

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНЫМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Д. Н. Верзилин, М. Ю. Охтилев, Б. В. Соколов (Санкт-Петербург)

К настоящему времени теория, методы и технологии создания (использования) различных классов моделей развиты достаточно хорошо. Исследования в этой отрасли научных знаний продолжают с неослабевающей интенсивностью, охватывая всё новые и новые классы моделей и предметные области. Однако, в современных условиях, к сожалению, практически не решена проблема оценивания качества моделей, анализа и упорядочения различных классов моделей, обоснованного синтеза новых моделей, либо выбора из числа уже существующих моделей наиболее предпочтительных моделей, предназначенных для решения конкретных прикладных задач. Актуальность данной проблемы в ещё большей степени усиливается в том случае, когда исследуемый объект описывается не одной моделью, а полимодельным комплексом, в состав которого могут входить разнородные и комбинированные модели, каждая из которых должна оцениваться своей системой показателей. Дополнительную особенность указанная проблема приобретает в том случае, когда при оценивании качества моделей приходится учитывать *фактор времени*. Это касается, прежде всего, тех объектов-оригиналов, у которых под действием различных причин (объективных, субъективных, внутренних, внешних и т. п.) наблюдается существенная структурная динамика [1, 4]. В этих условиях для того, чтобы модель сохраняла свою точность и полезность, необходимо проводить адаптацию параметров и структур данной модели к изменяющимся условиям. А для этого, заранее, на этапе синтеза модели в состав её параметров и структур требуется вводить дополнительные элементы (избыточность), которые на этапе непосредственного использования модели позволят управлять качеством модели, снизят чувствительность модели и соответствующих показателей качества к изменениям состава, структуры и содержания исходных данных. Многочисленные исследования показывают, что использование комбинированных моделей (например, аналитико-имитационных моделей, логико-лингвистических и логико-алгебраических моделей и т. п.) позволяет на конструктивном уровне реализовывать концепцию комплексного моделирования заданных предметных областей [1, 2, 4]. В докладе, на примере автоматизированной системы управления активными подвижными объектами (АСУ АПО) [2, 6] иллюстрируются основные элементы технологии комплексного моделирования указанной системы на различных этапах ее жизненного цикла. В общем случае, концепцию комплексного моделирования целесообразно реализовывать в рамках соответствующей интегрированной системы поддержки принятия решений, в состав которой должны входить расчетно-логическая, экспертная, имитационная, CASE-системы. Основное внимание в докладе уделено вопросам создания и применения имитационной системы (ИС), используемой в настоящее время для решения различных классов задач анализа и синтеза технологии автоматизированного управления (ТАУ) АПО [6]. С момента зарождения концепции имитационной системы до настоящего времени она претерпела существенную эволюцию. Современное представление концепции имитационной системы дается следующим определением. И м и т а ц и о н н о й с и с т е м о й (ИС) [4] называется специальным образом организованный моделирующий комплекс, состоящий из следующих элементов: а) имитационных моделей (иерархии имитационных моделей), отражающих определенную проблемную область; б) аналитических моделей (иерархии аналитических моделей), дающих упрощенное (агрегированное) описание различных сторон моделируемых явлений; в) информационной подсистемы,

включающей базу (банк) данных, а в перспективе базу знаний, основанную на идеях искусственного интеллекта; г) системы управления и сопряжения, обеспечивающей взаимодействие всех компонент системы и работу с пользователем (лицом, принимающим решения) в режиме интерактивного диалога. Многочисленные исследования, направленные на поиск разумного компромисса между требованиями универсализации и специализации ИС, показали, что в настоящее время разработка универсальных формализованных процедур автоматизации моделирования и соответствующих ИС, ориентированных на широкую предметную область, является трудно разрешимой проблемой. Целесообразно создавать ИС, специализированные по допустимому классу моделируемых объектов и универсальные по поддерживаемым функциям, связанным с проведением комплексных исследований указанных объектов. При этом ИС может изначально и не содержать в себе модель конкретного объекта, характеристики которого интересуют лицо, принимающее решение (ЛПР). Данная система представляет ЛПР только математический аппарат (формализованную схему), позволяющий ему легко генерировать желаемую структуру модели объекта, отвечающую целям исследования, наполнять эту структуру количественными соотношениями, описывающими связи между ее элементами, решать разнообразные задачи анализа и выбора. В зависимости от состава, структуры ИС и поддерживаемых ею функций той предметной области, для которой она создавалась, целесообразно различать широко специализированные (проблемно-ориентированные) и узкоспециализированные (частные) ИС. Создание ИС так же, как и имитационных моделей (моделей имитационного уровня), представляет сложный многоэтапный итерационный процесс, основная особенность которого (по сравнению с «чисто» имитационным моделированием) состоит в необходимости на каждом из этапов исследования проводить согласование (на концептуальном, алгоритмическом, информационном и программном уровне) разнородных моделей, описывающих различные стороны функционирования объекта. В современных ИС выбор допустимых альтернатив основывается на сужении (сжати) множества рассматриваемых вариантов экзогенных переменных путем отбраковки доминируемых по заданным отношениям предпочтения альтернатив. Указанные процедуры по своему содержанию близки к идеям, реализованным в многочисленных модификациях метода «ветвей и границ». При отбрасывании доминируемых экзогенных переменных в зависимости от этапа решения задачи выбора, обеспеченности исходными данными ЛПР пользуется каждый раз такими моделями и методами получения релаксированных решений исходной задачи, чтобы оценки затрат на реализацию полученных решений (затрат на расход используемого ресурса) не убывали и становились все более и более точными по мере сужения множества допустимых альтернатив.

