

О МЕТОДОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.Б. Бигдан, В.А. Пепеляев, М.А. Сахнюк
Институт кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины

Анотація

В доповіді розглядаються особливості розробки та реалізації проблемно-орієнтованих застосувань, що базуються на методології та технологіях послідовного імітаційного моделювання.

Характерной особенностью современного этапа развития имитационного моделирования, как эффективной методологии исследования и проектирования сложных систем, является "сосуществование" трёх различных направлений, ориентированных на процессы последовательного моделирования, распределённого моделирования и моделирования на основе концепции виртуальной реальности (VR — Virtual Reality) соответственно.

В представленной ниже таблице приведен перечень наиболее известных систем имитационного моделирования, базированных на соответствующих подходах.

Вид имитационного моделирования	Имитационные системы или программные продукты
Последовательное моделирование	GPSS, ARENA, EM-Plant, QUEST, AutoMod, WITNESS, ProModel, SIMUL8, ISS 2000, Crystal Ball, AnyLogic
Распределенное моделирование	SIMNET, SPEEDES, ParaSol, HLA, НЕДИС-Р
Моделирование на основе VR	продукт фирмы Tecnomatix, продукт фирмы DELMIA

Заметим, что термин «последовательное моделирование» (синонимы — сосредоточенное или нераспределенное) здесь и далее используется для представления подходов, реализуемых на однопроцессорных платформах. Последовательное моделирование связано с созданием и внедрением на современных вычислительных платформах языков и систем в традиционном для имитационного моделирования стиле. Коммерческие системы семейства GPSS, ISS 2000, ARENA, SIMUL8, QUEST, ProModel, AutoMod, WITNESS, Crystal Ball, базируются на технологических стандартах последовательного модели-

рования с использованием возможностей визуализации и анимации. Система AnyLogic разработана российской фирмой XJ Technology, Санкт-Петербург. Интерактивная система ISS 2000 разработана в Киевском национальном техническом университете «КПИ» [1,2].

Указанные системы моделирования ориентированы на решение задач бизнеса, образования, управления финансами, социально-экономическими и производственными процессами, исследование транспортных и логистических систем. За сравнительно короткий период пользователями указанных систем стали очень многие солидные фирмы: IBM, Bell Laboratories, Motorola, Ford Motor Company, Boeing Aircraft, British Airways, Virgin Atlantic, Hewlett Packard Corporation, USA Air Force, British Steel, Nissan Motors, ИМПЭКС БАНК, Русский Алюминий.

Второе направление в области современного имитационного моделирования связано с методологией и технологическими аспектами распределенного, реализуемого на сетевой архитектуре моделирования. Наиболее известными здесь являются такие системы как SIMNET, SPEEDES, ParaSol. Система SIMNET в свое время интенсивно использовалась для обучения воинского персонала в чрезвычайных ситуациях, SPEEDES специализировалась главным образом, на выполнении заказов NASA, ParaSol — для реализации различных научно-исследовательских проектов. Следует отметить, что разработанная по инициативе Министерства обороны США технология HLA (High Level Architecture) принята в качестве стандарта создания и реализации распределенных имитационных приложений. В 1998 году HLA номинирована в НАТО [3,4].

Система НЕДИС-Р разработана в Институте кибернетики НАН Украины под руководством Гусева В.В. Система поддерживает последовательное и распределенное моделирование дискретно-событийных процессов. При этом обеспечивается автоматическое формирование распределенных имитационных моделей на основе их сосредоточенных аналогов для консервативной и оптимистической схем синхронизации. Система не имеет аналогов в отечественной практике имитационного моделирования [5,6].

Моделирование на основе схем VR ведет свое начало от видеоигровой индустрии. В конце 90-х годов успехи в автомобилестроительной промышленности Германии (создание условий для автоматизации процессов на всех этапах жизненного цикла изделий, начиная от их эскизного проектирования вплоть до этапа утилизации) способствовали развитию концепции e – Manufacturing. Основная суть e - Manufacturing определяется непрерывным использованием имитационных моделей в процессе проектирования и эксплуатации производст-

венных систем. Базированные на концепции e – Manufacturing схемы VR нашли широкое применение в практике исследования и проектирования различного рода производственных и логистических систем. Лидерство здесь принадлежит Германским фирмам Tecnomatix и DELMIA [7].

