Ученый секретарь Перенкова Л.К.

УДК 681.5

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИНЕЙНОГО ДИСКРЕТНОГО ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Т.Т. Оморов, Р.Н. Курманалиева, Р.Ч. Осмонова

PARAMETRICAL IDENTIFICATION OF LINEAR DISCRETE OBJECT OF CONTROL

T.T. Omorov, R.N. Kurmanalieva, R.Ch. Osmonova

Аннотация: Рассматривается проблема параметрической идентификации линейного дискретного объекта управления. Экспериментальным методом в дискретные моменты времени для объекта получены данные «вход – выход». Структура модели объекта описана разностным линейным уравнением. Разработан алгоритм синтеза системы управления на основе использования нового критериального условия, выполнение которого гарантированным образом обеспечивает достижение цели идентификации. Предложенный алгоритм позволяет решать задачи идентификации моделей управляемых объектов, ориентированных на синтез регуляторов систем автоматического управления.

Ключевые слова: *модель объекта управления; идентификация объекта; критериальное условие; алгоритм параметрической идентификации*

Abstract. The problem of parametrical identification of linear discrete object of management is considered. The experimental method in discrete timepoints for object obtained data «an entrance – an exit». The structure of model of object is described by the differential linear equation. The control system synthesis algorithm on the basis of use of a new criteria condition which performance by the guaranteed image provides achievement of the purpose of identification is developed. The offered algorithm allows to solve problems of identification of models of the operated objects focused on synthesis of regulators of systems of automatic control.

Key words: *model of object of management; identification of object; criteria condition; algorithm of parametrical identification.*

Введение

Идентификация объектов является одним из важных этапов при создании систем автоматического управления (САУ). В рамках теории идентификации к настоящему времени разработано большое количество методов и алгоритмов построения математических моделей динамических систем. Среди них наиболее широко используются классические методы [1], градиентные алгоритмы [2], стохастическая аппроксимация [2], метод максимального правдоподобия [3] и спектральные методы [4]. Несмотря на это проблема синтеза эффективных методов построения моделей объектов управления остается актуальной задачей и в настоящее время. В работе предлагается новый алгоритм параметрической идентификации линейной модели дискретного объекта управления в форме «вход – выход» с использованием экспериментальных данных.

Пусть имеется некоторый дискретный объект управления, имеющий выходную переменную y и входное воздействие u. Допустим, что для этого объекта экспериментальным путем в дискретные моменты времени $t_k = k\Delta t$ получены данные «вход - выход»:

$$y^*(k) = y^*(k\Delta t), \quad u^*(k) = u^*(k\Delta t), \qquad k = \overline{0, N}, \tag{1}$$

где Δt – шаг дискретизации по времени; N+1 – количество точек дискретизации.

Предполагается, что структура модели рассматриваемого объекта управления задается следующим линейным разностным уравнением:

$$y(k) + \alpha_1 y(k-1) + \alpha_2 y(k-2) + \cdots + \alpha_n y(k-n) = \\ = \eta_0 u(k) + \eta_1 u(k-1) + \cdots + \eta_m u(k-m), \tag{2}$$

где a_i, b_v – вещественные параметры объекта, которые образуют-мерный вектор – параметр $p = [p_1, p_2, \dots, p_\mu] = [\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, b_0, b_1, \dots, b_m]$, $\mu = n + m + 1$; n и m – целые положительные числа. Будем считать, что $n>m$.

Задача идентификации состоит в определении такого вектор – параметра $p^* = [p_1^*, p_2^*, \dots, p_\mu^*] = [a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*, b_0^*, b_1^*, \dots, b_m^*]$, обеспечивающего достаточную близость переменной $y(k)$ модели (1) и выхода объекта $y^*(k)$ в дискретные моменты времени $t_k = k\Delta t$.

Для решения сформулированной задачи будем использовать алгоритм, предложенный в работе [5]. Суть алгоритма кратко состоит в следующем.

