

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. ИЗ ОПЫТА ПРЕПОДАВАНИЯ

В. А. Углев (Абакан)

Имитационное моделирование, как профессиональная деятельность, необходима в первую очередь аналитикам и менеджерам высшего и среднего звена. Очевидно, что в нашей стране нужны профессионалы, чья подготовка отвечает современному состоянию знаний в этой области. Обратимся к особенностям передачи знаний о методах имитационного моделирования в рамках обучения студентов высших учебных заведений, затронув связанные с этим некоторые проблемы.

Аналитик-профессионал в области моделирования, независимо от официальной должности на предприятии, должен одновременно владеть тремя видами знаний: теоретической базой (подходы, методы, алгоритмы), прикладным инструментарием для работы (специальное оборудование и знание программных пакетов) и практическим опытом (составление моделей, их оптимизация и анализ результатов моделирования). Последний, как наиболее сложный вид умений, можно и нужно развивать уже на этапе подготовки специалистов, формируя у них комплексные и целостные знания.

Какие дисциплины необходимо изучить будущему специалисту для овладения предметом *имитационное моделирование* (ИМ) в рамках учебного стандарта какой-либо профилирующей специальности (например, 080800)? Условно, из всех учебных дисциплин можно выделить три основных направления (рис. 1.): предметная область, где подготавливается будущий специалист (маркетинг, менеджмент, квантовая физика и пр.); базовые общеобразовательные курсы (*высшая математика, теория вероятностей и математическая статистика*); специальные курсы (*информатика, системный анализ, теория принятия решений*). Материал этих дисциплин нужен при освоении курса *математического моделирования*, и лишь затем должен читаться курс ИМ, причём, применительно к профилирующей области.



Рис. 1. Идеальная последовательность изучения дисциплин

Что же происходит в реальности? «Особенности» учебных государственных стандартов и дефицит учебных часов грубо нарушают данную последовательность изложения учебного материала. С одной стороны, в учебные планы совсем не включают отдельные дисциплины (например, курс *моделирование и теория принятия решений*), а с другой, допускают вольность в последовательности их чтения¹.

Следует выделить и ряд других проблем, сопутствующих дисциплине в целом.

Во-первых, в каждом учебнике по ИМ даются значительно различающиеся по содержанию и интерпретации определения термина «имитационное моделирование».

¹ Пример из практики: ИМ вводится на третьем курсе, когда у учащихся ещё не сформировалось достаточного представления о профессиональной предметной области, а дисциплины *теория вероятностей и системный анализ* читаются параллельно!

Это существенно осложняет понимание специфики предмета многими студентами. На наш взгляд, наиболее приемлемой будет следующая формулировка: *ИМ – это разновидность экспериментального моделирования, реализуемого с помощью математических методов, компьютерных программ (или технологий программирования), позволяющих на аналоге реального объекта (модели) осуществить целенаправленное исследование сложного процесса с элементами случайности, путём имитации его действия средствами ЭВМ.*

Во-вторых, остаётся открытым вопрос стандартного набора методов имитационного моделирования. Традиционно, все учебники содержат только два раздела: теория генерации псевдослучайных процессов и теория очередей. Что же касается дифференциальных моделей, блочного моделирования, теории подготовки и проведения эксперимента, анализа результатов моделирования – все эти важные для понимания разделы либо игнорируются, либо рассматриваются кратко и в отрыве от прикладных задач. Следует так же отметить, что существует ряд направлений, непосредственно подпадающих под сферу определения термина ИМ (генетические алгоритмы, многоагентные системы и прочие), но не рассматриваемые в рамках данного предмета. Несмотря на то, что большинство из этих методов причисляют к направлению искусственного интеллекта, сущность имитационного моделирования от этого никуда не исчезает. Но главное: несформировавшаяся точка зрения на общий состав дисциплины препятствует системному освоению данного предмета. И государственный стандарт по ИМ – лишнее тому подтверждение.

В-третьих, это методологические вопросы, на первый взгляд имеющие решение. На каком курсе читать ИМ? Сколько часов необходимо для освоения дисциплины? Какое методическое обеспечение применять? Если курс и часы – это параметры, ограничиваемые учебным планом, то с учебниками по имитационному моделированию не всё так просто. Данный вопрос тесно связан с проблемой выбора методов ИМ, на которые каждый автор учебного пособия (да и лектор) смотрит по-своему. В результате из предметной области выбрасываются целые разделы, а изучение моделей начинает принимать либо чисто теоретический характер (расчеты осуществляются в математических пакетах или вовсе без компьютеров) в ущерб современным средам моделирования, либо работу с конкретной программной средой (например, GPSS World, AnyLogic, Stella или Pilgrim) с отрывом от теории. Сравните, например, состав учебников [1] и [2]. Анализ методической литературы по дисциплине показал принципиальную специализацию по методам и по рассматриваемому программному обеспечению для каждого учебника, что сказывается на качестве подготовки будущих многопрофильных специалистов [3].