Исследование процессов управления структурной динамикой разнородных классов АПО, в том числе и исследование задач анализа и синтеза ТАУ, показало, что данные процессы имеют многоуровневый, многоэтапный и полифункциональный характер. Данное представление процессов функционирования АСУ АПО повлияло на выбор структуры банка моделей разрабатываемого специального программно-математического обеспечения ИС, в котором следует, прежде всего, выделить три основных блока (см. рис. 1):

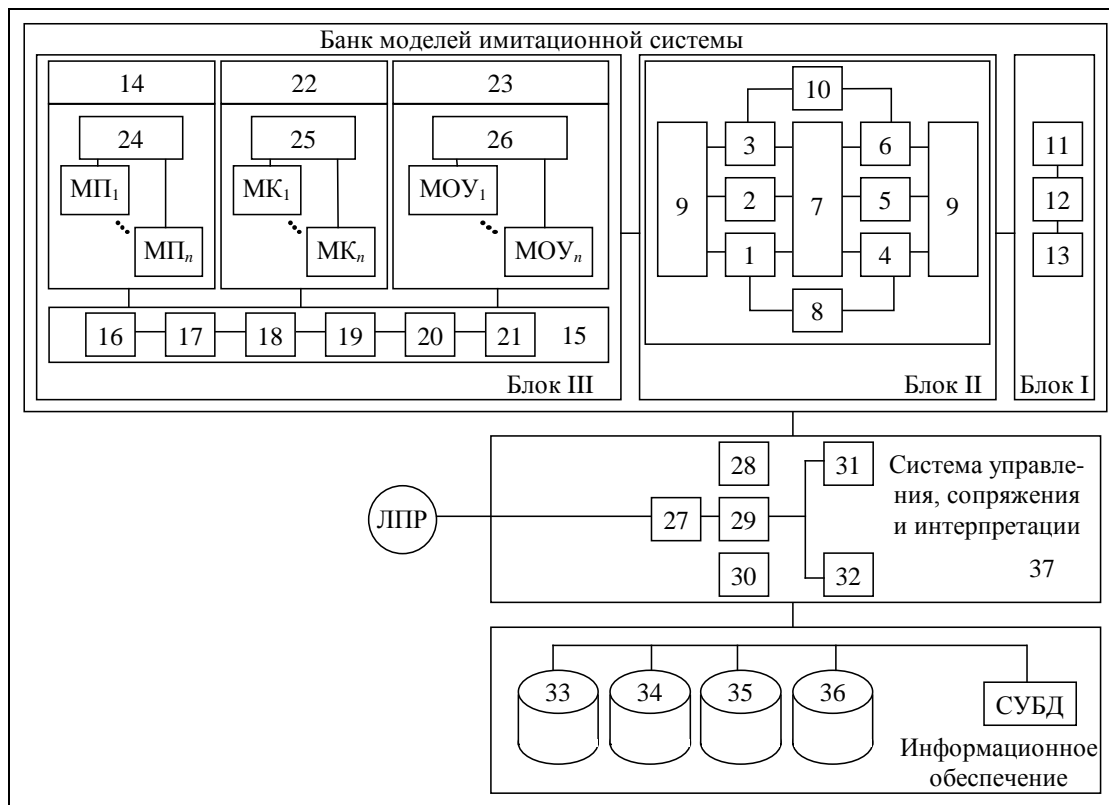


Рис. 1. Обобщенная структура имитационной системы, предназначенной для моделирования АСУ АПО

– модели функционирования АСУ АПО и объектов обслуживания (ОБО) (блок I);

– модели оценки и анализа состояния АПО, АСУ АПО, оценки обстановки (блок II);

– модели принятия решений в АСУ АПО (блок III);

Банк моделей функционирования АСУ АПО, ОБО включает в себя:

– модели функционирования АПО, системы АПО, группировки систем АПО (блоки 1, 2, 3);

– модели функционирования отдельного командно-измерительного комплекса (ОКИК) (блок 4), подсистем наземного комплекса управления (НКУ) (ОКИК, пункты управления (ПУ), блок 5), НКУ (блок 6);

– модели взаимодействия основных элементов и подсистем АСУ АПО между собой и ОБО (блок 7);

– модели функционирования ОБО (блок 8);

– модели воздействия внешней среды на АСУ АПО (блок 9);

– модели имитации результатов целевого применения АСУ АПО (блок 10).

