

**ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ РАСШИРЕННОЙ BDI АРХИТЕКТУРЫ  
АГЕНТА В МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА****Б.И. Клебанов, Т.И. Антропов, Е.М. Рябкина (Екатеринбург)****Введение**

Одной из фундаментальных задач теории компьютерного моделирования социальных систем является имитационное моделирование свойств и отношений социальных агентов. Использование моделирования позволяет всесторонне изучить поведение той или иной системы или процесса и выработать рекомендации по повышению эффективности их функционирования. Задача моделирования человеческого поведения, в ее сегодняшнем представлении, отражает в себе основные проблемные моменты, сложившиеся в философии, психологии, социологии, кибернетике и в прочих науках [1].

Особенно популярным средством для решения подобного рода задач является агентно-ориентированное моделирование. Его отличительным свойством является наличие внешней среды, с которой агент способен взаимодействовать, но не может её контролировать, что позволяет ещё больше приблизить модель к реальности.

Классическая BDI архитектура агента, представленная авторами Rao и Georgeff [2] предполагает, что рассуждения агента выполняются с использованием механизмов вывода на основе ментальных понятий агента, представленных некоторыми структурами знаний, однако у неё есть большая проблема, актуализации и выбора стратегии. А так же большие затраты ресурсов машинного времени при планировании, если агент ограничен ресурсами при решении сложных проблем

Архитектуры, используемые в робототехнике, по типу архитектуры ACT-R [3], выглядят как язык программирования, что делает их сложными для различных модификаций и понимания. Так же стоит отметить существование гибридных архитектур, одной из них является архитектура ReCau [4]. Она даёт больше возможностей по сравнению с выше перечисленными. Так, например, в отличие от классической BDI модели в данной архитектуре вводится такая характеристика агента, как эмоции и способность к обучению. ReCau архитектуру можно применить и для построения агентов в имитационной модели, и в робототехнике. Способность к обучению имеют и представители других архитектур.

Целью данной работы является разработка принципов построения BDI архитектуры, основанной на реализации механизмов удовлетворения потребностей агентов в рамках искусственного общества.

**Расширенная BDI архитектура**

В рамках работы [5] предлагается рассматривать потребность агента как желание перехода из текущего состояния в требуемое состояние, т.е. потребность в действии (операции), выполняемом самим агентом или внешним окружением, обеспечивающим данный переход. Другими словами, потребность это заявка агента на действия ее удовлетворения.

Следует отметить, что действия по реализации потребностей не являются произвольными, они записаны в генетической памяти агента и всего мира и, по сути, являются возможными рецептами применения объектов для удовлетворения конкретных потребностей. Объем потребности определяется разницей между текущим и требуемым состоянием агента. С каждой потребностью, кроме объемных, связаны

также и временные требования. Одну и ту же потребность можно реализовать различными действиями (рецептами или их сочетанием). В нашей модели агент выбирает с его точки зрения эффективную операцию из ИЛИ возможных, известных ему операций и определяет стратегию ее применения.

Основой предлагаемой модели является объективные с точки зрения исследователя в рамках проводимого эксперимента базы знаний (ОБЗ) и данных (ОБД) и способности конкретных агентов представляемые в модели в двух видах: в виде ментального (субъективного) представления («убеждения» в терминологии BDI [1]) и объективного представления знаний агента с точки зрения исследователя.

ОБЗ для каждого типа объектов или отношений между объектами включает:

- состав моделируемых свойств;
- возможные способы применения объекта (отношения) в рецептах удовлетворении потребностей активных агентов;
- множество рецептов создания, изменения объекта (отношения); противодействия объекту (отношению), защиты от объекта, преодоления, разрушения объекта (отношения);
- множество рецептов актуализации - обнаружения, идентификации объекта, определения его отношений с другими объектами;
- модели внутренних процессов изменения свойств, состояний, возможностей объекта (отношения) с учетом влияния внешней среды (в т.ч. воздействий других агентов и процессов);
- для активных агентов - процессы формирования различных типов потребностей.

