
**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ
ДЕКЛАРАТИВНОГО МЕТОДА ОПИСАНИЯ АГЕНТОВ****А.Б. Столбов, А.И. Павлов (Новосибирск)****Введение**

При проведении исследований, моделирования и проектных разработок термин «сложная система» ассоциируется с объектом, состоящим из множества отдельных иерархически устроенных частей, функционирующих в тесном взаимодействии и составляющих единое целое [1]. Например, как сложную систему можно рассматривать город, крупное предприятие, экономику региона и т.п. К настоящему времени накоплен богатый опыт в изучении сложных систем, разработаны разнообразные методологические подходы. К основным этапам моделирования сложных систем относятся: построение концептуальной модели системы и ее формализация; алгоритмизация модели системы и ее машинная реализация; получение и интерпретация результатов моделирования системы.

Современные средства автоматизации моделирования (AnyLogic, Arena, GPSS, iThink, Madkit, Matlab Simulink, PowerSim, Repast и др.) предоставляют пользователю возможность определения отношений между компонентами модели и правил их сборки. Основной задачей, решаемой этими средствами автоматизации, является построение непротиворечивой и эффективной (по времени или точности) компьютерной модели, соответствующей заданной постановке, а также многовариантные расчеты с целью оптимизации и настройки параметров, организация обмена данными между модулями, отображение результатов. Однако существующие средства уделяют недостаточно внимания этапу создания концептуальной модели и поддержки ее актуальности в рамках итеративного процесса разработки имитационной модели. Задача обеспечения явного использования формализованного представления концептуальной модели особенно важна при исследовании сложных систем, так как их изучение не укладывается в пределы компетенции ни одного конкретного специалиста и, следовательно, требует междисциплинарного подхода. Данное свойство сложных систем определяет следующую задачу, которую должны решать системы автоматизации моделирования – организация совместной работы коллектива специалистов из разных областей знаний: эксперты-предметники, математики, программисты, инженеры по знаниям. Использование парадигмы агентного моделирования позволяет учесть специфику междисциплинарного исследования за счет разделения областей компетенции экспертов по группам агентов. Для рассматриваемой проблемы важным преимуществом агентного моделирования является то, что, в отличие от моделей системной динамики или дискретно-событийных моделей, здесь нет необходимости подробно определять поведение системы в целом, разработку агента можно осуществить, опираясь на знания об индивидуальной логике поведения объектов предметной области.

Разнообразие структуры и поведения сложных систем в зависимости от задач исследования обуславливает высокую сложность автоматизации процесса разработки агентов, поэтому в большинстве современных инструментальных средств моделирования данный процесс осуществляется путем написания кода на императивном языке программирования с минимальным уровнем автоматизации. Это существенно уменьшает возможности использования подходов имитационного моделирования специалистами-предметниками в процессе исследований, т.к. они, как правило, редко обладают достаточным уровнем квалификации в области программирования. Проблемы минимизации участия программистов и инженеров по знаниям при создании агентов и определения пове-

дения агентов преимущественно декларативным путем определяют еще одну задачу исследования.

Предлагаемые методы и подходы

Для решения задачи формализации и использования концептуальной модели предметной области при создании агентов предлагается обеспечить исследователей возможностью совместной разработки онтологии предметной области, содержащей описания понятий предметной области, описания их характеристик и типизированных связей между понятиями. Создание онтологии позволит специалистам-предметникам согласовать используемые термины, уточнить их структуру и определить новые связи, обусловленные междисциплинарным характером исследований.

При решении задачи поддержки процесса преобразования концептуальной модели в агентную необходимо учитывать междисциплинарную специфику исследования сложной системы, когда объект моделирования представляется как система сравнительно однообразных взаимодействующих частей различной природы (агент или группа агентов), каждая из которых относится к некоторой предметной области.

Для поддержки исследователя в процессе создания агентной имитационной модели будет использоваться интегрированная экспертная система, база знаний которой содержит продукционные правила, управляющие процессом формирования структуры и поведения агента. На первом этапе этого процесса на основе понятий концептуальной модели определяются характеристики агента. Далее для полученной структуры определяется база знаний агента, которая содержит три составляющих поведения: собственная стратегия принятия решений, зависящая от структуры его характеристик; взаимодействие с внешней средой; реакция на действие других агентов. Поддержка проектирования будет заключаться в последовательном определении каждой составляющей поведения на основе анализа концептуальной модели. Отношения между понятиями концептуальной модели (структурные, причинно-следственные, наследование и т.п.) могут служить основанием для выявления потенциальной связи между агентами, содержащими эти понятия в качестве своих характеристик. Определение конкретных связей между агентами и/или средой в общем случае производится в результате интерактивного диалога с исследователем. В ходе такого диалога система поддержки может по заданным шаблонам генерировать вопросы о характере связи. Например, «На сколько изменится характеристика XI агента 1 при увеличении характеристики YI внешней среды?». В некоторых случаях ответы на подобные вопросы могут быть найдены при анализе онтологии предметной области и статистической информации. В процессе создания правил, описывающих поведение агента, может быть использована заранее заданная база вычислительных процедур, позволяющих преобразовывать численные значения характеристик. Для редактирования полученных правил и создания новых будут использоваться современные средства визуального представления и обработки знаний (например, Protege [2]).

