

**УДК 004.94**

### **Создание геоинформационной среды агентного моделирования**

Студент, кафедра «Информационные системы и телекоммуникации»: Д.В. Ошкало

Научный руководитель: А.М. Иванов,  
ассистент кафедры «Информационные системы и телекоммуникации»

МГТУ им. Н.Э. Баумана  
[u3@bmstu.ru](mailto:u3@bmstu.ru)

Имитационное моделирование является методом исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, что позволяет проводить эксперименты с целью получения информации о функционировании этой системы.

Одним из видов имитационного моделирования является агентное моделирование. Данный метод моделирования основан на том, что позволяет исследовать поведение децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом. При создании модели определяется поведение агентов на индивидуальном уровне, а глобальное поведение возникает как результат деятельности множества агентов.

Агентное моделирование осуществляется при помощи программных и программно-аппаратных средств – систем агентного моделирования. Большинство из них представляют собой среду разработки и набор библиотек для решения задач моделирования. Подобные системы успешно применяются в настоящее время, так как предоставляют стандартные инструменты разработки моделей, позволяющие унифицировать и ускорить процесс разработки, а также разрабатывать модели с широким спектром применения – не предназначенные для конкретной области.

Рассмотрим общую структуру средств агентного моделирования (рис. 1).

Принцип работы подобных систем выглядит следующим образом. Пользователь при помощи редактора моделей создает новые модели или же использует готовые. При запуске моделирования происходит обработка модели вычислителем по внесенному в модель сценарию. Планировщик времени позволяет осуществлять временную синхронизацию взаимодействия объектов модели. Обработывая модель, вычислитель выдает результаты, которые отображаются визуально при помощи средств отображения. Средства отображения включают в себя как средства отображения результатов моделирования, так и средства отчетности о моделировании в виде графиков и диаграмм.

Как видно из рис. 1, в имитационной модели, используемой в системе, можно выделить две основные части. Одна из них – это агенты, представляющие различные компоненты моделируемой системы и имеющие свои собственные параметры, поведения, цели и т. д. Но агенты не существуют обособленно – они должны взаимодействовать

между собой и это взаимодействие происходит внутри виртуального мира, называемого агентной средой.

Среда моделирования является важнейшей частью любого программного средства моделирования, так как во многом закладывает его потенциальные возможности и вносит ограничения в его функционал.

