

1. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРОЦЕДУРЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Задача идентификации состоит в построении оптимальной в силу некоторого критерия модели (формализованного описания) по результатам наблюдений над входными и выходными переменными системы [9]. На практике реализация процедуры идентификации (рис. 2.1) требует решения целого ряда вспомогательных задач, основными из которых являются:

- планирование / проведение эксперимента и предварительная обработка экспериментальных данных;
- выбор модельной структуры;
- оценка (оптимизация параметров) модели;
- принятие решения об адекватности модели.

Прокомментируем каждый из этих этапов.

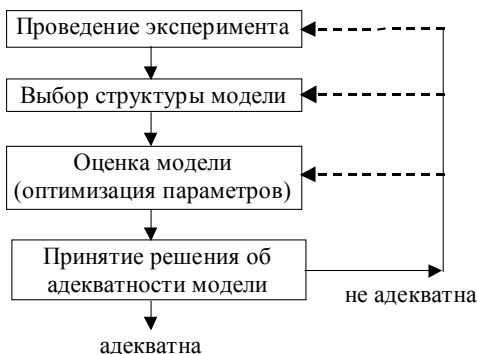


Рис. 2.1. Обобщенная схема реализации процедуры идентификации

Планирование / проведение эксперимента. Основной задачей на данном этапе идентификации является сбор необходимого ко-

личества данных во всем рабочем диапазоне системы: $Z^N = \{[u(t), y(t)], t = \overline{1, N}\}$ (рис. 2.2). Полнота и достоверность данных во многом определяют качество идентификации. Значения входных и выходных сигналов могут регистрироваться в процессе проведения целенаправленных идентификационных экспериментов, когда пользователь может определить перечень и моменты измерения сигналов, причем некоторые из входных сигналов могут быть управляемыми. Задача планирования экспериментов, таким образом, состоит в том, чтобы, учитывая возможные ограничения, выбрать максимально информативные данные о сигналах системы. В ряде случаев пользователь может быть лишен возможности влиять на ход эксперимента и должен опираться на данные наблюдений в режиме нормальной эксплуатации. Основными моментами на этапе планирования / проведения эксперимента являются рациональный выбор частоты дискретизации; синтез входного (тестового) сигнала; фильтрация, удаление из экспериментальных данных нежелательных эффектов (трендов, случайных (необоснованных) «выплесков» сигнала); тестирование на нелинейность.

Выбор структуры модели. Множество моделей-кандидатов устанавливается посредством фиксации той группы моделей, которые подходят для описания исследуемой системы (например, ARX или ARMAX модели). Затем общая форма представления модельной структуры должна быть конкретизирована на основе сведений об общей динамике системы (например, ARX(2, 2, 1), где описание (2, 2, 1) определяет временную задержку на один период дискретизации и зависимость текущего выходного сигнала системы от двух предыдущих

входов и двух предыдущих выходов). То есть необходимо определить вектор входов (регрессор) для выбранного семейства моделей-кандидатов. В случае использования нейросетевых моделей значительную роль играет не только выбор регрессора, но и задание внутренней структуры НС – число скрытых слоев и количество нейронов в каждом скрытом слое.

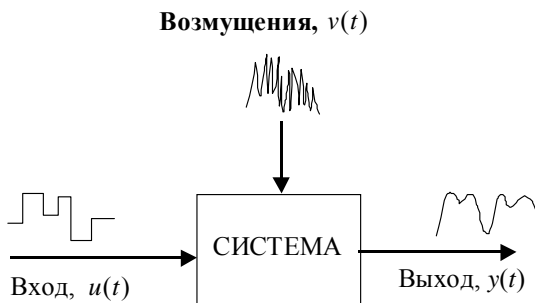


Рис. 2.2. Схема получения множества экспериментальных данных $Z^N = \{[u(t), y(t)], t = \overline{1, N}\}$ на этапе проведения эксперимента

Выбор модельной структуры является наиболее важным и, в то же время, наиболее трудоемким этапом процедуры идентификации. На этом этапе знание формальных свойств моделей необходимо соединить с априорным знанием об объекте, инженерным искусством и интуицией.

Оценка модели. После принятия решения об использовании некоторой модельной структуры необходимо выбрать определенную модель, наилучшим образом удовлетворяющую некоторому критерию. Традиционной стратегией оценки модели являются результаты оценки одношагового прогнозирования в силу критерия среднеквадратичной ошибки [9, 5, 19]. Термин оценка (параметризация) модели

пришел из теории статистической обработки данных; для нейросетевых моделей используется термин «обучение».

Принятие решения об адекватности модели. Построенная модель должна быть адекватна реальной системе и условиям, в которых ее предполагается использовать. Этап установления адекватности (подтверждения) модели требует непосредственного участия инженера-разработчика. Если полученная модель не удовлетворяет какому-либо критерию, то повторяются предыдущие этапы процедуры идентификации, вплоть до проведения новой серии экспериментов.

Таким образом, алгоритм реализации процедуры идентификации порождает следующую естественную логику действия: собрать данные; выбрать множество моделей; выбрать наилучшую в этом множестве модель; принять решение о возможности (невозможности) использования модели.

Результатом осуществления первых трех этапов процедуры идентификации является конкретная модель – одна из множества, определенного выбором модельной структуры, причем такая, которая в соответствии с выбранным критерием наилучшим образом воспроизводит данные наблюдений.

Вполне вероятно, что первая из найденных моделей не выдержит проверки на этапе подтверждения. В этом случае повторяется один (или несколько) из предыдущих этапов процедуры идентификации.

Существует несколько причин несовершенства моделей, обуславливающих повторение того или иного этапа процедуры идентификации:

- численный метод не позволяет найти наилучшую по выбранному критерию модель: рекомендуется возврат к этапу оценки модели (возможно, в результате градиентной процедуры оценки достигнут локальный минимум);
- критерий оценки выбран неудачно: рекомендуется выбор иного (возможно, регуляризованного) критерия оптимизации с последующим возвратом на этап оценки модели;
- множество моделей оказались неполноценными в том смысле, что в этом множестве вообще нет «достаточно хорошего» описания системы: рекомендуется переход на стадию выбора модельной структуры (возможно, усложнение модели). В случае использования нейросетевых модельных структур проблема может быть решена путем выбора заведомо достаточно «большой» модельной структуры, которая впоследствии подвергается структурной оптимизации;
- множество данных наблюдений не было достаточно информативным для того, чтобы обеспечить выбор хороших моделей: рекомендуется переход на этап планирования / проведения эксперимента. Возможно, некоторые режимы из рабочего диапазона системы не были отражены в полученных экспериментальных данных.

По существу, главным в приложениях идентификации является итеративное решение всех этих вопросов, особенно третьего, на основе априорной информации и результатов предыдущих попыток [9].