Методологические аспекты последовательного имитационного моделирования

Методы имитационного моделирования в отличие от классических подходов не предоставляют в распоряжение исследователя или разработчика сложных систем строгого математического аппарата для формализации соответствующих процессов, но предлагают соответствующие средства в виде множества методологических схем и технологических стандартов, предусмотренных общей методологией имитационного моделирования и поддерживаемых специально разработанными языками и системами моделирования. Наиболее известные методологические схемы: модели теории массового обслуживания и теории автоматов, модели сетей Петри, модели динамических систем, агрегативные модели, модели системной динамики, модели событийного и процессионного подхода, принятые в высокоразвитых языках моделирования.

Любая система моделирования обязательным образом предоставляет в распоряжение разработчика соответствующую методологическую схему и обобщенную модель эволюции реальных систем. Определяемая в понятийных терминах (world of view) концептуальной базы метода имитационная модель формируется как иерархически структурированное множество объектов различных классов. При этом эволюция реальных систем трактуется как выполнение имитационной модели в виде цепочки происходящих во времени непрерывных или дискретных изменений состояний системы.

К настоящему времени в зарубежной и отечественной практике последовательного имитационного моделирования накоплен значительный опыт разработки и применения методолого-технологических стандартов, в первую очередь касающихся методологии создания имитационных моделей, проектирования сценариев и программ имитационных экспериментов, организации и структурирования данных, решения проблем оценки достоверности имитационных моделей [8,9].

На рисунке 1 представлена типовая схема Балчи процесса поэтапной разработки, реализации (акроним M&S — Modeling and Simulation) и оценки достоверности (акроним VV&T — Verification Validation and Tetsting) нераспределенных имитационных приложений. Международным сообществом имитаторов приняты стандартные подходы к решению

проблемы оценки достоверности, включающие 15 принципов и порядка 70 эвристических приемов. Сплошные стрелки на рисунке указывают на переход от одного этапа процесса разработки приложения к другому. Прерывистые стрелки — используются для представления процедур, оценивающих достоверность таких переходов.

