

УДК 681.51.015.26:330.43

Е.Б. Грибанова, А.А. Мицель

## Обучающие системы имитационного моделирования экономических процессов

В статье приведен обзор обучающих систем имитационного моделирования экономических процессов. Рассмотрены программы моделирования аукционов, управления запасами и других экономических объектов.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, экономические объекты, обучающие системы.

### Введение

Имитационное моделирование является наиболее универсальным средством исследования операций и позволяет решать трудно формализуемые задачи с учетом неопределенности происходящих в системе процессов. Поэтому данный метод позволяет совершенствовать системы поддержки принятия решений, улучшая тем самым экономические показатели организаций, уменьшая риск от реализации решений и экономя средства для достижения той или иной цели. В развитых странах многие крупные компании (Xerox, Motorola, IBM, Intel, Ford) используют программы, позволяющие выполнять имитацию принимаемых решений и осуществлять проверку возможных изменений в экономической системе, возникающих в результате действия различных факторов (т.е. дают ответ на вопрос «что будет, если...»). В основе подобных систем лежит имитационная модель некоторого исследуемого объекта.

Среди основных качеств имитационных моделей можно назвать следующие [1]:

- присутствие случайных характеристик;
- наличие внешних управлений, т.е. управлений, которые должны задаваться «извне» экспертами для того, чтобы получить прогноз исследуемых характеристик;
- создаваемая моделью иллюзия реальности и т.д.

Данные характеристики обуславливают частое использование имитации в тренажерах, деловых имитационных играх (Digital Game-Based Learning – игровое обучение с использованием электронной техники – рассматривается как перспективный инструмент, используемый для подготовки специалистов), лабораторных практикумах и других обучающих системах, целью применения которых является выработка навыков принятия решений в определенной области, иллюстрация отдельных экономических явлений. Данная статья посвящена обзору обучающих программ, предназначенных для использования образовательными учреждениями и предприятиями (например, для повышения квалификации сотрудников), а также рассмотрен подход к разработке таких систем.

### 1. Обзор обучающих систем имитационного моделирования

Рассматривая существующие работы, можно отметить, что обучающие системы систематизируются по ряду признаков, определяющих условия проведения моделирования, используемые модели. Так, среди наиболее значимых оснований классификации таких систем можно назвать: целевое назначение, широта тематических рамок, имитируемая предметная область, степень свободы решений, уровень неопределенности решений, характер коммуникаций между участниками, форма проведения (очная, заочная) и т.д.

Перейдем к рассмотрению некоторых существующих обучающих имитационных систем.

Деловая игра «Никсдорф Дельта» предназначена для моделирования экономических процессов [2] и использования при изучении дисциплин «Менеджмент», «Маркетинг», «Ценообразование» и др. В данной учебно-имитационной системе игроки выбирают стратегии управления предприятиями, которые функционируют в условиях олигополии и осуществляют различные виды деятельности: финансовая, маркетинговая, производственная. Управленческие решения принимаются участниками в каждом модельном периоде, соответствующем

щем одному кварталу, на основе анализа текущей ситуации. Их оценка выполняется с помощью финансовых показателей предприятия, применяемых в практике финансового анализа.

С развитием Интернет-технологий имитационные игры стали проводиться в режиме on-line, что сделало их доступными более широкой аудитории и расширило временные рамки их проведения. В качестве примера можно отметить имитационные командные on-line игры, проводимые на сайте Тольяттинской академии управления [3]: «Фондовая биржа», «Сырьевой рынок», «Реклама и маркетинг», «Риски предпринимателя». Продолжительность турнира составляет обычно неделю, а принятие решений происходит ежедневно в установленное время. Среди аргументов в пользу участия в данных играх называется возможность профессиональной ориентации путем принятия на себя определенной роли (директора, бухгалтера, маркетолога и др.) и оценки своих способностей в выбранной деятельности.

При написании программ, рассчитанных на использование в сети Интернет, в большинстве случаев применяется язык программирования Java, который является перспективным инструментом создания имитационных моделей благодаря ряду особенностей, в числе которых – переносимость реализованных систем, возможность программирования со множественными процессами, наличие большого числа библиотек и др. [4].

При подготовке специалистов, чья деятельность связана с управлением складами и цепями поставок, используются игры, имитирующие движение товаров в логистических системах.

