

Тема 3 «Компьютерное моделирование для поддержки принятия решений
в системах обработки информации и управления»

Лекция 1 «Прикладная теория моделирования»

1. Информационные модели при управлении
2. Модели в адаптивных системах управления
3. Моделирование в системах управления в реальном масштабе времени

Введение.

Машинное моделирование является эффективным инструментом исследования характеристик процесса функционирования сложных информационно-управляющих систем на этапе их проектирования. В современных системах обработки информации и управления машинное моделирование используется непосредственно в контуре управления, на его основе решаются задачи прогнозирования для принятия решений по управлению объектом, т. е. реализуются адаптивные системы управления. Построение таких адаптивных систем стало возможным, с одной стороны, после решения ряда вопросов информационного подхода к проблеме управления, а с другой стороны, после проработки задач моделирования в реальном масштабе времени на современных ЭВМ с учетом ограниченности ресурсов в системе управления объектом.

1. Информационные модели при управлении

Создание системы управления (СУ) различными объектами требует наличия большого объема информации как о самом объекте, так и о его входных и выходных переменных. Эта информация необходима для построения адекватной модели СУ. При этом следует различать два вида информации, необходимой для построения и совершенствования модели и СУ: априорную и текущую.

Априорная информация об объекте управления (ОУ), его входных и выходных переменных, внутренних состояниях необходима для построения модели, по которой будет создаваться СУ.

Обычно для сложных вновь проектируемых ОУ отсутствует необходимая для создания СУ модель, и задача управления должна решаться в условиях недостаточной или вовсе отсутствующей априорной информации об объекте.

Проблема создания СУ неизбежно возникает при разработке ОУ и при их модернизации. В том случае, когда СУ создана и функционирует вместе с

системой S , управляя ею, существует необходимость в получении текущей информации, вызванная в основном двумя причинами.

Во-первых, это потребность в совершенствовании СУ, а во-вторых, необходимость уточнения поведения системы и возникающих в ней ситуаций с целью компенсации изменений характеристик системы S как ОУ.

Процессы, с которыми связана текущая информация первого вида, являются достаточно медленными и для управления ими необходима подсистема эволюционного управления, а процессы второго типа являются более быстрыми и для управления ими необходима подсистема оперативного управления в реальном масштабе времени.

Важнейшей задачей современной теории и практики управления является построение модели ОУ, то есть формализация закономерностей функционирования объекта. На основе этой модели определяются структура, алгоритмы и параметры СУ, выбираются аппаратно-программные средства реализации системы.

Невозможность ограничиться только одной универсальной моделью связана с тем, что, с одной стороны, перед этими моделями ставятся различные цели, а с другой стороны, они описывают процессы, протекающие в различных масштабах времени, причем степень полноты модели, ее соответствие реальному объекту зависят от целей, для которых эта модель используется.

Модели первого типа имеют в основном гносеологический характер, от них требуется тесная связь с методами той конкретной области знаний, для которой они строятся. Модели такого типа являются достаточно «инерционными» в своем развитии, так как отражают эволюцию в конкретной области знаний. Такие модели называются *эволюционными*.

Модели второго типа имеют информационный характер и должны соответствовать конкретным целям по принятию решений по управлению объектом, который они описывают. Такие модели называются *десиженсными*.

Деление на гносеологические (эволюционные) и информационные (десиженсные) модели достаточно условно, но оно удобно для отражения целей моделирования.

В информационных моделях, используемых непосредственно для принятия решений в СУ, требование оперативности является одним из основных. Это требование оперативности, т. е. необходимость работы такой модели в РМВ, часто ведет к отказу от сложных и точных моделей, к разработке специальных, так называемых робастных, алгоритмов построения моделей.

Отсутствие формальных методов перехода от гносеологических моделей к информационным в современной теории управления не дает возможности получить по имеющейся информации адекватное описание, необходимое для создания СУ. Но учет сведений, содержащихся в гносеологических моделях, может значительно увеличить объем априорной информации о рассматриваемом ОУ.

2. Модели в адаптивных системах управления

Одной из центральных проблем современной теории управления является проблема управления динамическими объектами в условиях неопределенности, т. е. проблема построения адаптивных СУ. Принцип работы этих систем основан на изменении параметров и структуры в результате наблюдения и обработки текущей информации так, чтобы адаптивная или обучающая система с течением времени улучшила свое функционирование, достигая в конечном итоге оптимального состояния. В адаптивных СУ недостаток априорной информации компенсируется благодаря целенаправленной обработке текущей информации.

Под *адаптацией* понимается процесс изменения структуры, алгоритмов и параметров системы S на основе информации, получаемой в процессе управления с целью достижения оптимального (в смысле принятого критерия) состояния или поведения системы при начальной неопределенности и

изменяющихся условиях работы системы во взаимодействии с внешней средой E .