В рассмотрение вводятся невязки:

$$e_k = y^*(k) - y(k), \qquad k = \overline{0, N}, \tag{3}$$

где $$y(k) = -[\alpha_1 y^*(k-1) + \alpha_2 y^*(k-2) + \cdots + \alpha_n y^*(k-n)] + \\ + \eta_0 u^*(k) + \eta_1 u^*(k-1) + \cdots + \eta_m u^*(k-m). \tag{4}$$

Оценка качества идентификации осуществляется на основе штрафной функции:

$$I_1(q) = \sum_{k=0}^{N} e_k^2(p). \tag{5}$$

Далее получено следующее критериальное соотношение [5]:

$$\int_{t_0}^{t} I_1(\tau) \dot{I}_1(\tau) < 0, \tag{6}$$

выполнение которого обеспечивает минимизацию штрафной функции $I_1(p)$. Для поддержания соотношения (6) динамика параметров $\alpha_i(t)$ и $\eta_v(t)$ должна подчиняться следующим уравнениям:

$$\dot{\alpha}_i(t) = \gamma_i \beta_i(t) I_1(t), \qquad i = \overline{1, n}, \\ \dot{\eta}_v(t) = \xi_v s_v(t) I_1(t), \qquad v = \overline{0, m}. \tag{7}$$

где γ_i, ξ_i –вещественные отрицательные числа; $\beta_i(t)$, $s_v(t)$ –функции, определяемые формулами

$$\beta_i(t) = 2\sum_{k=0}^{N} e_k(t) y(k-i), \qquad i = \overline{1, n}, \\ s_v(t) = -2\sum_{k=0}^{N} e_k(t) u(k-v), \qquad v = \overline{0, m}. \tag{8}$$

В результате установившиеся решения системы уравнений (8):

$$\lim_{t\to\infty} \alpha_i(t) = \alpha_i^*, \qquad i = \overline{1,n},$$
$$\lim_{t\to\infty} \eta_\nu(t) = \eta_\nu^*, \qquad i = \overline{0,m}, \tag{9}$$

являются оценками параметров разностного уравнения (3), т.е. вектор-параметр $p^* = [p_1^*, p_2^*, \dots, p_\mu^*] = [a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*, b_0^*, b_1^*, \dots, b_m^*]$.

Для иллюстрации изложенной процедуры идентификации рассмотрим следующий пример. Предположим, что в результате эксперимента в дискретные моменты времени t_k с шагом Δt =0.2с. получены данные «вход – выход», которые приведены в табл.1. При этом считается, что на входе объекта действует единичное ступенчатое воздействие, т.е. $u(t_k)=1$, а N=12.

Таблица 1 – данные «вход – выход»

k	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$k\Delta t$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
$y_k^*(k)$	0	0.18	0.5	0.775	0.96	1.045	1.065	1.055	1.03	1.015	1.006	1.002	1.0

Структуру модели объекта в форме «вход – выход» зададим в виде:

$$y(k) + \alpha_1 y(k-1) + \alpha_2 y(k-2) = \eta_0 u(k), \tag{10}$$

т.е. n=2, а m=0.

Задача состоит в определении вектор-параметра $p^* = [p_1^*, p_2^*, p_3^*] = [\alpha_1^*, \alpha_2^*, \eta_0^*]$ на основе данных, представленных в табл.1.

В соответствии с предложенной методикой идентификации штрафная функция

$$I_1(t) = \sum_{k=2}^{12} e_k^2(t), \tag{11}$$

где $e_k = y^*(k) - y(k), \qquad k = \overline{2,12}.$ (12)

При этом выходная переменная модели объекта

$$y(k) = -[\alpha_1 y^*(k-1) + \alpha_2 y^*(k-2)] + \eta_0 u^*(k), \qquad k = \overline{2,12}. \tag{13}$$

Уравнения самонастройки параметров (8) запишутся в виде

$$\dot\alpha_1(t) = \gamma_1 \beta_1 I_1(t),$$
$$\dot\alpha_2(t) = \gamma_2 \beta_2 I_1(t),$$
$$\eta_0(t) = \xi_0 s_0 I_1(t), \tag{14}$$

где

$$\beta_i = 2\sum_{k=2}^{12} e(k) y(k-i), \qquad i = 1, 2, \qquad s_0(t) = -2\sum_{k=2}^{12} e(k).$$

Для решения системы (14) использован программный комплекс Matlab Simulink при следующих значениях параметров:
γ_1=-700, γ_2 =-700, ξ_0=-700

и начальных условиях $\alpha_1(0)$=-1.0, $\alpha_2(0)$=0.4, $\eta_0(0)$=0.3, где t_0=0.

Процесс самонастройки компонентов вектора в процессе идентификации показана на рис.1-3, а динамика штрафной функции на рис.4.

