

## РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ КОМПЕТЕНТНОСТИ СПЕЦИАЛИСТА

В статье раскрывается сущность компьютерного моделирования, даны основные понятия, определения, типы моделей вычислительных систем. Рассматриваются области применения моделирования: научные исследования, инженерное проектирование, процесс подготовки специалистов по направлению 654600 – Информатика и вычислительная техника. Определены возможности моделирования при оценке важных показателей работы вычислительных систем.

### Основные понятия и определения

Моделирование является одним из наиболее распространенных способов изучения различных процессов и явлений и широко используется в научных исследованиях, инженерной практике, в обучении.

Различают физическое и математическое моделирование. При *физическом* моделировании модель воспроизводит изучаемый процесс с сохранением его физической природы. Под *математическим* моделированием понимают способ исследования различных процессов путем изучения явлений, имеющих различное физическое содержание, но описываемых одинаковыми математическими соотношениями [3]. Например, детерминистические объекты могут быть описаны конечными автоматами, дифференциальными уравнениями, а стохастические объекты, учитывающие случайные факторы – вероятностными автоматами, системами массового обслуживания и марковскими процессами.

Ярким примером области применения моделирования является проектирование вычислительных систем. Проектирование любой сложной системы начинается с этапа системного проектирования и анализа. Этап системного проектирования таких систем как системы управления (СУ) АСУТП, АСУП, АСПП, ГАП и другие предполагает создание математической модели системы и исследование этой модели на ЭВМ. Достижения в области систем передачи, хранения и обработки данных, сопровождаемые развитием вычислительных систем (ВС) и сетей, возросшие стоимости проектирования и самой проектируемой системы предъявляют повышенные требования к качеству проектных решений, в особенности к точности определения пропускных способностей каналов, времени задержки сообщений, быстродействия устройств обработки и объемов памяти запоминающих устройств. Одним из плодотворных подходов к оценке этих важнейших конструк-

тивных показателей служит *вероятностное моделирование*, которому посвящен ряд монографий [1, 2, 3, 4, 5]. При современном развитии вычислительной техники и информационных технологий перспективным является создание интерактивных и интегрированных систем моделирования.

Сложность проектируемых устройств, систем и комплексов неуклонно растет, увеличивая затраты на исследование таких программно-реализованных моделей. Если раньше вопрос об эффективности компьютерного вероятностного и имитационного эксперимента отнесся на второй план самой проблемой создания математической модели, то в настоящее время ситуация изменилась и при проектировании сложных систем широко применяются методы аналитического и имитационного моделирования с использованием автоматизированных систем. Весьма широк диапазон инженерных задач, которые в настоящее время решаются методами компьютерного моделирования. Этот диапазон постоянно расширяется в связи с автоматизацией проектирования и применения ЭВМ. Вероятностное моделирование сложных технических систем (СТС), в частности вычислительных систем и сетей, входящих в сложные системы управления, основано на представлении СТС в виде совокупности ресурсов, использование которых осуществляется в порядке очереди в соответствии с заданной дисциплиной.

Построение математической модели сложной системы в целом часто оказывается практически невозможным из-за сложности процессов ее функционирования. В этих случаях систему декомпозируют на отдельные подсистемы вплоть до элементов, сохраняя связи между подсистемами. Тогда сложную систему можно определить как многоуровневую конструкцию из взаимодействующих элементов, объединяемых в подсистемы различных уровней [3]. В качестве такой системы можно рассматривать ав-

томатизированные системы управления различного назначения, построенные по иерархическому принципу.

### Возможности моделирования для оценки эффективности вычислительных систем

Любую сложную систему будем рассматривать как совокупность элементов и подсистем, предназначенную для решения определенного класса задач или же подчиненную единой цели. Если цели и задачи системы определены, то ставится вопрос об оценке качества ее функционирования с помощью *показателей эффективности*. В зависимости от назначения системы показатели эффективности могут быть различными, но чаще всего в качестве основного показателя эффективности выступает *производительность* системы, которая в свою очередь включает различные классы индексов. В таблице 1 приведены основные классы количественных индексов производительности вычислительных систем [4].

Расчет показателей эффективности сложных систем, т. е. задача анализа производительности, представляет собой весьма сложную задачу, которая требует привлечения специальных математических методов и, как правило, решается с помощью ЭВМ. Показатели эффективности зависят от структуры системы, значений ее параметров, характера воздействия внешней среды, внешних и внутренних случайных факторов, поэтому их можно считать функционалами, заданными на множестве процессов функционирования системы. Такие функционалы широко используются в теории сложных систем и системном анализе.

