Секция «Математика и механика»

Алгоритм экстремального прицеливания в задаче тестирования качества стабилизации процесса сближения устройства спасения космонавта с орбитальной станцией.

Санникова Елена Геннадьевна
Аспирант
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Механико-математический факультет, Москва, Россия
E-mail: lena-san87@mail.ru

Рассматривается задача тестирования алгоритма стабилизации для динамической системы, задаваемой уравнениями движения:

$$(1)\dot{x} = Ax + Bu + Cv, \text{где}$$

x(t$_0$) $= x_0 \in\ X_0$,
$x(t)$ - n-мерный вектор состояния,
$u(\cdot) \in\ U$, $v(\cdot) \in\ V$ - ресурсы управления и возмущения,
U, V, X_0 - замкнутые выпуклые множества.
Показатель качества стабилизации задается функционалом:
$(2) J = ||x(t_k)|| -> min_{u(\cdot)\in\ U}\ max_{v(\cdot)\in\ V}$, t_k - заданный момент времени.
Необходимо оценить алгоритм управления системой (1) с точки зрения показателя качества (2).
Для этого используется методика максиминного тестирования, которая включает три этапа:
первый этап - предварительный: осуществляется поиск нижней (наилучшей) оценки показателя качества управления и оптимальные стратегии поведения внешних возмущений с помощью компьютерного решения максиминной задачи;
второй этап - основной: реализуется процесс тестирования в виде компьютерного моделирования при реализации стратегии тестирования, использующей найденную на первом этапе оптимальную стратегию возмущений,и определение в результате моделирования реальной оценки качества управления;
третий этап - заключительный: сравнение наилучшей и реальной оценок.
Для нахождения нижнего значения функционала качества рассматривается разложение вектора состояния x(t) в виде $x(t) = y(t) - z(t)$,
где y(t) и z(t) удовлетворяют системам уравнений:

$$\begin{cases} (3)\dot{y} = Ay + Cv, y(t_0) = x(t_0) \\ (4)\dot{z} = Az - Bu, z(t_0) = 0 \end{cases}$$

В классе программных стратегий справедливо сведение исходной динамической антагонистической игры (1), (2) к геометрической антагонистической игре на множествах достижимости систем (3), (4) в конечный момент времени t_k с функционалом качества $J = ||y(t_k) - z(t_k)|| -> min_{u(\cdot)\in\ U}\ max_{v(\cdot)\in\ V}$.
Такие задачи рассматривались в работах [1],[2]. Доказано существование седловой точки для геометрической игры, разработан алгоритм поиска седловой точки [3].

Для случая фиксированного времени и выпуклого функционала качества имеет место седловая точка дифференциальной игры для позиционных стратегий управления $u = u(x,t)$ и тестирующих возмущений $v = v(x,t)$ [4]. Данные стратегии и возмущения ищутся по алгоритму экстремального прицеливания Красовского, основанного на прогнозировании будущего течения игры в прямом времени, начиная из данной (реализовавшейся в текущий момент) позиции.