Так, игра The Beer Game [5] осуществляет имитационное моделирование производственных и распределительных систем и разработана The Massachusetts Institute of Technology для иллюстрации «эффекта хлыста» (ситуация, когда незначительные изменения спроса конечного потребителя приводят к значительным отклонениям в планах других участников логистической цепи и таким образом нарушается бесперебойное движение материальных и информационных потоков, возникает риск невыполнения заказов). В данной программе товар, прежде чем он может поступить к конечному покупателю, проходит уровни «Фабрика», «Дистрибьютор», «Оптовый продавец», «Розничный продавец». Основная задача участника – правильно реагировать на возникающий спрос. Игра предусматривает фиксированный набор действий пользователя.

В программе Distribution Game (разработана School of Operations Research and Industrial Engineering, Cornell University) [6] рассматривается двухуровневая система «поставщик – склад – розничные магазины» (рис. 1). Участник игры в каждом модельном периоде, который равен одному дню, принимает решения относительно момента и количества заказа товара (поставляемого на центральный склад и розничным магазинам) с учетом случайного периода его доставки. Переход к следующему временному интервалу осуществляется пользователем (путем нажатия кнопки «GO»), после чего рассчитываются текущие издержки и прибыль и отображаются в специальном отчете.

Harvard Business School разработала интерактивную среду Global Supply Chain Management Simulation [5]. Участникам игры необходимо принимать решения относительно массового выпуска двух моделей мобильных телефонов. Эти решения касаются установления набора особенностей товара, выбора поставщика, планирования спроса, определения цены. Основными задачами здесь являются: создание сбалансированной цепи поставок с помощью поставщиков с различным временем выполнения заказов, обеспечение гибкости в цепи во избежание дефицита и излишка запасов, а также оценка и прогнозирование спроса. Период моделирования составляет четыре года, при этом после каждого года участники получают данные о продажах, выполнении заказов, общих финансовых результатах и т.д. Эта информация может быть использована для принятия решения относительно следующего года.

Исследователи Delft University и The Robert H. Smith School of Business at the University of Maryland разработали The Global Supply Chain Game (GSCG) [5]. В этой игре участники берут на себя роль дистрибьютора, а их главная задача – конкурировать за покупку товаров у поставщика, контролировать уровень запасов различной продукции, поставлять товар на рынки США, Европы и Азии и т.д. (считается, что время моделирования непрерывно).

