

**АЛГОРИТМ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕАКТИВНЫХ АГЕНТОВ НА
ОСНОВЕ ДЕКЛАРАТИВНОГО ОПИСАНИЯ****А.И. Павлов, А.Б. Столбов (Иркутск)**

Введение. В настоящее время авторами ведется работа по созданию программного комплекса для поддержки проектирования агентов имитационных моделей сложных систем [1, 2]. Целевым пользователем данного программного комплекса является специалист-предметник, не владеющий навыками программирования и не обладающий глубокими знаниями в области агентного моделирования. В связи с этим необходимо учитывать следующие требования к создаваемому комплексу. Во-первых, формулировка задач должна осуществляться с помощью использования содержательной терминологии, что в свою очередь определяет необходимость явного применения концептуальной модели исследуемой области в процессе проектирования агентной модели. Во-вторых, для описания закономерностей исследуемой области целесообразно использование интуитивно понятных инструментов: продукционных правил и элементов визуального программирования. В-третьих, необходимо контролировать и оценивать действия пользователя в процессе разработки модели.

Первые два требования определяют задачи подсистемы проектирования программного комплекса, а третье – подсистемы поддержки. Результатом работы подсистемы проектирования является спецификация агентной модели, в то время как подсистема поддержки предлагает пользователю рекомендации по направлению дальнейших действий в зависимости от текущего состояния процесса проектирования.

Статья посвящена проблеме поддержки исследователя в процессе разработки имитационной модели. Для ее решения необходимо сформировать концептуальную модель процесса проектирования, определить основные этапы процесса проектирования, сформулировать принципиальный алгоритм поддержки и разработать архитектуру подсистемы программного комплекса для его реализации

Концептуальная модель процесса проектирования агентной модели. Согласно требованиям к программному комплексу исходными данными для построения модели является описание предметной области в форме концептуальной модели (КМ). В данной работе структура этой концептуальной модели имеет следующий вид.

$$КМ = \{ \text{Понятие, Атрибут, Отношение, Спецификация внешнего метода} \},$$
$$\text{Понятие} = \{ \text{Имя, Описание, Список атрибутов} \},$$
$$\text{Атрибут} = \{ \text{Имя, Тип атрибута, Значение по умолчанию} \},$$
$$\text{Тип атрибута} = \{ \text{Литеральный, Объектный} \}$$
$$\text{Отношение} = \{ \text{Понятие 1, Тип отношения, Имя, [Понятие 2]} \},$$
$$\text{Внешний метод} = \{ \text{Имя, Описание, Список параметров, Тип реализации} \}$$

Поясним некоторые определения, связанные с предложенной структурой концептуальной модели. Под литеральным типом атрибута понимаются текст, число, дата и т.п., а под объектным – ссылка на другое понятие. Отношения задаются между понятиями и являются как бинарными, так и унарными. Типами отношений могут быть как общепринятые (причинно-следственное отношение, ассоциация, агрегация и др.), так и связанные с предметной спецификой и заданные пользователем. Например, для моделирования поведения роботов пользователь может явно ввести такой тип отношения как «движение», со следующими возможными названиями для этого

отношения: вправо, влево. Спецификация внешнего метода – это способ описания в КМ, разработанных сторонними исследователями программного кода. При этом необходимо указать спецификацию входных и выходных параметров, а также тип реализации (например, функция JESS, метод JAVA, скрипт PHP и т.п.).

К настоящему времени существует большое количество методологий агентно-ориентированной программной инженерии: MASE, MASSIVE, SODA, GAIA, MESSAGE, INGENIAS, BDIM, HLIM, MEI, PROMETHEUS, PASSI, ADELFE, COMOMAS, MAS-CommonKADS, CASSIOPEIA, TROPOS и др. Часть из этих методологий являются оригинальными разработками, другая часть основывается на существующих подходах из других областей: UML, используемый для разработки программного обеспечения; KADS, применяемый для создания концептуальных моделей [3]. Парадигма агентно-ориентированной программной инженерии во многом пересекается с подходами в области создания агентных имитационных моделей.