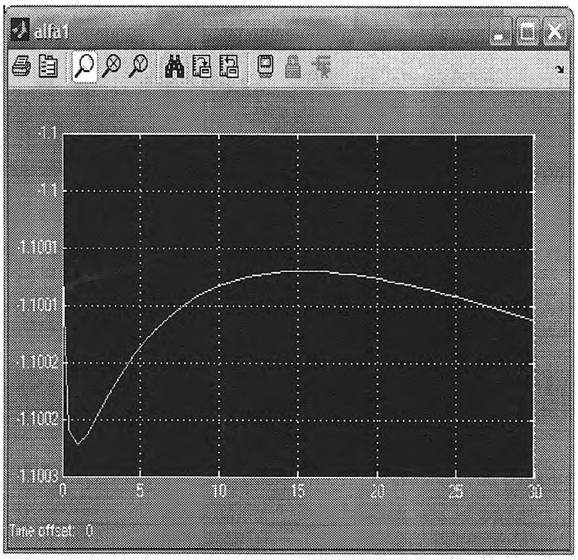

Рисунок 1 - Процесс самонастройки α_1

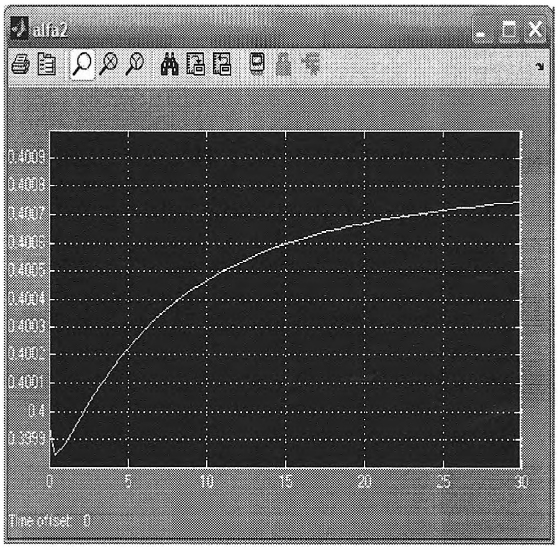

Рисунок 2 - Процесс самонастройки α_2

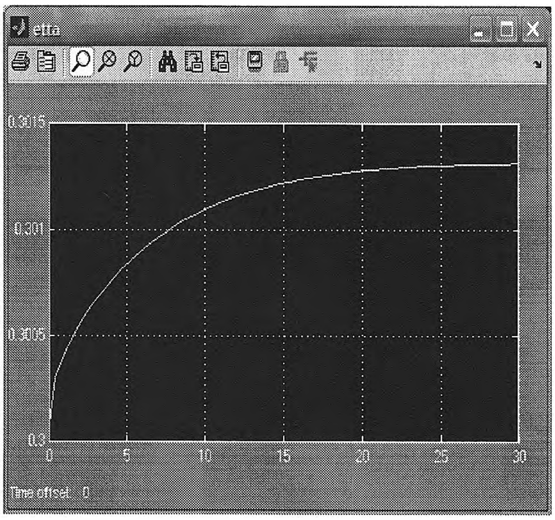

Рисунок 3 - Процесс самонастройки η_0

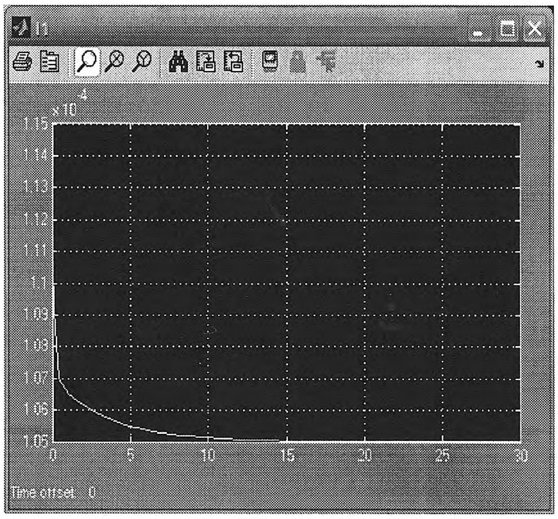

Рисунок 4 - Динамика штрафной функции I_1

Как видно из графиков установившимися решениями системы (14) являются:

$$\alpha_1^*=-1.1, \quad \alpha_2^*=0.4, \quad \eta_0^*=0.3.$$

Таким образом, в качестве оценки вектор-параметра модели (10) можно принять $p^* = [p_1^*, p_2^*, p_3^*]$ =[-1.1, 0.4, 0.3].

В табл.2 представлены результаты из табл.1 и дискретные значения переменной *y(k)*, $k - \overline{2,12}$, полученные на основе соотношения(13) при $\alpha_1 = \alpha_1^*$, $\alpha_2 = \alpha_2^*$, $\eta_0 = \eta_0^*$.