В связи с тем, что сложные системы функционируют в условиях действия случайных

факторов, значения функционалов являются случайными величинами и поэтому в задачах анализа производительности используются средними значениями функционалов. Например, *среднее количество* изделий, выпускаемых за смену, *средняя прибыль* (для производственных процессов), *средняя стоимость* перевозки (для транспорта), *среднее время ожидания* в очереди (для систем массового обслуживания) и другие. Таким же путем можно характеризовать и другие свойства сложных систем как *надежность*, *помехозащищенность*, *качество управления* и другие [3].

Для того, чтобы получить ответы на вопросы о производительности данной системы, разработчик системы на ранних этапах проектирования (системном проектировании) должен получить информацию об индексах производительности при определенных значениях параметров системы. Эту необходимую для исследования информацию, можно получить посредством методов оценки производительности как от самой системы (методы измерения), если она существует, так и от модели системы (методы моделирования).

В настоящее время существует целый арсенал *измерительных* средств, как аппаратных, так и программных и микропрограммных. Под *моделью* системы будем понимать такое ее представление, которое состоит из определенного объема организованной информации о ней и построено с целью ее изучения [5]. Для одной и той же системы может быть построен ряд различных моделей в зависимости от точек зрения и степени детализации системы (расчленения на компоненты).

*Место и роль концептуальных* (мыслимых) моделей при проектировании сложных систем

Таблица 1. Основные классы количественных индексов производительности вычислительных систем

Класс индекса	Примеры индексов	Общее определение
Продуктивность	Пропускная способность Скорость выработки Максимальная выработка (максимум пропускной способности) Скорость выполнения команд Скорость обработки данных	Объем информации, обрабатываемой системой в единицу времени
Реактивность	Время ответа Время прохождения Время реакции	Время между предъявлением системе входных данных и появлением соответствующей выходной информации
Использование	Коэффициенты использования оборудования (центральный процессор, канал ввода-вывода, устройство ввода-вывода) Коэффициент использования операционной системы Коэффициент использования общего модуля программного обеспечения (например, компилятора) Коэффициент использования базы данных	Отношение времени использования указанной части системы (или ее использования для заданной цели) в течение заданного интервала времени к длительности этого интервала

определим следующим образом. Во-первых, концептуальные (математические) модели играют *фундаментальную* роль в оценке производительности и надежности сложных систем. Во-вторых, математическое моделирование является современным средством оценки *качества* проектных решений по сложным системам, в том числе и уже существующих систем в процессе их эксплуатации.

Концептуальные модели являются основой методов измерения, а также двух классов методов моделирования: *имитационного и аналитического*.

Очень распространенное и удобное описание поведения системы основывается на концепциях *состояния и перехода между состояниями*. Состояние системы в момент времени определяется как множество значений интересующих нас параметров системы в момент времени. Любое изменение этих значений параметров означает переход системы в другое состояние. Если поведение модели во времени в основном воспроизводит поведение системы и прослеживается эволюция решений уравнений модели на заданном интервале времени с сохранением хронологической последовательности изменения переменных состояния модели и системы, то мы имеем имитационную модель.

В *аналитическом моделировании* уравнения модели решаются чаще всего путем эквивалентных формульных преобразований, которые не отражают хронологию функционирования самой системы. Однако и здесь существуют численные методы (типа решения задачи Коши для дифференциальных уравнений), которые представляют собой последовательную процедуру, в чем-то копирующую эволюцию реальной системы.

Существенным условием применимости любой модели является ее *адекватность* реальной системе и при оценке производительности системы *точность* модели должна быть определена к индексам производительности, выбранным для этой цели. Значения этих индексов, полученные в эксперименте на модели, должны быть достаточно близки к значениям моделируемой системы при тех же входных воздействиях. При проектировании, когда моделируемая система не существует физически или не доступна для эксперимента, моделируемую систему представляют в виде концептуальной модели в действительности.

