

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ В ОБЛАСТИ СОВРЕМЕННОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Бигдан В.Б., Пенелаяев В.А., Сахнюк М.А.

Институт кибернетики імені В.М.Глушкова НАНУ,
03680, МСП, Київ-187, проспект академіка Глушкова, 40, тел. (044) 266 4107,
msakh@icfsc.kiev.ua

Аналізуються сучасні тенденції в галузі імітаційного моделювання стосовно до методолого-технологічних аспектів послідовного, розподіленого та Virtual Reality-базованого моделювання. Розглянуто деякі перспективи розвитку вітчизняного імітаційного моделювання.

The modern trends in simulation area as applied to methodological-technological aspects of non-distributed, distributed and Virtual Reality -based simulation are analyzed. Some the native simulation development perspectives are considered.

Введение

Одной из основных тенденций, наметившихся в последнее время в области информационных технологий, является повышенный интерес к методолого-технологическим проблемам использования имитационного моделирования в практике исследования и проектирования сложных систем в различных прикладных областях, обусловленный следующими причинами:

- расширением области приложений имитационного моделирования прежде всего за счет таких нетрадиционных направлений, как бизнес-процессы, маркетинг, логистика, управление финансами, социально-экономические процессы и т.п.;
- расширением методологических возможностей имитационных систем на основе интеграции неформального аппарата обобщенных схем, принятых в соответствующих языках моделирования, с классическими моделями системного анализа и вычислительной математики (теория системной динамики и оптимизации, принятия решений, методы численного анализа и т.д.). Такая интеграция обеспечивает предпосылки для создания многофункциональных сред имитационного моделирования, поддерживающих эффективное решение комплексных проблем, возникающих сегодня в различных прикладных областях;
- повышением уровня технологичности имитационных систем за счет средств визуализации: графического интерфейса, анимации, а также Case-технологий. В последнее время широкое распространение получил унифицированный язык визуального представления моделей программных систем - UML (Unified Modeling Language), разработанный известными американскими специалистами в области объектно-ориентированного программирования Гради Бучем, Джимом Румбахом и Айваром Якобсоном [1];
- массовым использованием Интернет-технологий как для поддержки процессов дистанционного обучения, так и реализации имитационных экспериментов на основе современных сетевых технологий. Широкому кругу исследователей сегодня доступны Web-сайты таких известных специалистов в области имитационного моделирования как Р.Саджент, О.Балчи, Р.Фуджимото и другие. Через Web-сайты можно получить материалы такого важного мероприятия, проводимого ежегодно международным сообществом симуляторов, как Winter Simulation Conference. Российский имитационный портал gpss.ru регулярно публикует самую "горячую" информацию из зарубежной и российской практики имитационного моделирования.;
- развитием возможностей проектирования и исследования сложных систем на основе, так называемых, моделей виртуальной реальности (Virtual Reality - VR).

О повышении интереса и возрастании спроса на системы имитационного моделирования свидетельствуют доклады, представленные на последних трех конференциях Winter Simulation Conference (2000-2002 гг.).

В октябре 2003 г. в России в Санкт-Петербурге состоялась первая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2003. Свыше 30 докладов были посвящены исследованиям в различных прикладных областях (космос, производство, логистика, медицина, судостроение, транспорт и др.). Представленные доклады свидетельствуют о масштабности и высоком уровне проектов, разрабатываемых в настоящее время в России на основе методов имитационного моделирования.

Анализ основных тенденций в области современного имитационного моделирования

Характерной особенностью современного этапа развития имитационного моделирования является "сосуществование" трех различных направлений (а точнее сказать методологий), ориентированных на процессы последовательного, распределенного моделирования и моделирования на основе виртуальной реальности соответственно.

В таблице 1 приведен перечень наиболее известных систем имитационного моделирования, базированных на соответствующих методологиях.

Первое направление связано с созданием и внедрением на современных вычислительных платформах языков и систем в традиционном для имитационного моделирования стиле. Коммерческие системы семейства GPSS (GPSS/H, GPSS/HProof, GPSS World), ISS 2000, ARENA, SIMUL8, QUEST, ProModel, AutoMod, WITNESS, AnyLogic [2,3] базируются на технологических стандартах последовательного моделирования с использованием возможностей визуализации и анимации.

Таблица 1. Перечень наиболее известных систем имитационного моделирования.

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

Заметим, что интерактивная система имитационного моделирования ISS 2000 разработана в Украине в Киевском национальном техническом университете "КПИ" [4].