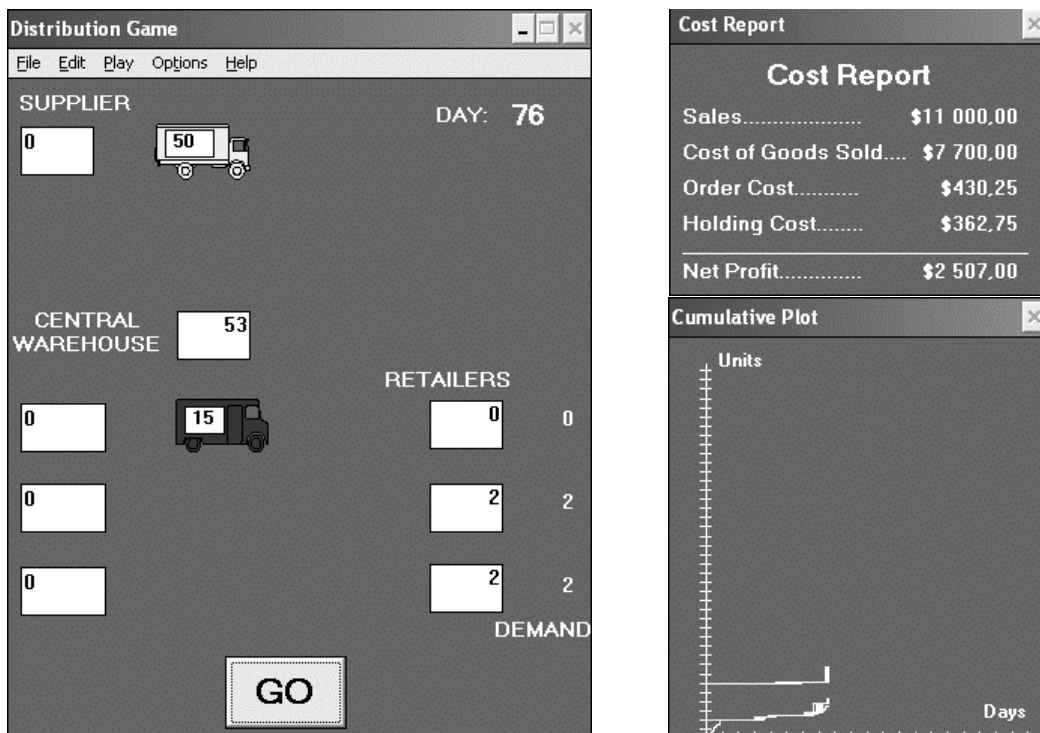


Рис. 1. Игра Distribution Game

В первом варианте игры существует 4 типа продуктов: мультимедийные компьютеры, серверы, настольные компьютеры, ноутбуки. При оценке игроков используется информация, отражающая состояние наличного баланса, запаса, платежей, заказов и т.п.

Игра Supply Chain Game (Kellogg School of Management at Northwestern University) [5] основана на интернет-технологиях и проходит в реальном режиме времени: участники заходят на веб-сайт, проверяют статус своей группы и принимают необходимые решения. Инструктор останавливает игру после определенного периода времени и оценивает команды. Типы решений участников ограничены несколькими заранее установленными шаблонами, а цель игры – наилучшее использование своих ресурсов.

Для изучения механизмов проведения аукционов и стратегий участия в них разрабатываются системы, имитирующие торги.

Среда FM (Artificial intelligence research institute) [7] позволяет моделировать выполнение параллельных процессов аукциона голландского типа, связанных с прибытием покупателей и продавцов, финансовыми расчетами и участием в торгах. Аукцион имеет форму рыночного рынка, в котором может участвовать несколько претендентов, выполняющих заданные функции. Кроме основных участников в системе предполагается наличие агентов, взаимодействующих с покупателями и продавцами: руководители, лица, предоставляющие допуск к аукциону и т.д. (рис. 2).



Рис. 2. Агенты системы FM

Программа «Имитрейд» (реализована на C++, рис. 3) – биржевой тренажер, разработанный Воронцовым (ВЦ РАН) совместно с Московской Межбанковской Валютной Биржей (ММВБ) [8].

Ядро системы представляет собой имитационную модель торгов (ИМТ), которая моделирует процесс электронной биржевой торговли отдельным финансовым инструментом (акцией, облигацией, валютой и т.д.) в течение одной торговой сессии.