Агент выбирает из множества известных ему рецептов и возможностей те, которые позволят, по его мнению, рационально достигнуть состояния удовлетворения.

В основу модели рационального выбора агентом путей реализации потребностей положена методология постепенного усиления возможностей агентов, которая предполагает, что агент в процессе поиска пути удовлетворения потребности постепенно наращивает множество возможных рецептов удовлетворения потребностей. При этом он использует свой опыт и опыт других агентов, с которыми взаимодействует, а так же доступные знания других агентов. Для развития и усиления возможностей могут быть использованы различные методы. Основными методами являются: физическое развитие, образование и приобретение навыков, приобретение и освоения новых, перспективных технологий и средств производства, исследования и создание новых типов объектов, пространственные и инфраструктурные методы, оргструктурные методы, в т.ч. разделение труда, экономические методы, политические и идеологические методы, психологические методы воздействия на других агентов, методы усиления безопасности, и т.п. Рассмотренную архитектуру, основанную на учете потребностей агентов, в дальнейшем назовем расширенной BDI архитектурой.

При представлении объективных и локальных знаний в расширенной архитектуре должны быть учтены следующие особенности решаемой задачи:

1. Нужно обеспечить возможность выделения локальных знаний из глобальных.
2. Каждый элемент глобальных знаний может быть известен конкретному агенту или нет. Возможно указание уровня известности
3. В случае рецепта конкретный агент может знать о существовании рецепта, но

не уметь его исполнить. Возможно указание уровня умения, например, от 0 до 1. Этот уровень может влиять на выбор рецепта, а, в случае выбора, на вероятность правильного исполнения.

В качестве минимальных элементов (атомов) объектных знаний приняты: рецепты удовлетворения потребностей, пассивные активные объекты, сложные и бинарные отношения между элементами, параметры элементов и функциональные зависимости между параметрами элементов ОБЗ. Каждый элемент знаний имеет свой глобальный идентификатор. Локальная (ментальная) база знаний каждого агента образуется подмножеством глобальных идентификаторов элементов знаний из ОБЗ с указанием уровня владения. Уровень владения объема знаний меняется в процессе жизни активного объекта. Объективная база данных (ОБД) включает данные о размещении пассивных и активных объектов их параметрах в текущий момент времени, а также о существующих отношениях между ними. Локальная (ментальная) база данных каждого агента образуется подмножеством глобальных идентификаторов элементов данных из ОБД с указанием уровня достоверности. Локальная база данных накапливается и сокращается активным агентом в процессе его жизнедеятельности

Предложенный подход предполагает, что каждый из этапов стандартного цикла удовлетворения потребности (актуализация, поиск и выбор объектов удовлетворения потребностей, выбор стратегии достижения цели, выполнение намеченных действий также) может рассматриваться как потребность, что требует рекурсивной организации алгоритма моделирования.

С учетом вышесказанного предложена следующая расширенная модель процесса реализации потребности:

1. Актуализация множества рецептов удовлетворения потребности,
  - 1.1. Если агенту известно определенное множество рецептов удовлетворения потребности и, с его точки зрения, оно достаточно для выбора (т.е. дополнительная актуализация не требуется), то переход к п.2 (выбор рецепта),
  - 1.2. Если агенту известна и устраивает стратегия актуализации, то переход к п.1.4.,
  - 1.3. Усиление стратегии актуализации,
  - 1.4. Дельта - расширение множества рецептов с помощью выбранной стратегии актуализации, переход к п. 1.1.,
2. Выбор рецепта удовлетворения потребности.
  - 2.1. Если множество выбора  $i$  включает 1 рецепт и его оценка устраивает агента, то переход к п.3 (определение множества стратегий),
  - 2.2. Если агенту известна и устраивает стратегия оценки и выбора объекта, то переход к п.2.4.,
  - 2.3. Усиление стратегии оценки и выбора рецептов,
  - 2.4. Оценка вариантов и выбор рецепта, переход к п. 2.1.
3. Определение множества стратегий (планов) реализации выбранного рецепта.
  - 3.1. Если агенту известно множество возможных стратегий реализации выбранного рецепта и, с его точки зрения, оно достаточно для выбора, то переход к п.4 (выбор плана реализации рецепта),
  - 3.2. Если агенту известна и устраивает стратегия построения множества планов, то переход к п.3.4.,
  - 3.3. Усиление стратегии формирования планов реализации выбранного