Одной из основных тенденций в области разработки и внедрения современных систем менеджмента бизнес-процессов является использование имитационного моделирования в качестве их неотъемлемой составляющей. "Встроенные" в менеджмент бизнес-процессов системы имитации обеспечивают решение таких важных задач как контроль проектов, планирование ресурсов, контроль бизнес-правил, прогноз инвестиций на основе анализа по схеме "что-если" ("what-if"), обучение в новых /реорганизованных бизнес-процессах, планирование сценариев для чрезвычайных ситуаций. Причём общепринятой является точка зрения, что имитационное моделирование должно сопровождать бизнес-процессы с самой начальной стадии их становления, развития и внедрения.

Подтверждением указанной тенденции могут служить примеры таких известных систем моделирования как SIMUL8 (SIMUL8 Corporation), AutoMod (Brooks Automation), ProModel (ProModel Corporation) и WITNESS (Lanner Group Incorporated) [5].

SIMUL8 Corporation разрабатывает, поставляет на рынок и поддерживает системы имитационного моделирования, ориентированные на решение задач бизнеса, правительства, образования и организаций, которые сталкиваются с проблемами управления потоками заказов, клиентов, транспорта или продукции. За сравнительно короткий период, начиная с момента основания в 1994 году, корпорация сумела включить в число своих пользователей 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 и Nissan Motors.

Системы моделирования AutoMod, ProModel и WITNESS также нашли широкое применение в различных прикладных областях (производство, бизнес, склады, логистика, транспорт, фармацевтическое производство, реинжиниринг в бизнесе) и обрели серьезных пользователей в лице таких фирм, как General Electric, Intel, Siemens, Nokia, Motorola и др.

Столь солидные пользователи выдвинули серьезные требования к качеству и эффективности систем моделирования. Прежде всего, это обеспечение возможности получения соответствующих выгод от использования систем моделирования в бизнес-процессах за сравнительно небольшую цену.

Естественно, что в таких условиях особенно актуальным становится вопрос об использовании методов оптимизации в практике имитационного моделирования, с одной стороны для получения оптимальных или близких к оптимальным характеристик исследуемых систем и процессов, а с другой стороны – для значительного сокращения числа и, как следствие, стоимости имитационных экспериментов за счёт направленного поиска указанных характеристик.

Таким образом, актуальной стала проблема создания средств поддержки соответствующих оптимизационных стратегий и их интеграции в системы имитационного моделирования.

В связи с этим в зарубежной практике имитационного моделирования в последние десять лет получила развитие и применение концепция оптимизации имитационного моделирования (simulation optimization), на базе которой в США разработаны такие пакеты как AutoStat, OptQuest, SimRunner, Optimizer, интегрированные в системы имитации AutoMod, SIMUL8, ProModel, WITNESS соответственно. Наиболее эффективным считается пакет OptQuest, разработанный фирмой OptTek Systems. Известно, что система OptQuest использовалась в нескольких тысячах реальных приложений, которые комбинировали имитационное моделирование и оптимизацию. Пакет OptQuest интегрирован также в систему QUEST и планируется его использование в системе ARENA.

Заслуживает внимания разработанная фирмой XJ Technologies (Санкт-Петербург, Россия) система AnyLogic, которая поддерживает на единой платформе различные схемы дискретно-событийного и непрерывного моделирования (блок-схемы процессов, системную динамику, агентное моделирование, карты состояний, системы уравнений, таймеры, порты, передатчик сообщений), обеспечивает открытую архитектуру имитационных приложений. AnyLogic - модели могут взаимодействовать с офисным или корпоративным

программным обеспечением, читать данные из электронных таблиц, баз данных, а также быть встроенными в производственный процесс в режиме реального времени. AnyLogic предоставляет средства интерактивной двумерной и трехмерной анимации исследуемых систем и процессов, сбора и анализа статистики, презентации ее в различных формах и экспорта в другие приложения. В систему встроен оптимизатор OptQuest. Первое знакомство с AnyLogic показывает, что данная имитационная система является мощным, гибким и конкурентно-способным программным продуктом. Последнее подтверждается перечнем клиентов системы: ИМПЭКС БАНК, Русский Алюминий, Boeing, General Electric, IBM, Philips/FEI Company, Hewlett Packard, Siemens, Research Triangle Institute [3].

Второе направление в области современного имитационного моделирования связано с методологией и технологическими аспектами распределенного, реализуемого на сетевой архитектуре моделирования [6]. 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 в плане разработок распределенных имитационных моделей и соответствующих сценариев экспериментов целесообразно использование специально разработанной для имитационного моделирования технологии HLA (High Level Architecture), созданной в процессе выполнения заказов НАТО, правительства и Министерства обороны США, разного рода промышленных и академических проектов [7].

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 [8]. НЕДИС-Р использовалась для исследования процессов функционирования различных транспортных систем, в том числе морских портов.