Характерная черта адаптации — текущее накопление информации о процессе функционирования системы S и внешней среды E и ее использование для улучшения избранного показателя качества. Процесс накопления информации связан с затратами времени, что в итоге приводит к запаздыванию в получении системой управления информации, необходимой для принятия решений. Это существенно снижает эффективность работы систем управления в реальном масштабе времени. Поэтому актуальной является задача прогнозирования состояний (ситуаций) системы S и внешней среды E и характеристик (поведения) системы S для адаптивного управления. Такой прогноз может быть выполнен при использовании методов моделирования в системе управления в реальном масштабе времени.

Выделяются два направления в теории и практике построения адаптивных СУ — создание систем с эталонной моделью (АСЭМ) и с идентификацией объекта управления (АСИ).

В АСИ сначала осуществляется идентификация объекта, а затем по оценкам его параметров определяются параметры управляющего устройства.

В АСЭМ осуществляется подстройка параметров управляющего устройства так, чтобы замкнутая система была близка к эталонной модели.

Развитие АСЭМ и АСИ пойдет по пути взаимного проникновения методов и результатов исследования, что позволит синтезировать алгоритмы, обладающие всеми достоинствами как того, так и другого направления.

Широкое применение в СУ средств вычислительной техники вызвало особый интерес к дискретным адаптивным системам управления (ДАС).

ДАС классифицируются на прямые и непрямые.

Непрямые ДАС, в которых параметры управляющего устройства определяются по оценкам параметров объекта с помощью некоторого вычислительного устройства.

Прямые ДАС, в которых параметры управляющего устройства определяются непосредственно, без вычислительного устройства.

К *непрямым* ДАС относятся системы с идентификатором в контуре адаптации (ДАСИ), а к *прямым* — системы с предсказателем (ДАСП) в контуре.

В соответствии с этой классификацией ДАС, используемые для управления процессами в таком сложном объекте, как информационная система S , можно отнести к *непрямым* комбинированным (ДАСК), так как в адаптивной системе управления S имеют место идентификатор и предсказатель, реализуемые с помощью вычислительных устройств, причем комбинирование понимается как в смысле использования ДАСИ и ДАСП, так и в смысле использования принципов АСИ и АСЭМ.

Создание и развитие теории ДАС обусловлено прежде всего неполнотой априорной информации о процессе функционирования исследуемого объекта. Именно от объема априорной информации зависит и математическая постановка задачи, а часто этим определяется не только подход, но и метод ее решения.

В ряде случаев более перспективен параметрический подход к решению проблемы адаптивного управления при максимальном использовании априорной информации об ОУ и процессе его функционирования.

Как уже отмечалось, одно из важнейших направлений в области идентификации и управления связано с дискретными АС, содержащими в контуре управления идентификатор, т. е. ДАСИ. Процесс идентификации, осуществляемый в ДАСИ, условно разделяется на два этапа, на каждом из которых информация для решения задачи идентификации поступает непосредственно с ОУ в виде реализаций входных и выходных переменных.

Первый этап связан с решением задачи идентификации в широком смысле, или задачи стратегической идентификации. Сюда относятся построение концептуальной модели, выбор информативных переменных, оценка степени

стационарности объекта, выбор структуры и параметров модели, оценка точности и достоверности модели реальному объекту.

Второй этап предусматривает текущую идентификацию — уточнение модели в связи с текущими изменениями объекта и внешних воздействий; здесь обычно решаются задачи идентификации в узком смысле, т. е. задачи оценки поведения объекта или его состояний.

В целом ДАСИ обладают рядом важных практических достоинств: автоматизация идентификации, объединение процессов идентификации и управления, универсальность, высокая надежность. Для сложных объектов трудоемкость процесса идентификации соизмерима с трудоемкостью процесса проектирования системы. Объединение процессов идентификации и управления сокращает сроки создания и освоения системы в результате параллельного проведения работ и, кроме того, является, пожалуй, единственной возможностью оперативно компенсировать текущие изменения характеристик объекта и воздействий внешней среды в процессе функционирования.

3. Моделирование в системах управления в реальном масштабе времени

С ускорением темпов развития экономики и интенсификации производственных процессов все шире внедряется автоматизация на предприятиях. Наиболее перспективным направлением является создание гибких автоматизированных производств и производственных систем, на базе современных робототехнических комплексов. Управление в таких гибких системах наиболее эффективно может быть реализовано на базе локальных сетей ЭМВ, обеспечивающих взаимодействие и координацию всех информационно-вычислительных ресурсов для управления отдельными агрегатами в системе и дающих возможность проводить обработку информации в реальном масштабе времени.