Итак, возникает вопрос: как эффективно представить всё разнообразие моделей и методов ИМ в рамках одной дисциплины, чтобы студент научился их различать и правильно применять в зависимости от исследуемой проблемы? На наш взгляд, рационально использовать *схему*, представленную на рис. 2. Здесь произведена условная группировка методов на четыре группы относительно факторов «стохастичность» и «формализация» [4]:

1. Классические модели (математические модели) – описание нелинейных зависимостей сложных процессов, имеющих высокую долю определённости (рационально использовать распространённые математические пакеты, такие, как MathCAD, Maple и пр.). Особенно важно начинать с данной категории, если в учебном стандарте специальности нет отдельного предмета по моделированию.

2. Динамические или блочные (CASE) дифференциальные модели – визуальное конструирование модели в специальном графическом интерфейсе как расширение классической дифференциальной модели (например, применение модуля Simulink в MatLab или MBTU), но с элементами случайных процессов;

3. Пошаговые модели – последовательный пересчёт состояния моделей, заданных функциями с независимыми параметрами или матрицами вероятностей переходов состояний подсистем (эффективно использовать на начальных этапах обучения, включая метод Монте-Карло, и применять программу MS Excel);

4. Системы массового обслуживания – описание движения потоков транзактов с существенным вкладом случайных характеристик в динамику поведения модели без детализации сущности отдельных процессов (самое простое решение – использовать систему GPSS World).

	Формализация высокая		
Стохастичность низкая	Классическое моделирование	Дифференциальное моделирование	Стохастичность высокая
	Пошаговые модели	Неклассические подходы, СМО	
	Формализация низкая		

Рис. 2. Вариант декомпозиции пространства методов моделирования

Очевидно, что набор сред моделирования может быть различным. При выборе пакета следует учитывать его стоимость, распространённость и особенно сложность в освоении. Поэтому такие универсальные программные пакеты, как Pilgrim и AnyLogic, довольно громоздки для семестрового курса, но прекрасно подойдут для более серьёзного изучения в рамках специальных курсов. Что касается неклассических подходов, то их обзор следует кратко проводить в рамках лекционных занятий.

Предположим, необходимо составить план дисциплины на один семестр со следующими характеристиками: чтение лекций – 34 часа, лабораторных работ в компьютерных классах – 18 часов, курсовой проект – 52 часа, экзамен. Применяемый на практике вариант структуры курса представлен в таблице. Сведения о неклассических методах ИМ представлены в первой части курса на обзорных лекциях. Третья и четвёртая темы есть использование результатов первых двух соответственно, но с добавлением случайных процессов: так постепенно компенсируется отсутствие знаний у студентов в вопросах общего математического моделирования. Последняя тема – принципиально важная часть курса, воспитывающая у будущих специалистов культуру работы с моделями (читается при отсутствии в учебном плане курса «Теория принятия решений»).

Таблица

Обобщённая структура курса ИМ

№	Лекция		Практика	
	Тема	часы	Программа	часы
1	Введение. Пошаговые модели	6	MS Excel	2
2	Дифференциальные модели	6	MathCAD	2
3	Генерация псевдослучайных величин	6	MS Excel	4
4	Блочные модели	4	Simulink	4
5	Теория очередей	8	GPSS World	4
6	Планирование эксперимента и анализ результатов моделирования	4	MS Excel	2
Итого:		34		18

Исходя из представленного плана, в курсовой проект включаются задачи, опирающиеся на методики из разделов 3, 4 и 5. Причём они имеют более высокую сложность и формулируются для различных прикладных задач. На наш взгляд, наличие типового задания курсовой работы с типовым условием и различными вариантами вопросов – наихудшее, что можно предложить при обучении моделированию любого вида. Поэтому предметные области у разных вариантов курсового проекта должны принципиально различаться, включая формулировку постановки задачи.

Подводя итоги рассмотрения проблем преподавания дисциплины «Имитационное моделирование», следует отметить отсутствие хорошего вводного методического обеспечения (как лекционного, так и практического), ориентированного на обзорный (семестровый) курс и позволяющего сформировать представление о дисциплине в целом. Углубленное изучение материала и сложных систем имитационного моделирования хороши лишь тогда, когда учебный процесс сбалансирован и позволяет реализовать обучение без отрыва от специализации студента.

Литература

1. **Павловский Ю. Н.** Имитационное моделирование / Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю.И. Бродский: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Академия, 2008. 236 с.
2. **Кудрявцев Е. М.** GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е.М. Кудрявцев. М.: ДМК, 2004. 320 с.
3. **Углев В. А.** Влияние методического обеспечения и межпредметных связей на эффективность обучения имитационному моделированию / В. А. Углев//Информационные технологии в науке, образовании и экономике: Материалы III Всероссийской научной конференции: в 2 ч. Ч. 1. Якутск: ЯГУ, 2008. С. 202–205.
4. **Углев В. А.** Обучение методам имитационного моделирования / В.А. Углев//Информационные технологии в науке, образовании и экономике: Материалы II Всероссийской научной конференции. Якутск: ЯГУ, 2007. С. 170–172.