

Третий метод познания: математическое моделирование

Создание в середине XX века электронных вычислительных машин (компьютеров) можно сравнить по своей значимости с любым из самых выдающихся технических достижений в истории человечества. В то же время необходимо подчеркнуть их особую, специфическую роль. Если обычные машины расширяют физические возможности людей в процессе трудовой деятельности, то компьютеры являются их интеллектуальными помощниками. Широкое применение математических методов на базе компьютеров привело к появлению новых эффективных методов познания законов реального мира их использования в практической деятельности.

Процесс математизации науки, техники, экономики потребовал подготовки высококвалифицированных специалистов, в совершенстве владеющих технологией применения компьютеров, способных реализовать их огромные и пока еще далеко не исчерпанные возможности. Компьютеры не работают без направляющего воздействия человека. Их использование связано с построением математических моделей и созданием вычислительных алгоритмов. Компьютерные системы должны также пройти соответствующий процесс «обучения», то есть получить программное обеспечение как общего, так и проблемно-ориентированного характера. Весь этот широкий комплекс проблем является полем деятельности специалистов по прикладной математике, для подготовки которых в конце 60-х – начале 70-х годов XX века во многих университетах нашей страны были созданы новые факультеты. И первым, в 1969 году, факультет прикладной математики – процессов управления в Ленинградском (ныне Санкт-Петербургском) государственном университете.

Один известный российский математик, подчеркивая, в частности, специфическую особенность «чистой» и прикладной математики, говорил: «Чистый» математик доказывает, а математик-прикладник убеждает...». Различие это обусловлено, конечно, не различным складом ума «чистых» математиков и математиков-прикладников, а различием предмета их исследования. «Чистый» математик в известном смысле сам конструирует объекты своего исследования по собственному произволу и ограничен лишь требованиями логической определенности и непротиворечивости. Математик-прикладник изучает независимо от нас существующую природу, которая «выдана» нам в одном единственном экземпляре, и ему волей-неволей приходится больше заботиться о соответствии вводимых понятий этому единственному объекту, чем о соображениях удобства рассмотрения или логической стройности.

Иными словами прикладная математика, будучи по используемым в ней методам наукой точной, остается в то же время наукой естественной по предмету и цели своего исследования.

Роль прикладной математики в различных областях человеческой деятельности и в разное время была различной. Она складывалась исторически, и существенное влияние на нее оказывали два фактора: уровень развития математического аппарата и степени зрелости знаний об изучаемом объекте, возможность описать его наиболее существенные черты и свойства на языке математических понятий и уравнений или, как принято говорить, возможность построить физическую и математическую модели изучаемого объекта. Из-за сложности реального мира, изучая реальное явление, процесс или объект, мы всегда вынуждены его упрощать и вместо самого явления рассматривать некоторую идеализированную модель его, стремясь к тому, чтобы в выбранной модели сохранить самые характерные, наиболее важные черты явления. По образному выражению известного ученого Я.И. Френкеля, исследователи фактически всегда рассматривают не само явление, а некоторую упрощенную схему, то есть как бы карту на него.

Сущность этой методологии состоит, как уже отмечалось, в замене исходного объекта его «образом» – математической моделью и в дальнейшем изучении модели с

помощью вычислительных алгоритмов, реализуемых на компьютерах. Это «третий метод» (наряду с натурным и теоретическим) познания, конструирования, проектирования сочетает многие достоинства, как теории, так и эксперимента. Работа не с самим объектом (явлением, процессом), а с его моделью дает возможность относительно быстро и без существенных затрат исследовать свойства и поведение объекта в любых мыслимых ситуациях. В то же время вычислительные (компьютерные, имитационные) эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на мощь современных вычислительных методов и технических инструментов информатики, подробно и глубоко изучать объекты с достаточной полнотой, недоступной чисто теоретическим подходам. Неудивительно, что методология математического моделирования бурно развивается, охватывая все новые сферы – от разработки технических систем и управления ими до анализа сложнейших социальных, экологических и биологических процессов

Сейчас математическое моделирование вступает в следующий принципиально важный этап развития, встраиваясь в структуры информационного общества. Впечатляющий прогресс средств переработки, передачи и хранения информации отвечает мировым тенденциям к усложнению и все имному проникновению различных сфер человеческой деятельности. Без владения информационными ресурсами нельзя и думать о решении все более укрупняющихся и все более разнообразных проблем, стоящих перед мировым сообществом.

Поэтому совершенно очевидно, что научная и, особенно, практическая ценность исследований в любой сфере человеческой деятельности может быть обеспечена только комплексными исследованиями с использованием взаимодополняющих методов. И, прежде всего, математическим моделированием и компьютерным экспериментом в сочетании с натурным экспериментом, что ставит во главу угла необходимость создания на базе мощного универсального компьютера информационно-экспертной системы (ИЭС), поскольку только в рамках такой системы можно совместить трудно совместимое. Именно сочетание взаимодополняющих методов исследования в ИЭС позволяет создать совершенно новую информационную инфраструктуру, интегрирующую системы сбора, хранения, обработки и экспертизы информации и, как результат, прогнозирование результатов будущих исследований.

