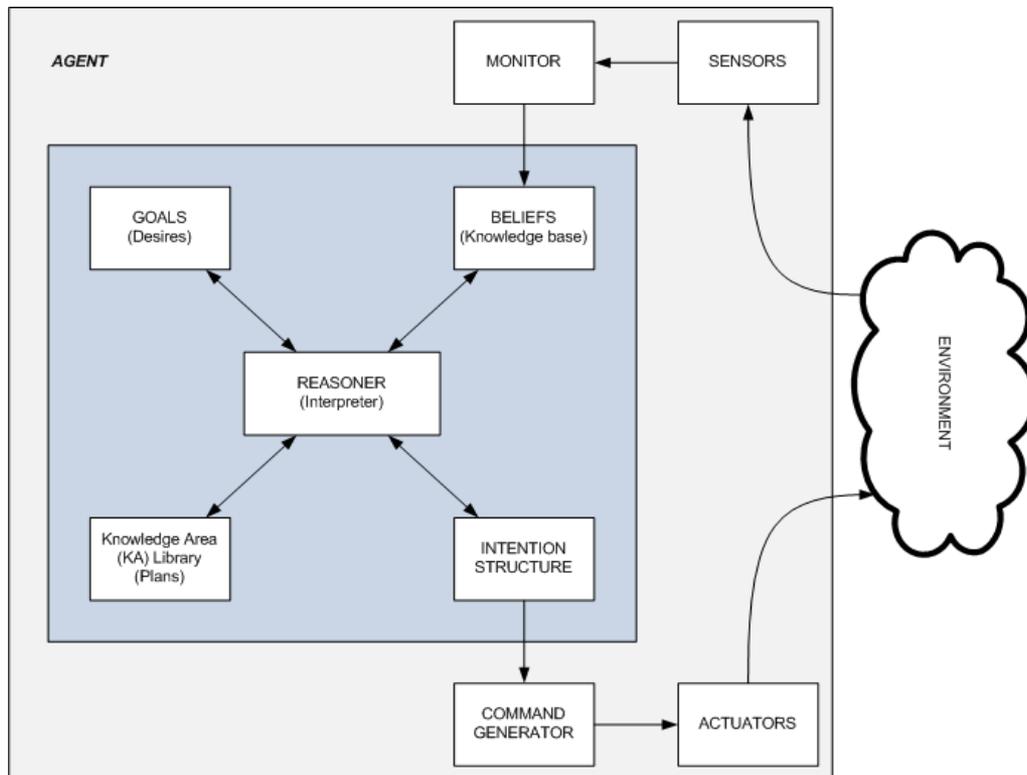
Управление мета-уровня



## Возможные взаимодействия между мета-уровневым управлением и обдумыванием

№ ситуации	Выбор обдумывания?	Намерения изменились?	Намерения могли измениться?	<i>reconsider(...)</i> оптимальна?
1	Нет	-	Нет	Да
2	Нет	-	Да	Нет
3	Да	Нет	-	Нет
4	Да	Да	-	Да

# Агентная архитектура PRS (Procedural reasoning system) [Georgeff & Lansky 1987]



- Агент имеет библиотеку планов (*plan library*), представляющую процедурные знания агента: знания о механизмах, которые могут использоваться агентом для реализации его намерений.
- Доступные агенту варианты непосредственно определяются планами, которые он имеет, агент без планов не имеет вариантов