

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПОЭТАПНОГО ИМИТАЦИОННОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ****Е. Б. Грибанова, А. А. Мицель (Томск)****Введение**

Имитационное моделирование является мощным инструментом исследования сложных бизнес-процессов и систем и позволяет решать трудноформализуемые задачи в условиях неопределенности. Поэтому данный метод может способствовать совершенствованию систем поддержки принятия решений, улучшая тем самым экономические показатели организаций, уменьшая риск от реализации решений и экономя средства для достижения той или иной цели. Реализация имитационных моделей может быть выполнена с помощью различных средств: языков программирования, стандартных пакетов прикладных программ, языков и сред моделирования. Считается, что основным недостатком имитационных моделей, реализуемых с помощью универсальных языков программирования, пакетов прикладных программ, является их специфичность и сложность повторного использования. С другой стороны, среды моделирования могут включать избыточные функции и не всегда позволяют рассматривать особенности исследуемой области, всех возможных правил системы.

В связи с этим возрастает интерес к использованию объектно-ориентированного подхода [1] при разработке архитектуры программы, т.к. созданные инструменты могут обеспечить, с одной стороны, хорошую поддержку специфичных задач имитации, а с другой – расширяемость, интеграцию моделей различных типов. К преимуществам данного подхода, появление которого связано с возникновением языка SIMULA в начале 60-х годов прошлого века, относят более простую модификацию полученных решений, возможность использования существующего программного кода для создания новых разработок, а применяемые концепции (объект, класс, наследование, сообщение) нередко соответствуют нашему способу видения вещей в исследуемой области реального мира. В настоящее время с помощью данного подхода разрабатываются различные инструменты для решения задач в экономике. Предпринимаются попытки создания как универсального средства (пакеты Pilgrim, AnyLogic), так и предметно-ориентированных систем, осуществляющих имитацию цепей поставок (SISCO, D-SOL, SCSF), систем массового обслуживания (SimJAVA, ObjectSim), отдельных агентов (RePast, AScape), торгов (JASA, Имитрейд) и т.д. Кроме того, разрабатываются различные библиотеки классов (например, Java Simulation Library, MoTor, Supply Chain Training Library). Применение уже разработанных шаблонов и каркасов для решения задач позволяет экономить действия разработчиков путем использования в качестве базиса существующей иерархии классов и механизмов.

Разработка программных комплексов с поэтапной имитацией

Данная работа посвящена созданию систем с поэтапной имитацией. Такие программы требуют выполнения определенных действий пользователя прежде, чем перейти к следующему этапу (что довольно часто используется в имитационных деловых играх и тренажерах) и позволяют контролировать результаты, полученные после выполнения каждого этапа, дают возможность выступать пользователям в роли участников моделируемых процессов и имеют более широкие возможности для проверки гипотез «что будет, если...» за счет того, что пользователь располагает доступом к параметрам и методам каждого этапа во всех периодах и может их модифицировать.

Для создания таких систем был предложен подход, основанный на представлении моделирующего алгоритма в виде графа решения задачи (рис. 1). Здесь каждый

узел графа (этап) представляет своеобразный «срез» алгоритма имитации, который приводит к появлению моментов останова моделирования. Полученная структура позволяет автоматически пересчитывать этапы при изменении параметров и применять различные методы решения локальных задач каждого этапа. Для ее реализации было использовано представление в виде многосвязного списка. Каждый элемент этого списка является объектом класса «Узел», который может ссылаться на любое количество предков и потомков. «Узел» для решения своей задачи содержит ссылку на абстрактный класс «Расчет», содержащий метод «решение». Для пересчета всех потомков узла в случае изменения его входных данных предназначен метод «вызовПотомка», а для проверки расчета предыдущих этапов – «вызовПредка». Также архитектура включает класс «Хранилище», который служит для хранения данных, используемых всеми этапами и классы для реализации графического интерфейса. Данная архитектура предполагает, что интерфейсная и вычислительная части представляют собой независимые подсистемы.