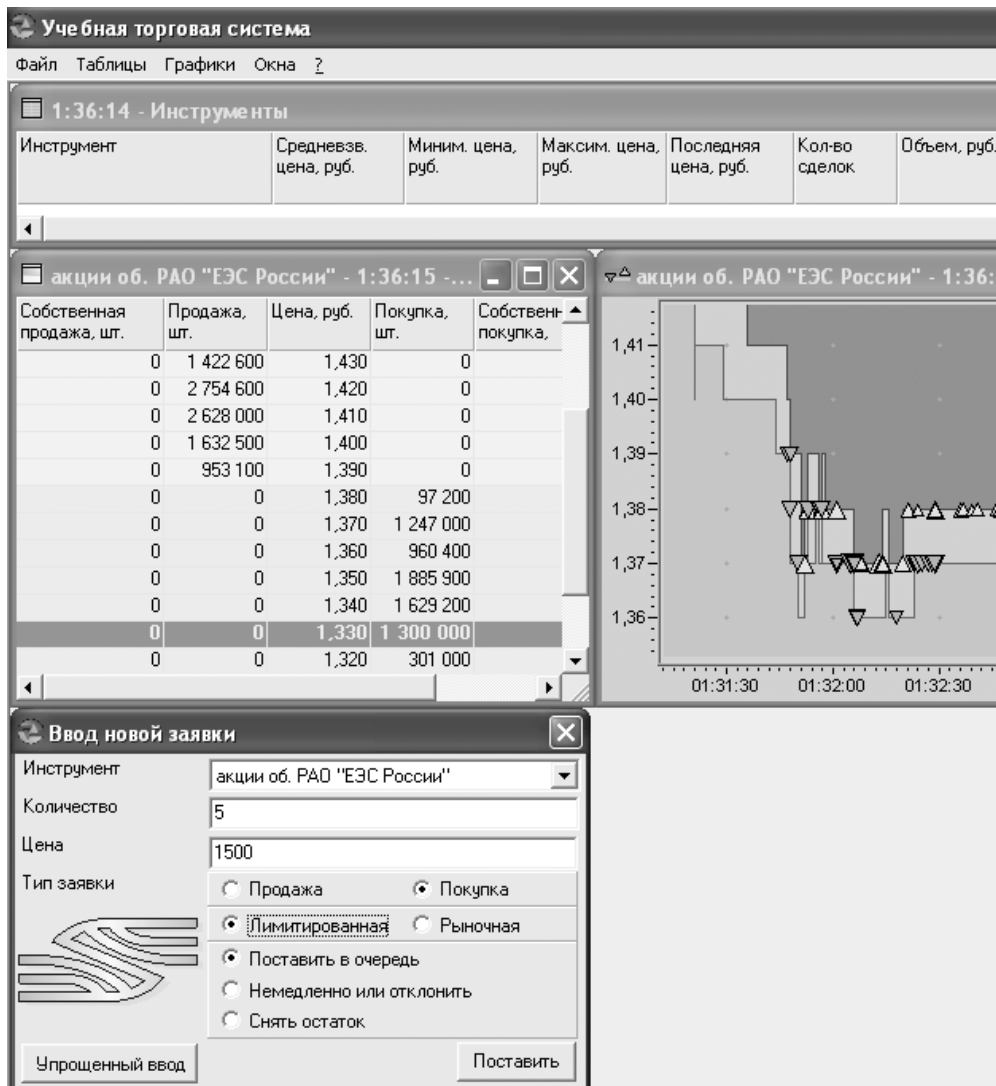


Рис. 3. Система «Имитрейд»

Процесс торговли основан на механизме двойного аукциона и в общих чертах состоит в следующем. В течение сессии участники торгов в произвольном порядке подают заявки, которые характеризуются направленностью (на покупку или на продажу), ценой и объемом. Встроенный в ИМТ торговый автомат сопоставляет заявки и генерирует сделки в строгом соответствии с правилами торгов на ММВБ.

При появлении заявок ход торгов адекватно корректируется моделью (например, при единичной покупке большого объема происходит кратковременное расширение спреда, увеличение цены, а затем откат обратно).

В процессе имитации торгов пользователь может в реальном масштабе времени совершать торговые операции: подавать и снимать заявки, заключать сделки. При этом у него есть возможность сравнивать свое поведение с поведением других участников (которое моделируется согласно специальным алгоритмам-роботам, способным воспроизводить поведение своего реального прототипа с учетом информации о текущем состоянии торгов) и оказывать влияние на ход торгов.

Описанная система может применяться при обучении правилам биржевой игры и решению ряда задач (анализ ликвидности и эластичности рынка, стратегий игры и т.д.).

Создаются и обучающие системы в других предметных областях, например, для изучения систем массового обслуживания (программа ObjectSim), инвестиционных процессов и т.д.

Среди разработок авторов данной статьи, предназначенных для применения в целях обучения, можно назвать системы «Имитатор» [9], «Аукцион» [10], «Запас» [11] (рис. 4). Программные комплексы «Имитатор» и «Запас» могут быть использованы студентами вузов в качестве лабораторного практикума при изучении дисциплин «Исследование операций в экономике», «Имитационное моделирование экономических процессов», а программа «Аукцион» может быть применена специалистами в качестве инструмента исследования и обучения новым механизмам проведения аукциона.

Программа «Имитатор» включает как классические имитационные модели экономических объектов (всего 18 моделей, в том числе модель мониторинга рынка, кредитного отдела, магазина, вычислительного центра, экскурсионной фирмы, грузоперевозок, агентства недвижимости, склада и др.), так и модели, алгоритмы которых были получены на основе классических (путем их модификации либо применения для моделирования других экономических объектов), и предоставляет возможность выполнения дополнительных подзадач, к числу которых можно отнести:

- расчет статистических характеристик;
- оценку рисков;
- проведение экспериментов: имитация системы с различными значениями некоторой исходной величины для определения поведения выходного параметра.

