А.М. Инков

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ. ЛЕКЦИЯ № 10



Шымкент, 2011

Тема 6 Общая схема процесса идентификации

Лекция 10 Общая схема процесса идентификации

В лекции рассмотрены основные этапы идентификации; и такие понятия как априорная и апостериорная информация; критерии и показатели качества идентификации. Проведена классификация методов идентификации. Рассмотрены принципы структурной и параметрической идентификация; активной и пассивной идентификации.

Рассмотрим перечень примерных этапов идентификации. Технология математического моделирования технических систем в общем случае предполагает выполнение следующих основных этапов:

1. Формулировка целей. В основе всякой задачи, проблемы моделирования лежит информация о том, какие зависимости нас интересуют, каковы его цели его использования. Именно эта информация определяет объект. Эти представления могут быть очень приближенными, но всегда отражают некоторые его свойства, достаточные для эффективной формулировки целей моделирования. Обычно в задачах моделирования цель достигается путем максимизации или минимизации некоторого критерия, задаваемого в виде целевой функции.

2. Изучение объекта. При этом требуется понять происходящий процесс, определить границы объекта с окружающей его средой, если таковые имеются. Кроме того, на данном этапе определяются перечень всех входных и выходных параметров объекта исследования и их влияние на достижение целей моделирования.

3. Описательное моделирование (разработка концептуальной модели) - установление и словесная фиксация основных связей входных и выходных параметров объекта.

4. Математическое моделирование (разработка математической модели)- перевод описательной модели на формальный математический язык. Цель записывается в виде функции, которую обычно называют целевой. Поведение объекта описывается с помощью соотношений, входные и выходные параметры объекта на данном этапе в зависимости от сложности исследуемой проблемы могут возникать ряд задач чисто математического характера. Такими задачами являются задачи математического программирования, линейной алгебры, задачи дифференциального и интегрального исчисления и многие другие.

5. Выбор (или создание) метода решения задачи. На данном этапе для возникшей математической задачи подберется подходящий метод. При выборе такого метода необходимо будет обратить внимание на сложность метода и потребляемые вычислительные ресурсы. Если подходящего метода по предъявленным критериям не окажется, то требуется разработать новый метод решения задачи. Мы делаем упор на разработку новых эффективных методов, не уступающих известным методам по основным вычислительным характеристикам.

6. Выбор или написание компьютерных программы. На данном этапе выбирается подходящая программа, реализующая выбранный метод решения. Если такая программа отсутствует, то необходимо написать такую программу.

7. Решение задачи на компьютере. Вся необходимая информация для решения задачи вводится в память компьютера вместе с программой. С использованием подходящей программы производится обработка целевой информации и получение результатов решения задач в удобной форме.

8. Проверка адекватности модели (верификация модели).

9. Анализ получаемого решения. Анализ решения бывают двух видов: формальный (математический), когда проверяется соответствие полученного решения построенной математической модели (в случае несоответствия проверяется программа, исходные данные, работа ЭВМ и др.) и содержательный (экономический, технологический и т.п.), когда проверяется соответствие полученного решения тому объекту, который моделировался. В результате такого анализа в модель могут быть внесены изменения или уточнения, после чего весь рассмотренный процесс повторяется. Модель считается построенной и завершенной, если она с достаточной точностью характеризует деятельность объекта по выбранному критерию. Только после этого модель можно использовать при расчетах.

Перечисленные этапы вытекают из общей методологии моделирования систем. При моделировании различных систем трудоемкости одних и тех же этапов могут быть разными. В процессе моделирования конкретной системы могут иметь место некоторые изменения технологии. В частности, может быть заранее предопределен метод моделирования или выбрано конкретное средство моделирования. Математическая модель окажется настолько простой, что не потребуется проведения машинных экспериментов, разработка программной модели исключит необходимость создания математической модели.

Следует обратить внимание на первоочередную необходимость постановки, формулирования цели моделирования. В этом вопросе должно быть достигнуто взаимопонимание между заказчиком, ответственным за создание или модернизацию системы, и разработчиком модели. Важность корректного выполнения этого этапа определяется тем, что все последующие этапы проводятся с ориентацией на определенную цель моделирования.

На этом же этапе конкретизируется, в каких единицах измерения (относительных или абсолютных) должны быть представлены результаты моделирования. Под относительными единицами здесь понимаются качественные градации, сравнительные оценки разных вариантов системы (типа «лучше—хуже», «больше— меньше»). При необходимости представления результатов в абсолютных единицах должен быть решен вопрос о точности измерения. Этот вопрос зачастую не имеет однозначного ответа, но крайне важен для выполнения всех этапов моделирования.

Проверка адекватности указана выше в виде одного из этапов моделирования. Не надо это понимать буквально, так как на адекватность модели оказывает влияние качество выполнения практически всех этапов. Поэтому проверка адекватности должна проводиться в том или ином виде, начиная от разработки концептуальной модели и кончая анализом результатов моделирования.

Под разработкой математической модели подразумевается создание полностью формализованного описания динамики функционирования системы. Однако не для всех систем, внешних условий и целей моделирования может быть подобран известный метод формализации или конструктивный математический аппарат. Тем не менее и для таких систем следует разработать одно-

значные зависимости выходных характеристик от параметров и воздействий для каждой составляющей системы, алгоритмы взаимодействия между составляющими, логические условия изменения состояний.

Результаты машинного моделирования должны быть проанализированы с целью проверки их достоверности и выработки рекомендаций о способах повышения качества исследуемой системы. На всех этапах моделирования следует обратить особое внимание на документирование принимаемых решений, допущений, ограничений и выводов.

