

8

ISSN 2305-3356
www. vestnikstu.kz



Академик Зұлқарнай Алдамжар атындағы
Қостанай әлеуметтік-техникалық университеті

ҒЫЛЫМИ ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК НАУКИ

Костанайского социально-технического университета
имени академика Зулхарнай Алдамжар



Комья берне
УСТТУ
Т. Рақып



3/2013

Академик Зұлқарнай Алдамжар атындағы Қостанай
әлеуметтік-техникалық университеті

ҒЫЛЫМИ ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК НАУКИ

Костанайского социально-технического университета
имени академика Зулхарнай Алдамжар

№ 3
2013

қараша/ноябрь

Серия естественно-технических наук

Регистрационный № 5120-Ж

2004 жылы құрылған

Основан в 2004 году

Жылына 2 рет шығады

Выходит 2 раза в год

Алғашқы есепке қою кезіндегі нөмірі мен мерзімі № 2394-Ж-18.10.2001 ж.

Номер и дата первичной постановки на учет № 2394-Ж-18.10.2001 г.

Подписной индекс 74369

Редакцияның мекен жайы:
110010; Қостанай қ.,
Герцен көшесі, 27,
тел. (7142) 55-46-44
факс (7142) 55-41-42
e-mail pkkstu@mail.ru

Адрес редакции:
110010, г. Костанай,
ул. Герцена, 27,
тел. (7142) 55-46-44
факс (7142) 55-41-42
e-mail pkkstu@mail.ru

Осы нөмірде: В ЭТОМ НОМЕРЕ:

Техникалық ғылымдары Технические науки

Айтбаев М.М., Сапанов Е.К., Хасенов У.Б. Технологический процесс измельчения термообработанного корма.....	7
Akiva F., Vaimukhamedov M.F. Methods of information systems designing.....	10
Vaimukhamedov M.F., Vaimukhamedova G.S. The principals of technical diagnostics.....	16
Батырканов Ж.И., Кудакеева Г.М. Интеллектуальные системы управления слабо формализованными процессами с помощью модели нечетких множеств.....	22
Батырканов Ж.И., Кадыркулова К. Синтез законов управления по осуществлению движения управляемого объекта по предписанной программе.....	29
Бигаринов Р.А., Боранбаев С.Н. Интеллектуальная интеграция в корпоративных информационных системах поддержки принятия решений.....	34
Boranbayev A.S. Optimal methods and effective approaches of development of enterprise information systems using customized java-based technologies and tools.....	42
Ергожин Е.Е., Иманов А.Н., Сарсенбаева А.Ж. Исследование реологических свойств термоэластопластов, синтезированных в процессе экструзии.....	49
Еслямов С.Г. Технология построения диагностирующих экспертных систем.....	56
Калаков Б.А., Шевченко И.М. Возможности MS Excel при создании демонстрационных работ.....	66
Кожанов В.Н., Баганов Н.А., Петелин А.А. Определение токсичных компонентов в отработавших газах дизеля при отключении части его цилиндров.....	70
Куликов И.В., Тарасян В.С. Влияние размера терм-множества лингвистических переменных на точность работы системы управления.....	76
Мезенцев И.С., Охохонин Г.К., Тарасян В.С. Применение методов искусственного интеллекта в управлении дорожными светофорными объектами.....	82

СИНТЕЗ ЗАКОНОВ УПРАВЛЕНИЯ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ОБЪЕКТА ПО ПРЕДПИСАННОЙ ПРОГРАММЕ

Ж.И.Батырканов¹, К.Кадыркулова²

доктор технических наук, профессор¹, соискатель²,
Кыргызский государственный технический университет им. И.Раззакова

*Положительные рецензии даны д.т.н. Кушнир В.Г.
и к.т.н. Кудубаевой С.А.*

В данной работе предлагается новый подход синтеза законов управления по осуществлению движения объекта, когда предписанная программа движения задается табличным способом.

Ключевые слова: управление, синтез, объект управления, траектория движения, модель бъекта, состояние системы.

Во многих областях науки и техники – робототехники, космического приборостроения, микроэлектроники и в других – ставятся задачи синтеза замкнутых систем по осуществлению движения по предписанным траекториям (программам). Эти задачи относятся кнеклассическими задачами теории управления.

На сегодняшний день в случае, когда предписанная программа движения описывается аналитически, то, здесь, существуют различные методы, подходы решения ставящихся задач. Это, в частности, работы П.Д Крутько, Ж.И. Батырканова.

Однако, существует много практических задач, когда аналитически описать требуемую траектории движения невозможно. В этом случае остается только один путь – описание этой траектории табличным способом.

В данной работе рассматриваются подходы синтеза необходимых законов по таблично заданным предписанным траекториям.