Широкие возможности современных технологий имитационного моделирования не избавляют разработчиков распределенных имитационных приложений от необходимости решения ряда проблем методологического плана:

- по возможности оптимальное решение вопроса привязки моделируемых процессов к конфигурации используемой для имитационных экспериментов сети в соответствии со схемой <физический процесс>→<логический процесс>→<сетевой компьютер>. Классический вариант этой схемы, как правило предполагает размещение одного процесса на каждом из компьютеров сети. При отсутствии требуемого числа компьютеров возникает проблема эффективного размещения нескольких процессов на одном компьютере;
- предпроектный выбор схемы и протоколов синхронизации с учетом физической природы и специфики функционирования исследуемой системы, выбор типов потоковых моделей;
- предпроектная идентификация сетевых компьютеров с целью назначения процессора-инициатора, который содержит сценарий распределенного имитационного эксперимента и отвечает за его инициализацию;
- неизбежность двухэтапной реализации распределенных приложений. На первом этапе разрабатывается реализуемый на однопроцессорном компьютере проект сосредоточенного аналога приложения. В ходе проведения соответствующих компьютерных экспериментов определяется архитектура распределенного приложения в целом, оцениваются межпроцессорные связи и объемы обмена сообщениями, что позволяет в конечном итоге спроектировать его более эффективно.

Здесь трудно выдать рекомендации общего характера, поскольку такие вопросы могут эффективно решаться только по мере накопления опыта моделирования в соответствующей проблемной области.

В соответствии с классификацией известного американского специалиста в области имитационного моделирования Ричарда Фуджимото, упомянутые выше системы относятся к системам поддержки аналитического моделирования в отличие от моделирования на основе виртуальной реальности (VR) [6].

В VR - моделировании различают два направления: первое относится к видеоигровой индустрии, а второе - связано, в первую очередь, с проблемами исследования и анализа производственных процессов на основе концепции e - Manufacturing, которая получила свое развитие в конце 90-х годов в автомобилестроительной промышленности Германии [3].

Формированию этой концепции в значительной степени способствовали как высокий уровень базовых информационных технологий, используемых в производственных процессах, так и большой положительный опыт их использования. Практически возникли условия для автоматизации процессов на всех этапах жизненного цикла изделия, начиная от его эскизного проектирования вплоть до этапа утилизации.

Основная суть концепции e - Manufacturing определяется непрерывным использованием цифровых моделей в процессе проектирования и эксплуатации производственных систем. При этом в виде цифровых моделей представляются не только сами изделия (например, в виде двумерных или трехмерных САД - чертежей), но и все средства производства, производственные и логистические процессы. Участвующие в производственном процессе работники получают возможность наблюдать трехмерные изображения статических объектов или динамические процессы. Такие изображения создаются с помощью методов VR.

Главная цель использования e - Manufacturing - достичь такого уровня моделирования объектов и процессов, при котором обеспечивается возможность детального изучения и оптимизации всех аспектов любого производственного процесса перед началом его запуска.

Естественно, что переход на режим e - Manufacturing особенно крупномасштабных предприятий может быть только постепенным. Идею e - Manufacturing планируют внедрить такие концерны как Mercedes-Benz PkW, Opel, BMW, Audi, Toyota, Airbus (при строительстве аэробуса A-380 в Гамбурге).

В целом концепцию e - Manufacturing можно представить формулой "Simulation+Virtual Reality". Для реализации концепции e - Manufacturing необходимо иметь следующие программные средства поддержки:

- хранения текстовых и графических данных, представленных в различных форматах;
- имитационного моделирования исследуемых систем и процессов;
- визуализации результатов моделирования методами VR.

На европейском рынке программных продуктов только две фирмы DELMIA и Tecnomatix готовы предложить полные наборы взаимно совместимых программных продуктов для поддержки концепции e - Manufacturing [9,10]. Ядром каждой системы является специальный банк данных, в котором представлены три базовые структуры производственного назначения PPR (Product, Process, Resources). У Tecnomatix этот банк называется e - Manufacturing Server, у DELMIA - PPR Hub. В качестве симуляторов Tecnomatix использует EM - Plant, а DELMIA - QUEST.

Большой объём работ по использованию имитационного моделирования в промышленности (в частности системы EM - Plant) а также по созданию VR-моделей выполняет Магдебургский Институт организации и автоматизации промышленного производства имени Фраунгофера - IFF.

В институте накоплен значительный опыт разработки как VRML - моделей для отображения производственных процессов (в том числе на базе имитационного моделирования), так и специальных VR - моделей, полностью погружающих пользователя в виртуальное пространство. Последнее дает ему возможность эффективно проводить работы по проектированию и испытанию машин и оборудования. VR - модели используются для обучения и тренировок людей - операторов, осваивающих новые операции. Благодаря достижениям института в области разработки и построения виртуальных моделей принято решение о строительстве в Магдебурге специального учреждения: Virtual Development and Training Centre (VDTC). Планируется, что предприятиям и организациям будет предлагаться широкий спектр услуг по освоению техники и технологии разработки VR - моделей, обучению персонала, эксплуатирующего сложную технику, проведению ремонтных и профилактических работ.