Из организационных аспектов моделирования следует выделить необходимость непосредственного участия в работе квалифицированных представителей заказчика на первых этапах (вплоть до разработки математической модели) и на этапе анализа результатов моделирования. Ответственный за систему заказчик должен четко понимать цели моделирования, разработанную концептуальную модель, программу исследований и полученные результаты. Это будет способствовать внедрению выработанных рекомендаций.

Математическое моделирование технических систем предполагает применение следующих методов:

1. аналитических;
2. численных;
3. статистических (имитационных);
4. аналитико-имитационных.

Выбор конкретного метода моделирования зависит от многих факторов, в том числе от:

- целей моделирования;
- сложности исследуемой системы;
- сложности модели, определяемой выбранным уровнем ее детализации;
- требований к номенклатуре исследуемых характеристик;
- требований к точности получаемых результатов;
- требований к общности получаемых результатов;
- требований к затратам времени на моделирование;
- требований к материальным затратам;
- наличия специальных технических средств для проведения моделирования;
- квалификации специалиста, проводящего моделирование и т.д.

Результаты сравнительного анализа методов моделирования, выполненного на качественном уровне, представлены в таблице10.1 (фигурными скобками отмечены наилучшие значения каждого показателя).

Таблица 10.1

Результаты сравнительного анализа методов моделирования

Метод моделирования	Сложность метода	Общность резтов	Точность резтов	Затраты времени	Матер. затраты	Задачи синтеза
Аналитический	{+}	{++++}	+	{+}	{+}	{+}
Численный	++	+++	++	++	++	++
Имитационный	+++	+	{++++}	++++	++++	++++
Комбинированный	++++	++	+++	+++	+++	+++

Для решения задач математического моделирования и идентификации необходима исходная информация. Её условно разделяют на два вида - априорную и апостериорную информацию. (**априорная** информация [aprior information] и **апостериорная** информация [aposterior information]). Соответственно, это данные, имевшиеся до проведения какого-либо опыта или другого действия, и сведения, полученные после его выполнения. Обычно приходиться работать в условиях неполноты априорной и текущей информации об объекте и при наличии неконтролируемых возмущений различного происхождения.

В том случае, если объект рассматривается как «черный ящик», то как правило используют только апостериорную информацию.

«Чёрный ящик» — термин, используемый в точных науках (в частности, системотехнике, кибернетике и др.) для обозначения системы, механизм работы которой очень сложен, неизвестен или неважен в рамках данной задачи. Такие системы обычно имеют некий «вход» для ввода информации и «выход» для отображения результатов работы. Состояние выходов обычно функционально зависит от состояния входов.

Использование априорной информации об объекте исследования (если она доступна) во многих случаях облегчает решение проблемы идентификации.

Критерии и показатели качества идентификации. Формирование критерия качества, характеризующего адекватность модели реальному объекту, является одним из основных этапов идентификации.

Переход от исследования объекта к исследованию модели и подтверждение пригодности модели для решения задач моделирования требует оценку качества полученной модели, т.е. проверку адекватности модели и объекта. Никогда нельзя говорить об абсолютной адекватности, при которой модель по всем свойствам соответствует объекту, так как в зависимости от цели исследования могут строиться различные модели объекта. Например, при исследовании влияния размещения пассажиров на центровку самолета моделью человека может служить мешок с песком, для конструктора одежды - манекен, а для медико-биологических исследований - животные. Таким образом, всякая модель имеет характер проекции и отражает отдельные свойства объекта. В связи с этим основное подтверждение модели заключается в том, чтобы убедиться в возможности использования полученной модели для решения той задачи, ради которой эта модель и строилась. Поэтому адекватность предполагает воспроизведение моделью с необходимой полнотой всех свойств объекта, существенных для целей данного исследования.

Количественно степень адекватности модели и объекта можно оценить путем сравнения их выходных сигналов при подаче одинаковых входных воздействий на объект и его модель. Такое сравнение предпочтительное на основе новой информации, отличной от того множества данных, которое использовалось в процессе идентификации объекта.

Структурная схема вычисления оценки ошибки модели статического объекта приведена на рисунке 10.1.

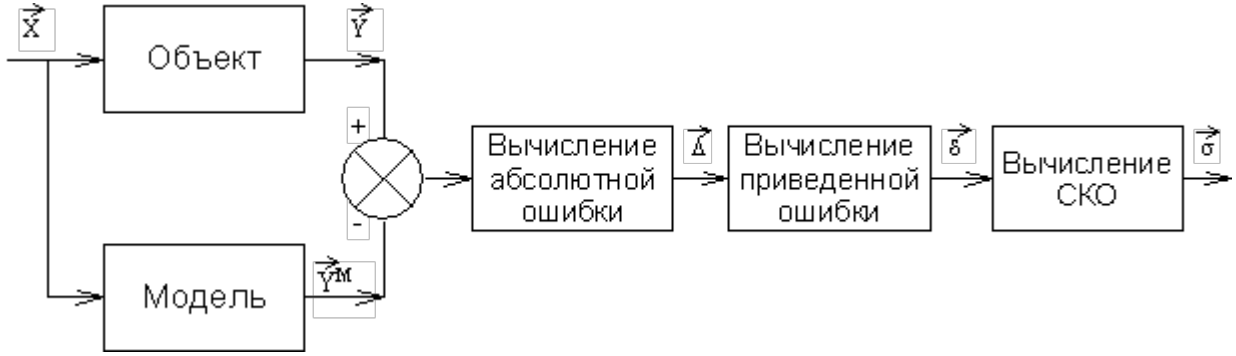


Рисунок 10.1 - Структурная схема вычисления оценки ошибки модели

Пусть проведено *l* опытов при различных уровнях входных воздействий $\vec{x}_j = (x_{1j}, x_{2j}, \ldots, x_{nj})$ из области D_x их допустимых значений и получены реализации выходов объекта $\vec{y}_j = (y_{1j}, y_{2j}, \ldots, y_{mj})$ и выходы модели $\vec{y}_j^M = (y_{1j}^M, y_{2j}^M, \ldots, y_{mj}^M)$, $(j = \overline{1,l})$.

