Библиографические ссылки

1. *Леонов Г.А., Шумаров М.М.* Методы стабилизации линейных управляемых систем. — СПб.,2005.
2. *Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И.* Вычислительные методы высшей математики. Т. 1. Мн.: "Вышэйшая школа", 1972.

РЕГУЛЯРИЗИРОВАННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПО НЕТОЧНЫМ ДАННЫМ

В.Ф. Губарев

Институт космических исследований НАН Украины и ГКА Украины,
Киев, Украина
v.f.gubarev@gmail.com

Введение. В большинстве существующих методов управления динамическими системами предполагается, что математическая модель известна. Тогда основное внимание теории управления связано с задачами анализа и синтеза. Чтобы методы синтеза обеспечивали желаемый результат управления, модель должна адекватно описывать реальные процессы. Допускается небольшая неопределенность описания, как правило, связанная с шумами на выходе и наличием возмущений на входе. Чаще всего стохастический подход используется для их интерпретации, что позволяет решать задачи управления в рамках детерминированного описания. Одним из методов построения модели является идентификация. Методы стохастической идентификации, ориентированные на нахождение моделей с несмещенными оценками параметров, на практике оказались неэффективными. Они работают в достаточно простых случаях с хорошими структурными свойствами системы и погрешностях типа белого шума. В других случаях задачи идентификации становятся некорректно поставленными. В результате находятся приближенные регуляризированные решения, в которых структурные свойства модели и системы могут существенно отличаться. Очевидно, что это потребует адаптации существующих методов управления или создания принципиально новых ориентированных на такой класс моделей. В определенных случаях могут быть использованы методы, развиваемые академиками А.Б. Куржанским и В.М. Кунцевичем, основанные на гарантированном подходе с множественным представлением моделей. Перспективными представляются также методы управления на основе моделей предсказания, в англоязычной литературе известные как MPC (“model predictive control”). В данной работе описываются методы идентификации сложных динамических систем с использованием процедур регуляризации, что позволяет находить приближенные регуляризированные решения и в тех случаях, когда задачи идентификации становятся некорректно поставленными.

Метод идентификации с регуляризацией. Поскольку в результате идентификации по неточным данным получим приближенное описание, то возьмем разностную систему уравнений в пространстве состояний, как класс моделей

$$x_{k+1} = Ax_k + Bu_k, \qquad y_k = Cx_k, \tag{1}$$

где x_k, u_k, y_k — вектора состояния, входа и выхода системы, а A, B, C — соответствующие матрицы.

Тогда задача идентификации состоит в нахождении размерности модели n и матриц A, B, C по исходным данным $\{u_t,\ y_t\}$ на некотором достаточно большом временном интервале $t \in [0,\ T]$. Решение ее будем находить, используя модифицированную формулу Коши, связывающую входные и выходные переменные для дискретного аналога (1)

$$y(t,k) = \Gamma_{t-1} \cdot x_k + \Phi_{t-2} \cdot u(t,k), \tag{2}$$

где

$$y(t,k) = \begin{bmatrix} y'_k \\ y'_{k+1} \\ \vdots \\ y'_{k+t-1} \end{bmatrix},\ x_k = \begin{bmatrix} x_{k_1} \\ x_{k_2} \\ \vdots \\ x_{k_n} \end{bmatrix},\ \Gamma_{t-1} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{t-1} \end{bmatrix},$$

$$u(t,k) = \begin{bmatrix} u'_k \\ u'_{k+1} \\ \vdots \\ u'_{k+t-1} \end{bmatrix},\ \Phi_{t-2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ CB & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots \\ CA^{t-2}B & CA^{t-3}B & \dots & CB & 0 \end{bmatrix},$$

«’» — операция транспонирования.

В предлагаемом методе идентификации данные берутся из активного эксперимента, в котором чередуются интервалы возбуждения с интервалами релаксации, на которых $u_t = 0$. Возбуждение осуществляется варьируемым гармоническим сигналом и прямоугольными импульсами разной длительности. Из последовательностей $y(t)$ на интервалах релаксации формируется специальная матрица, которая используется для нахождения размерности модели n и матриц A и C. Матрица B находится из (2) с учетом того, что известны Γ_{t-1} и x_k.

В рассматриваемом методе размерность модели является параметром регуляризации, который находится из принципа невязки или специальной процедурой определения квазиоптимального n.

АСИМПТОТИКА МНОЖЕСТВ ДОСТИЖИМОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ НА МАЛЫХ ПРОМЕЖУТКАХ ВРЕМЕНИ

М.И. Гусев, И.О. Осипов

Институт математики и механики УрО РАН им. Н.Н. Красовского,

Екатеринбург, Россия

{gmi, i.o.osipov}@imm.uran.ru

Введение. В докладе исследуется асимптотическое поведение множеств достижимости нелинейных управляемых систем с интегральными квадратичными ограничениями на управление на малых промежутках времени. Приводится достаточное условие асимптотической эквивалентности множеств достижимости нелинейной и линеаризованной систем при стремлении к нулю длины промежутка времени [1]. Понятие асимптотической эквивалентности множеств определяется следующим образом [2]. Пусть выпуклые компактные множества $X, Y \subset \mathbb{R}^n$ таковы, что нулевой вектор является внутренней точкой каждого из них. Расстоянием Банаха-Мазура $\rho(X,Y)$ между X и Y называется величина $\rho(X,Y) := \log(r(X,Y)\cdot r(Y,X))$, где $r(X,Y) = \inf\{t \geq 1 : tX \supset Y\}$. Множества $X(\varepsilon), Y(\varepsilon)$ называются асимптотически эквивалентными, если $\rho(X(\varepsilon), Y(\varepsilon)) \to 0$ при $\varepsilon \to 0$.

1. Множества достижимости на малых промежутках времени. Исследуются множества достижимости аффинных по управлению систем на интервале времени $t_0 \leq t \leq t_0 + \bar{\varepsilon}$

$$\dot{x}(t) = f_1(t, x(t)) + f_2(t, x(t))u(t), \quad y(t) = Cx(t), \quad x(t_0) = x_0, \qquad (1)$$

где $x \in \mathbb{R}^n$, $u \in \mathbb{R}^r$, $y \in \mathbb{R}^m (m \leqslant n)$, $C \in \mathbb{R}^{m\times n}$ – матрица полного ранга, $m \leq n$, $\bar{\varepsilon}$ — некоторое фиксированное положительное число, а