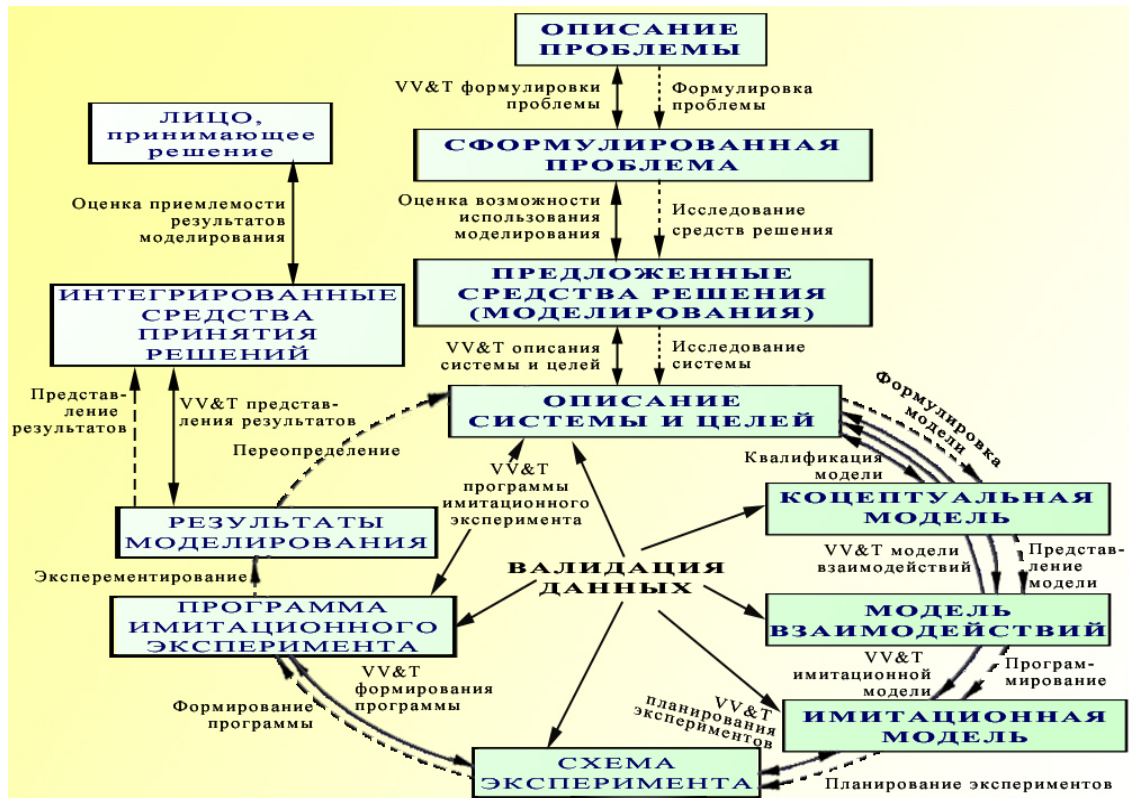


Рисунок 1 — Схема Балчи разработки и реализации имитационных приложений

Особенности реализации имитационных экспериментов в последовательном моделировании

Основными составляющими любого последовательного имитационного эксперимента являются: симулятор, диспетчер, время, календарь, множество наблюдаемых переменных, имитационная модель и сценарий эксперимента. На рисунке 2 представлена общая структура и функциональные связи указанных компонент.

В определение имитационной модели наряду с описанием пассивных и активных объектов (PASOBJ и AKTOBJ) включается описание факторов, откликов и переменных модели.

Сценарий эксперимента включает определение наблюдаемых переменных, функций цели и стандартного набора модулей, ориентированных на поддержку соответствующих этапов эксперимента.

Набор таких модулей является инвариантным по отношению к приложениям, но их функциональность определяется спецификой самих приложений. Основное функциональное назначение модулей сценария отражается в их названии. Наблюдаемые переменные являются множеством регистрируемых в процессе эксперимента откликов модели. Имитационная модель передает значения своих откликов процедурам-измерителям, которые управляют регистрацией последних.