Методика синтеза: Основная суть предлагаемого подхода заключается в следующем.

Пусть управляемый объект описывается уравнением

$$\dot{x} = f(x, u, t) \quad (1)$$

где, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ – вектор состояния,

$u = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$ – вектор управления.

Требуется синтезировать закон управления по осуществлению движения управляемой системы по предписанной траектории заданной в табличной форме, таблица 1.

Предписанная траектория движения

Таблица 1

t_k	t_0	t_1	t_2	t_3	...
x_1	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	...
x_2	x_{20}	x_{21}	x_{22}	x_{23}	...
...
x_n	x_{n0}	x_{n1}	x_{n2}	x_{n3}	...

Для удобства примем $t_k = k$, $k = 0, 1, 2, \dots$ то есть введем абстрактные моменты времени.

Уравнение системы после дискретизации имеет следующий вид:

$$\frac{x(k+1) - x(k)}{t_{k+1} - t_k} = f(x(k), u(k), k); \quad (2)$$

или

$$\frac{x(k+1) - x(k)}{\Delta} = f(x(k), u(k), k); \quad (2)$$

$$x(k+1) = x(k) + f(x(k), u(k), k)\Delta, \quad (3)$$

где $x(k)$ - текущее состояние, $x(k+1)$ - состояние на следующем шаге. Это выражение связывает текущее состояние $x(k)$, текущее управление $u(k)$ и состояние $x(k+1)$ в следующий момент времени t_{k+1} .

Из выражения (2) можно определить $u(k)$:

$$u(k) = U(x(k), x(k+1), k, \Delta);$$

Но такой способ не гарантирует устойчивого осуществления движения по требуемым предписанным дискретным точкам движения.

Поэтому, искомое управление будем искать путем минимизации квадрата невязки между требуемыми и текущими дискретными значениями состояния.

Таким образом управление будем искать в виде:

$$\|x_{\text{табл}}(k+1) - x_{\text{текущ}}(k+1)\|^2 \Rightarrow \min_{u(k)} \quad (4)$$

где

Управление $x_{табл}(k+1)$ -табличное значение, $x_{текущ}(k+1)$ -текущее значение.

Распишем выражение (3) подробно

$$\begin{aligned} & (x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1), x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1)) = \\ & = (x_{табл}(k+1) - x(k) - f(x(k), u(k), k)\Delta, x_{табл}(k+1) - x(k) \\ & \quad - f(x(k), u(k), k)\Delta) \Rightarrow \min_{u(k)} \end{aligned}$$

затем взяв частную производную по $u(k)$ из этого выражения, тем самым найдем необходимое управление

$$\frac{\partial(\cdot)}{\partial u(k)} = 0 \Rightarrow u(k) = ?$$

Распишем эту процедуру для линейного объекта

$$x(k+1) = x(k) + Ax(k)\Delta + Bu(k)\Delta;$$

или

$$x(k+1) = (A\Delta + E)x(k) + Bu(k)\Delta \quad (5)$$

Подставив конкретные выражения, возьмем скалярные произведения, и получим общее выражение:

$$\begin{aligned} (x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1), x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1)) &= (A\Delta + E)x(k) + B\Delta u(k), x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1) \\ &= (x_{табл}^T(k+1) - x_{текущ}^T(k+1)) \\ &= x^T(k)(A^T\Delta + E) - u^T(k)B^T\Delta, x_{табл}(k+1) - (A\Delta + E)x(k) + B\Delta u(k) \\ &= (x_{табл}^T(k+1) - x_{текущ}^T(k+1))x_{табл}(k+1) - (x_{табл}^T(k+1) - x_{текущ}^T(k+1))(A\Delta + E)x(k) \\ &\quad - (x_{табл}^T(k+1) - x_{текущ}^T(k+1))B\Delta u(k) - x^T(k)(A^T\Delta + E)(x_{табл}(k+1) - x_{текущ}(k+1)) \\ &\quad + x^T(k)(A^T\Delta + E)(A\Delta + E)x(k) + x^T(k)(A^T\Delta + E)B\Delta u(k) \\ &\quad - u^T(k)B^T\Delta x_{табл}(k+1) + u^T(k)B^T\Delta(A\Delta + E)x(k) + u^T(k)B^T\Delta B\Delta u(k) \end{aligned}$$

Возьмем частную производную по $u(k)$

$$\begin{aligned} & -B^T\Delta x_{табл}(k+1) + B^T(A\Delta + E)\Delta x(k) - B^T\Delta x_{табл}(k+1) + \\ & + B^T(A\Delta + E)\Delta x(k) + B^TB\Delta^2 u(k) + B^TB\Delta^2 u(k) = 0 \end{aligned}$$

Окончательно, управление определяется в виде

$$\begin{aligned} u(k) &= -\frac{1}{2\Delta^2} (B^TB)^{-1} [2B^T\Delta x_{табл}(k+1) - 2B^T(A\Delta + E)\Delta x(k)] = \\ &= -\frac{1}{\Delta^2} (B^TB)^{-1} [B^T\Delta x_{табл}(k+1) + B^T(A\Delta + E)\Delta x(k)] \quad (6) \end{aligned}$$

Рассмотрим модельный пример.

