

условиях систему (4) можно решать как вперед, так и назад, что открывает возможность использования того же подхода, что и для детерминированных систем. Формулируется задача множественного оценивания, аналогичная предыдущей, [3]. Вводится функция Беллмана

$$V(t, x) = \inf_{v(\cdot)} E\{F(x_0) + \int_0^t L(r, v(r), y(r) - g(r, x(r)))dr\}, \quad (5)$$

 $x(t) = x$ задано, $L(r, v, \eta) = Q_1(r, \eta) + Q_2(r, v)$. Показано, что выполняется стохастическое уравнение Беллмана

$$\begin{aligned} \partial_t V(t, x) = \\ = \inf_v \{L(t, v, y(t) - g(t, x))dt - (f(t, x, v)dt + \sigma(t, x, v)dC(t))'V_x(t, x)\}. \end{aligned}$$

Краевое условие для уравнения имеет вид $V(0, x) = F(x)$. Если $V(t, x)$ – гладкое решение, то оно равно минимуму в (5). В таком случае СИМ $\mathcal{X}(T, y) = \{x : V(T, x) \leq 1\}$. Доказательство во многом аналогично детерминированному случаю, поскольку процесс Лиу $C(t)$ – липшицевая функция в отличие от процесса Ито $W(t)$. Результаты конкретизированы для линейных систем. В общем и негладком случае вводится понятие вязкого решения.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект № 16-11-10146.

Библиографические ссылки

1. *Ананьев Б.И.* О новых методах гарантированного оценивания для стохастических систем // SICPRO'15 : X Междунар. конф.: труды. М.: ИПУ РАН, 2015. С. 1257-1274.
2. *Liu B.* Uncertainty Theory. 4-th edition. Springer, Berlin. 2015, 487 p.
3. *Ananyev B.I.* A state estimation of Liu equations // AIP Conf. Proc. 2015. Vol. 1690, 040005.

О СИНТЕЗЕ НАБЛЮДАТЕЛЕЙ ДЛЯ ДЕСКРИПТОРНЫХ СИСТЕМ С НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ

И.К. Асмыкович

Белорусский государственный технологический университет
 Свердлова 13а, 220006 Минск, Беларусь
 asmik@tut.by

При построении наблюдателей для линейных динамических систем с различными неопределенностями [1] и при синтезе систем с отклоняющимся аргументом [2], важную роль имеют системы нулевой динамики, т.е. многообразие решений системы, удовлетворяющих уравнению

$y(t) = Cx(t) = 0$. Для одноходовых и одновыходных обыкновенных линейных систем при условии полной управляемости и полной наблюдаемости это многообразие удастся полностью описать [1]. Рассмотрим аналогичные задачи для дескрипторных систем вида

$$S\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t), \quad y = Cx, \quad (1)$$

$$Sx(0) = Sx_0, \det S = 0,$$

которую будем полагать регулярной, т.е.

$$\exists \lambda_0, \det[\lambda_0 S - A] \neq 0. \quad (2)$$

Известно [3], что при условии (2), если система (1) имеет решение, то оно единственное.

Если записать систему в стандартной канонической форме или [3] (EF1), т.е.

$$\dot{x}_1(t) = Lx_1(t) + B_1u(t), \quad (3)$$

$$N\dot{x}_2(t) = x_2(t) + B_2u(t), \quad (4)$$

то результаты по построению нулевой динамики для обыкновенных систем и систем с неопределенностями различных типов можно переносить на дескрипторные системы [4]. Если использовать третью каноническую форму [3, 4] (EF1), т.е. $\tilde{S}\dot{y} = y + \tilde{B}\tilde{u}(t)$, то можно рассматривать дескрипторные системы с возмущениями [5]. При этом определение относительного порядка для скалярной системы (1) будет иметь вид аналогичный [1], где относительным порядком называют натуральное число r для которого выполнены соотношения $CB = 0, CAB = 0, \dots, CA^{r-2}B = 0, CA^{r-1}B \neq 0$.

Задачу о нахождении уравнений нулевой динамики решают при помощи приведения системы к специальной форме [1, 5].

Для многоходовых, многовыходных систем при равенстве числа входов числу выходов характеристический полином нулевой динамики совпадает с определителем матрицы Розенброка [1]. При этом понятие относительного порядка существенно усложняется [1].

Определение. Вектор $r = (r_1, \dots, r_l) \in Nl$ называется вектором относительного порядка (ОП) системы (1), если выполнены следующие условия:

1. $CB = 0, CAB = 0, \dots, CA^{r-2}B = 0, CA^{r-1}B \neq 0$,
2. Строки $C_i A^{r_i-1} B$, $i = 1, 2, \dots, l$, линейно независимы. Здесь C_i – строки матрицы C , $i = 1, \dots, l$.

Оказывается, условия 1 и 2 в определении могут быть противоречивыми, и тогда необходимы обобщения понятия относительного порядка. Аналогичные проблемы возникают и для многовходных дескрипторных систем.

Библиографические ссылки

1. Коровин С.К., Фомичев В.В. Наблюдатели состояния для линейных систем с неопределенностью. М.: Физматлит, 2009.
2. Lapeto A., Kuzmicki I., Asmykovich I. Synthesis of Control Systems with Delay by the Embedding Theory on the Basis of Approximation of Delay // Journal of Control, Automation and Electrical Systems. 2017. Vol. 28, I.3. P. 297–302.
3. Duan G.R. Analysis and design of descriptor linear systems. Springer, 2010.
4. Асмыкович И.К. Об оценках минимального числа входов для дескрипторных систем // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: V Межд. науч.-практ.конф. Междуреченск, 6.04.2016. Кемерово. с. 180–181.
5. Asmykovich Ivan K. On Finding Zero Dynamics for Descriptor Systems // 13TH International scientific technical conference on actual problems of electronic instrument engineering. Proceedings APEIE. In 12 Vol. V.1. Part 3. Novosibirsk, October 3–6, 2016. P. 116–119.

ОЦЕНЩИКИ СОСТОЯНИЙ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ С КВАЗИДИФФЕРЕНЦИРУЕМЫМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ

А.И. Астровский¹, И.В. Гайшун²

¹ Белорусский государственный экономический университет
Партизанский пр. 26, 220070 Минск, Беларусь
aastrov@tut.by

² Институт математики НАН Беларуси
Сурганова 11, 220072 Минск, Беларусь

При исследовании эволюции во времени динамической системы, а также для построения управлений типа обратной связи необходимо уметь определять вектор состояния системы исходя из ее выходной функции [1]. Способ определения вектора состояния системы, основанный на вычислении производных (или квазипроизводных) выходных функций $y(t)$, трудноприменим из-за множества нежелательных последствий. Поэтому ниже рассматривается подход к задаче оценивания n -вектора состояний линейной нестационарной системы

$$\dot{x}(t) = A(t)x(t), \quad y(t) = c(t)x(t), \quad t \in T = \mathbb{R}_+, \quad (1)$$