Ошибки модели $\vec{\Delta} = (\Delta_1, \Delta_2, \dots \Delta_m)$ и $\vec{\delta} = (\delta_1, \delta_2, \dots \delta_m)$ для оценки ее адекватности вычисляются по формулам:

$$\Delta_i = \max_{j=\overline{1,l}} |y_{ij} - y_{ij}^M|, \ (i = \overline{1,m});$$

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{\Delta y_i}, \ (i = \overline{1,m});$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{l}\sum_{j=1}^{l}(y_{ij} - y_{ij}^M)^2}, \ (i = \overline{1,m}),$$

где $\Delta_i, \delta_i, \sigma_i$ - абсолютная, приведенная и среднеквадратичная ошибки модели по i-му выходу $(i = \overline{1,m})$; y_{ij}, y_{ij}^M - значение i-го выхода объекта и модели в j-ом опыте $(i = \overline{1,m}, j = \overline{1,l})$; Δy_i - максимальное изменение i-го выхода объекта $(i = \overline{1,m})$ при допустимых значениях входов $x_k \ (k = \overline{1,n})$ из области D_X.

Если величины этих ошибок меньше некоторого заданного положительного числа, то модель адекватна объекту.

Теперь рассмотрим оценку модели динамического объекта. Положим, что после идентификации получена модель одномерного объекта в форме линейного дифференциального уравнения вида.

$$\sum_{k=0}^{n} a_k \frac{d^k y_M(t)}{dt^k} = \sum_{k=0}^{m} b_k \frac{d^k x_M(t)}{dt^k}, \qquad (10.1)$$

где $x_M(t)$ - входной сигнал модели;

$y_M(t)$ - выходной сигнал модели;

n,m - наивысшие порядки производных;

$y_M(t)$ и $x_M(t)$ соответственно $(m \le n)$.

Пусть получены реализации входа $x(t)$ и выхода $y(t)$ объекта на отрезке времени $t \in [0,T]$, где T - длина реализации (время наблюдения). Теперь качество модели можно оценить путем сравнения $y_M(t)$ и $y(t)$ либо непосредственно на графике (визуально),либо введя некоторую формальную меру расстояния между этими сигналами.

Выходные сигналы объекта и модели при одном и том же входном сигнале различаются, так как их дифференциальные уравнения и начальные состояния неидентичны. Для оценки адекватности модели и объекта введем критерий их близости по разности выходных сигналов, т.е. реакций на один и тот же входной сигнал $x(t)$, например следующего вида:

$$I_x = \int_0^T F(y(t) - y_M(t))dt, \qquad (10.2)$$

где $F(\bullet)$ - некоторая выпуклая функция.
В частности:

$$F(y(t) - y_M(t)) = (y(t) - y_M(t))^2. \qquad (10.3)$$

В общем случае оценка адекватности проводится для различных форм входного сигнала $x(t)$. Отсюда следует идея необходимости усреднения по входным сигналам и начальным условиям, т.е. введения операции математического ожидания оценки I_x:

$$I = M[I_x] = M[\int_0^T F(y(t) - y_M(t))dt]. \qquad (10.4)$$

Выражение выходного сигнала имеет довольно сложный вид, что затрудняет аналитическое исследование зависимости I от коэффициентов модели, поэтому вводятся и другие критерии. В частности, если уравнение модели имеет вид

$$\sum_{k=0}^{n} a_k \frac{d^k y_M(t)}{dt^k} = x_M(t), \qquad (10.5)$$

то для оценки близости модели и объекта удобным оказывается функционал от разности входных сигналов $(x_M(t) - x(t))$ модели и объекта, обеспечивающих один и тот же выходной сигнал:

$$I = M[\int_0^T F(x_M(t) - x(t))dt], \qquad (10.6)$$

при условии, что $y_m(t) = y(t)$. В этом случае выходной сигнал модели и объекта будем обозначать $y(t)$.
Тогда, подставляя (10.5) в (10.6), имеем

$$I = M[\int_0^T F(\sum_{k=0}^{n} a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} - x(t))dt], \qquad (10.7)$$

т.е. функционал в явном виде зависит от коэффициентов модели, что удобно для аналитического исследования.
Развивая эту идею, можно формализовать удобный функционал для общего случая модели (10.1)

$$I = M[\int_0^T F(\sum_{k=0}^{n} a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} - \sum_{k=0}^{m} b_k \frac{d^k x(t)}{dt^k})dt] \quad (10.8)$$

Выражение:

$$\Delta = \sum_{k=0}^{n} a_k \frac{d^k y(t)}{dt^k} - \sum_{k=0}^{m} b_k \frac{d^k x(t)}{dt^k}, \quad (10.9)$$

называется обобщенной ошибкой модели. В качестве функции $F(\bullet)$, как правило, принимают квадрат обобщенной ошибки

$$I = M[\int_0^T \Delta^2(t)dt] \quad (10.11)$$

Этот функционал удобен тем, что в явном виде зависит от параметров модели и от доступных измерению входного и выходного сигналов объекта. Однако при вычислении этого функционала возникают определенные трудности, связанные с дифференцированием сигналов $x(t)$ и $y(t)$, а также с необходимостью выполнения операции математического ожидания. Структурная схема вычисления обобщенной ошибки и оценки критерия I представлена на на рисунке 10.2, где $p = \frac{d}{dt}$ - оператор дифференцирования.

