

**ЭКОЛОГО-СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ:
ТЕХНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ***

Ю.И. Бродский

1. Введение

Данная работа посвящена особенностям технологии реализации эколого-социально-экономической имитационной модели (ЭСЭИМ), описанной в работах [1, 2]. Модель воспроизводит на характерных временах, соизмеримых с временем жизни поколения, процессы развития общественного производства, науки, образования, здравоохранения, а также демографический и инновационный процессы, происходящие в нескольких странах, связанных общим рынком. Модель предназначена для проведения имитационных игр, выявляющих условия, при выполнении которых обеспечивается устойчивое развитие стран на указанных характерных временах. Данная модель является глобальной моделью мировой динамики, подобной рассматривавшимся в [3, 4], с большей детализацией и учетом некоторых, не рассматривавшихся ранее аспектов мирового развития [1, 2]. Традиционно реализация подобного рода моделей была основана на

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда (грант 01-02-00019а) и Совета Программы поддержки ведущих научных школ (грант 00-15-96137).

системно-динамическом подходе, предложенном в [3]. Однако плодотворно развивавшийся в последние годы объектно-событийный подход [5, 6, 7, 8] оказался успешно применимым и для непрерывного моделирования, в том числе и системно-динамических задач [7]. В то же время объектно-событийный подход оказывается более технологичным при развитии и детализации глобальной модели, приводящим к увеличению ее размерности, так как предлагает некоторую декомпозицию, облегчающую как конструирование модели, так и ее реализацию коллективом разработчиков. При такой декомпозиции каждому разработчику может быть предложена для реализации некоторая логически самостоятельная и не слишком сильно связанная с другими часть модели. Поэтому в качестве базовой концепции реализации ЭСЭИМ выбрана концепция объектно-событийного моделирования, предложенная в [5, 8].

2. Структура модели

Основной структурной единицей модели является объект. Объекты могут объединяться в группы. Группа может содержать другие группы (подгруппы) и/или объекты. С группой или объектом могут быть связаны некоторый набор переменных (фазовые переменные) и набор программ (методов) их обработки.

На самом верхнем уровне иерархии групп и объектов находится группа "Мир", включающая в себя остальные группы. У нее имеются фазовые переменные, связанные с мировыми рынками продуктов, а также следующие программы-методы:

- программа вычисления мировых запасов и цен;
- программа-монитор, управляющая вычислительным про-

цессом;

- программа визуализации, переводящая наблюдаемые переменные модели в наиболее удобный для наблюдения формат (рисунки, диаграммы, графики, таблицы и т.д.).

Далее идут группы стран (несколько экземпляров групп типа "страна"). Группа "страна" содержит следующие объекты:

- правительство;
- демография;
- экология;
- добывающая отрасль экономики;
- обрабатывающая отрасль экономики;
- образование;
- здравоохранение;
- информатика;
- наука;
- домашние хозяйства как экономический агент.

Фазовыми переменными объекта "правительство" являются управления, доступные участникам игры; программа-метод правительства позволяет получить эти управления и записать их в базу данных.

Фазовыми переменными объекта "демография" являются демографические переменные, такие как распределение населения по возрастам, уровням образования, квалификации, коэффициенты рождаемости и смертности. Программы-методы данного объекта умеют пересчитывать фазовые переменные на следующий такт модельного времени в зависимости от заданных управлений.

Фазовыми переменными объекта "экология" являются качество окружающей среды, два вида загрязнения, рассматриваемые в модели, мощность экологической отрасли. Программа-метод данного объекта вычисляет параметры окружающей среды на следующем такте модельного времени.

К фазовым переменным объекта "добывающая отрасль" относятся мощность добывающей отрасли, запас первичного ресурса, выпуск добывающей отрасли, инвестиции в добывающий сектор. Программы-методы вычисляют выпуск продукции добывающей отрасли и динамику развития ее мощностей.

Фазовые переменные объекта "обрабатывающая отрасль" - мощность отрасли, фондоемкость, эксплуатационный возраст мощностей отрасли, инвестиции в обрабатывающую отрасль, экспорт и импорт продукции отрасли. Программы-методы вычисляют выпуск продукции и динамику развития мощностей отрасли.

К фазовым переменным объекта "образовательная отрасль" относятся мощности государственного и частного образования страны. Программа-метод вычисляет распределение по уровням образованности на следующем такте, исходя из распределения текущего такта и инвестиций в образование как со стороны государства (переменные объекта "прави-

тельство”), так и со стороны объекта ”домашние хозяйства”.

Методы объекта ”здоровоохранение” пересчитывают коэффициенты рождаемости и смертности, относящиеся к фазовым переменным объекта ”демография”, в соответствии с инвестициями в здравооохранение - фазовыми переменными объектов ”правительство” и ”домашние хозяйства”.