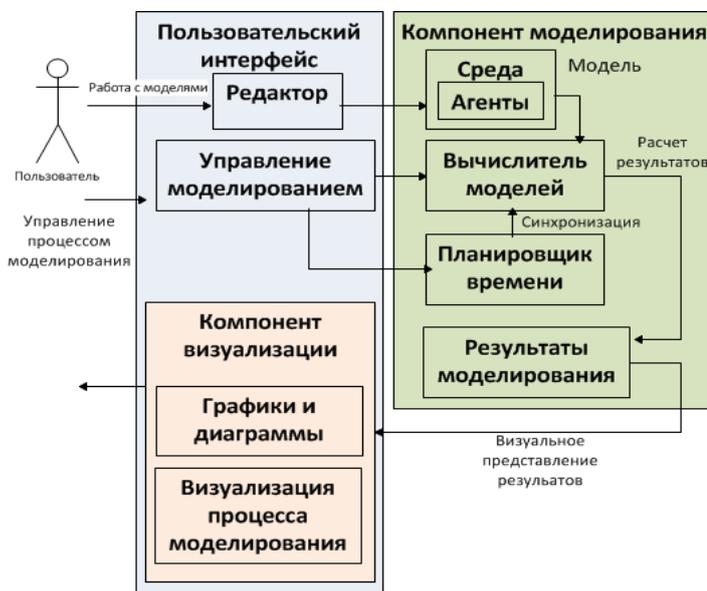


Рис. 1. Обобщенная структура программного средства агентного моделирования

В настоящее время характерной чертой большинства открыто распространяемых средств моделирования является то, что среде моделирования отводится лишь формальная роль описания пространства, в котором взаимодействуют агенты. Это приводит к тому, что сам процесс моделирования в основном сосредоточен на поведении агентов и взаимодействии их друг с другом, а не со средой. Это, в свою очередь, исключает использование подобных сред моделирования (следовательно, и средств моделирования, в состав которых они входят) для изучения сложных систем, поведений сложных объектов, сложных взаимодействий объектов друг с другом и с окружающим миром. Отметим, что при наличии в системе моделирования средств визуализации среду моделирования можно условно разделить на две части: параметрическое описание, используемое вычислителем моделей и визуальное представление. Недостатки абсолютного большинства используемых в настоящее время средств моделирования затрагивают обе эти части. К таковым можно отнести использование только двумерных сред, отсутствие параметризации среды моделирования (кроме описания геометрии пространства), а также примитивную визуализацию процесса моделирования.

Данная среда моделирования представляет собой полноценное трехмерное изображение земной поверхности и околоземного пространства, привязанное к системе географических координат, а также включает в себя мощные средства визуализации, позволяющие отображать сложные по составу объекты, анимацию и визуальные эффекты в процессе моделирования. Также данная среда обладает возможностями параметризации в зависимости от целей моделирования с тем, чтобы сделать модель мира наиболее приближенной к реальным условиям, позволяя более точно моделировать сложные взаимодействия множества объектов.

Однако среда моделирования не существует сама по себе независимо от программного средства моделирования. Поэтому, в далее в данной статье будут освещены не только вопросы создания среды моделирования, но и проблемы ее интеграции в программное средство агентного моделирования.

Подробный анализ программных средств имитационного моделирования с целью определения наиболее предпочтительного для использования в рамках указанной задачи выходит за рамки данной статьи. Приведем лишь критерии, на основании которых проводился анализ. К ним относятся: открытость формата описания используемых моделей, наличие модулей для визуализации результатов моделирования, их возможности, открытость и др., наличие качественной документации, модульный принцип построения архитектуры системы, полная открытость исходного кода системы, модифицируемость, простота внесения изменений, возможность использования сторонних библиотек и плагинов для модификации существующего функционала.

На основании вышеперечисленных критериев была выбрана платформа агентного моделирования Eclipse Agent Modeling Platform (Eclipse AMP). Подробное описание архитектуры и функционала данной платформы дано в [1, 2].

Хотя в условиях решаемой задачи этот выбор оптимален, он не лишен некоторых недостатков. Эти недостатки определяют те подзадачи, которые необходимо решить при создании геоинформационной среды.

В Eclipse AMP средства моделирования и визуализации ориентированы на работу с двумерными средами, однако разработчики системы указывают на возможность дополнения виртуального пространства до трехмерного.

Что касается параметризации среды, то в текущий момент в используемой в рамках данной платформы системе агентного моделирования Ascare [3] существует лишь описание среды с точки зрения ее геометрии.

Объекты, являющиеся визуальным представлением агентов, представляют собой примитивы. Нет возможности визуализации сложных объектов. Также не предусмотрены эффекты анимации.

Таким образом, можно сделать вывод о необходимых доработках Eclipse AMP. Во-первых, необходимо реализовать геометрическое описание трехмерной геоинформационной среды. Во-вторых, необходимо заложить возможность дополнения среды интересующими пользователя с точки зрения моделирования параметрами. В-третьих, нужно реализовать механизм, позволяющий производить визуализацию сложных многозвенных объектов, а также использовать эффекты анимации.

Часть вышеперечисленных задач, затрагивающих параметрическое представление среды и ее визуализацию, удалось решить путем использования готовой геоинформационной системы. Разрабатываемая среда создана на базе проекта NASA World Wind. NASA World Wind представляет собой трехмерную географическую систему – модель Земного шара. Основными преимуществами системы являются открытость и высокая производительность, что сделало ее популярной средой для исследований и научных разработок. Система предоставляет не только географическую информацию, но и информацию о различных объектах и природных явлениях. Данные отображаются с помощью слоев, каждый из которых соответствует одному источнику геоданных. NASA World Wind позволяет привязывать объекты к точкам на земной поверхности или в околоземном пространстве. К объектам возможна привязка различной информации.