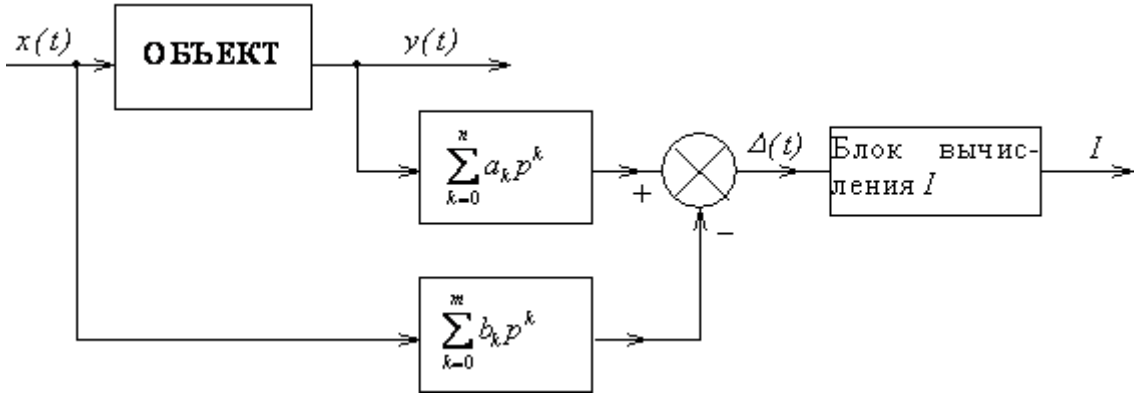


Рисунок 10.2 - Структурная схема вычисления обобщенной ошибки и оценки критерия I

Однако по условиям физической реализуемости можно создавать лишь устройства, порядок числителя которых меньше(или равно) порядка знаменателя, т.е. можно реализовать устройства с операторами

$\sum_{k=0}^{n} a_k p^k \Big/ D(p)$ и $\sum_{k=0}^{m} b_k p^k \Big/ D(p)$,

где $D(p)$ - многочлен степени больше или равно n; $m \le n$.

Тогда структурная схема вычисления обобщенной ошибки $\tilde{\Delta}(t)$ и оценки критерия $\tilde{I}$ будет иметь вид, представленной на рисунке 10.3.

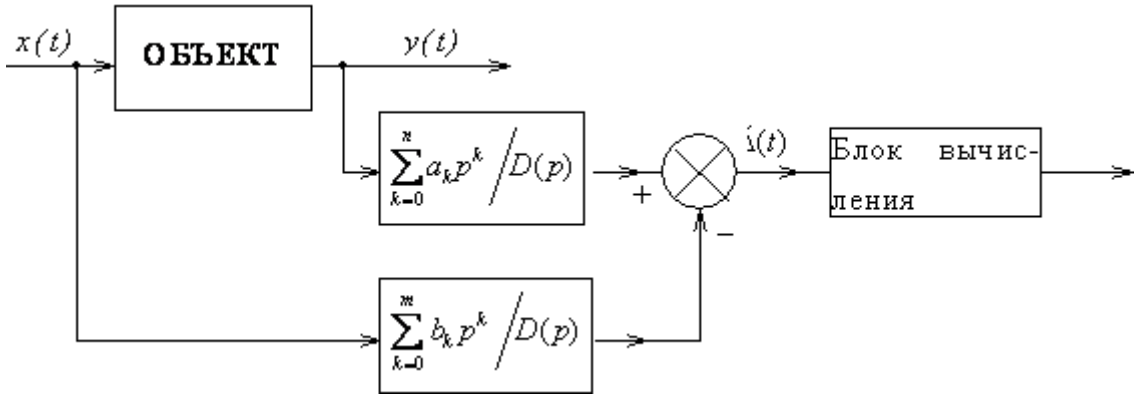


Рисунок 10.3 - Структурная схема вычисления обобщенной ошибки

$$\tilde{\Delta}(t) = (\sum_{k=0}^{n} a_k p^k \Big/ D(p))y(t) - (\sum_{k=0}^{m} b_k p^k \Big/ D(p))x(t); \qquad (10.12)$$

$$\tilde{I} = M[\int_0^T \tilde{\Delta}^2(t)dt]. \qquad (10.13)$$

Структурной схеме, изображенной на рисунке 10.3, эквивалентна схема, приведенная на на рисунке 10.4.