Полученное с помощью интегрированной экспертной системы декларативное описание агента обладает рядом преимуществ. Во-первых, оно позволяет снизить квалификационные требования в области программирования для специалистов-предметников. Во-вторых, так как агенты отличаются друг от друга только набором характеристик и базой знаний, появляется возможность обеспечить реализацию всех агентов на базе одного специализированного класса (типового агента).

Типовой агент обладает следующей структурой:

- блок состояний, содержащий значения характеристик агента;
- декларативный блок, содержащий стратегию поведения агента, формализованную в виде продукционных правил;

- императивный блок, содержащий ссылки на программную реализацию расчетных процедур, используемых в процессе логического вывода.

Для реализации декларативного блока типового агента будут использованы инструментальные средства проектирования экспертных систем JESS [3]. Реализация процедур императивного блока будет осуществляться с использованием языков Java.

Функциональность типового агента позволяет изолировать информацию о структуре и поведении агента от его программной реализации в стороннем инструментальном средстве имитационного моделирования. Использование такого средства с отлаженной архитектурой позволяет разработчикам сконцентрироваться на решении задачи интеллектуализации и автоматизации процесса разработки имитационной модели.

В качестве базового средства, реализующего рутинные операции, связанные с организацией взаимодействия агентов, могут использоваться существующие инструментальные средства агентного моделирования (AnyLogic, JADE, MADKIT, NetLogo, Repast, Swarm и др.). Для апробации подхода предлагается использовать свободно распространяемую систему MADKIT [4].

Для решения задачи обеспечения совместной работы предлагается реализовать разрабатываемую систему в виде веб-приложения.

Архитектура системы поддержки проектирования имитационных моделей

Предлагается использовать следующую архитектуру системы поддержки проектирования интеллектуальных агентов, состоящую из следующих блоков.

1. Онтология предметной области (концептуальная модель).
2. Интегрированная экспертная система на базе JESS, содержащая системную базу знаний, в которой находятся шаблоны, правила и факты, описывающие закономерности процесса разработки многоагентной имитационной модели сложной системы на основе блока 1.
3. База расчетных процедур, содержащая описания и сигнатуру методов, доступных для использования агентами в процессе принятия решений.
4. База сформированных с использованием блока 2 имитационных моделей, каждая из которых содержит описание агентов, параметры внешней среды и начальные условия.
5. Блок инициализации, обеспечивающий создание необходимого количества агентов (с помощью блока 7) и определение конкретных параметров внешней среды для выбранной имитационной модели из блока 4.
6. Исполняющий блок, использующий существующее инструментальное средство имитационного моделирования общего назначения для обеспечения непосредственного выполнения процесса моделирования.
7. Блок реализации типового агента, обеспечивающий интерпретацию декларативного описания агента, полученного из блока 5, вызов процедур из блока 3 в исполняющем блоке 6.

Заключение

Предлагаемый подход к разработке системы поддержки проектирования имитационных моделей сложных объектов позволит осуществить их формирование от этапа концептуального описания до получения конкретных расчетов. При этом ее программная реализация будет осуществлена на основе существующих современных средств разработки экспертных систем, СУБД, систем агентного моделирования, программных инструментов для извлечения и представления знаний.

Оригинальность предлагаемой системы заключается в явном представлении концептуальной модели за счет описания сущностей и связей предметной области в форме

онтологии и в использовании системной базы знаний, содержащей правила преобразования онтологии в агентную модель. Данные правила должны будут осуществить поддержку исследователя при формировании структуры состояний агентов и среды; формировании прототипа декларативного описания поведения агента; уточнении поведения агента в интерактивном диалоге с пользователем; выявлении потенциальных связей агент-агент и агент-среда.

Предлагаемый авторами подход к автоматизации и интеллектуализации процесса разработки агентов позволит задавать их структуру и поведение специалистам-предметникам с минимальным участием программистов и инженеров по знаниям. А также позволит обеспечить возможность совместной работы в рамках междисциплинарного исследования, когда каждый эксперт обладает знанием только о части сложной системы. Неизвестная исследователю информация о деталях структуры и поведения агента может быть выявлена путем анализа онтологии предметной области.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 12-07-31080, 11-07-00245.

Литература

1. **Бусленко Н.П.** Моделирование сложных систем / Н.П.Бусленко. – М.: Наука, 1978. – 399 с.: ил.
2. Protégé is a free, open source ontology editor and knowledge-base framework [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – 2013. – Режим доступа: <http://protege.stanford.edu/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
3. Jess, the Rule Engine for the Java™ Platform [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – 2013 – Режим доступа: <http://www.jessrules.com/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ.
4. The Multiagent Development Kit [Электронный ресурс] / Fabien Michel, Jacques Ferber, Olivier Gutknecht. – Электрон. дан. – 2013. – Режим доступа: <http://www.madkit.org/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. англ., фран.