

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Михайлов Василий Александрович

*Рыбинский государственный авиационный технический
университет имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск
Zepewb5@gmail.com*

HIGH-SPEED IDENTIFICATION ALGORITHMS FOR INDUSTRIAL OBJECTS

V. Mikhailov

Summary: Modeling industrial facilities is an important task that many engineers solve. Theoretical knowledge and practical simulation results do not always correspond to each other, since it is impossible to recreate all conditions.

The time allowed for a specific task may vary. This factor influences the algorithm chosen to solve a specific problem. The more complex an industrial facility is, the more time it takes to model it.

Keywords: model, industrial object, mathematical model, black box, research, diagnostics, identification..

Аннотация: Моделирование промышленных объектов – важная задача, которую решают многие инженеры. Теоретические знания и практические результаты моделирования не всегда соответствуют друг другу, так как невозможно воссоздать все условия.

Время, предоставленное на решение конкретной задачи, может варьироваться. Этот фактор влияет на алгоритм, выбираемый для решения конкретной задачи. Чем сложнее промышленный объект, тем больше времени необходимо для его моделирования.

Ключевые слова: модель, промышленный объект, математическая модель, «черный ящик», исследование, диагностика, идентификация.

Данное направление весьма актуально, так как процесс моделирования и работы промышленного объекта является требовательным в области многозначительных задач по направлению автоматизации.

Идентификация промышленного объекта – задача, возникающая в сложных системах управления. Построение алгоритма решения такой задачи на первом этапе связано с изучением научных публикаций [5, с. 202-205].

Практическое применение теоретических навыков не позволяют использовать обобщенный подход, требую индивидуального решения и собственного развития. Причинно-следственные связи обусловлены следующими факторами [7, с. 129-134]:

- теоретический подход ограничен выбором исходных данных и минимальной практической реализацией;
- классические способы решения инженерных задач посредством математического моделирования не соответствуют современным тенденциям в области работоспособности производственных объектов и жестким срокам по внедрению эффективных мероприятий.

Симбиоз теории и практики позволит получить желаемый результат. Методы и алгоритмы идентификации систем управления промышленным объектом должны сопровождаться модернизацией существующих принципов [1, с. 49-53].

Изучение инженерных разработок подтверждает

самостоятельность данного направления при решении комплексных задач. Для улучшения функционирования системы управления каждая задача должна решаться как составная часть одной общей цели. Управленческая задача решается совокупно с направлениями измерений, оценки и прогнозного регулирования.

Эффективность изучения алгоритмов быстрого действия оценивает доступность, научную новизну и практическую значимость. Решением такой задачи является создание комплексных проектов на промышленных объектах.

Существуют различные классификации алгоритмов идентификации промышленных объектов [12, с. 25-27].

1. Объем исходных данных:

- непараметрическая идентификация (иерархическая структура неконкретизирована);
- параметрическая идентификация (четкая иерархическая структура).

2. Тип экспериментального исследования:

- активное исследование (вариативность входных воздействий);
- пассивное исследование (изучение входных и выходных величин).

3. Тип критерия сходимости с реально функционирующим объектом (использование среднеквадратичной величины).

4. Быстродействие создания математической модели:

- создание модели после проведения опытной эксплуатации;
 - адаптивное изменение математической модели.
5. Вид объекта и создаваемой модели:
- линейно изменяющиеся/нелинейно изменяющиеся;
 - стационарные и передвижные/переносные;
 - одногранные и многогранные;
 - с равномерно распределенными и сгруппированными параметрами;
 - находящие в покое и движении;
 - постоянные и переменные;
 - определенные и неопределенные.
6. Тип математического моделирования.
7. Программно-аппаратное моделирование.

Каждый технологический процесс наделен определенным набором параметров. Простым примером является теплообменник, который используется на многих промышленных объектах. Главная функция - изменение температуры субъекта (нагревание или охлаждение). При этом исходные данные – начальные температуры теплоносителей, итоговый результат – конечные температуры теплоносителей. Продолжительность процесса зависит от площади взаимодействующих субъектов.