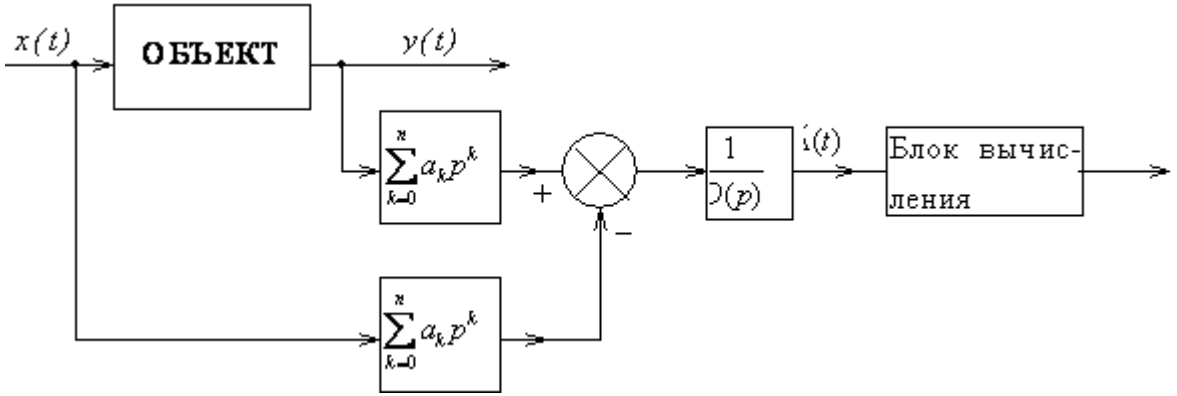


Рисунок 10.4 – Эквивалентная структурная схема вычисления обобщенной ошибки

Таким образом, обобщенная ошибка $\tilde{\Delta}(t)$, измеряемая с помощью физически реализуемых устройств, отличается от обобщенной ошибки $\Delta(t)$ тем, что $\tilde{\Delta}(t)$ является результатом преобразования $\Delta(t)$ фильтром с передаточной функцией $1/D(p)$. В силу конечности полосы пропускания этого фильтра происходят искажения сигнала обобщенной ошибки. Эти искажения будут тем меньше, чем больше полоса пропускания фильтра.

Если величина ошибок модели и оценок критериев приближения удовлетворяют требованиям к качеству модели, то модель считается адекватной объекту и может быть использована для решения задач моделирования, оптимизации и управления. В противном случае модель необходимо усовершенствовать путем изменения структуры и введения в нее неучтенных ранее факторов.

Структурная и параметрическая идентификация. Моделирование (в широком смысле) является основным методом исследований во всех областях знаний и научно обоснованным методом оценок характеристик сложных систем, используемым для принятия решений в различных сферах инженерной деятельности. Существующие и проектируемые системы можно эффективно исследовать с помощью математических моделей (аналитических и имитационных), реализуемых на современных ЭВМ, которые в этом случае выступают в качестве инструмента экспериментатора с моделью системы.

Одна из проблем современной науки и техники — разработка и внедрение в практику проектирования новейших методов исследования характеристик сложных информационно-управляющих и информационно-вычислительных систем различных уровней (например, автоматизированных систем научных исследований и комплексных испытаний, систем автоматизации проектирования, АСУ технологическими процессами, а также интегрированных АСУ, вычислительных систем, комплексов и сетей, информационных систем, цифровых сетей интегрального обслуживания и т. д.). При проектировании сложных систем и их подсистем возникают многочисленные задачи, требующие оценки количественных и качественных закономерностей процессов функционирования такихсистем, проведения структурного алгоритмического и параметрического их синтеза.

Характеризуя проблему моделирования в целом, необходимо учитывать, что от постановки задачи моделирования до интерпретации полученных результатов существует большая группа сложных научно-технических проблем, к основным из которых можно отнести следующие: идентификацию реальных объектов, выбор вида моделей, построение моделей и их машинную реализацию, взаимодействие исследователя с моделью в ходе машинного эксперимента, проверку правильности полученных в ходе моделирования результатов, выявление основных закономерностей, исследованных в процессе моделирования. В зависимости от объекта моделирования и вида используемой модели эти проблемы могут иметь разную значимость.

В одних случаях наиболее сложной оказывается идентификация, в других — проблема построения формальной структуры объекта. Возможны трудности и при реализации модели, особенно в случае имитационного моделирования больших систем. При этом следует подчеркнуть роль исследователя в процессе моделирования. Постановка задачи, построение содержательной модели реального объекта во многом представляют собой творческий процесс и базируются на эвристике. И в этом смысле нет формальных путей выбора оптимального вида модели. Часто отсутствуют формальные методы, позволяющие достаточно точно описать реальный процесс. Поэтому выбор той или иной аналогии, выбор того или иного математического аппарата моделирования полностью основывается на имеющемся опыте исследователя и ошибка исследователя может привести к ошибочным результатам моделирования.

Идентификацией называется нахождение оптимальной в некотором смысле модели Am (или оценки F оператора) объекта являющейся функцией входных (U) и выходных (Y или X) параметров системы, построенной по результатам наблюдений над входными и выходными переменными объекта.

Полученная модель, (в случае ее адекватности исследуемому объекту) в основном, предназначена для замены реального объекта в задачах управления, прогноза, конструирования, поиска оптимальных режимов и условий, имитации явлений и устройств и т.п.

Задачей идентификации называется **обратная** задача системного синтеза.

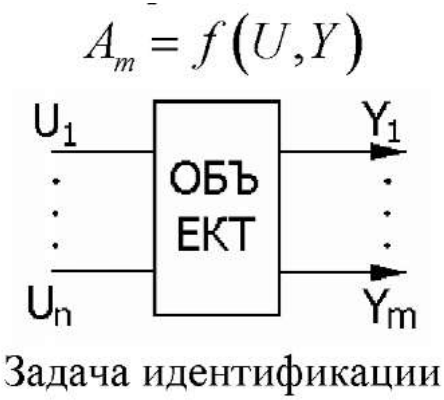


Рисунок 10.2 – Задача идентификации

Среди задач идентификации выделяют два типа (проблемы):

1. **структурная** идентификация (в широком смысле слова);
2. **параметрическая** идентификация (идентификация в узком смысле слова).

Структурная идентификация подразумевает построение модели типа «черный ящик», т.е. информация об объекте отсутствует полностью или частично. Главная задача структурной идентификации - определение структуры модели (см. рисунок 10.5).