- рецепта,
- 3.4. Дополнение множества планов с помощью выбранной стратегии актуализации, переход к п. 3.1.,
  4. Выбор плана реализации рецепта удовлетворения потребности.
    - 4.1. Если план выбран, то переход к п.5. (Выполнение предусловий),
    - 4.2. Если агенту известна и устраивает стратегия оценки и выбора плана, то переход к п.4.4.,
    - 4.3. Усиление стратегии оценки и выбора плана,
    - 4.4. Оценка вариантов и выбор плана, переход к п. 4.1.,
  5. Выполнение предусловий.
    - 5.1. Генерация потребностей предусловий,
    - 5.2. Ожидание реализации потребностей предусловий,
    - 5.3. Если все потребности предусловий удовлетворены в заданное время и в соответствии с прогнозом, то к п.6 (удовлетворение потребности), иначе переход к п.1.,
  6. Исполнение финального рецепта удовлетворения потребности.
    - 6.1. Если результат реализации рецепта соответствует прогнозу, то КОНЕЦ, иначе переход к п.1.

Система моделирования, основанная на изложенных принципах, разработана в среде RePast Symphony на языке Groovy. Проведенные эксперименты подтвердили возможность использования системы для анализа процессов социальной динамики.

### Сравнительный анализ архитектур когнитивных агентов

Сравнительный анализ архитектур когнитивных агентов, с учетом результатов представленных в данной работе представлен в Таблице 1.

Таблица 1 - Сравнительный анализ архитектур когнитивных агентов

Характеристики	Типы архитектур когнитивных агентов				
	Классическая BDI	ReCau	EBDI	ACT-R	Расширенная BDI
Учет пассивных и активных агентов и отношения между ними	-	+	-	-	+
Наличие глобальной базы знаний	-	-	-	-	+
Классика BDI (Убеждения, Желания, Цели, Намерения)	+	+	+	-	+
Основа поведения – возникновение потребности	-	+	-	-	+
Учёт процессов актуализации	-	-	-	-	+

потребности					
Учёт процессов выбора объекта удовлетворения потребности	+	-	-	-	+
Учёт процессов выбора стратегии различных методов усиления возможностей агентов	-	-	-	-	+
Учет положения и перемещения агентов в пространстве	+	+	+	+	+
Учёт процессов обучения агентов	-	+	-	+	+
Направленность на моделирование развития общества	+	+	-	-	+

### Выводы

Предложен подход к построению расширенной архитектуры BDI-агента, включающей рекурсивный учет потребностей агентов и использование усилителей возможностей агентов при выборе путей удовлетворения потребностей. Проведенный сравнительный анализ показал ряд преимуществ предложенной архитектуры расширенной BDI по сравнению с ранее рассмотренными архитектурами.

### Литература

1. Макаров В.Л., Бахтизин А.Р., Социальное моделирование - новый компьютерный прорыв (агент – ориентированные модели) / - Москва: Экономика, 2013.
2. Rao, Georgeff M. P. BDI-agents: From Theory to Practice – 1995.
3. ACT-R [Official site] URL: <http://act-r.psy.cmu.edu/> (дата обращения: 10.06.2014).
4. Ali Orhan Aydın, Mehmet Ali Orgun. The Reactive-Causal Architecture: Radar Task Simulation.//Journal of Artificial Societies and Social Simulation – 2012. URL: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/15/4/5.html> (дата обращения: 15.05.2014).\
5. Клебанов Б.И., Антропов Т.В., Рябкина Е.М. Один подход к построению имитационной модели развития общества на основе учета потребностей агентов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: [www.science-education.ru/121-18155](http://www.science-education.ru/121-18155) (дата обращения: 26.09.2015).