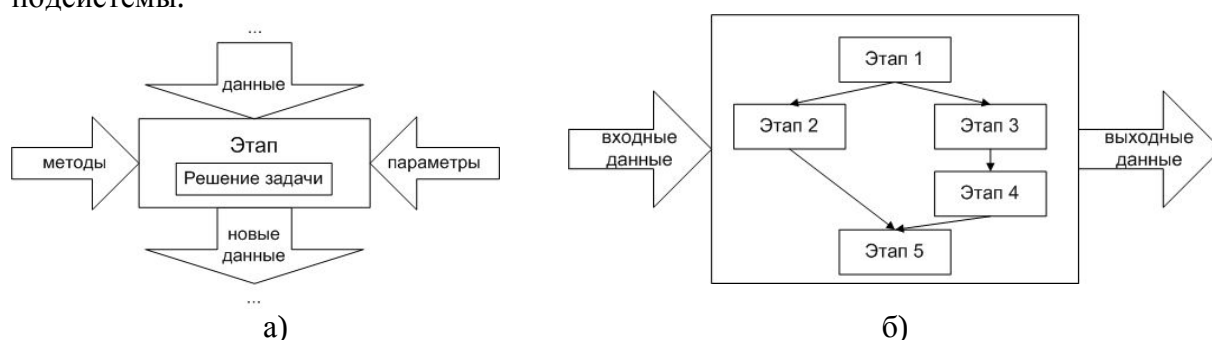


Рис. 1. Построение графа решения задачи:

а) этап схемы системы

б) пример графа решения задачи

Такая организация уже была использована ранее при решении задач лидарного зондирования атмосферы [2], однако для создания описанных систем имитационного моделирования в нее необходимо внести изменения. Это связано с тем, что имитационные модели описывают процесс, развивающийся во времени, а также с необходимостью выполнения многократных прогонов имитационной модели. Модификация касается, прежде всего, процедуры обхода, циклически вызывающей узлы графа. Здесь возврат к исходной вершине регулируется с помощью операторов проверки условий переходов (в качестве таких условий может, например, рассматриваться окончание периода моделирования). Также для решения этой задачи могут быть использованы «циклические» узлы, вызывающие заданное количество раз себя и/или своих предков. Изменение модельного времени будет происходить, как правило, с применением пошагового механизма.

Программные комплексы поэтапного имитационного моделирования экономических процессов

На основе описанного подхода создано три программных комплекса, которые были внедрены в производство и учебный процесс и осуществляют:

- моделирование торгов, проводимых в соответствии с Федеральным законом № 94 при условии определения предпоследнего участника и победителя (программа «Аукцион»);
- имитацию систем управления запасами (программа «Запас»);
- моделирование экономических объектов (программа «Имитатор»).

Рассмотрим эти программные комплексы.

Программа «Аукцион» [3], в основе которой лежит имитационная модель торгов, позволяет моделировать обратные английские аукционы, проводимые в соответствии с ФЗ № 94, с использованием двух механизмов определения предпоследнего участника. При ее разработке алгоритм моделирования аукциона был разбит на следующие составные части: определение входных параметров, моделирование торгов (назначение этого узла – имитация аукциона в течение одного шага либо в течение полной сессии) и расчет результата. Этап «Моделирование торгов», в свою очередь, включает три внутренних узла, не связанных между собой: моделирование поведения участников, моделирование первого механизма аукциона и моделирование второго механизма аукциона. Моделирование поведения участников может быть выполнено с использованием трех стратегий:

1. истинного предложения – участники выражают согласие с предложенной ценой в том случае, если она не ниже их личной оценки;
2. случайного предложения – в отличие от предыдущей стратегии выражение согласия осуществляется с определенной вероятностью;
3. максимального предложения – участник выражает согласие при минимальном размере шага аукциона.

