Обратная связь в задачах обращения–управления (Feedback in inversion–control problems)

В. И. Максимов (V. I. Maksimov)

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

maksimov@imm.uran.ru

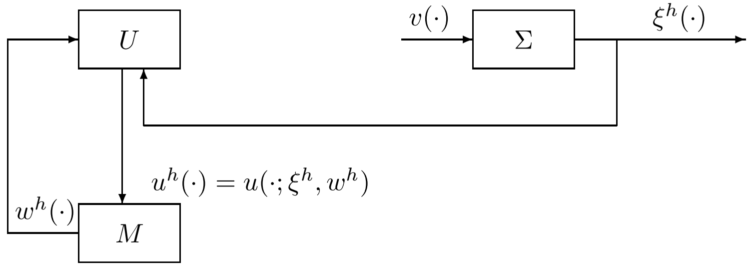
В докладе обсуждаются два типа задач: задача устойчивого гарантированного управления при наличии неконтролируемых возмущений, а также задача устойчивого динамического восстановления структурных характеристик. Приводятся алгоритмы решения этих задач, устойчивые к информационным помехам и погрешностям вычислений. Алгоритмы, ориентированные на компьютерную реализацию, позволяют осуществлять процесс решения в темпе "реального" времени. Они адаптивно учитывают неточные измерения фазовых траекторий и являются регулирующими в том смысле, что конечный результат тем лучше, чем точнее поступающая информация. В основе предлагаемых алгоритмов лежат метод экстремального сдвига Н.Н. Красовского и теория динамического обращения Ю.С. Осипова. На простейшем примере проиллюстрируем содержательную постановку обсуждаемых задач. На промежутке времени рассматривается система, описываемая векторным дифференциальным уравнением вида

$$\dot{x}(t) = f(t, x(t)) + B(u(t) - v(t)), \qquad t \in T. \tag{1}$$

Здесь $x \in \mathbb{R}^n$ — фазовый вектор, $u, v \in \mathbb{R}^m$, $x(t_0) = x_0$, B — матрица размера $n \times m$, функция f липшицева по совокупности аргументов, $v(t)$ — помеха, u — управление. Фиксирована равномерная сетка $\Delta = \{\tau_i\}_{i=0}^m$, $\tau_{i+1} = \tau_i + \delta$, $\tau_0 = t_0$, $\tau_m = \vartheta$. Решение уравнения (1) зависит от изменяющегося во времени управления $u(\cdot) \in L_2(T; \mathbb{R}^m)$ и неизвестного возмущения $v(\cdot) \in L_2(T; \mathbb{R}^m)$. Функция $x(\cdot)$ также неизвестна. В моменты $\tau_i \in \Delta$ состояние $x(\tau_i)$ (или его "часть") измеряется с ошибкой. Результаты измерений $\xi_i^h \in \mathbb{R}^n$, $i \in [0 : m-1]$, удовлетворяют неравенствам $|\xi_i^h - x(\tau_i)|_n \le h$. Здесь $h \in (0, 1)$ — величина информационной погрешности, $|\cdot|_n$ — норма в $\mathbb{R}^n$.

Задача устойчивого управления. Имеется эталонное движение, которое описывается уравнением $\dot{y}(t) = f(t, y(t))$, $y(t_0) = x_0$, $t \in T$. Требуется указать алгоритм формирования по принципу обратной связи управления $u(t, \xi_i^h)$, $t \in T$, такой, что как траектория $x(t)$ уравнения (1), так и ее скорость изменения $\dot{x}(t)$ останутся при всех $t \in T$ в некоторой окрестности эталонного движения.

Задача динамического обращения. В уравнении (1) $u = u(t) = 0$, $t \in T$. Требуется построить динамический алгоритм, который позволяет восстановить неизвестную помеху $v = v(\cdot)$ в “реальном времени”. Для решения указанных задач может быть использован единый подход, основанный на методе позиционно-управляемых моделей [1, 2]. Ниже приведена схема алгоритма решения задачи динамического обращения.



Список литературы

1. *Osipov Ju.S., Kryazhimskii A.V.* Inverse problems for ordinary differential equations: dynamical solutions. London: Gordon and Breach, 1995.
2. *Осипов Ю.С., Кряжимский А.В., Максимов В.И.* Методы динамического восстановления входов управляемых систем. Екатеринбург: УрО РАН, 2011.