Однако использование данной геоинформационной системы не решает проблем визуализации сложных трехмерных объектов и возможности применения эффектов анимации в процессе моделирования. Для решения подобного рода проблем в большинстве трехмерных систем используется структура, называемая графом сцены.

Граф сцены – это ориентированное дерево объектов трехмерной сцены. Он служит для нескольких целей: для иерархического разбиения трехмерной сцены и для организации единого способа доступа (единого интерфейса) к разнородным объектам трехмерной сцены. Использование сценографа позволяет визуализировать сложные трехмерные сцены с приемлемой производительностью.

При создании геоинформационной среды моделирования в качестве системы отображения объектов использован граф сцены Ardor3D.

Ardor3D — программный каркас с открытым исходным кодом для разработки трехмерных графических приложений. Он предоставляет программные средства для разработки интерактивных трехмерных приложений, а также средства для анимации отображаемой сцены, обнаружения столкновений объектов и позволяет интегрировать внешние библиотеки.

Итак, собрав вышеперечисленные компоненты воедино, решение задачи по созданию геоинформационной среды моделирования и ее интеграции в платформу агентного моделирования можно изобразить следующим образом (рис. 2).

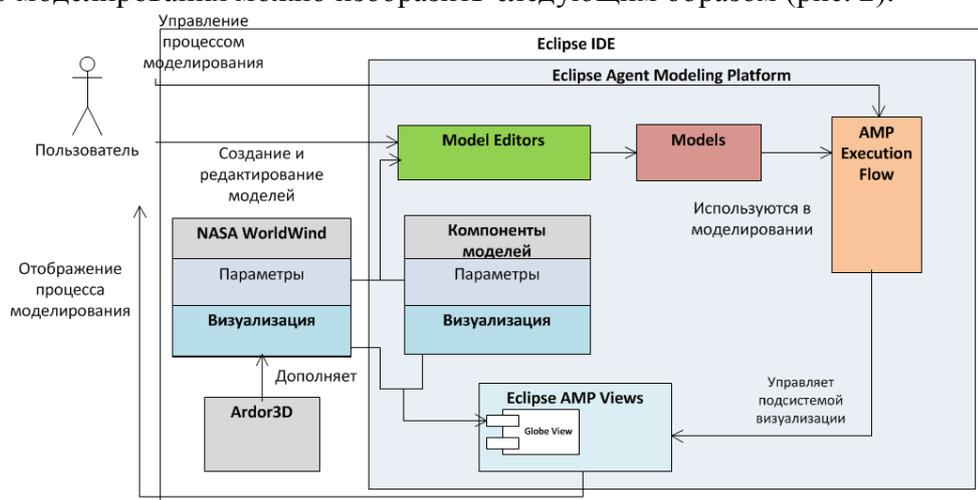


Рис. 2. Модель интеграции геоинформационной системы в Eclipse AMP

Поясним некоторые особенности представленной модели. Геоинформационная среда на базе NASA WorldWind содержит две категории интересующих нас компонентов: это компоненты визуализации и параметры среды. С точки зрения задачи интеграции агенты также представляют собой систему с двумя категориями компонентов: компонентами визуализации и параметрами. Разработчик моделей, используя интересующие его параметры среды и агентов, определив правила поведения агентов в среде, формирует модель – сценарий для моделирования. После запуска сценария модель обрабатывается и просчитывается потоком исполнения, и на основании рассчитанных состояний системы в каждый момент времени строится ее визуальное представление, включающее визуальные компоненты геоинформационной среды и входящих в нее агентов.

Теперь мы вплотную подошли к вопросу о проектировании создаваемой геоинформационной среды. С учетом проблем, описанных выше, можно составить следующий список подзадач, который необходимо решить.

