

## РАЗВИТИЕ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. Л. Колюх (Новосибирск), Я. Б. Игнатъев, В. В. Зиновьев (Кемерово)

Цель статьи – анализ 50-летнего развития программных средств имитационного моделирования (от метода статистических испытаний до создания имитационных сред) для определения места России в этом процессе.

История имитационного моделирования, как методологии исследования динамики систем, началась в 1955 г., когда поведение системы стали описывать на универсальных языках типа FORTRAN, позднее – на C/C++. В компьютер вводили систему уравнений с детерминированными  $-X$  и случайными  $\sim X$  коэффициентами, задавали

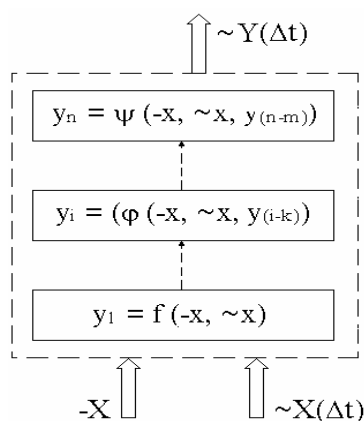


Рис. 1. Имитационное моделирование на универсальном языке

шаг времени  $\Delta t$ , с помощью датчика случайных чисел изменяли случайные коэффициенты, а результаты решения  $\sim Y(\Delta t)$  подвергали статистической обработке (рис. 1). Поскольку шаг времени выбирали для самого быстрого процесса, то после моделирования получали множество ненужных данных о шагах, когда изменений в системе нет. Разработка модели часто отставала от развития объекта моделирования, а ее доработка отнимала много времени.

Появилась идея описания повторяющихся во многих имитационных моделях операций “создать объект”, “двигать”, “передать по условию”, “ожидать в течение”, “генерировать случайные числа” в виде подпрограмм на универсальном языке. Специализированные языки имитационного моделирования описывают поведение системы, как взаимодействие ее элементов  $E_1, \dots, E_n$  во времени и пространстве (рис. 2).

В отличие от имитации с постоянным шагом времени поведение дискретной системы отображается последовательностью событий, которыми являются начало или окончание изменения состояния элемента системы.



граммирующего пользователя, входные и выходные анализаторы, возможность анимации имитационного моделирования. Их применение и демо-версии представлены на нашем компакт-диске, разработанном для российских специалистов [10]. В 2000 г. на мировом рынке предлагалось более 60 программных продуктов имитационного моделирования [11]. Такие среды не требуют программирования в виде последовательности команд. Вместо составления программы пользователь компоует модель, перенося готовые блоки из библиотеки на рабочее поле и устанавливая связи между ними. На рис. 3 построена на модель транспортной системы в среде Automod.

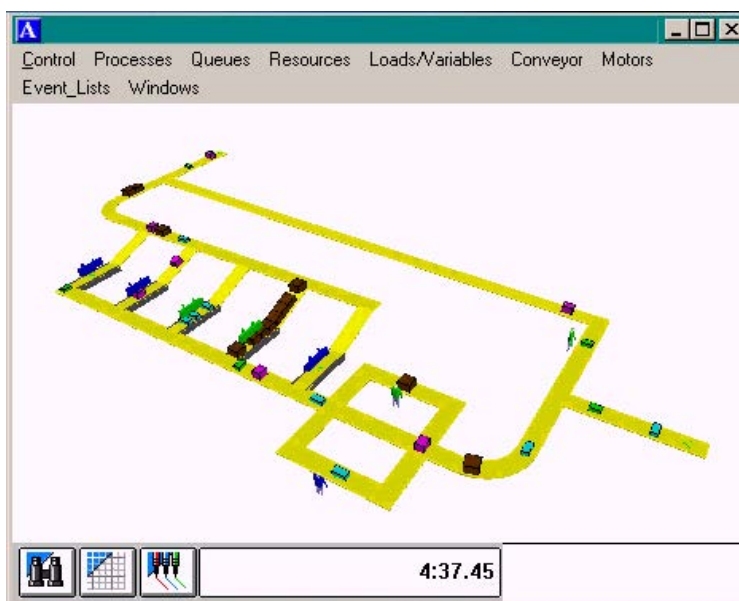


Рис. 3. Пример имитационной модели в среде Automod

Как альтернатива специализированным языкам, развивались проблемно-ориентированные имитаторы, такие как MAST, MAP [12], в которых пользователь вызывает из библиотеки модули и вводит параметры модели в готовые бланк (рис. 4).