Таким образом, накопленный опыт можно использовать при разработке систем проектирования агентных моделей. В частности, наборы понятий и инструкций, явно или неявно описанных в методологиях, могут послужить основой для компьютерной поддержки процесса проектирования агентов. Для этого, необходимо преобразовать эти наборы в обрабатываемую компьютером форму. Традиционно, системы поддержки принятия решений являются системами, основанными на знаниях. Поэтому организацию процесса поддержки можно осуществить путем формализации методологий в виде баз знаний, шаблоны фактов которых формируются на основе понятий, а инструкции преобразуются в правила. Набор правил, реализующих одну инструкцию, будем называть далее *процедурой поддержки*, а базу знаний, которая содержит эти процедуры вместе с другой необходимой в процессе проектирования агентной модели информацией, будем называть системной базой знаний (СБЗ).

СБЗ можно представить в виде двух блоков: концептуальной модели процесса проектирования (КМПП) и процедур поддержки. КМПП можно в свою очередь разделить на следующие блоки:

1. Спецификация компонентов агентной модели (пример на рис.1).
2. Метаописание компонентов агентной модели.
3. Описание этапов разработки и тестирования агентной модели. С каждым этапом сопоставляются *процедуры поддержки*, представляющие собой набор эвристических правил, которые позволяют оценить полученный к текущему моменту результат проектирования и предложить рекомендации либо по улучшению этого результата, либо по направлению дальнейших действий.
4. Спецификация рекомендаций системы поддержки. Например, «предложить добавить новое свойство в компонент модели», «запросить у пользователя дополнительную информацию о параметре компонента модели» и т.п.
5. Спецификация действий пользователя в процессе разработки модели и принятия решений. Например, Создание/удаление компонента, редактирование его параметров, выбор решения из предложенного списка альтернатив.
6. Описание понятий, связанных с непосредственной организацией вычислительного эксперимента. Например, критерии оценки результатов расчетов, описание графических элементов для представления результатов расчетов и т.п.

Основные этапы процесса проектирования агентной модели. Для определения последовательности основных этапов, используются результаты доступных в настоящее время исследований по анализу, сравнению, комбинированию и

обобщению отдельных методологий. В частности, в работе [4] для того, чтобы оценить возможности различных методологий был представлен обобщенный алгоритм процесса создания многоагентной системы. Этот алгоритм при определенных дополнениях может использоваться как базовый для проектирования агентной имитационной модели.

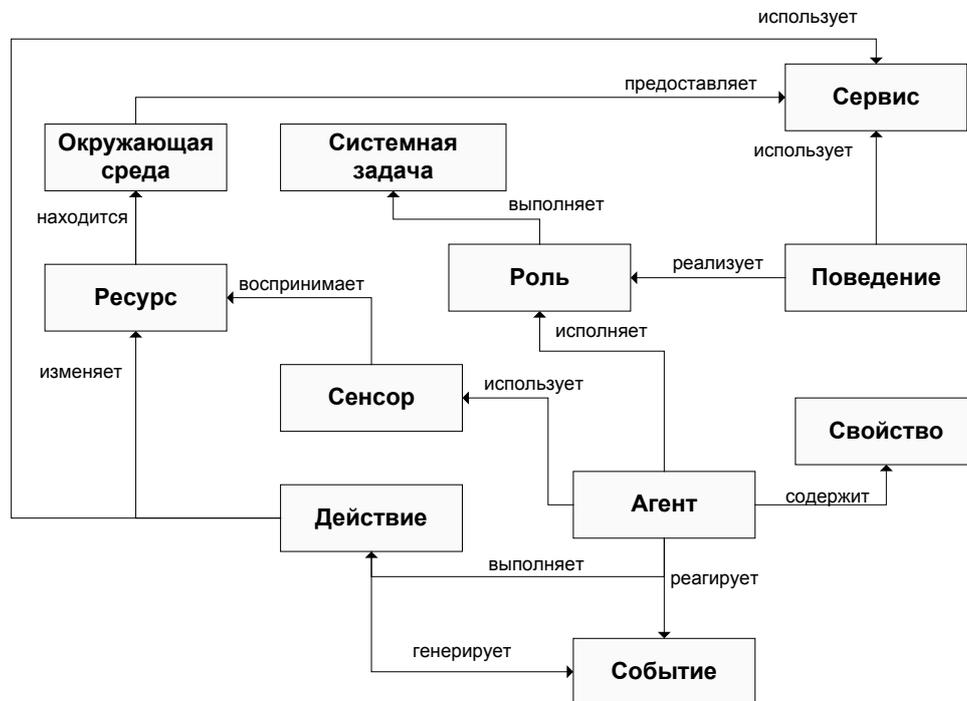


Рис. 1. Компоненты агентной модели

Алгоритм из [3] состоит из следующих этапов.