С точки зрения Eclipse необходимо создать View (подробно описано в [7]), которое бы запускалось в процессе моделирования и на котором бы отображалась сама среда (NASA WorldWind) и размещенные в ней объекты (Ardor3D).

С точки зрения Eclipse AMP необходимо создать графический адаптер (подробнее об архитектуре системы визуализации Eclipse AMP можно узнать в [1]), благодаря которому модель имела бы возможность получить визуальное представление.

С точки зрения Ascape необходимо геометрически описать пространство, внутри которого будут взаимодействовать агенты (т.е. совместить геометрическое описание пространства в NASA World Wind с типами пространств, используемыми в системе Ascape). Необходимо определить основные параметры, метрики, которые будут использоваться в расчетах в процессе моделирования.

С точки зрения NASA WorldWind нужно спроектировать слой прорисовки, который бы был интегрирован с Ardor3D.

Диаграмма решения изображена на рис. 3.

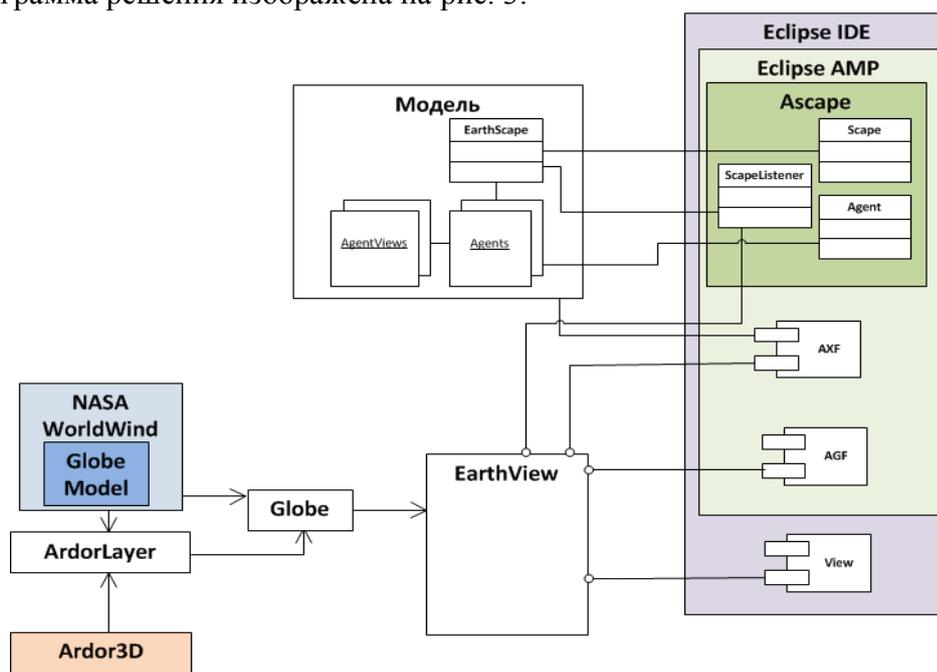


Рис. 3. Геоинформационная среда, встроенная в Eclipse AMP

Законченное решение представляет собой представление (view) Eclipse. Оно связано с компонентами AGF и AXF системы Eclipse AMP (подробно описано в [1]). Благодаря классу ScapeListener [3] имеется возможность обрабатывать все события, происходящие с моделью: запуск, инициализация, итерации, остановка и т. д. Благодаря связи с AXF представлению доступен класс Scape – основной класс модели Ascape, а вместе с ним и все параметры модели и все входящих в нее агентов [3]. Агенты теперь имеют свои уникальные классы визуализации. Теперь, вместо использования примитивов визуализации, можно создавать различные (в том числе многокомпонентные) визуальные представления. Во время очередного события представление просто перехватывает каждого агента, извлекает информацию о его визуальном представлении и реализует его прорисовку. Прорисовка осуществляется в слое ArdorLayer при помощи компонентов Ardor3D на модели земного шара, предоставленного модулем NASA WorldWind. Для расчета модели создается новый класс Scape, учитывающий геометрические особенности виртуального мира.