Для эффективного удовлетворения требований различных пользователей к качеству и своевременности доставки информации управление сетями интегрального обслуживания должно быть реализовано в реальном масштабе времени.

При разработке систем управления такими объектами обычно отсутствует априорная информация об условиях их работы.

Основной целью моделирования является прогнозирование в широком смысле этого слова. Моделирование позволяет сделать вывод о принципиальной работоспособности объекта (системы S), оценить его потенциально возможные характеристики, установить зависимость характеристик от различных параметров и переменных, определить оптимальные значения параметров и т. п. Машинные модели M_m , используемые в качестве имитаторов и тренажеров, дают возможность предсказать поведение системы S в условиях взаимодействия с внешней средой E .

Использование метода моделирования для получения прогноза при принятии решений в системе управления в реальном масштабе времени выдвигает на первое место задачу выполнения ограничения на ресурс времени моделирования процесса функционирования системы S . Поэтому рассмотрим более подробно особенности прогнозирования на основе машинной модели M_m в реальном масштабе времени.

Особенностью моделирования для принятия решений по управлению объектом в реальном масштабе времени является существенная ограниченность вычислительных ресурсов, так как такие системы управления, а следовательно, и машинные модели M_m , реализуются, как правило, на базе мини и микро ЭВМ или специализированных микропроцессорных наборов, когда имеется ограничение по быстродействию и объему памяти. Это требует тщательного подхода к минимизации затрат ресурсов по моделированию в реальном масштабе времени.

Кроме того, следует учитывать, что достоверность и точность решения задачи моделирования (прогнозирования ситуаций или поведения) системы

существенно зависят от количества реализаций N , которые затрачены на получение статистического прогноза. Таким образом, возникает проблема поиска компромисса между необходимостью увеличения затрат времени на моделирование, т. е. числа реализаций N [на интервале $(0, T)$] для повышения точности и достоверности результатов моделирования (прогнозирования), и необходимостью уменьшения затрат машинного времени из условий управления в реальном масштабе времени.

При использовании машинной модели M_m в контуре управления системой S в реальном масштабе времени возникает также проблема оперативного обновления информации как в базе данных об объекте, так и в базе данных об эксперименте, т. е. в данном случае о конкретном прогнозе.

Для ускорения процесса разработки программного обеспечения моделирования в реальном масштабе времени и повышения его качества рационально разрабатывать соответствующие пакеты прикладных программ, которые с использованием ресурсов высокопроизводительных ЭВМ генерируют рабочие программы моделирования.

Лекция 2. «Общие правила построения и способы реализации компьютерных моделей»

1. Методология машинного моделирования
2. Моделирование распределенных автоматизированных систем и информационных сетей

1. Методология машинного моделирования

В настоящее время метод машинного моделирования широко применяется при разработке обеспечивающих и функциональных подсистем различных АСУ. При этом, независимо от объекта можно выделить следующие основные этапы моделирования:

- 1) построение концептуальной модели системы S и ее формализация;
- 2) алгоритмизации модели системы S и ее машинная реализация;
- 3) получение результатов машинного моделирования и их интерпретация.

На первом этапе моделирования формулируется модель, строится ее формальная схема и решается вопрос об эффективности и целесообразности моделирования системы S на вычислительной машине.

На втором этапе математическая модель, сформулированная на первом этапе, воплощается в машинную, т. е. решается проблема алгоритмизации модели, ее рационального разбиения на блоки и организации интерфейса между ними, а также задача получения необходимой точности и достоверности результатов при проведении машинных экспериментов.

На третьем этапе ЭВМ используется для имитации процесса функционирования системы S , для сбора необходимой информации, ее статистической обработки и интерпретации результатов моделирования.

При этом следует учитывать, что на всех этапах моделирования переход от описания к машинной модели M_m , разбиение модели на части, выбор основных и второстепенных параметров, переменных и характеристик системы являются неформальными операциями, построенными на эвристических принципах, охватывающих как механизм принятия решений, так и проверку соответствия принятого решения действительности.

Правило сопоставления точности и сложности модели характеризует компромисс между ожидаемой точностью и достоверностью результатов моделирования и сложностью модели системы S с точки зрения ее машинной реализации.

Правило соразмерности погрешностей моделирования системы и ее описания представляет, по сути, «баланс точностей», определяемый соответствием систематической погрешности моделирования из-за неадекватности модели M_m описанию системы S с погрешностью в задании описания вследствие неопределенности исходных данных; взаимным соответствием точностей блоков модели; соответствием систематической погрешности моделирования на ЭВМ и случайной погрешности представления результатов моделирования.

Переходить от описания системы S к ее машинной модели M_m наиболее рационально путем построения блочной модели, т. е. необходимо выполнение правила реализации блочного представления модели, в соответствии с которым надо находить блоки, удобные для автономного моделирования, и блоки, допускающие исследования натурными методами.

