
Интегральные уравнения в задачах математического моделирования

Высокие темпы развития техники и научных исследований неразрывно связаны с эффективным применением математических методов и компьютерных средств. При решении исследовательских задач необходимо изучать новые объекты и явления из любой естественно-научной области, устанавливать новые закономерности, описывать ранее неизвестные эффекты. При создании и совершенствовании технических изделий, образцов новой техники необходимо в большинстве случаев располагать математическими описаниями технических элементов, узлов и блоков с целью последующего проектирования, изготовления и эффективной эксплуатации технических систем.

Применение математических моделей и реализующих их программных средств наиболее эффективно при разработке и функционировании автоматизированных и автоматических систем управления технологическими процессами, многими видами производственных объектов, электронными системами, подвижными объектами. Современные методы и средства управления во многих случаях создаются на основе использования математических моделей объектов управления. Созданию новых производств и промышленных технологий предшествует объемный цикл исследований, построение программных систем моделирования и проектирования. При этом большое значение имеют компьютерные средства, используемые в современных системах измерения, контроля, наблюдения и диагностики.

Для большинства указанных задач главным методом исследования и получения результатов является компьютерная реализация математических моделей. Методы компьютерного исследования включают в себя процедуры поиска

структур математических моделей, оценки и определения их параметров, обеспечения необходимой точности вычислений, согласованной с точностью исходных данных, принятия решений при реализации вычислительных алгоритмов.

Усложнение задач динамики систем и расширение класса исследуемых динамических объектов обуславливает необходимость дальнейшего развития и усовершенствования методов математического моделирования в задачах динамики, разработки новых эффективных методов и средств компьютерной реализации математических моделей реальных физических объектов и процессов. При этом требуется решение таких проблем как повышение адекватности математических моделей и точности их численной реализации, уменьшение размерности вычислительных задач, расширение класса алгоритмов моделирования.

Стремление повысить производительность компьютерных средств, обеспечить высокую точность, минимизировать используемые ресурсы компьютера приводит к необходимости исследовать возможности применения различных видов математических описаний в качестве моделей динамических объектов. В частности, не полностью решенной остается проблема исследования и использования возможностей непараметрических динамических моделей в виде интегральных уравнений и операторов, обладающих рядом достоинств и существенных особенностей как при описании широкого класса процессов, так и при достижении эффективной компьютерной реализации.

Непараметрические модели являются самостоятельным и своеобразным видом математического описания задач динамики. В отличие от параметрических моделей, для формирования которых в качестве исходных данных используются заданные параметры (постоянные или переменные) структурированного объекта, непараметрические динамические модели формируются на основе заданных динамических характеристик объекта, его звеньев или элементов. Динамические характеристики представляют собой функциональные зависимости (функции), которые могут быть получены в виде экспериментальных данных или в аналитическом виде, если существует развитая теория исследуемого объекта.

К параметрическим динамическим моделям относятся дифференциальные уравнения (обыкновенные и в частных производных), на решение которых прежде всего ориентированы многочисленные программные продукты, предназначенные для исследования динамических объектов. Параметры (коэффициенты) дифференциальных уравнений прямо или косвенно определяются заданными параметрами объекта.

Класс непараметрических динамических моделей составляют различные виды интегральных уравнений и их систем, свойства которых определяются структурой уравнений и ядрами входящих в уравнение интегральных операторов. Ядра операторов представляют собой функции двух (и более) переменных, сформированные по заданным динамическим характеристикам объекта.

Кроме указанных параметрических и непараметрических динамических моделей существуют также модели смешанного типа, а именно динамические модели в виде интегродифференциальных уравнений, в которых совмещены свойства параметрических и непараметрических моделей.

В связи с устойчивой тенденцией возрастания сложности создаваемых и перспективных образцов новой техники, неуклонным развитием научных исследований, с охватом все более широкого круга изучаемых объектов, явлений и процессов, возрастает роль методов и средств математического и компьютерного моделирования в целом и, в частности, роль методов получения, применения, численной и компьютерной реализации непараметрических динамических моделей, позволяющих расширить круг эффективно решаемых исследовательских и проектных задач.

Таким образом, можно констатировать актуальность проблемы развития методов и средств компьютерного моделирования динамических объектов на основе эффективного применения непараметрических динамических моделей в виде интегральных уравнений. Проведение соответствующих исследований и разработок позволит реализовать на практике такие достоинства интегральных моделей, как сглаживающие свойства интегральных операторов и высокая устойчивость численных операций интегрирования.

К основным задачам данных исследований относятся следующие.

- Систематизация и анализ особенностей формирования и применения непараметрических моделей динамических объектов; сравнительный анализ типовых, проблемно-ориентированных пакетов прикладных программ и выбор базовой среды компьютерного моделирования динамических объектов на основе непараметрических моделей.

- Разработка алгоритмов численной реализации непараметрических динамических моделей, ориентированных на применение и развитие средств компьютерного моделирования динамических объектов, в том числе разработка, апробация, оценка дееспособности и качества алгоритмов реализации неявных непараметрических моделей первого и второго рода (интегральных уравнений Вольтерры I и II рода) применительно к моделированию линейных, нелинейных и сингулярных динамических объектов и их систем.

- Разработка прикладного программного обеспечения для реализации метода компьютерного исследования динамических объектов на основе непараметрических моделей. Использование и развитие технологических платформ для организации программных средств, реализующих процессы компьютерного моделирования динамических объектов по заданным непараметрическим моделям с адаптацией имеющихся форматов представления математических моделей и данных. Анализ возможностей развития средств компьютерного моделирования в направлении современных тенденций интеллектуализации анализа данных.

- Оценка прикладных возможностей предлагаемых средств компьютерного моделирования посредством решения тестовых и практических задач технического назначения.

Статьи, представленные в данном номере журнала, посвящены решению ряда указанных выше задач.

*Научный редактор д-р техн. наук, профессор
А. Ф. ВЕРЛАНЬ*