Рис. 4. Имитационное моделирование с помощью имитатора

Многолетнее отставание России в области имитационного моделирования обусловлено отсутствием информации на русском языке и высокой стоимостью лицензий на программные продукты. До сих пор многие считают имитационным моделированием аналитические расчеты с помощью компьютера, тратят время на имитацию с помощью универсальных языков. В последние годы ситуация начинает улучшаться благодаря организации Всероссийских конференций по имитационному моделированию, созданию популярного портала [www.gpss.ru](http://www.gpss.ru), появлению современной литературы и не уступающих зарубежным программным средств, таких как AnyLogic (Санкт-Петербург), интересу молодых специалистов к применению имитационного моделирования для решения научных и практических задач.

В табл. 1 приведена классификация средств имитационного моделирования.

Таблица 1

<i>Вид средства</i>	<i>Особенности</i>	<i>Примеры</i>
Специализированные языки	Имитационная модель представляет собой последовательность команд, каждая из которых написана на универсальном языке программирования	GPSS/H, SIMSCRIPT, GASP, SIMULA, SLAM
Имитаторы	Модель вводят в компьютер, устанавливая связи между модулями и записывая параметры модели в бланках имитатора	AlphaSim, NetStar, MAST, MAP
Среды имитационного моделирования	Имитационную модель формируют на рабочем поле из набора графических компонентов среды	MicroSaint, iGrafx Process, SIMUL8, VisSim, Extend, Arena, AnyLogic, Enterprise Dynamics
Web- среды имитационного моделирования	Имитационную модель строят с помощью технологий web- программирования	JSIM, Forio, PowerSim

За 50 лет средства имитационного моделирования прошли значительный путь развития [13]. Современные программные продукты не требуют специального обучения пользователя, и у него есть возможность больше внимания проведению имитационных экспериментов и интерпретации их результатов. В перспективе будут развиваться:

- имитационное моделирование системы одновременно с ее функционированием, что позволит предсказывать поведение системы;
- замена физических моделей объектов управления на имитационные, что позволит изучать разные алгоритмы управления объектами;
- оптимизация результатов имитационных экспериментов;
- распределенное в пространстве имитационное моделирование сложных систем;
- отображение реального производства в виде имитационной модели.

Работа выполнялась по гранту Научного комитета НАТО OTR CRG №960628 «Имитация и анимация процессов добычи угля в России» и проекту У0043/995 «Подготовка кадров в области информационных технологий производства для Кузбасса» Федеральной целевой программы «Интеграция науки и высшего образования России на 2002-2006 гг.».

### Литература

1. **Tocher K., Owen D.** The automatic programming of simulations, *Proc. of the 2-nd Int. Conf. on Operational Research*, 1960, pp. 50–68.
2. **Schriber T.** *Simulation Using GPSS*, John Wiley, 1974.
3. **Cellier F. and A. E. Blitz** "GASP IV: A Universal Simulation Package", *Proceedings of the IFAC Conference*, 1976
4. **Markowitz H.** "SIMSCRIPT", *Encyclopedia of Computer Science and technology*, Eds: J. Belzer, A. G. Holzman, and A. Kent, Marcel DekUer, Inc., 1971.
5. **Прицкер А.** Введение в имитационное моделирование и язык SLAM II, М.: Мир, 1987. 646 с.

6. **Sol H.** SIMULA(TION) in the Analysis and Design of Information Systems", *Proc. of the Simulation'77*, ACTA Press, 1977, pp. 67–71.
7. **Pritsker A.** The GASP IV Simulation Language, John Wiley, 1974.
8. **Banks J. at al.** *Getting started with GPSS/H*, USA: Wolverine Software Corp., 1975, 445 p.
9. **Henriksen J.at al.** *Using Proof Animation*, USA, Wolverine Software Corp., 2-nd edition, 1976, 355 p.
10. **Конюх В. Л., Игнатъев Я. Б., Зиновьев В. В.** Методы имитационного моделирования систем. Применение программных продуктов. *Электронное изд. зарег. в Федеральном депозитарии электронных изданий, № 0320401123*. Рег. свид. ФГУП НТЦ «Информрегистр» от 06.09.2004. № 4753.
11. **Elliott M.** Buyer's Guide Simulation, *IEE Solutions*, May 2000.
12. **Третьяков Э. А., Гринева С. Н., Еленева Ю. А.** Математическое моделирование организационно-производственных структур ГПС. М.:ВНИИТЭМР, 1986, 88 с.
13. **Banks J., Carson J.S., Nelson B.L., Nicol D.M.** *Discrete-Event System Simulation*, Prentice Hall, NJ. – 615 p. – 2000.