

АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ СТАТИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С АПРИОРНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

Гусев С.С.

*Российская Федерация, г. Москва,
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*

Аннотация. Рассматривается алгоритм идентификации статического объекта управления с априорными ограничениями. В статье исследуется работа специального алгоритма идентификации, учитывающего имеющуюся информацию о параметрах объекта управления. Алгоритм требует использования большого объема вычислительных ресурсов. Однако в наше время такие вычислительные мощности доступны большинству пользователей. Приводится пример алгоритма идентификации статического объекта управления с априорными ограничениями.

Ключевые слова: идентификация, ограничения, статический объект, оценки параметров.

1. Введение

Идентификация – это определение неизвестных параметров объектов по экспериментальным измерениям входа и выхода. Для стационарных объектов определение параметров может быть сделано один раз и навсегда [3], так как параметры не меняются. Необходимо только, чтобы число экспериментов, то есть число строк данных, число уравнений было больше числа неизвестных параметров – больше размерности объекта.

Невозможно представить себе современную науку без широкого применения математического моделирования. Сущность этой методологии состоит в замене исходного объекта математической моделью и дальнейшем изучении модели с помощью реализуемых на компьютерах вычислительно-логических алгоритмов [4]. Работа не с самим объектом, а с его моделью дает возможность относительно быстро и без существенных затрат исследовать его свойства и поведение в любых мыслимых ситуациях (преимущества теории). В то же время вычислительные (компьютерные, имитационные) эксперименты с моделями объектов позволяют, опираясь на мощь современных вычислительных методов и технических инструментов информатики, подробно и глубоко изучать объек-

ты в достаточной полноте, недоступной чисто теоретическим подходам (преимущества эксперимента).

Наличие моделей и механизмов управления привлекательно как с точки зрения управляющего органа [5] – так как позволяет предсказать поведение управляемых субъектов, так и с точки зрения управляемых субъектов – так как делает предсказуемым поведение управляющего органа. То есть снижение неопределенности за счет использования механизмов управления является одним из существенных свойств любой организации как социального института.

Качество идентификации объекта управления в большей степени определяет и качество управления сложным объектом. Большую роль при этом играет учет априорной информации о структуре и параметрах объекта [2].

В докладе исследуется работа специального алгоритма идентификации, учитывающего определенную информацию о параметрах. Приводится пример алгоритма идентификации статического объекта управления с априорными ограничениями.

2. Постановка задачи

Рассмотрим алгоритм идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта. Будем рассматривать объект вида

$$y = h^T x, \quad (1)$$

где y – скалярный выход объекта, x – вектор-строка входных переменных размерности n , h – вектор-строка неизвестных параметров объекта тоже размерности n . Дополнительно об объекте (1) известно, что параметры h , принадлежат априорно известной области H , т.е.

$$h \in H. \quad (2)$$

Задача состоит в том, чтобы по экспериментальным данным, заданным в виде матрицы

$$A = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_1 \\ 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ i & x_{i1} & x_{i2} & \dots & x_{in} & y_i \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_s \end{pmatrix}, \quad (3)$$

определить оценки параметров h с учетом условия (2). Критерием точности определения оценок параметров объекта является известная область принадлежности параметров h .

3. Алгоритм идентификации

Из матрицы исходных экспериментальных данных (3) выделим матрицу входов размеров $n \times s$

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} \end{pmatrix}$$

и матрицу выхода $1 \times s$

$$Y^T = \|y_1, y_2, \dots, y_s\|.$$

Алгоритм идентификации, подробно описанный в [1], состоит в следующем. Из матрицы исходных данных (3) выбираются блоки из произвольных n строк (по размерности объекта). Для каждого блока составляется своя система уравнений. Ниже приведена система уравнений, соответствующая первому из таких блоков

$$\begin{aligned} k_1 x_{11} + k_2 x_{12} + \dots + k_n x_{1n} &= y_1 \\ k_1 x_{21} + k_2 x_{22} + \dots + k_n x_{2n} &= y_2 \\ \dots & \dots \\ k_1 x_{n1} + k_2 x_{n2} + \dots + k_n x_{nn} &= y_n \end{aligned}$$

где k – оценки параметров объекта h , или в матричном виде

$$Xk^T = Y.$$

Произведя умножение левой и правой частей этого равенства слева на X^T , получим систему нормальных уравнений

$$X^T X k^T = X^T Y,$$

по которой с помощью МНК вычисляются оценки параметров объекта (1).

Из матрицы (3) можно получить C_s^n таких n -мерных блоков, для каждого из которых строится свой вектор оценок параметров объекта (1). Все эти оценки параметров собраны в матрицу B , содержащую C_s^n строк и $2n$ столбцов и имеющую вид

$$B = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{L1} & a_{L2} & \dots & a_{Ln} & k_{L1} & k_{L2} & \dots & k_{Ln} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где $L = C_s^n$.