Напомним, что в общем случае функционирование АПО предполагает информационный, вещественный, энергетический обмен с ОБО, с другими АПО, внешней средой, функционирование аппаратуры, расход (пополнение) ресурсов АПО, перемещение АПО.

Блок моделей оценки и анализа состояния АПО, АСУ АПО, оценки обстановки включает в себя:

- модели и алгоритмы оценки и анализа состояния движения, аппаратуры, ресурсов и обмена АПО (блок 11);
- модели и алгоритмы оценки и анализа состояния ОБО (блок 12);
- модели и алгоритмы оценки и анализа ситуаций и обстановки (блок 13).

В блок 3 входят:

- модели и алгоритмы долгосрочного и оперативного планирования ОВ в АСУ АПО (блок 14);
- модели и алгоритмы управления структурами АСУ АПО (блок 15): топологической (блок 16), технической (блок 17), технологической (блок 18), организационной (блок 19); структурой СПМО (блок 20), информационной структурой (блок 21);
- модели и алгоритмы коррекции долгосрочных и оперативных планов проведения ОВ в АСУ АПО (блок 22);
- модели и алгоритмы решения задач координации в АСУ АПО на этапах планирования (блок 24), коррекции (блок 25), оперативного управления (блок 26);
- модели и алгоритмы оперативного управления элементами и подсистемами АСУ АПО (блок 23).

На рис. 1 приняты следующие условные обозначения: $МП_1, \dots, МП_n$, $МК_1, \dots, МК_n$, $МОУ_1, \dots, МОУ_n$ – соответственно модели планирования, коррекции и оперативного управления АПО, входящими в АСУ АПО (1, ..., n)-го типов. Кроме того, на структурной схеме изображена система управления, сопряжения и интерпретации, в которую входят: общая диалоговая система управления СПМО (блок 27), локальные системы управления и сопряжения (блок 28), блок обработки, анализа и интерпретации результатов планирования, управления, моделирования (блок 30), блок формализации сценариев моделирования (блок 31), блок параметрической и структурной адаптации СПМО (блок 32), блок выработки рекомендаций по организации процедур моделирования и принятия решений (блок 29).

Важную роль в решении задач анализа и синтеза ТАУ АСУ АПО играет информационное обеспечение, включающее в себя: базы данных о состоянии АПО (блок 33), АСУ АПО (блок 35), ОБО (блок 34), в целом по обстановке (блок 35); базы данных об аналитических и имитационных моделях функционирования и принятия решений в АСУ АПО (блок 36).

В докладе приводятся примеры использования разработанной имитационной системы для решения задач анализа технологии управления космическими средствами (КСр) [2, 3], оценивания пропускной способности центра обработки телеметрической информации [5], планирования применения КСр [2, 6, 7].

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке European Office of Aerospace Research and Development (проект 1992) и Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант #02-07-90463), Отделения информационных технологий и вычислительных систем РАН (государственный контракт № О-2.5/03).

Литература

1. Калинин В.Н., Резников Б.А. Теория систем и управления (структурно-математический подход). Л.: ВИКИ.-417 с.
2. Калинин В.Н., Соколов Б.В. Многомодельный подход к описанию процессов управления космическими средствами//Теория и системы управления, 1995, № 1 – с. 149–156.

3. **Князькин Ю.М.** Методология автоматизированного проектирования бортовых комплексов управления космических аппаратов связи, ретрансляции. – МО, 1992.- 118 с.
4. Методологические вопросы построения имитационных систем: Обзор /**С.В. Емельянов, В.В. Калашников, В.И. Лутков и др.** Под научн. ред. Д.М. Гвишиани, С.В. Емельянова. -М.: МЦНТИ, 1973. – 87 с.
5. **Охтилев М. Ю.** Основы теории автоматизированного анализа измерительной информации в реальном времени. Синтез системы анализа. – СПб.: ВИКУ им. А.Ф.Можайского. 1999.-156 с.
6. **Соколов Б.В. , Юсупов Р. М.** Комплексное моделирование функционирования автоматизированной системы управления навигационными космическими аппаратами//Проблемы управления и информатики, №5, 2002, с. 103–117.
7. **Соколов Б.В.** Комплексное планирование операций и управление структурами в АСУ активными подвижными объектами. – МО, 1992. -232 с.