Программа «Аукцион» позволяет воспроизводить ход торгов, регулируемых Федеральным законом №94, с учетом поиска предпоследнего участника. Рассмотрено два механизма проведения торгов (в первом случае аукцион прекращается после нахождения победителя, а во втором – продолжается) и программные участники со стратегиями истинного, случайного и максимального предложения.

Программа «Запас» позволяет имитировать процесс управления запасами с использованием различных стратегий и осуществлять расчет выбранного показателя эффективности. Система включает алгоритмы моделирования систем управления запасами, полученные путем модификации классического: с отложенным спросом, периодической и пороговой стратегией подачи заявок, ограниченным объемом склада и т.д.

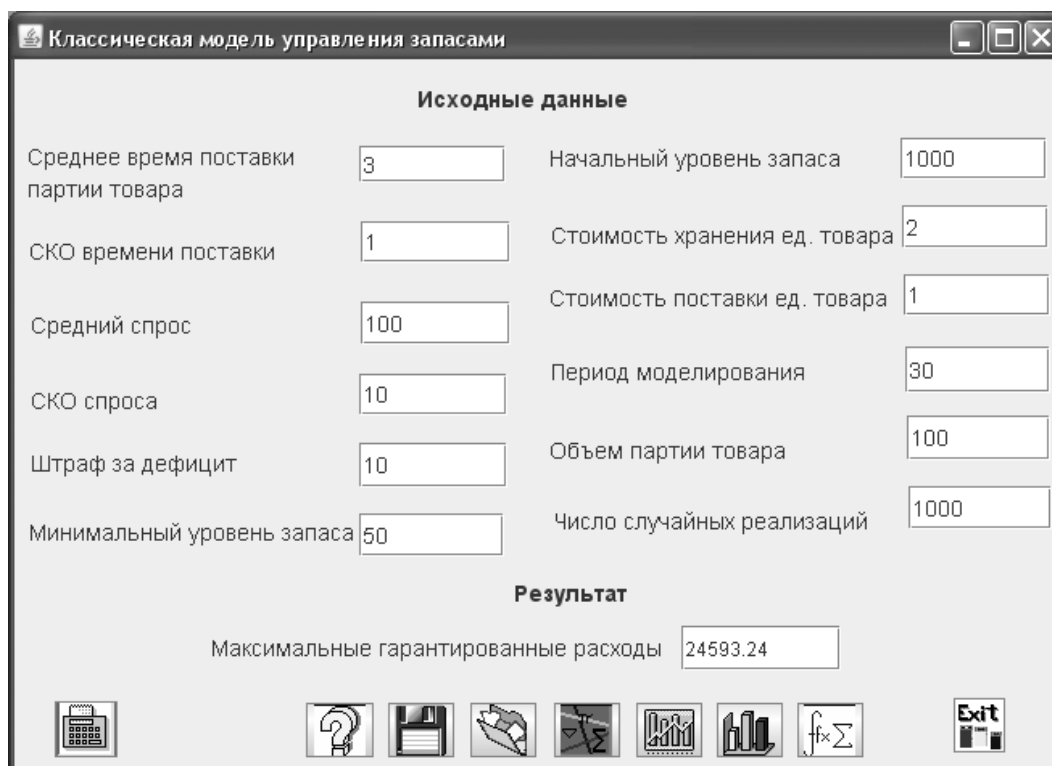
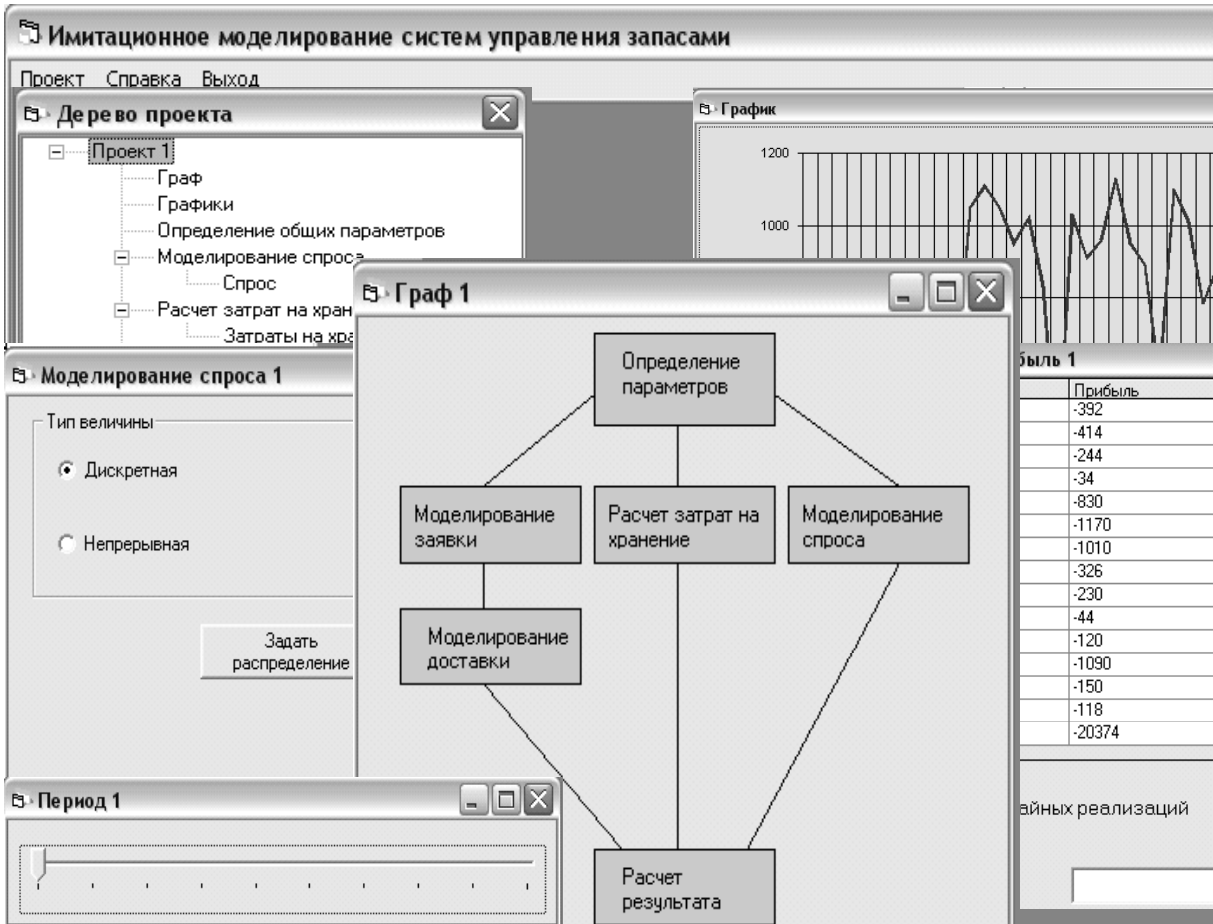
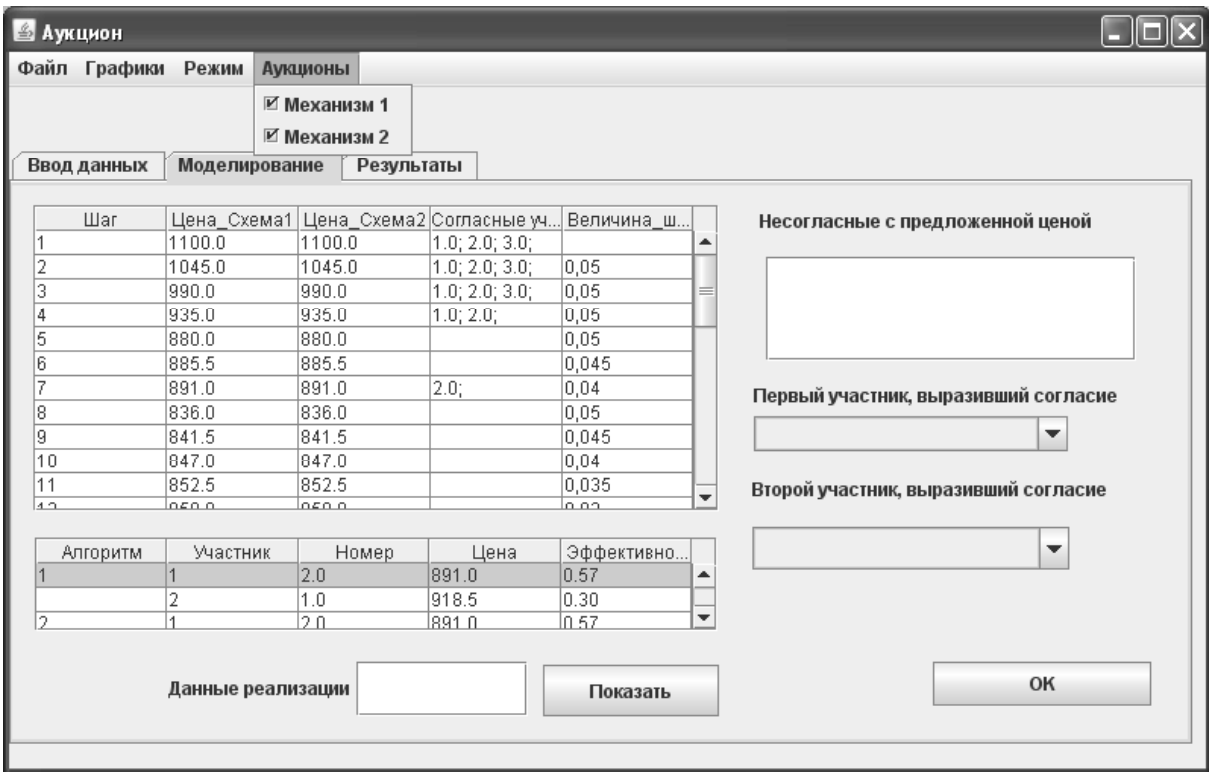