Пусть объект описывается системой уравнений

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 + u_1 \\ \dot{x}_2 = u_2 \end{cases} \quad (7)$$

Задается следующая программа движения в табличном виде.

Таблица 2

t_k	0	1	2	3
x_1	0.5	0.7	0.8	0.4
x_2	0.5	0.71	0.6	0.91

Воспользовавшись законом (5) проведем 3 итерации по определению искомым законов управления, а также значение вектора состояния при действии этих найденных управлений.

Итак, определим управление $u(0)$, т.е. значение управляющего вектора в момент времени $k = 0$, при начальном положении $x_{10} = 0,5$; $x_{20} = 0,5$.

Для этого запишем дискретную модель объекта (5)

$$\begin{cases} x_1(k+1) = x_1(k) + x_2(k) + u_1(k) \\ x_2(k+1) = x_2(k) + u_2(k) \end{cases} \quad (8)$$

В векторно-матричной записи матрицы A и B имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}; \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$\begin{aligned} u(1) &= - \left[\left(\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.71 \end{pmatrix} \right] = - \left[\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.71 \end{pmatrix} \right] \\ &= - \left[\begin{pmatrix} 1 \\ 0.5 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.71 \end{pmatrix} \right] = \begin{pmatrix} -0.3 \\ 0.21 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Подставим в выражение (8), с учетом $k = 1$

$$\begin{cases} x_1(1) = 0.5 + 0.5 - 0.3 = 0.7 \\ x_2(1) = 0.5 + 0.21 = 0.71 \end{cases}$$

При $k = 2$, имеем

$$\begin{aligned} u(2) &= - \left[\left(\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.71 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.6 \end{pmatrix} \right] = - \left[\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.71 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.6 \end{pmatrix} \right] \\ &= - \left[\begin{pmatrix} 1.41 \\ 0.71 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.6 \end{pmatrix} \right] = \begin{pmatrix} -0.61 \\ -0.11 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\begin{cases} x_1(2) = 0.7 + 0.71 - 0.61 = 0.8 \\ x_2(2) = 0.71 - 0.11 = 0.6 \end{cases}$$

при $k = 3$, имеем

$$u(3) = - \left[\left(\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \right) \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.6 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.91 \end{pmatrix} \right] = - \left[\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0.8 \\ 0.6 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.91 \end{pmatrix} \right]$$

$$= - \left[\begin{pmatrix} 1.4 \\ 0.6 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.91 \end{pmatrix} \right] = \begin{pmatrix} 1 \\ -0.31 \end{pmatrix}$$

$$\begin{cases} x_1(3) = 0.8 + 0.6 - 1 = 0.4 \\ x_2(3) = 0.6 + 0.31 = 0.91 \end{cases}$$

Выше мы показали, что при синтезированных значениях вектора управления, начиная с первого шага, замкнутая синтезированная система движется по таблично – заданным предписанным траекториям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршеналиев Ж.Ш., Батырканов Ж.И. Синтез систем управления заданными показателями качества- Б. Илим, 1991.
2. Батырканов Ж.И., Мадраимова А.Д., Кадыркулова К.К. Задача управления по заданной программе. Известия КГТУ им. И. Раззакова, 2007. -№11.

ЖАЗЫЛҒАН БАҒДАРМА БОЙЫНША БАСҚАРЫП ОТЫРҒАН ОБЪЕКТІНІҢ ҚОЗҒАЛЫСТЫ ЖАСАУ ТУРАЛЫ БАҚСАРУ ЗАҢДАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ

Осы мақалада басқарып отырған объектінің қозғалысты жасау туралы бақсару заңдарының синтезі жаңа тәсілі ұсынылады.

Түйін сөздер: басқару, синтез, басқару объектісі, қозғалыс траекториясы, объектінің үлгісі, жүйенің күйе.

SYNTHESIS OF THE LAWS MANAGEMENT MOTION FOR THE IMPLEMENTATION OF CONTROLLED FACILITY INSTRUCT THE PROGRAM

In this paper we propose a new approach of synthesis of control laws for the implementation of the object, when prescribed motion program is given as table.

Keywords: management, synthesis, object control, the motion trajectory, the model object, the system state.