При этом основные изменения, которые были внесены в базовую архитектуру [1]:

- наличие предметно-ориентированных классов «Аукцион» (метод «моделирование» его наследников – классов «Участие», «Механизм1», «Механизм2» – имитирует один шаг аукциона) и «Участник» (метод «поведение» его подклассов «СтратегияМакс», «ПростаяСтратегия» моделирует реакцию участника с конкретной стратегией на предложенную цену);

- циклический вызов узлов графа решения задачи, выполняемый с помощью двух обходов: внешнего, предназначенного для реализации многократных прогонов имитационной модели (организуется с помощью «циклических» узлов, вызывающих заданное число раз себя и своих предков) и внутреннего по отношению ко второму узлу, осуществляющего имитацию шагов аукциона, число которых заранее неизвестно (на рис. 2 представлен внешний обход графа решения задачи).

Полученный граф решения задачи является масштабируемым и позволяет дополнять систему новыми механизмами проведения аукционов и стратегиями участия, вносить коррективы в различные блоки.

Работа с программой может осуществляться в двух режимах: поэтапном и автоматическом. В первом случае пользователь самостоятельно управляет переходом к следующему этапу и определяет поведение всех участников аукциона на каждом его шаге. В случае использования автоматического режима моделирование происходит по заданным алгоритмам поведения участников. Система может быть применена потенциальными участниками торгов в целях изучения действующих правил участия, выработки стратегии поведения.

Программа «Запас» [4] позволяет поэтапно имитировать процесс управления запасами с использованием различных стратегий и осуществлять расчет выбранного показателя эффективности. В процессе ее разработки была проведена декомпозиция классического алгоритма управления запасами [5] и выделены следующие этапы: определение общих параметров, моделирование спроса, моделирование заявки, моделирование доставки, расчет затрат на хранение, расчет результата.

Так же, как и в предыдущей программе, вызов узлов графа происходит циклически. Однако существует только внешние обходы, и число периодов является фиксированным. Кроме того, порядок пересчета узлов графа определяется пользователем, т.к. последовательность выполнения данной операции в данном случае играет роль (вследствие того, что этапы одного уровня используют одну и ту же переменную – уровень запаса).

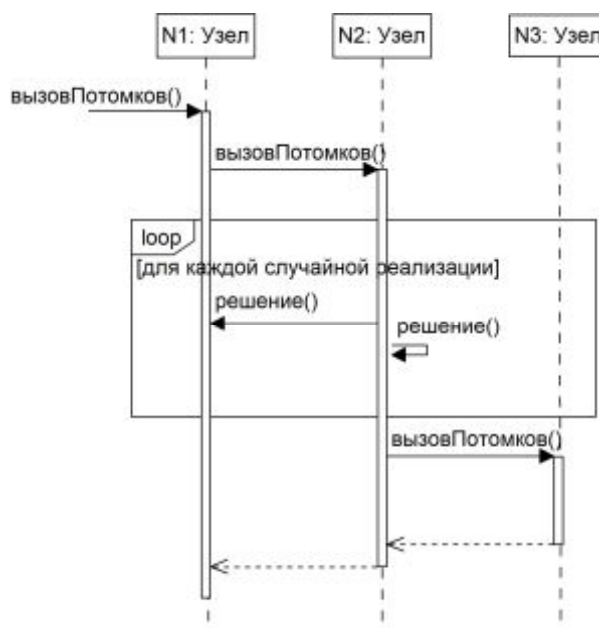


Рис. 2. Обход внешних узлов графа решения задачи

Добавление в систему новых моделей требует лишь модификации отдельных блоков. Так, реализованная программа включает алгоритмы моделирования наиболее распространенных систем управления запасами, полученные путем модификации классического: с периодической стратегией подачи заявки, с отложенным спросом и т.д. При этом спрос и время доставки могут быть детерминированными либо случайными числами с заданным законом распределения; объем партии может также быть случайным, равен спросу за предыдущий период либо рассчитываться исходя из максимального значения уровня запаса; расчет издержек может быть выполнен в зависимости от объема товара, постоянных расходов, предоставляемых скидок.