### **Роль моделирования в процессе подготовки специалистов по направлению «Информатика и вычислительная техника»**

Среди видов деятельности инженеров в области вычислительной техники, предусмотренных Государственным стандартом высшего образования, важное место занимает проектно-конструкторская деятельность, а именно *проектирование вычислительных систем*. По мнению И.Б. Федорова, сегодня в мире наблюдается рост спроса на инженеров нового поколения, «разработчиков высоких технологий, владеющих математикой, методами моделирования, информатики, управления» [7].

В связи с важной ролью применения моделирования при проектировании сложных вычислительных систем возникает острая необходимость обучения студентов приемам и методам моделирования и использование различных моделирующих программ в процессе освоения дисциплин специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» (ВМКСС). Разработка эффективной методики обучения компьютерному моделированию в настоящее время является актуальной задачей в преподавании как общеобразовательных, так и специальных дисциплин. Это связано, с одной стороны, с возрастанием роли вычислительного эксперимента при решении профессиональных задач специалистами различного профиля и, с другой стороны, с трудностями обучения моделированию традиционными методами, которые, главным образом, состоят в больших затратах времени на разработку и отладку обучающимися моделирующих программ, что приводит к неэффективному использованию учебного времени.

Одной из важнейших и распространённых причин использования моделирующих программ в обучении является потребность моделирования или визуализации каких-либо динамических процессов, которые затруднительно или просто невозможно воспроизвести в учебной лаборатории или классе. Такие программы, позволяющие моделировать эксперименты, воображаемые или реальные жизненные ситуации, используются для активизации поисковой деятельности обучаемых и в качестве самостоятельных программных средств, и в составе обучающих систем.

Учебные программы, моделирующие физические явления, которые позволяют представить результаты расчетов в виде графических и

анимационных изображений, являются действенным инструментом в арсенале преподавателей самых разнообразных дисциплин. Не подменяя живое общение преподавателя и студента, они дополняют традиционное изложение предмета в виде набора простых моделей, которые можно объяснить «на пальцах», средствами визуализации теоретических построений. Особенно полезным представляется нам использование интерактивных моделей, при работе с которыми обучаемый может изменять условия задачи и получать (как правило, в графическом виде) результаты таких расчетов.

Необходимо отметить, что моделирующие программы развивают творческие способности человека. Очень многие обучающие и моделирующие программы построены по принципу конструктора, предлагающего обучаемому специальную среду, в которой можно развивать гибкость мышления, строя из заданного набора элементов модели процессов. Развитие творческого мышления зависит от того, какие задачи поставлены перед обучаемым. Главное правило формулируется просто: при четкой конкретизации инструментов исполнения требования к конечному продукту деятельности обучаемого должны носить самый общий характер, оставляя простор для самовыражения. [6]

Ярким примером использования моделирующих программ в образовательном процессе является применение подобных программ при изучении следующих дисциплин: «Компьютерное моделирование», «Основы теории управления», «Электроника», «Схемотехника ЭВМ», «Микропроцессорные системы». Разработка любого радиоэлектронного устройства сопровождается физическим или математическим моделированием. Физическое моделирование связано с большими материальными затратами, поскольку требуется изготовление макетов и их трудоёмкое исследование. Часто физическое моделирование просто невозможно из-за чрезвычайной сложности устройства. В этом случае прибегают к математическому моделированию с использованием средств и методов вычислительной техники. Программа Electronics Workbench используется чаще всего благодаря простому и легко осваиваемому пользовательскому интерфейсу. Особенностью программы Electronics Workbench является наличие контрольно-измерительных приборов, по внешнему виду, органам управления и характеристикам максимально приближённых к их промышлен-

ными аналогам, что способствует приобретению практических навыков работы с наиболее распространёнными приборами. Необходимо также отметить, что как учебная программа EWB обладает весьма важным достоинством, которое заключается в развитии творческого начала учащегося: он может не только выполнять задания преподавателя, но и имеет возможность предложить и апробировать свои технические решения, а это уже творчество, которое превращает учебный процесс в увлекательное занятие.

Однако, в применении моделирования в учебном процессе есть и некоторые недостатки. Автоматизация учебных работ профессионального характера создаёт, с одной стороны, предпосылки для более глубокого познания свойств изучаемых объектов и процессов на математических моделях, проведения параметрических исследований и оптимизации. Однако осмысленное применение *моделирующих программ* требует достаточно высокой квалификации, которой учащиеся ещё не обладают. Нередко они успешно овладевают лишь аппаратными и программными компонентами автоматизированных систем. Профессиональная же квалификация в предметной области, связанная с вопросами построения математических моделей и анализа компьютерных расчетов, растёт медленно, либо совсем не растёт. Учащиеся порой не получают в полном объёме даже тех знаний, которое им давало традиционное «докомпьютерное» обучение. К тому же относительная лёгкость получения результата с применением ЭВМ снижает интерес к самому результату. Двойственный характер компьютеризации профессиональной подготовки заставляет задуматься над методикой применения в учебном процессе систем автоматизации профессиональной деятельности, рациональным их сочетанием с другими средствами поддержки обучения.