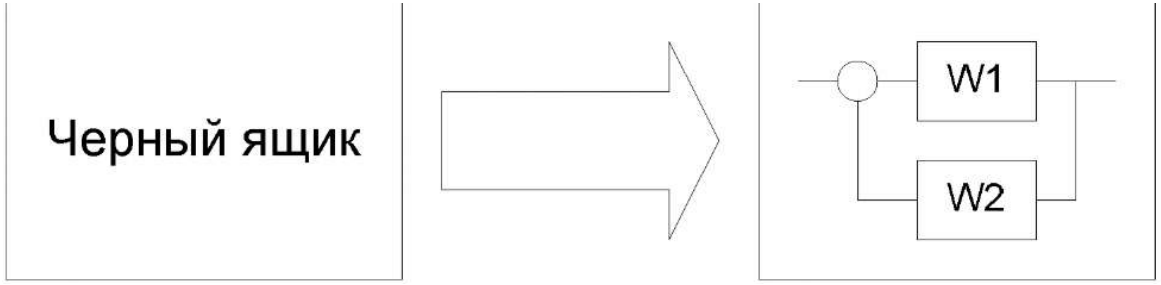
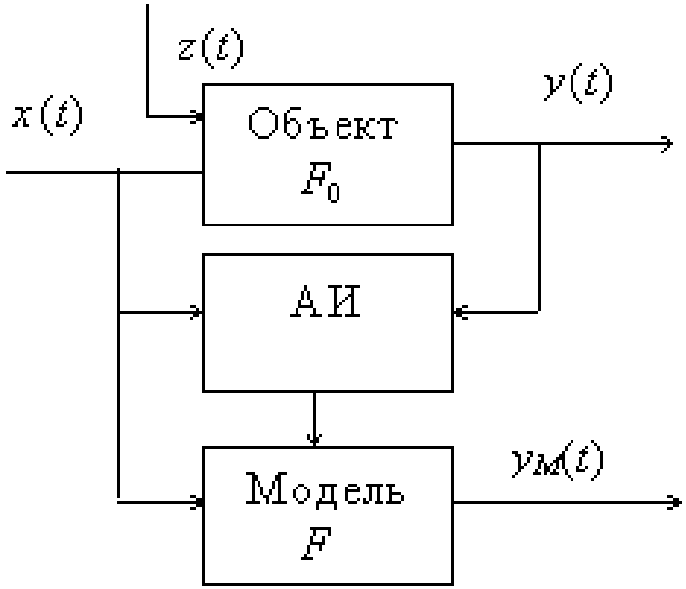


Рисунок 10.5- Структурная идентификация

Первая проблема - **структурная идентификация** является, по существу, основной проблемой всего процесса моделирования состоящего из следующих четырех основных этапов:

- постановка задачи
- выбор структуры модели и математическое описание ее блоков;
- исследование модели;
- экспериментальная проверка модели.

Структура модели ещё не сама модель, и для определения ее параметров необходимо располагать измерениями. Задачу определения параметров модели по наблюдениям работы объекта при заданной структуре модели называют идентификацией в узком смысле или параметрической идентификацией. Например, известна система уравнений, описывающая некоторый объект. Необходимо определить только коэффициенты уравнений. Процедура структурной идентификации показана на рисунке 10.6



АИ – алгоритм идентификации

Рисунок 10.6 – Процедура идентификации

Вторая проблема (**параметрическая** идентификация) при заданной структуре модели поддается формализации и смыкается с четвертым этапом моделировании.

Таким образом, по отношению к многоэтапному процессу моделирования в целом идентификация выступает как инструмент проверки гипотез о соответствии структуры или параметров объекта и модели на основе экспериментальных данных о его функционировании. Характер и степень несоответствия используются при этом для принятия содержательных или формализованных решений по корректировке модели (см. рисунки 10.7 и 10.8)

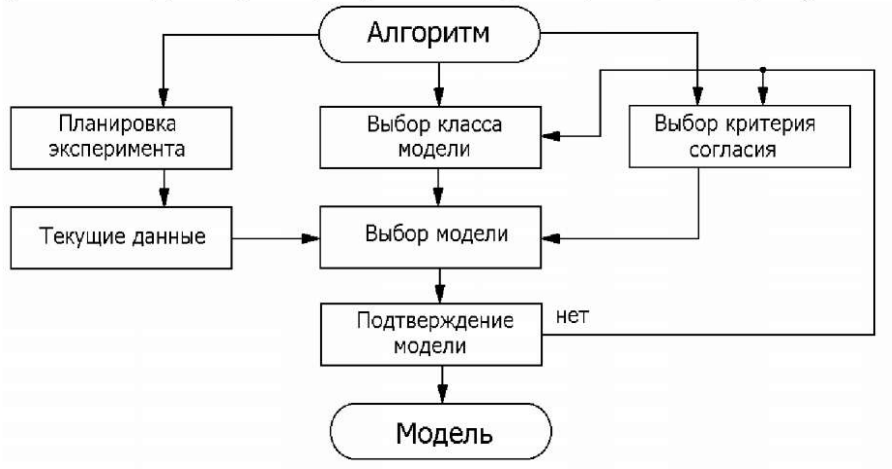


Рисунок 10.7 - Общая схема идентификации модели

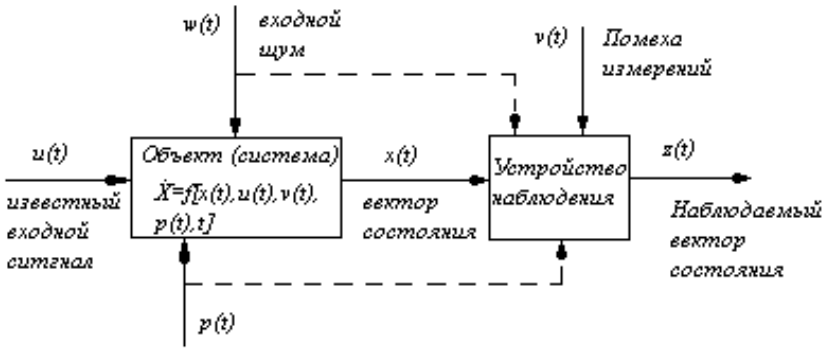


Рисунок 10.8 - Структурная схема идентификации модели

На этом рисунке - текущие данные могут быть получены в результате пассивного или активного эксперимента. Пассивный эксперимент, когда исследователь не влияет на процедуру регистрации (изменения) данных. Активный эксперимент, когда исследователь формирует программу эксперимента.