Возможно использование двух режимов работы с программой: поэтапного и автоматического. При поэтапном режиме пользователь самостоятельно управляет модельным временем и может контролировать результаты, полученные после выполнения каждого этапа, изменять данные в каждом периоде. Программа может быть использована для исследования систем управления запасами, прогнозирования показателей, принятия управленческих решений.

Наконец, программа «Имитатор» [6] представляет собой пакет, включающий 18 моделей различных экономических объектов. Пакет содержит как известные модели («паутинообразная» модель фирмы, модель бензоколонки, модель управления запасами, модель производственной фирмы, модель торговой точки, финансовая модель), так и модели, созданные на их основе путем модификации алгоритмов и применения их в других областях экономики (модель магазина, модель кредитного отдела, модель экскурсионной фирмы, модель мониторинга рынка, модель агентства недвижимости, модель управления запасами с периодической стратегией подачи заявок, модель управления производственными запасами, модель управления производственными запасами с отсутствием спроса при доставке, модель управления запасами с отложенным спросом, модель вычислительного центра, модель грузоперевозок, модель склада). Данные модели описывают различные системы: массового обслуживания (замкнутые и разомкнутые, с приоритетами, с различными дисциплинами обслуживания, групповым обслуживанием заявок и т.д.), управления запасами (с периодической, пороговой стратегиями подачи заявок, замкнутым спросом и т.д.) и др. Программа также позволяет выполнять следующие операции:

- определение статистических оценок выходной величины: тип распределения, среднее значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, медиану, коэффициент вариации, асимметрию;
- оценка рисков: расчет среднего ожидаемого размера убытков и их вероятности;
- построение гистограммы распределения выходного параметра, а также графиков, описывающих изменение различных величин;
- проведение экспериментов: имитация системы с различными значениями некоторой исходной величины для определения поведения выходного параметра.

Структура системы представляется в виде деревьев, корнем каждого из которых является имитационная модель, а остальные узлы – подзадачи. Здесь циклические узлы были использованы для проведения экспериментов, при которых происходит запуск имитационной модели заданное число раз. Программа предназначена для использования в учебном процессе при изучении дисциплины «Имитационное моделирование экономических процессов»

Выводы

1. Применение объектно-ориентированного подхода при разработке архитектуры системы с представлением алгоритма моделирования экономического объекта в виде графа решения задачи позволяет создавать программные комплексы поэтапного имитационного моделирования экономических процессов с возможностью наращивания функциональности и гибкой модификации.

2. Программные комплексы с поэтапной имитацией дают возможность выступать пользователям в роли участников моделируемых процессов, рассматривать большее число альтернатив, контролировать результаты, полученные на определенных этапах, и т.д. и могут быть использованы, в том числе в качестве средств обучения экономическим процессам. В частности, авторами были представлены разработки в области управления запасами, проведения аукционов и др.

Литература

1. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++. М.: Издательство Бином; СПб.: Невский диалект, 1999. 560 с.
2. Бойченко И. В. Программное обеспечение моделирования, обработки и анализа данных лидарного зондирования газового состава атмосферы: Дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2002. 113 с.
3. Грибанова Е. Б., Каштанова О. В., Мицель А. А. Система имитационного моделирования торгов, проходящих в форме аукциона // Доклады ТУСУР. 2007. № 1(15). С. 63–70.
4. Мицель А. А., Бойченко И. В., Грибанова Е. Б. Разработка системы имитационного моделирования управления запасами на основе объектно-ориентированной технологии // Инфокоммуникационные технологии. 2006. Т. 4. № 3. С. 59–64.
5. Нейлор Т. Х. Имитационные эксперименты с моделями экономических систем. М.: Мир, 1975. 500 с.
6. Мицель А. А., Грибанова Е. Б. Разработка системы имитационного моделирования экономических объектов на основе объектно-ориентированного подхода // Известия ТПУ. 2007. Т. 311. № 6. С. 11–15.