Таблица 2 - Дискретные значения переменной

k	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$k\Delta t$	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4
$y_k^*(k)$	0.5	0.775	0.96	1.045	1.065	1.055	1.03	1.015	1.006	1.002	1.0
$y(k)$	0.499	0.779	0.954	1.047	1.066	1.054	1.06	1.05	1.03	1.005	1.001
$e(k)$	0.001	-0.004	0.006	-0.002	-0.001	0.001	-0.03	-0.035	0.024	0.003	0.001

Переходный процесс y(t) на выходе объекта показан на рис.5.

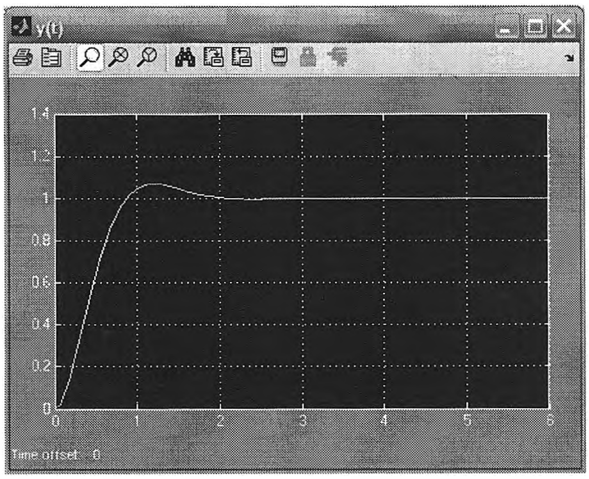

Рисунок 5 - Переходный процесс y(t)

Выводы

Анализ результатов решения иллюстративного примера показывает, что на основе изложенного алгоритма можно построить достаточно эффективные процедуры параметрической идентификации моделей дискретных одномерных управляемых объектов в форме «вход – выход». Предложенную процедуру можно обобщить на случай идентификации параметров непрерывных многомерных динамических объектов управления

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Современные методы идентификации / под ред. П.М.Эйкхгоффа. М.: Мир, 1983. 400 с.
2. Сейдж Э.П., МелсДж.Л. Идентификация систем управления. М.: Наука, 1974. 248 с.
3. Эйкхгофф П.М. Основы идентификация систем управления. - М.: Мир, 1975. 680 с.
4. Солодовников В.В., Дмитриев А.Н., Егупов Н.Д. Спектральные методы расчета и проектирования систем управления. М.: Машиностроение, 1986. 440 с.

5. Оморов Т.Т., Курманалиева Р.Н., Кожекова Г.А. и др. Идентификация передаточной функции управляемой системы // Universum: Технические науки: электрон. научн. журнал, 2014. № 11 (12) . URL: http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1758.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Оморов Туратбек Турсунбекович

Национальная академия наук Кыргызской Республики (НАН КР), г. Бишкек, Кыргызстан. доктор технических наук, заведующий лабораторией адаптивных и интеллектуальных систем, член-корреспондент НАН КР.

E-mail: omorovtt@mail.ru.

Omorov Turatbek

Bishkek, Kyrgyz Republic, Doctor of Technical Science, head of the laboratory of adaptive and intellectual systems, corresponding member of National Academy of Science of the Kyrgyz Republic.

E-mail: omorovtt@mail.ru

Курманалиева Роза Насбековна

Кыргызский государственный университет строительства и архитектуры, г. Бишкек, Кыргызстан, кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем.

E-mail: nas.roza@mail.ru.

Kurmanalieva Roza

Kyrgyz state university of construction and architecture, Bishkek, Kyrgyz Republic, Candidate of Technical Science, associate professor of department of information systems.

E-mail: nas.roza@mail.ru

Осмонова Рима Чынарбековна,

Национальная академия наук КР, г. Бишкек, Кыргызстан, соискатель, старший преподаватель кафедры прикладной математики и информатики Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова.

E-mail: r.osmonova@mail.ru.

Osmonova Rima

National Academy of Science of the Kyrgyz Republic, Bishkek, Kyrgyz Republic, applicant, senior teacher of department of applied mathematics and informatics of the Kyrgyz state technical university of I. Razzakov

E-mail: r.osmonova@mail.ru

Корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи:
720071, Кыргызстан, г.Бишкек, пр.Чуй, 265а, НАН КР, Оморов Т.Т.
0 (996) 553730328 (моб.)