Методы планирования эксперимента позволяют эффективно организовать эксперимент. Выбор класса модели и модели – достаточно сложная процедура при решении которых обычно приходится делать компромиссный выбор между сложностью модели и её точностью. Выбор критерия согласия - это выбор критерия точности математического описания. Часто используют для этого метод наименьших квадратов. Метод наименьших квадратов не требует никакой априорной информации. В отдельных практических задачах автоматического управления в качестве мер сравнения можно принимать различные характеристики (временные, частотные и т.д.) объекта и модели. Критерием идентификации в этом случае является рассогласование этих характеристик. Однако, если модель используется в самонастраивающейся САУ, настройка модели по динамическим характеристикам требует наличие измерителей динамических характеристик объекта и модели, что приводит к конструктивному усложнению САУ и уменьшению быстродействия контуров самонастройки.

Построение моделей опирается в основном на данные наблюдений. Существует два способа (а также комбинации) формирования математических моделей.

В первом способе исследуемая система расчленяется на такие подсистемы, свойства которых очевидны из ранее накопленного опыта. По существу, это означает, что мы опираемся на известные законы природы и другие надежные соотношения, основанные на ранее проведенных экспериментальных исследованиях. Формальное математическое объединение этих подсистем становится моделью всей системы. Такой подход называется моделированием или аналитическим методом построения моделей. В его рамках проведение натурного эксперимента не обязательно. Конкретный вид процедуры моделирования сильно зависит от прикладной задачи и часто определяется традиционными и специфическими средствами из рассматриваемой прикладной области. Основной прием сводится к структуризации процесса в виде блок-схемы, блоки которой состоят из более простых элементов. Процесс восстановления системы по этим простым блокам чаще всего выполняется с помощью ЭВМ и приводит не к математической, а к машинной модели системы.

В другом способе построения моделей непосредственно используются экспериментальные данные. В этом случае ведётся регистрация входных и выходных сигналов системы, и модель формируется в результате обработки соответствующих данных. Этот способ называется идентификацией.

Таким образом, задача идентификации формулируется следующим образом: по результатам наблюдений за входными и выходными переменными объекта построить оптимальную в некотором смысле его модель. При этом объект находится в нормальном режиме функционирования (т. е. в обстановке случайных возмущений и помех). Иными словами, если объект описывается некоторым неизвестным оператором F_0, то имея измеренные значения входа и выхода необходимо построить оценку F, оператора объекта, оптимальную в смысле некоторого критерия.

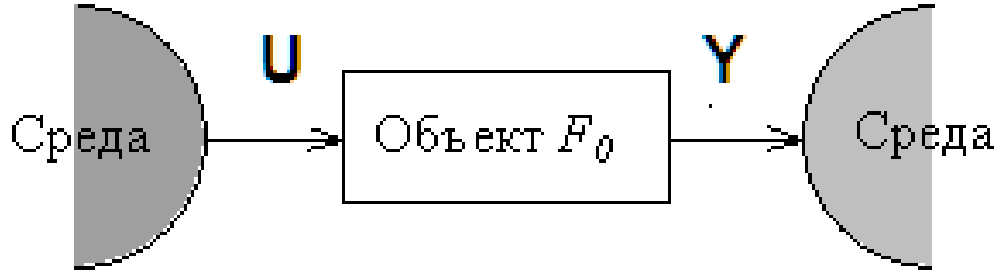


Рисунок 10.9 - Взаимодействие идентифицируемого объекта со средой

Рисунок 10.9 иллюстрирует взаимодействие идентифицируемого объекта со средой. Это взаимодействие происходит по каналам U и Y. По каналу U – вход среда воздействует на объект, а по каналу Y (выход) объект воздействует на среду. Задача идентификации сводится к определению оператора модели F, связывающего вход и выход объекта Y = F(U).

Так как часто отсутствует модель среды, воздействующей на объект, то его вход естественно рассматривать как случайную функцию времени, статистические свойства которой в общем случае неизвестны. Однако известны наблюдения входа и выхода объекта, т.е. реализации функций U и Y. На объект может воздействовать ненаблюдаемые факторы V(t), которые рассматриваются как случайные помехи.

Таким образом, идентификация — это синтез оптимального в смысле некоторого критерия согласия (точности) модельного оператора F исследуемого объекта с использованием результатов наблюдений за его входными и выходными переменными.

Классификация методов идентификации.. В соответствии с современной теорией можно предложить следующую классификацию идентификации:

1) по конечному результату идентификации (структурная и параметрическая);

2) по способу изучения объекта идентификации (активная и пассивная)

3)по типу идентифицируемой модели (линейная и нелинейная; детерминированная и стохастическая; с непрерывным и дискретным временем; стационарная и нестационарная; одномерная и многомерная; статическая и динамическая; с сосредоточенными и распределёнными параметрами).