Другой пример – химический реактор постоянного функционирования. Исходные данные – два независимых вещества, результат – синтезируемый компонент. Входные параметры – молярная масса двух независимых веществ, выходной параметр – массовая доля исходных веществ в полученном элементе. Время реакции зависит от активного взаимодействия компонентов.

Пример использования математической модели. Статические и динамические элементы электродвигателя гидроэлектростанции – статор и ротор. Начальной величиной является скорость вращения турбины, конечным результатом – объем выработанной электроэнергии. Максимальная выработка электроэнергии происходит при вращающем моменте, составляющем 60-70% от максимального значения.

Следующий промышленный объект – самолет или ракета. Входной элемент – объем топлива, выходная информация – скорость. Данная зависимость нелинейная, для описания составляется дифференциальное уравнение. Равномерное увеличение скорости позволяет экономично расходовать топливо.

В области гидроэнергетики известен пример по регулированию уровня воды в водохранилище. При этом ограничительные факторы – минимальная и максимальная отметка, входная величина – объем поступившей воды, выходная величина – объем сброшенной воды. Разница между поступившей и отданной водой практи-

чески всегда больше нуля.

Известные информационно-вычислительные комплексы позволяют смоделировать любой промышленный объект, достаточно похожий на реально существующий образец, но отсутствие фактического воспроизведения математической модели снижают важность решения задачи до нуля [2, с. 125-159].

Все процессы, происходящие в промышленном обусловлены его структурой и параметрическими характеристиками. Переходные процессы при внутренних изменениях объекта содержат наибольшую информацию. Они – логические решения дифференциальных неравенств, связывающие объект с внешними возмущениями.

Выбор формы представления информации о промышленном объекте зависит от поставленной задачи и конечной цели исследования.

Характеристики промышленных объектов, участвующих в динамических процессах подразделяют на параметры – постоянные функции и характеристики – переменные функции. Все функции объекта будут выражены численно или не будут иметь никаких цифровых отображений с учетом развития научно-технического прогресса.

Первый этап создания имитационной модели связан с оценкой общей структуры объекта. Далее выделяют числовые выражения заданных параметров. Следующий этап подразумевает под собой определение цифровых выражений не измеряемых величин при помощи лабораторного опыта.

Техническая диагностика – решение задачи по определению параметров технической системы.

Главная цель решения задачи – подбор таких числовых значений, которые сделают результаты эксперимента максимально приближенными к реальности/

Дифференцирование – процесс, позволяющий восстановить известные взаимосвязи между функциями промышленного объекта. Процесс дифференцирования бесконечен, но чем больше раз его применять, тем шире диапазон конечных значений, способствуя появлению грубой ошибки в измерениях. Для снижения влияния грубой ошибки используют ряд методов:

- сглаженная функция дифференцируется;
- продифференцированная функция сглаживается;
- при дифференцировании учитывается неравномерность функции;
- дифференцирование функции в процессе сглаживания.

Впервые математический метод решения некорректных задач предложил А.Н.Тихонов. Суть метода заключается в повторяющемся процессе дифференцирования, снижающем грубые ошибки. Метод регуляризации используется в системе технической диагностики при наличии физической связи коэффициентов заданной функции с реальным объектом. Большая часть промежуточных функций постоянна, поэтому ключевая роль отводится изучению динамики промышленного объекта [13, с. 200-202].

Другой метод сглаживания грубых ошибок предложил Г.И. Марчук. Смысл метода заключается в прогнозировании поведения объекта в характерной точке при появлении случайной погрешности [8, с. 253-260].

Вышеприведенные методы представляют собой достаточно грубое приближение к реальному объекту [3, с. 245-280].

Идентификацию промышленного объекта в конкретных условиях позволяет осуществить прикладной метод, использующий передаточные коэффициенты первичного исследования. Повторная аппроксимация промышленного объекта должна повысить точность, не нарушая исходных условий. Примером вторичной аппроксимации является электромеханическая система с корректирующей обратной связью.

Метод первичной и вторичной идентификации применим при повышении уровня точности передаточных коэффициентов заданной функции промышленного объекта. Этот метод позволяет высокоточно оценить разработанные алгоритмы технической диагностики [9, с. 100-110].