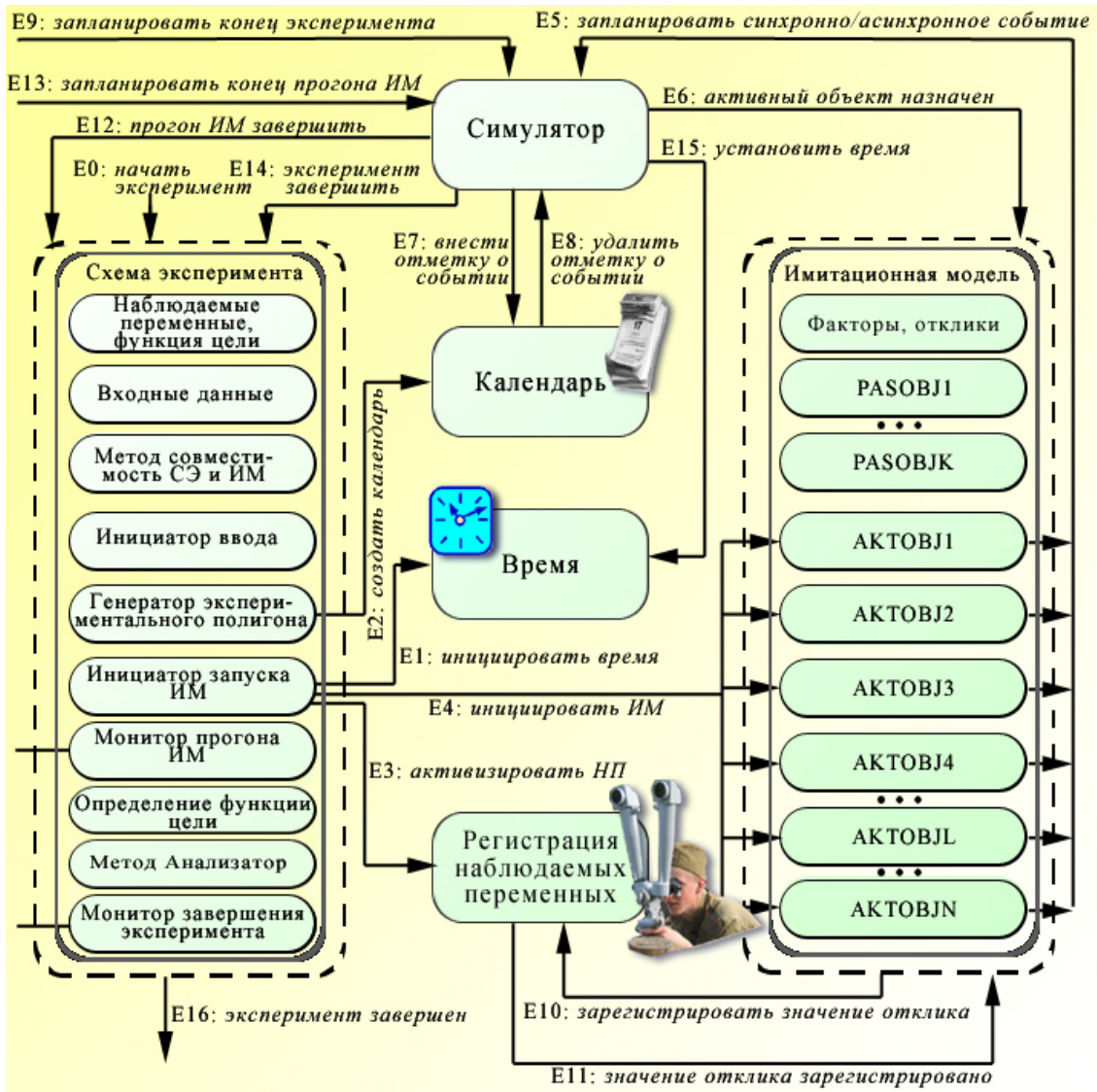


Рисунок 2 — Стандартная схема реализации типовых сценариев последовательных имитационных экспериментов

Современные подходы к организации программной среды поддержки процессов имитационного моделирования

На рисунке 3 представлена интегрированная программно-информационная среда поддержки процессов проектирования и реализации

нераспределенных имитационных приложений на основе принятых стандартов, касающихся имитационных моделей, сценариев и программ имитационных экспериментов.

В процессе реализации компьютерных экспериментов имитационная модель (ИМ) и соответствующая схема эксперимента (СЭ) интегрируются в рамках программы имитационных экспериментов (ПИЭ) с такими общесистемными компонентами как симулятор, время моделирования, календарь.