Рис. 4. а) Интерфейс программы «Имитатор»



б)



в)

Рис. 4. Интерфейс программ: б) «Запас»; в) «Аукцион»

При разработке систем «Имитатор», «Аукцион», «Запас» использован объектно-ориентированный подход, произведено разбиение моделирующего алгоритма на этапы и представление его в виде графа (дерева) решения задачи [12]. Таким образом, каждый этап выступает в роли своеобразного «среза» алгоритма имитации, который приводит к появлению моментов останова моделирования. Имитация динамики осуществляется путем циклических обходов графа решения задачи.

Данный подход обеспечивает следующие возможности реализованных программ:

- переход в режим ожидания действий пользователя после решения задачи отдельного этапа, что позволяет в свою очередь оценивать текущую ситуацию для принятия решения;
- работа с системой может быть выполнена в «ручном режиме», при котором пользователь управляет модельным временем, имея возможность при этом в каждом периоде изменять входные данные. Автоматический режим подразумевает, что исходные данные не изменяются на протяжении имитации, а продвижение модельного времени происходит без участия пользователя.

Программные комплексы «Аукцион» и «Имитатор» реализованы на языке программирования Java, а «Запас» – Visual Basic. Программы «Аукцион» и «Запас» поддерживают два режима работы: ручной поэтапный и автоматический.

Особенностью программы «Аукцион» является возможность проводить имитацию торгов в соответствии с федеральным законом №94. ФЗ №94 «регулирует отношения, связанные с размещением заказов на поставки товаров, выполнение работ, оказание услуг для государственных или муниципальных нужд, в том числе устанавливает единый порядок размещения заказов, в целях обеспечения единства экономического пространства на территории Российской Федерации при размещении заказов, эффективного использования средств бюджетов и внебюджетных источников финансирования, расширения возможностей для участия физических и юридических лиц в размещении заказов и стимулирования такого участия, развития добросовестной конкуренции, совершенствования деятельности органов государственной власти и органов местного самоуправления в сфере размещения заказов, обеспечения гласности и прозрачности размещения заказов, предотвращения коррупции и других злоупотреблений в сфере размещения заказов». В частности в данном законе описан порядок размещения заказа в форме конкурса, аукциона и запроса котировок.

Отметим также, что область использования имитационных игр не ограничивается учебным процессом. Бурков [10] рассматривал в своей работе использование игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов. В частности, в указанной работе говорится, что использование данного метода при разработке экономических механизмов позволяет осуществлять экспериментальную проверку теоретических результатов и практических предложений по созданию новых экономических механизмов, совершенствованию существующих экономических регуляторов.