Опытные исследования и научные разработки показывают высокую эффективность процессов диагностирования в совокупности с развитием аппаратно-промышленных комплексов производственно-технического надзора промышленных объектов в условиях опытной и промышленной эксплуатации.

Алгоритмы идентификации применяются в тех случаях, когда реальный объект не может быть изучен из-за сложности или отсутствия информации посредством эмпирических выкладок. В результате использования алгоритма выстраивается модель промышленного объекта. Цель идентификации – при наличии известных входных и выходных величин, а также внешних возмущений представить внутреннюю структуру объекта, который представляет собой «черный ящик» [10, с. 128-131].

Быстродействие алгоритма зависит от выбранной стратегии. При варианте с активными исследованиями на вход объекта подаются специально сформированные сигналы, которые просчитаны заранее и содержат диа-

пазон конечных результатов. Преимуществом такого подхода является минимальное количество экспериментальной информации и невысокая трудоемкость, при этом стоимость значительна – промышленный объект выводится из состояния равновесия, что сопровождается производственно-финансовыми потерями.

Противоположный подход – пассивные исследования. Промышленный объект не испытывает на себе внешних воздействий, пребывает в стандартном состоянии, сбор и обработка данных по входным и выходным сигналам повторяется через установленные интервалы. Конечная информация об объекте не отличается от активных исследований. Затраты времени на несколько порядков больше, решение алгоритма занимает больше времени и трудовых усилий [6, с. 34-37].

В практике применяют комбинированный подход. Активные исследования проводятся по входным сигналам, соответствующим уровню безопасности и технико-экономическим обоснованиям. Оставшаяся часть входных сигналов проверяется пассивными исследованиями. Такая организация исследований снижает финансовые затраты по сравнению с активными опытами и временные рамки по отношению к пассивному эксперименту. На рисунке 1 представлена схема идентификации объекта.

Вариант «черного ящика» является пограничным теоретическим вариантом при неизвестной структуре промышленного объекта. Каждый экспериментатор обладает определенным объемом достоверных данных об исследуемом объекте, например закон сохранения энергии (преобразование энергии из кинетической в потенциальную и обратно) и теоретической информацией (скорость течения воды в реке, на которой установлена гидроэлектростанция). Объем данных напрямую связан с задачами моделирования и объектом изучения. В итоге «черный ящик» превращается в «серый или полупрозрачный ящик», различают три степени прозрачности как три степени классификации промышленного объекта [11, с. 155-163].

Первый уровень характерен для достаточно сложных и мало изученных объектах систематического проявления (экологические катастрофы), проверенной информации о внутренних параметрах и иерархической структуре незначительно или нет вообще. Перед исследователями появляется задача по определению характерных особенностей входной и выходной информации и составлению внутренней иерархии объекта. В таком контексте задача невыполнима даже в теории.

Сложности могут возникнуть при анализе результатов причинно-следственных связей входных и выходных сигналов в непараметрической форме представления