К фазовым переменным информационной отрасли относятся распределение мощностей по эксплуатационным возрастам, к методам - программы, вычисляющие выпуск продукции отрасли и динамику развития мощностей, а также программа, вычисляющая влияние правительства через информационную отрасль на структуру потребления ”домашних хозяйств”.

Основная характеристика объекта ”наука” - число людей в стране, имеющих высший уровень образования. От этого числа зависит возможность появления новых технологий производства и предметов потребления. Метод объекта - программа появления новых технологий и новых предметов потребления.

Основной фазовой характеристикой объекта ”домашние хозяйства” является структура потребления - то, на что тратятся немалые средства, аккумулированные домашними хозяйствами. Например, часть из них по сценарию игры может тратиться на инвестиции в образование, здравооохранение, экологию.

3. Интерфейс имитационной игры

Основой пользовательского интерфейса является сайт в Интернете, посвященный имитационной игре, созданный в рамках организации центра имитационного моделирования в Интернете [9]. На этом сайте все желающие могут ознакомиться с проектом ЭСЭИМ, с ходом игры, текущим состоянием стран, просматривая странички, посвященные странам-участникам игры, экономической, экологической, демографической ситуациям в этих странах. Кроме того, игроки, представляющие правительства стран-участниц игры, могут авторизовавшись на сайте получить доступ к заполнению форм управления и, таким образом, сделать свой очередной ход. Организаторы игры, авторизовавшись на сайте, могут также получить полную информацию о состоянии модели и внести в ее работу свои коррективы.

4. Хранение данных

На сайте игры хранится только наблюдаемая часть фазовых переменных модели, в виде, удобном для наблюдения в Интернете (рисунки, диаграммы, графики, таблицы), которая обновляется на каждом такте моделирования. Все фазовые переменные модели хранятся на том же компьютере, где работает программа-монитор. На стадии макета предполагается хранить фазовые переменные как файлы файловой системы этого компьютера, в случае развития проекта предполагается воспользоваться одной из стандартных СУБД, допускающих удаленный доступ через Интернет.

5. Организация имитационного эксперимента

В начальный момент игры исходные значения фазовых переменных задаются организаторами игры. Программа-монитор устанавливает начальное модельное время и вызывает

программу визуализации, которая переводит наблюдаемую часть фазовых переменных игры в вид, принятый для отображения хода игры на Интернетовском сайте (диаграммы, графики, таблицы, числа, картинки...) и засылает этот материал на сайт игры (например, по протоколу FTP), - начинается первый такт имитации. В дальнейшем все участники игры могут сделать свой ход, посетив сайт игры. Программа-монитор отслеживает ходы игроков. Следующий такт игры (перевод часов модельного времени) наступает, когда все игроки сделали свой ход (либо он может быть привязан к физическому времени и наступать раз в его единицу: час, сутки, неделю.... В этом случае, если кто-то из игроков не сделал своего хода, программа-монитор определенным образом назначает ему управление, например прошлое, или усреднение прошлых управлений, либо назначает некоторое управление, специально заданное для таких случаев). При наступлении очередного такта игры программа-монитор поочередно вызывает программы-методы объектов и групп, которые пересчитывают фазовые переменные в соответствии с заданными управлениями, затем переводит модельные часы и вызывает программу визуализации, - наступает следующий такт.

Л и т е р а т у р а

1. *Павловский Ю.Н.* Эколого-социально-экономическая имитационная модель: гуманитарный аспект. //Информационное общество. М:Институт "Информационное общество",2001.

2. Белотелов Н.В., Оленев Н.И. Эколого-социально-экономическая имитационная модель: игровой аспект. М:ВЦ РАН: 2001.
3. Форрестер Дж. Мировая динамика М.: Наука, 1978. 168с.
4. Meadows D. L., et al. Dynamics of Growth in a Finite World. Cambridge, Mass.-Allen Press Inc.1974.
5. Бродский Ю.И., Лебедев В.Ю. Инструментальная система имитации MISS. М.: ВЦ АН СССР, 1991. 180с.
6. Stroustrup B. The C++ Programming Language. Addison-Wesley,1991.
7. Alfonseca M., Pulido E., de LaraJ., Orosco R. OOCSMP: An Object-Oriented Simulation Language. //Proc. 9th European Simulation Symposium ESS97. SCS Int., Erlangen. 1997. pp. 44-48.
8. Бродский Ю.И., Лебедев В.Ю., Огарышев В.Ф., Павловский Ю.Н., Савин Г.И. Общие проблемы моделирования сложных организационно-технических комплексов. //Вопросы кибернетики. М.: Научный совет по комплексной проблеме "Кибернетика" АН СССР, 1990, С.42-48.
9. Бродский Ю.И. Проблемы создания центра имитационного моделирования в Internet.//Моделирование, декомпозиция и оптимизация сложных динамических процессов. М:ВЦ РАН, 1998, С.29-35.