В любой i -ой строке матрицы B в первых n позициях перечислены номера строк a_{ij} матрицы A , использованные для вычисления n оценок k_{ij} , вычисленных по этим строкам и расположенных в (4) в i -ой строке на последних n позициях. Априорное условие (2) учитывается путем вычеркивания из (4) всех строк, в которых оценки k не удовлетворяют условию

$$k_i \in H,$$

где

$$k_i = \|k_{i1} \quad k_{i2} \quad \dots \quad k_{in}\|, \quad (i = 1, 2, \dots, s).$$

В результате вычеркивания получается матрица

$$B_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & k_{11} & k_{12} & \dots & k_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & k_{21} & k_{22} & \dots & k_{2n} \\ \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{Nn} & k_{N1} & k_{N2} & \dots & k_{Nn} \end{pmatrix}, \quad k_i \in H,$$

где $N \leq L$.

Введем вектор частоты w , размерности s , имеющий вид

$$w^T = \|w(1) \quad w(2) \quad \dots \quad w(s)\|,$$

где $w(j)$ - частота использования номера j -ой строки матрицы A в матрице B_0 .

Введем новую матрицу F , отличающуюся от A тем, что в нее добавлен столбец, включающий вектор w

$$F = \begin{pmatrix} w(1) & 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_1 \\ w(2) & 2 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ w(s) & s & x_{s1} & x_{s2} & \dots & x_{sn} & y_s \end{pmatrix}. \quad (5)$$

Последний шаг алгоритма состоит в следующем. Строки матрицы F сортируются по первому столбцу так, чтобы значения $w(j)$ возрастали снизу вверх. Обозначим полученную таким образом матрицу через F_0 .

Оператор, реализующий описанный алгоритм, обозначим через Ψ . Этот оператор преобразует матрицу исходных данных A в матрицу данных, отсортированную по частоте использования строк, в матрице B_0 , учитывающей априорные условия $k_i \in H$. Это можно записать так

$$F_0 = \Psi\{A\} \quad k_i \in H.$$

Рассмотрим некоторые свойства оператора Ψ , позволяющие существенно увеличить точность идентификации, но для начала приведем сравнение приведенного алгоритма идентификации статического объекта с алгоритмом идентификации статического объекта работы [1].

В работе [1] алгоритм идентификации статического объекта состоит в следующем. Из матрицы исходных данных (3) выбираются блоки из произвольных n строк (по размерности объекта). Для каждого блока составляется своя система уравнений. Из матрицы (3) можно получить C_s^n таких n -мерных блоков, для каждого из которых строится свой вектор оценок параметров объекта (1). Все эти оценки параметров собраны в матрицу B , содержащую C_s^n строк и $2n$ столбцов.

Отличительной особенностью приведенного выше алгоритма от алгоритма, описанного в работе [1] является наличие дополнительного вектора частоты w , по которому сортируются строки, представляя новую матрицу F , которая отличается от матрицы A тем, что в нее добавлен столбец, включающий вектор частоты w . Строки матрицы F сортируются по первому столбцу так, чтобы значения $w(j)$ возрастали снизу вверх.

4. Заключение

В работе рассмотрен алгоритм идентификации статического объекта, учитывающий априорную информацию о его параметрах. Алгоритм преобразовывал блок исходных данных в множество блоков меньшей размерности. Для каждого из этих блоков вычислялись оценки параметров объекта и запоминались номера строк, использованных для вычисления этих оценок.

Список литературы

1. Чадеев В.М., Илюшин В.Б. Метод идентификации, учитывающий априорную информацию о параметрах объекта // Труды V Международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’06. Москва, 30 января – 2 февраля 2006 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2006. С. 1091-1105.
2. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства. М., “Энергия”, 1975. 376 с.
3. Чадеев В.М., Гусев С.С. Идентификация с ограничениями. Определение оценок параметров статического объекта // Труды VII Международной конференции “Идентификация систем и задачи управления” SICPRO’08. Москва, 28 - 31 января 2008 г. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2008. С. 261-269.
4. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 320 с.
5. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. М.: Московский психолого-социальный институт, 2005. 584 с.

THE IDENTIFICATION ALGORITHM OF THE STATIC CONTROL OBJECT WITH A PRIORI CONSTRAINTS

S.S. Gusev

V. A. Trapeznikov Institute of control sciences of RAS

Abstract: The algorithm of identification of a static control object with a priori constraints. This article examines the work of the special identification algorithm that takes into account available information about the parameters of the control object. The algorithm requires the use of a large amount of computational resources. However, in our time, such computational power is available to most users. Is an example of an identification algorithm of the static control object with a priori constraints.

Keywords: identification, restrictions, static object, evaluation parameters.