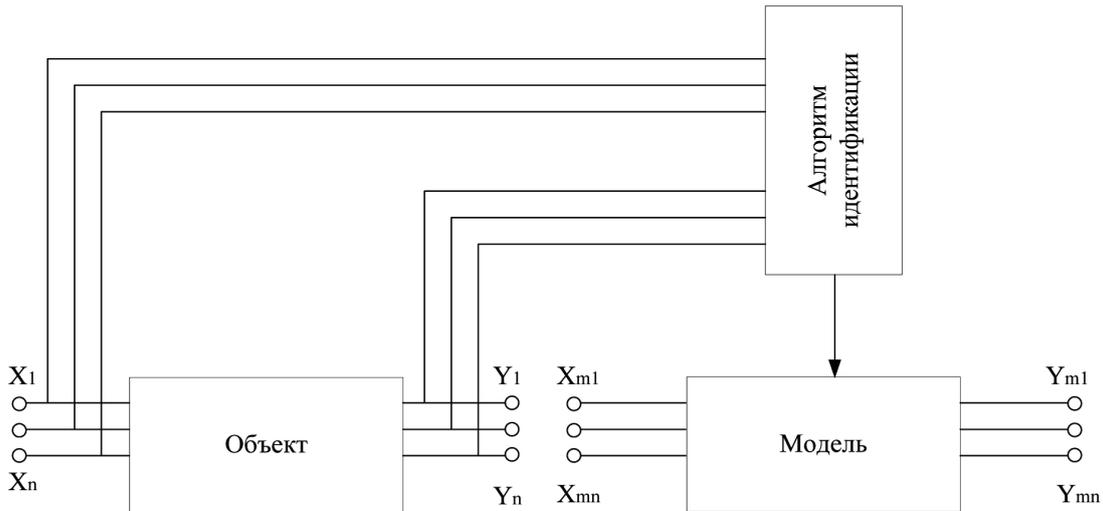


Рис. 1. Схема идентификации объекта

(таблицы, графики). Построение модели непосредственно связано с параметрической формой представления информации, в итоге получаются противоречия. Однако, доказательства зависимости между функцией и структурой отсутствуют, так как любую непараметрическую форму представления данных возможно заменить эквивалентной параметрической формой со схожими свойствами.

Выбор параметрической формы зависит только от информации в теоретическом виде. Если она отсутствует, то достаточно построить функциональный образ с приближенными признаками, не передающими свойства реального промышленного объекта [4, с. 303-311].

Изучение сложных объектов ограничивается вероятностью их сравнения с известными математическими моделями. Иногда такое положение дел является существенным преимуществом. Например, при решении задач автоматизированных систем управления, которым важны функциональные особенности, способ переключиться от реальной иерархии к смоделированной разбивает задачу на элементарные алгоритмы в одно-два действия, не позволяющие достоверно оценить реальные процессы, происходящие на объекте, но организующие верную информационно-вычислительную работу на промышленных компьютерах.

Интересный факт – вышеуказанные модели применяются при возможности аналитического моделирования, только оно является сложным и непригодным для аналитической работы. Накопленные знания показывают, что создание миниатюрных моделей никак не связано с функциями и параметрами реальных объектов. Такие модели гораздо точнее передают свойства оригинального объекта [15, с. 146-151].

Второй класс основан на сравнительном анализе теоретических зависимостей и практических данных моделируемого объекта. Проблема состоит в неопределенности влияния конкретного элемента на параметры математической модели. Процентное соотношение иногда невозможно определить даже опытным путем. Главная задача данного класса – упорядочивание иерархии и анализ характеристик в практическом выражении. Применение таких моделей характерно для задач средней степени сложности – технологические операции. Второй класс подразумевает наличие эмпирических зависимостей, не имеющих полного практического подтверждения. Полное описание математической модели невозможно только на теоретических выкладках.

Третий класс используют для анализа простым и достаточно полно изученных объектах, которые имеют подтвержденную структуру. Данный класс позволяет исследовать характеристики всех входящих параметров опытным путем.

Яркий пример третьего класса – нахождение корней характеристических уравнений четырехполюсника:

$$U_1 = A \cdot U_2 + B \cdot I_2 \tag{1}$$

$$I_1 = C \cdot U_2 + D \cdot I_2 \tag{2}$$

где U_2 - известное значение напряжения четырехполюсника, В;

I_2 - известное значение силы тока четырехполюсника, А;

A, B, C, D - параметры четырехполюсника.

Четырехполюсник является моделью объектов электроснабжения: ЛЭП, трансформатор, тяговая подстан-