Выводы

1. Обязательными составляющими программных продуктов, поддерживающих процессы современного имитационного моделирования, являются компоненты "Simulation" и "Virtual Reality". При этом "Simulation" представляет соответствующий симулятор, поддерживающий имитационное моделирование исследуемых систем и процессов. Компонента "Virtual Reality" обеспечивает возможность визуального представления основных объектов и процессов функционирования исследуемых систем, результатов моделирования (погружая при этом исследователя в среду виртуальной реальности).

2. Проблемы связанные с реализацией компоненты "Simulation" могут быть сформулированы следующим образом:

- разработка "Simulation" как интегрированной среды моделирования, обеспечивающей возможность использования различных моделей (аналитических, численных, имитационных) при описании исследуемых систем, а также решение проблем оптимизации имитационного моделирования (за счет разработки простых, прозрачных и точных математических методов, введения методов оптимизации в виде соответствующих структур в языки моделирования, разработки проблемно-ориентированных методов, ускоряющих получение результатов на основе применения технологий распределённых вычислений);

- использование CASE-технологий для представления концептуальных моделей и обеспечения соответствующего программного кода;

- использование высокоразвитых технологий распределённых вычислений типа High Level Architecture;

- Web-базирующая реализация распределённых имитационных приложений. В принципе, квалифицированный пользователь должен получить доступ к имитационным ресурсам в пределах локальной вычислительной сети, корпоративной сети или всемирной паутины, оформив свои приложения в соответствии с общепринятыми типами архитектурных шаблонов по схеме "толстый клиент", "тонкий клиент" или "распределённый клиент" (клиент на основе механизма Web-доставки).

3. Компонента "Virtual Reality" должна включать:

- средства для хранения разнообразных текстовых и графических данных, первоначально представленных в самых различных форматах;

- средства для визуализации результатов моделирования методами VR.

4. Перспективные исследования в области отечественного имитационного моделирования требуют решения следующих проблем:

- разработка отечественного аналога системы оптимизации имитационного моделирования. В настоящее время, когда в экономике Украины на передний план выходят такие задачи первостепенной важности, как

исследование транспортных сетей и коридоров, многофункциональных сложных систем (например, морских портов Украины), актуальными становятся проблемы разработки отечественных систем моделирования, базированных на методах оптимизации. Последнее особенно важно в условиях финансовых затруднений с приобретением их зарубежных аналогов и отсутствия соответствующих отечественных разработок. При этом компонента-оптимизатор должна поддерживать как зарубежные, так и отечественные, в том числе созданные в Институте кибернетики, стратегии оптимизации. В качестве базовой системы моделирования целесообразно использовать разработанную в Институте кибернетики систему имитационного моделирования, поддерживающую создание и реализацию как последовательных, так и распределённых приложений [8];

- разработка методолого-технологических стандартов создания и реализации приложений, функционирующих в рамках интегрированных сред моделирования;
- разработка методологических основ реализации оптимизации моделирования на базе технологий распределённых вычислений;
- применение оптимизационно-имитационной методологии в практике исследования сложных систем, имеющих важное значение для экономики Украины.

В практике отечественного имитационного моделирования сделаны первые шаги в области разработки систем распределенного имитационного моделирования и отсутствуют работы связанные с концепцией e - Manufacturing. В связи с этим актуальными являются работы по практическому использованию и развитию в Украине высокоразвитых систем распределенного имитационного моделирования и концепции VR моделирования.

Литература

1. Джим Коналлен. Разработка Web-приложений с использованием UML. Издательский дом «Вильямс», Москва, Санкт-Петербург, Киев. - 2001. 287 с.
2. Борщов 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
3. Ю.И. Талуев, К.Рихтер. 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
4. Томашевский В.Н., Богусhevская 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
5. В.А. Пепеляев. К вопросу об интеграции методов оптимизации и имитационного моделирования//В научном сборнике "Теорія оптимальних рішень", ІК НАНУ, 2003, № 2.-С.15-23
6. Fujimoto R.M. Parallel and Distributed Simulation // in Proceedings of the Winter Simulation Conference. -1999.-P.122-131
7. В. Бигдан, Т. Марьянович, М. Сахнюк. От последовательных к распределённым 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
8. Т.Н. Галаган, В.В. Гусев, Т.П. Марьянович, Н.М. Яценко. Один подход к автоматизации построения распределенной модели из ее сосредоточенного аналога. Проблемы программирования, 2002, №1-2 (спецвыпуск), 2002.-С.182-197
9. Сайт фирмы Tecnomatix <http://www.tecnomatix.com>
10. Сайт фирмы Delmia <http://www.delmia.com>