Технические, экологические, экономические и иные системы, изучаемые современной наукой, больше не поддаются исследованию (с требуемой полнотой и точностью) обычными теоретическими методами. А прямой натурный эксперимент дорог, занимает много времени, часто либо опасен, либо попросту невозможен, так как многие из этих систем существуют в единственном экземпляре. Цена ошибки и просчетов в обращении с ними недопустимо велика. Поэтому информационное моделирование с использованием информационно-экспертных компьютерных систем, сочетающих взаимодополняющие методы математического и компьютерного моделирования и натурального эксперимента, является необходимой составляющей научно-технического прогресса.

Пожалуй, наиболее ярко эффективность информационного моделирования может быть продемонстрирована на примере исследования и практической реализации электромеханических систем. Как известно, под электромеханической понимается система заряженных частиц (тел), управляемых и взаимодействующих посредством электромагнитных полей. То есть электромеханическими системами являются практически все окружающие нас материальные объекты. Это объекты микромира – атомы и молекулы, объекты макромира – твердые тела, жидкости, газы, плазма. Это и ускоритель заряженных частиц, и атомная электростанция. Это, наконец, и компьютер, представляющий собой совокупность классической и квантовой электромеханических систем. Совершенно очевидно, что при исследовании всего множества электромеханических систем не существует общего метода моделирования или эксперимента. Однако метод информационного моделирования на основе ИЭС исключительно эффективен. Примени-

тельно к исследованию электромеханических систем ИЭС должна состоять из двух модулей: инструментального и информационного, имеющих общее ядро – компьютер. В соответствии с общей концепцией ИЭС в структурах информационного и инструментального модулей должен присутствовать один общий элемент – информационный банк или база знаний. Информационный банк является главным, стержневым элементом ИЭС. Для того чтобы выполнять свою роль, помимо обладания энциклопедическими фактическими знаниями о предмете исследования, он должен быть хранилищем образов исследуемых объектов, явлений, процессов, представленных в формализованном виде, то есть в виде математических моделей. При этом применительно к информационному модулю наукоемкость информационного банка будет определяться триадой: модель – алгоритм – компьютер, а применительно к инструментальному – степень адекватности математических моделей данным, полученным в процессе натурального эксперимента и моделирования. Информационный модуль должен, таким образом, состоять из четырех элементов: 1) управления, 2) сбора (накопления) данных, 3) обработки и экспертизы результатов численного и натурального эксперимента и 4) информационного банка.

Информационный банк, являясь стержневым элементом системы, представляет и главную цель, и основной инструмент достижения этой цели на этапах разработки, проектирования, конструирования и моделирования отдельных элементов ИЭС и ИЭС в целом. При этом использование ИЭС на всех стадиях ее разработки позволяет изучить все или часть элементов взаимодополняющими методами, что значительно повышает эффективность и оперативность исследований, снижает их стоимость, позволяет проверить совместимость элементов и методов, и т.д. К тому же в процессе разработки происходит наполнение информационного банка результатами экспериментов, математическими моделями и комплексами программ. Конечно, на этапе разработки в работе используются некоторые частные варианты системы, отличающиеся инструментальными модулями и комплексами программ. Конечно, на этапе разработки в работе используются некоторые частные варианты системы, отличающиеся инструментальными модулями и емкостью информационного банка. На конечном этапе ИЭС, выполняя основные задачи, может также использоваться для конструктивного и функционального совершенствования отдельных элементов и всей системы в целом. Информационный банк, замкнутый на получателя информации (оператора-исследователя), как уже отмечалось, является элементом, связующим модули.

Структура инструментального модуля в обобщенном виде должна включать еще четыре элемента: источник информации – объект исследования; источник переносчика информации (источник диагностирующего сигнала); средства образования сигнала об изменении параметров диагностирующего сигнала в результате его взаимодействия с исследуемым объектом; приемник информации – совокупность устройств для регистрации параметров вторичного сигнала.

В заключение необходимо отметить, что применение информационного и математического моделирования с использованием проблемно-ориентированной ИЭС позволило ученым кафедры Моделирования электромеханических и компьютерных систем разработать образцы принципиально новых компьютерных систем. Это «сверхбольшой» и «сверхтонкий» экран монитора компьютера (на основе многоострижных эмиссионных структур) и туннельные вакуумные диоды, которые могут успешно заменить используемые в настоящее время приборы и отвечают требованиям, предъявляемым к компьютерным системам в XXI веке.

**Н.В.ЕГОРОВ, заведующий кафедрой Моделирования
электромеханических и компьютерных систем**