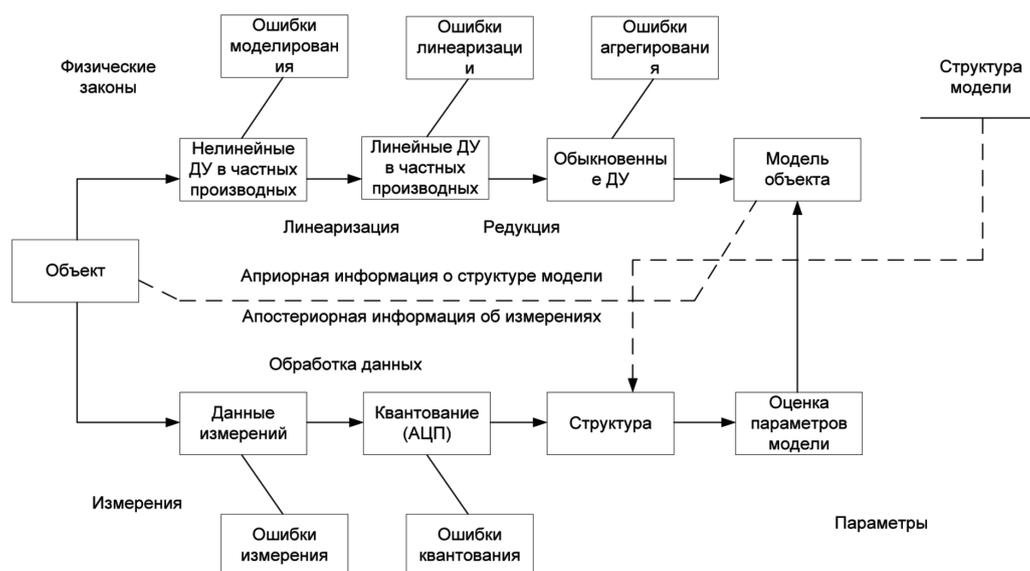


Рис. 2. Структурная схема идентификации объекта

ция.

Изучение реальных, особенно простых и поддающихся изучению, объектов сопровождается созданием модели. Общая структурная схема идентификации объекта представлена на рисунке 2.

Создание математической модели реального объекта основывается на параметрических измерениях изменяющихся величин. Данный вывод основывается на двух факторах.

Первый фактор – обеспеченность средствами измерений и диагностики требуемой точности.

Второй фактор – производственно-финансовое обеспечение процессов исследования (использование современного оборудования, обучение специалистов) [14, с. 144-155]..

Итак, путь от построения математической модели до практического внедрения достаточно долгий и напряженный. Увеличение временного промежутка связано с несвоевременным финансированием исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев В.П. Идентификация промышленных объектов с учетом нестационарностей и обратных связей. Новокузнецк: Сибметинститут, 1984. 88 с.
2. Башарин А.В., Постников Ю.В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ. Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1990. 512 с.
3. Емельянов С.В. Бинарные системы автоматического управления. М.: МНИИПУ, 1984. 319с.
4. Карабутов Н.Н. Адаптивная идентификация систем: Информационный синтез. М.: КомКнига, 2006. 384 с.
5. Киселева Т.В., Бурков В.Н. Многовариантные активные системы. Новокузнецк: СибГИУ, 2000. 377 с.
6. Ли Р. Оптимальные оценки, определение характеристик и управление М.: Наука, 1966. 176 с.
7. Львова Е.И. Методы и алгоритмы идентификации в системах управления промышленными объектами. Новокузнецк, 2006. 386 с.
8. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1980. 534 с.
9. Мышляев Л.П., Кулаков С.М., Львова Е.И., Зимин В.В. Алгоритмы идентификации нестационарных объектов. Новокузнецк: СибГИУ, 2000. 130 с.
10. Мышляев Л.П. Прогнозирование в системах управления. Новокузнецк: СибГИУ, 2002. 348 с.
11. Пугачев В.С. Основы автоматического управления. М.: Наука, 1974. 650 с.
12. Рей У. Методы управления технологическими процессами. М.: Мир, 1983. 368 с.
13. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решений некорректных задач. М.: Высшая школа, 1974. 224 с.
14. Luenberger D.G. Introduction to dynamic systems. N.Y.: Wiley, 1979. 446 P.
15. Objects Identification in control systems / L.P. Myshlayev, E.I. Lvova, S.F. Kiselev, S.Y. Ivanov // 6-th World Congress on Integrated Resources Management R 02. Geneva, Switzerland: Copyright by EMPA, Switzerland and PEAK Ltd. 2002. № 58. P.146-151.

© Михайлов Василий Александрович (Zepewb5@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»