1. Идентификация целей на уровне исследуемой системы в целом.
2. Идентификация задач и поведения на уровне исследуемой системы в целом.
3. Спецификация вариантов использования.
4. Идентификация ролей.
5. Идентификация классов агента.
6. Формализация предметной области
7. Спецификация взаимосвязей между классами агентов
8. Определение протоколов взаимодействия
9. Определение содержания обмениваемых сообщений
10. Спецификация структуры агента
11. Определение мыслительной деятельности агента (цели, представления, планы и т.п.)
12. Определение поведения агента (сервисы, контракты и т.п.)
13. Спецификация архитектуры системы в целом.
14. Спецификация типа организационной структуры (независимое взаимодействие, иерархия и т.п.).
15. Определение окружающей среды многоагентной системы (ресурсы, сервисы и т.п.)
16. Спецификация механизма взаимодействия среды и агентов (в т.ч. сенсорные функции).
17. Спецификация отношений наследования и агрегирования.

18. Создание агентов в соответствии с заданным количеством.

19. Спецификация параметров запуска конкретных агентов в заданной программно-аппаратной среде.

Необходимо отметить, что, первые три этапа в рамках процесса создания агентной модели можно заменить на один этап – определение целей моделирования. Кроме того, так как концептуальная модель формируется до процесса начала проектирования агентов этап 6 необходимо исключить из рассмотрения. Учитывая специфику типа проектируемых агентов (реактивные), предлагается этап 11 временно не рассматривать. Также в представленный алгоритм необходимо добавить специфичные для имитационного моделирования этапы.

20. Спецификация вычислительного эксперимента (в т.ч. критерии оценки результатов расчетов).

21. Уточнение модели по результатам вычислительного эксперимента.

Каждый из базовых этапов этого алгоритма может быть рассмотрен более детально, как состоящий из множества подэтапов. Причем, состав этого множества изначально не фиксирован и зависит от применяемой в текущем исследовании методологии.

Об алгоритме поддержки и особенности его реализации. Задачей алгоритма поддержки является предоставление рекомендаций пользователю при последовательном формировании описания имитационной модели и вычислительного эксперимента в терминах КМПП с использованием разнообразных процедур поддержки. Согласно алгоритму поддержки на каждом этапе процесса проектирования выполняется следующая последовательность действий:

1. Обновление текущего состояния процесса проектирования агентной модели, включая спецификацию созданных компонентов модели, идентификацию текущего подэтапа и формирование списка действий, выполненных пользователем.
2. Формирование списка процедур поддержки, соответствующих текущему состоянию процесса проектирования.
3. Выполнение выбранных процедур поддержки.
4. Отображение полученных рекомендаций системы поддержки.
5. Применение выбранных рекомендаций и добавление информации о проведенных операциях в список действий пользователя.
6. Принятие решения о переходе на следующий подэтап или этап.

Реализацию данного алгоритма предлагается осуществить с помощью программной системы со следующей архитектурой (рис. 2.).