Традиционные формы обучения в вузе – лекции и практические занятия – характеризуются одним из существенных недостатков – значительным разрывом во времени между получением знаний и формированием умений и навыков. Массовый характер обучения в вузе является одной из причин обособления лекционных занятий и практических. В современных условиях вполне реальна методика организации учебного процесса с применением элементов автоматизированного представления материала, моделирования различных физических и технологических процессов. [8]

Рассмотрим функции моделирующих программ с позиций вклада последних в процесс обучения (рисунок 1).

Как видим из рисунка, грамотно разработанные с методической и технической точки зрения, моделирующие программы позволяют приблизиться к решению многих задач обучения. Применение моделирующих программ позволяет сократить временной интервал между рассмотрением теоретического материала и выработкой необходимых практических умений, способствующих осознанному применению рассмотренной ранее теории.

Кроме того, необходимо принять во внимание, что использование рационально составленных моделирующих программ с обязательным учетом не только специфики собственно содержательной (научной) информации, но и специфики психолого-педагогических закономерностей усвоения этой информации данным конкретным контингентом обучаемых, позво-

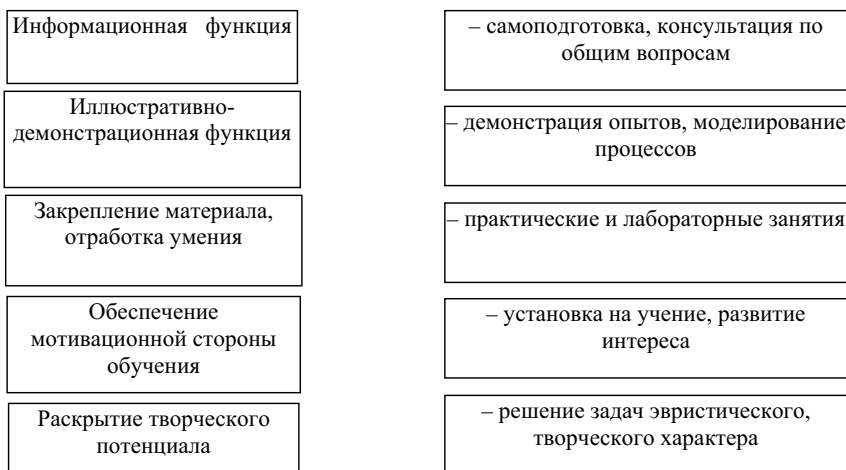


Рисунок 1. Функции моделирующих программ

ляет индивидуализировать и дифференцировать процесс обучения, стимулировать познавательную активность и самостоятельность обучающихся.

Таким образом, моделирование можно рассматривать как одну из активных форм обучения, требующих от обучающихся непосредственного участия в формировании своего уровня образования по данному предмету.

**Список использованной литературы:**

1. Вейль Г. Математическое мышление. – М.: Наука, 1989, – 400 с.
2. Глушков В.М. и др. Моделирование развивающихся систем. – М.: Наука, 1983. – 351 с.
3. Феррари Д. Оценка производительности вычислительных систем: Пер. англ./Под ред. Фигурнова В.Э. – М: Мир, 1981. – 576 с.
4. Тарасов В.Н. Вероятностное компьютерное моделирование сложных систем. Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2002. – 194 с.
5. Тарасов В.Н., Бахарева Н.Ф. Вероятностное компьютерное моделирование вычислительных систем. Теория, алгоритмы, программы – Оренбург: ИПК ОГУ, 2005. – 183 с.
6. Полат Е.С., Бухаркина М.Ю., Моисеева М.В., Петров А.Е. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учеб. пособие. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 272 с.
7. Федоров В.А. Организационно-педагогические условия обеспечения непрерывности профессионально-педагогического образования // Образование и наука. – 2000. – N 3(5). – С. 29-40.
8. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: Учеб. Пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 192 с.