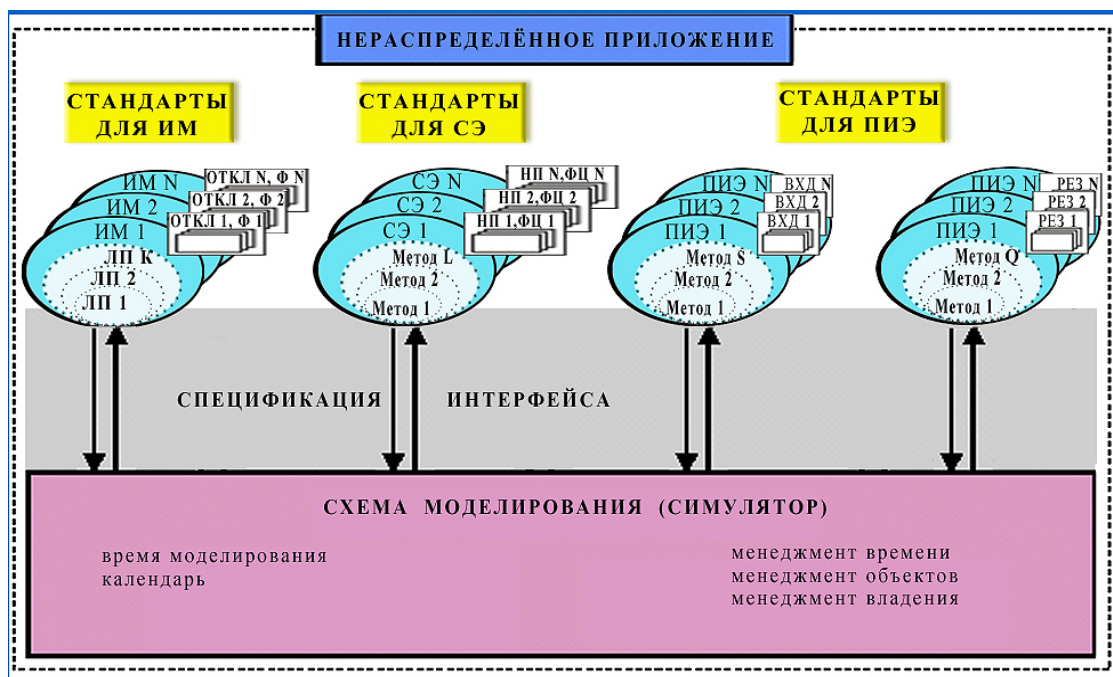


Рисунок 3 — Структура и организация программно-информационной среды поддержки имитационного моделирования

Представленная на рисунке 3 среда включает:

ИМ 1, ИМ 2, ... ИМ N — версии имитационных моделей, отличающиеся множествами логических процессов (ЛП 1, ЛП 2, ... ЛП K), факторов (Ф 1, Ф 2, ... Ф N) и оцениваемых выходных переменных (ОТКЛ 1, ОТКЛ 2, ... ОТКЛ N);

СЭ 1, СЭ 2, ... СЭ N — версии схем имитационных экспериментов, содержащие наборы методов для поддержки различных этапов экспериментов (метод 1, метод 2, ... метод L), множества входных переменных (ВХД 1, ВХД 2, ... ВХД N), методов их подготовки и ввода (метод 1, метод 2, ... метод S), множества наблюдаемых в эксперименте параметров (НП 1, НП 2, ... НП N), модели определения функции цели (ФЦ 1, ФЦ 2, ... ФЦ N);

ПИЭ 1, ПИЭ 2,... ПИЭ N — версии программ имитационных экспериментов, ориентированных на реализацию конкретных сценариев, скомпонованных на основе соответствующих версий ИМ и СЭ;

РЕЗ 1, РЕЗ 2,... РЕЗ N — накапливаемые результаты, отображаемые с помощью специальных методов (метод 1, метод 2,... метод Q).

Литература

1. Борщёв А.В., Карпов Ю.Г. Профессиональный инструмент имитационного моделирования AnyLogic // В трудах первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД–2003, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, Санкт-Петербург, 2003. — Том 1, С.64–69.
2. Томашевский В.Н., Богушевская Н.В. Интерактивная система имитационного моделирования ISS-2000. // В трудах первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД–2003, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, Санкт-Петербург, 2003. — Том 1. — С.190–194.
3. Fujimoto R.M. Parallel and Distributed Simulation // in Proceedings of the Winter Simulation Conference. — 1999. — P.122–131.
4. High Level Architecture <http://www.dmsomil/public/transition/hla>.
5. Галаган Т.Н., Гусев В.В., Марьянович Т.П., Яценко Н.М. Один подход к автоматизации построения распределенной модели из ее сосредоточенного аналога // Проблемы программирования, 2002. — №1–2. — С.182–197.
6. Бигдан В.Б., Марьянович Т.П., Сахнюк М.А. От последовательных к распределенным технологиям в имитационном моделировании // В трудах первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД–2003, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, Санкт-Петербург, 2003. — Том 1. — С.59–63.
7. Талуев Ю.И., Рихтер К. Комплексное применение имитационного моделирования при моделировании при реализации концепции e-Manufacturing // В трудах первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД–2003, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, Санкт-Петербург, 2003. — Том 1. — С.23–27.
8. Бигдан В.Б. О Применении методолого-технологических стандартов в процессах разработки распределенных приложений // Компьютерная математика. — 2002. — №1. — С.42–53.
9. Пепеляев В.А., Черный Ю.М. О современных подходах к оценке достоверности имитационных моделей // В трудах первой всероссийской научно-практической конференции ИММОД–2003, ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, Санкт-Петербург, 2003. — Том 1. — С.142–147.