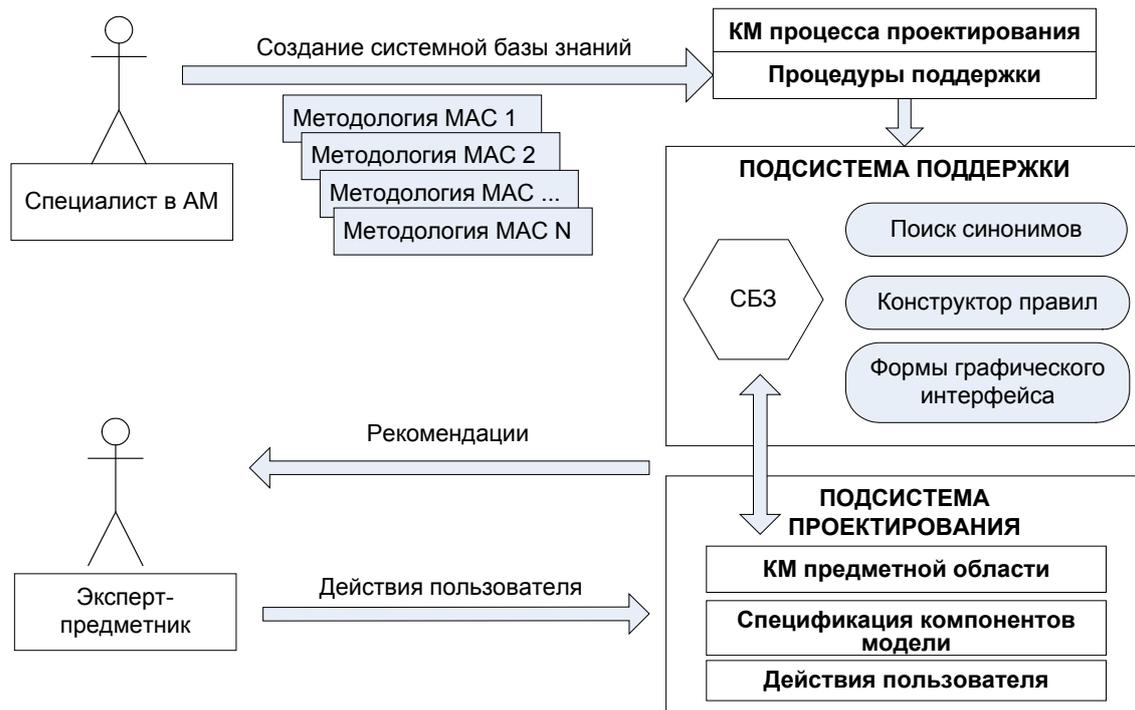


Рис.2 Архитектура подсистемы поддержки

Заключение.

В данной работе описывается концепция поддержки процесса преобразования концептуальной модели предметной области в спецификацию агентной имитационной модели. Принятие решений на каждом этапе процесса проектирования осуществляется в результате интерактивного диалога с пользователем под контролем подсистемы поддержки. Оригинальным элементом этой подсистемы является «системная» база знаний, которая содержит концептуальную модель процесса проектирования и процедуры поддержки.

Процесс сопровождения пользователя состоит из множества процедур поддержки, распределенных по различным этапам проектирования агентной модели и вызываемых при возникновении определенных условий: в зависимости от методологии и состояния процесса проектирования.

Изменение способов построения модели, путем модификации процедур поддержки (добавление новых/изменение существующих), а также уточнение и развитие концептуальной модели процесса проектирования, обеспечивает возможность последовательного усложнения этого процесса, за счет добавления новых этапов и методологий.

Работа частично поддержана грантами РФФИ №14-07-31298 «Система поддержки проектирования интеллектуальных агентов для имитационных моделей сложных систем на основе интеграции императивных и декларативных методов описания поведения агентов» (2014-2015) и РФФИ №15-07-05641 «Разработка принципов, моделей и методов создания и поддержки интеллектуальных мультиагентных систем для прогнозирования техногенных чрезвычайных ситуаций» (2015-2017).

Литература.

1. Павлов А.И., Столбов А.Б. Архитектура системы поддержки проектирования агентов для имитационных моделей сложных систем // Программные продукты и

- системы. 2015. № 109. С. 12-16.
2. Столбов А.Б., Павлов А.И. Разработка системы поддержки проектирования имитационных моделей сложных систем на основе декларативного метода описания агентов // Всероссийская научно-практическая конференция «Имитационное моделирование. теория и практика» ИММОД-2013 (21-23 октября 2013 г., С-Петербург). – 2013. – С. 267-270.
 3. Agent-oriented software engineering: reflections on architectures, methodologies, languages, and frameworks / под ред. Onn M Shehory; Arnon Sturm. Berlin: Springer, 2014.
 4. Agent-oriented Methodologies / под ред. Brian Henderson-Sellers, Paolo Giorgini. Idea Group Publishing, 2005.