Активная и пассивная идентификация. Успех идентификации объекта существенно зависит от соотношения двух факторов: объема априорной информации о структуре объекта и объема измерительной информации. Априорные сведения помогают определить структуру модели, т.е. ее вид (число входов и выходов, характер связи между ними). При **активном** способе идентификации реализация входа формируется самим исследователем путем подачи на вход объекта испытательного сигнала желаемой формы (скачкообразного сигнала, импульсного сигнала, сигнала в виде гармонических, прямоугольных, трапецеидальных, треугольных колебаний и др.). Реализацией выхода объекта является его реакция на испытательный сигнал. При этом в современной теории идентификации широко применяются методы оптимального планирования эксперимента. При **пассивном** способе идентификации в качестве реализаций входа и выхода объекта принимают естественные их изменения в процессе нормального функционирования объекта.

На рисунке 10.10 показана связь между априорной информацией (о структуре) и апостериорной информацией об измерениях) при построении модели. Верхняя часть рисунка иллюстрирует процесс построения модели как конкретный пример использования физических законов с последующей линеаризацией и преобразованием к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Получаю щиеся уравнения определяют структуру модели. На каж- дом шаге возникают ошибки. В нижней части рисунка иллюстрируется процедура оценивания, основанная на **измерениях и** включающая обработку данных **и** алгоритмы **оценивания.** Здесь также следует учесть различные виды ошибок.

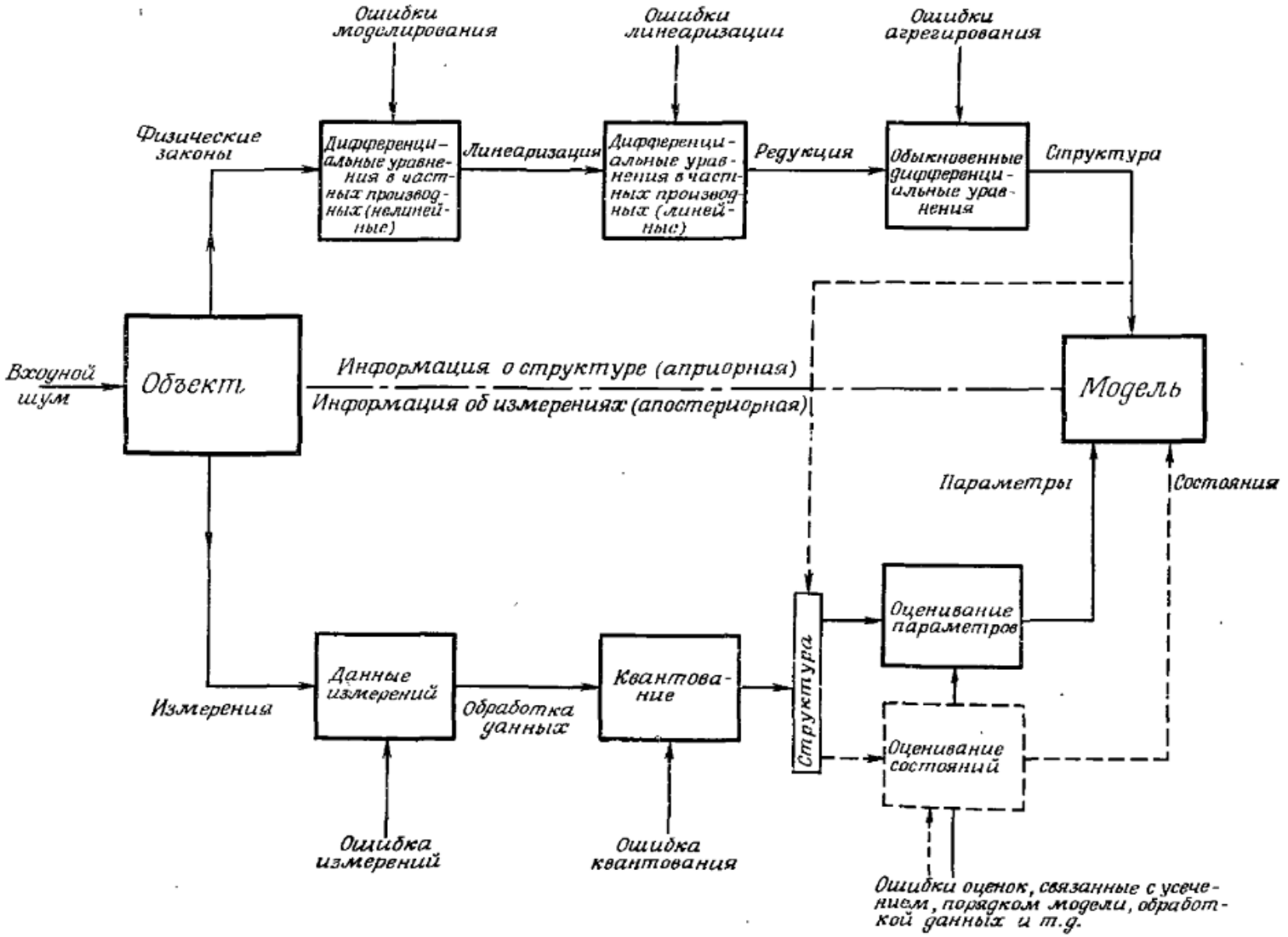


Рисунок 10.10 - Связь между априорной информацией (о структуре) и апостериорной информацией об измерениях)

Основная литература

1. Гроп Д. Методы идентификации систем. - М.: Мир, 1979
2. Эйкхофф П. Основа идентификации систем управления. - М.: Мир, 1975.

Дополнительная литература

3. Бокс Дж, Дженкинс. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Выпуск 2. –М.: Мир, 1974, 193с
4. Толчеев В.О., Ягодкина Т.В. Методы идентификации линейных одномерных динамических систем. -М.: Изд-во МЭИ, 1997