Созданная геоинформационная среда, интегрированная в платформу агентного моделирования Eclipse AMP, была протестирована. Особенностью тестирования является то, что в его целях использовалась готовая агентная модель, модифицированная с целью проверки работоспособности основных компонентов создаваемой системы. Этот факт объясняется тем, что в Eclipse AMP отсутствуют средства создания моделей, для которых средой исполнения была бы разрабатываемая геоинформационная среда, а разработка полноценного редактора для Eclipse AMP не входила в планы по созданию геоинформационной среды. Тем не менее, благодаря использованию готового рабочего примера и его доработки появилась возможность протестировать как работоспособность отдельных компонентов решения, так и взаимодействие между ними.

Функциональное тестирование включало в себя проверку ключевых моментов использования разрабатываемой среды, таких как корректность интеграции среды в платформу агентного моделирования, корректность обработки данных агентной модели, а также корректность отображения компонентов модели.

Процесс моделирования с использованием созданной геоинформационной среды изображен на рис. 4.

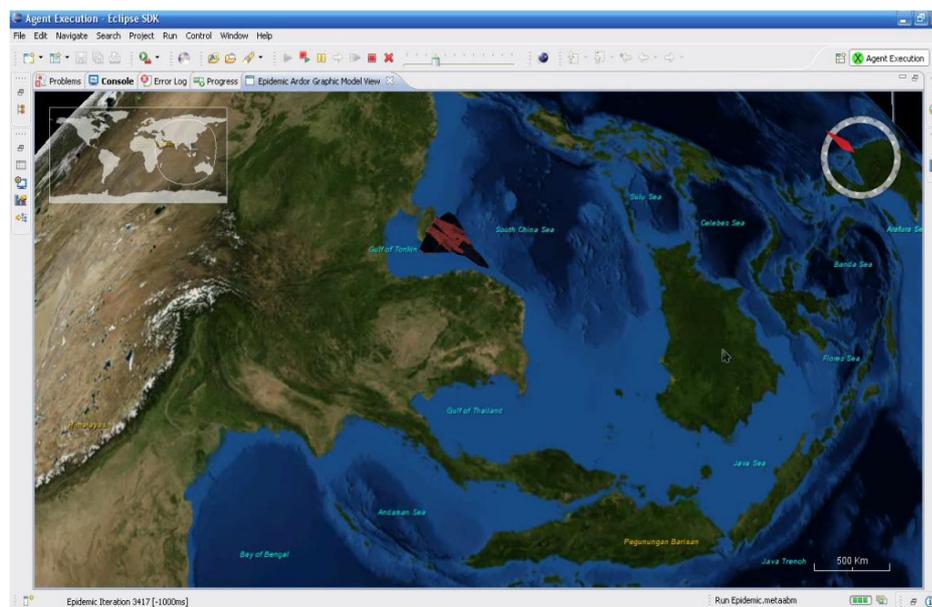


Рис. 4. Демонстрация работы системы

Представленная реализация системы является фундаментом для дальнейшего развития с целью создания на ее основе полноценного виртуального мира, предназначенного для моделирования различных объектов. Дальнейшая разработка должны быть направлена на создание средств параметризации среды моделирования, а также полноценного редактора для создания и доработки агентных моделей.

#### Литература

1. Miles T. Parker. Agent Modeling Guide. Metascape, LLC, 2010.
2. Miles T. Parker. Agent Modeling Platform: Docuware for Creation Review. Metascape, LLC, 2009.
3. Damon Centola. The Ascape Model Developer's Manual. Metascape, LCC, 2002.
4. Charles M. Macal, Michael J. North. Toward teaching agent-based simulation. Argonne National Laboratory, 2009.
5. Е.Б. Замятина. Современные теории имитационного моделирования. Изд-во: ПГУ, 2007. – 119 с.
6. Д. Карлсон. Eclipse. Пер.: А. Головки. Изд-во: Лори, 2008. – 358 с.