Разбиение на блоки с точки зрения дальнейшей реализации модели целесообразно проводить, по возможности минимизируя число связей между блоками модели, т. е. отсюда вытекает способ минимального обмена информацией между блоками.

Способы удаления блоков различаются в зависимости от характера взаимодействия этих блоков с оставшейся частью системы. Удаляя оконечные блоки, составляющие описание взаимодействия системы S с внешней средой E , необходимо учесть это при формировании критерия интерпретации результатов моделирования, т. е. это соответствует способу удаления блоков с модификацией критерия.

Динамика моделирования системы S может быть определена как движение в некотором подпространстве моделей. Причем при исследовании систем движение идет в сторону усложнения модели. Отсюда вытекает способ проверки точности по сходимости результатов, т. е. проверки точности результатов моделирования, получаемых на моделях возрастающей сложности. Такой способ позволяет двигаться «снизу — вверх» в подпространстве моделей от упрощенной модели, заведомо реализуемой на

ЭВМ, в сторону ее развития и усложнения в пределах ограничений вычислительных ресурсов.

2. Моделирование распределенных автоматизированных систем и информационных сетей

Рассматривая АСУ с точки зрения технологии обработки информации и принятия решений, можно выделить функциональную схему управления, состоящую из обеспечивающих подсистем, находящихся во взаимосвязи, как между собой, так и с внешней средой. При проектировании АСУ различных уровней, исходя из общности решаемых задач, принято выделять информационное, математическое, программное, техническое и организационное обеспечение.

Техническое обеспечение — одна из основных составных частей АСУ, той материально-технической базы, с помощью которой реализуются экономико-математические методы управления. Комплекс технических средств включает в себя разнообразные средства вычислительной техники, сбора и передачи информации, обеспечивающие своевременную и качественную переработку управляющей информации, причем территориальная удаленность объектов управления в АСУ требует применения средств передачи информации, основная задача которых — обмен информацией между местом ее возникновения и информационно-вычислительным центром с необходимой скоростью и достоверностью.

Наиболее перспективным направлением в области создания технического обеспечения АСУ является построение информационно-вычислительных сетей, цифровых сетей интегрального обслуживания, позволяющих наиболее эффективно использовать ресурсы обработки и хранения информации.

Структурная схема такой сети показана на рис. 1. где выделены уровни базовой (магистральной) сети, реализующей обмен информацией между центрами коллективного пользования, и терминальной (абонентской) сетью, обеспечивающей обмен информацией между пользователями и ЭВМ.

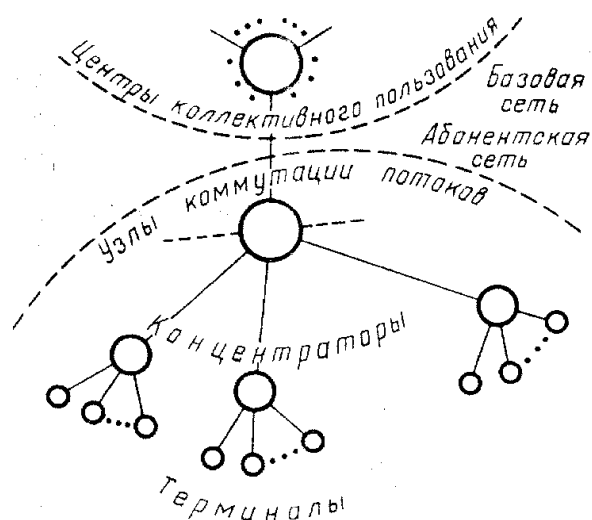


Рис. 1.

Основными структурными элементами сети являются: узлы (центры) коммутации потоков, осуществляющие все основные операции по управлению сетью, включая коммутацию и маршрутизацию потоков сообщений (пакетов); концентраторы, обеспечивающие сопряжение входных низкоскоростных каналов связи с выходным высокоскоростным каналом; терминалы, выполняющие функции организации доступа пользователя к ресурсам сети и функции по локальной обработке информации; каналы связи, реализующие обмен информацией между узлами сети (узлами коммутации, концентраторами, терминалами) с требуемым качеством.

Процесс функционирования информационно-вычислительной сети может быть представлен в виде *Q-схемы*, имеющей два параллельных канала обслуживания, а также связи, управляющие блокировкой.

В этом случае можно записать: эндогенные переменные: T_0 —среднее время обслуживания сообщений; $P_{от}$ — вероятность отказа в обслуживании; экзогенные переменные: λ_{Σ} — интенсивность входного потока сообщений; h — производительность абонентской ЭВМ; H — суммарная производительность главных ЭВМ сети; B — пропускная способность селекторных каналов ЭВМ; C — пропускная способность магистрального канала связи.