### **Заключение**

Приведен обзор обучающих систем имитационного моделирования экономических процессов, использование которых обусловлено необходимостью изучения экономических явлений, выработки навыков принятия решения в сложившихся ситуациях, и, в частности, рассмотрены программы моделирования цепей поставок, аукционов, предприятий. Кроме того, рассмотрены три программы, созданные авторами: «Имитатор», «Аукцион», «Запас», выполняющие в автоматическом либо ручном поэтапном режиме имитационное моделирование экономических объектов, в том числе торгов, проводимых в соответствии с ФЗ №94, и систем управления запасами.

### **Литература**

1. Павловский Ю.Н. Имитационное моделирование / Ю.Н. Павловский, Н.В. Белотелов, Ю.И. Бродский. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 236 с.

2. Джораев В.О. Применение деловой игры «Никсдорф Дельта» для моделирования экономических процессов / В.О. Джораев, Р.Р. Ахметшин // Вестник ОГУ. – 2005. – №10. – С. 150–154.
3. Игровой портал Тольяттинской академии управления [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.taom.ru/stock/index.php>.
4. Richard A.K. The Future of Java-based Simulation / A.K. Richard, J.H. Kevin // Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference. – Washington DC, 13–16 December 1998. – Washington DC, 1998. – P. 1707–1712.
5. The Real-Time Global Supply Chain Game: New Educational Tool for Developing Supply Chain Management Professionals / T.M. Corsi, S. Boyson, A. Verbraeck, S.-P. Van Houten, C. Han, J.R. Macdonald // Transportation Journal. – 2006. – №3 (45). – P. 61–73.
6. Peter L.J. The Distribution Game [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://legacy.orie.cornell.edu/~jackson/distgame.html>.
7. Electronic auction house FM [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.iiia.csic.es/Projects/fishmarket/newindex.html>.
8. Пшеничников С.Б. Имитационное моделирование торгов: новая технология биржевых тренажеров / С.Б. Пшеничников, К.В. Воронцов // Индикатор. – 2002. – Т.42, №2. – С. 60–65.
9. Мицель А.А. Разработка системы имитационного моделирования экономических объектов на основе объектно-ориентированного подхода / А.А. Мицель, Е.Б. Грибанова // Известия ТПУ. – 2007. – Т. 311, №6. – С. 11–15.
10. Грибанова Е.Б. Система имитационного моделирования торгов, проходящих в форме аукциона / Е.Б. Грибанова, О.В. Каштанова, А.А. Мицель // Доклады ТУСУР. – 2007. – №1 (15). – С. 63–70.
11. Мицель А.А. Разработка системы имитационного моделирования управления запасами на основе объектно-ориентированной технологии / А.А. Мицель, И.В. Бойченко, Е.Б. Грибанова // Инфокоммуникационные технологии. – 2006. – Т.4, №3. – С. 59–64.
12. Грибанова Е.Б. Разработка имитационных моделей экономических систем на основе объектно-ориентированного подхода // Современные техника и технологии: Материалы XIV Международной научно-практической конференции, г. Томск, 24–28 марта 2008. – Томск, 2008. – С. 276–277.
13. Бурков В.Н. Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов / В.Н. Бурков, Г.С. Джавахадзе, Н.И. Динова. – М. : ИПУ РАН, 2003. – 51 с.

---

**Грибанова Екатерина Борисовна**

Аспирант кафедры автоматизированных систем управления ТУСУРа

Тел.: (3822) 41-31-57

Эл. почта: [Katag@yandex.ru](mailto:Katag@yandex.ru)**Мицель Артур Александрович**

Доктор. техн. наук, профессор кафедры автоматизированных систем управления ТУСУРа

Тел.: (3822) 41-31-57

Эл. почта: [maa@asu.tusur.ru](mailto:maa@asu.tusur.ru)

A.A. Mitsel, E.B. Gribanova

**Educational systems of simulation modeling of economic processes**

In this article the view of educational systems of simulation modeling are offered. The article includes description of programs for simulation modeling of supply chains, auctions, and firms.

**Keywords:** simulation modeling, economic processes, educational systems.