

Coexisting Chaotic and Periodic Attractors in a Counterexample to the Kalman Conjecture

I. M. Burkin, N. V. Kuznetsov, T. N. Mokaev

Tula State University, Saint Petersburg State University, Russia
i-burkin@yandex.ru, nkuznetsov239@mail.ru, tim.mokaev@gmail.com

This paper demonstrates a multistable configuration — the coexistence of two hidden chaotic attractors and two hidden limit cycles with a locally stable equilibrium in the phase space of a fourth-order system satisfying the assumptions of the Kalman conjecture, which gives a new class of counterexamples to this conjecture.

УДК УДК 517.93

Алгоритмы управления движением по фрагментарной траектории

А. К. Волковичский, А. М. Гаракоев

ИПУ РАН, Москва, Россия
avolkovitsky@yandex.ru, garakoev.amir@mail.ru

В данной работе рассматривается управление движением по траектории составленной из фрагментов. Фрагментами выступают прямолинейные и криволинейные (траектории Дубинса) участки траектории с определенными режимами движения объекта. Для каждого из таких фрагментов разработаны законы управления и описаны критерии качества.

Ключевые слова: оптимальное управление, траектории Дубинса, стабилизация

1. Введение

Управление подвижным объектом по фрагментарной траектории зачастую вызывает ряд сложностей. В силу того, что траектория может состоять не только из прямолинейных участков, но и криволинейных, необходимо вырабатывать соответствующие режимы и алгоритмы управления, которые были бы с одной стороны надежными, а с другой давали требуемую точность управления.

2. Режимы движения объекта

Условно с каждым из фрагментов траектории можно сопоставить определенные режимы управления движением объекта. Например, режиму «на точку» соответствует фрагмент $O1$ (Рис.1). Для режима «заход» будут соответствовать фрагменты (5-4), (2-3). В случае «стабилизация на маршруте» фрагменты (1-2), (5-6).

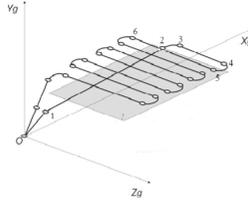


Рис. 1: Пример фрагментарной траектории

3. Алгоритмы управления движением объекта

В настоящей работе рассматривается задача управления подвижным объектом по фрагментарной траектории, описываемым системой:

$$(1) \quad \dot{X} = f(X, u, w) = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{1}{v} \cos \varphi \\ \frac{1}{v} \sin \varphi \\ \frac{\dot{\varphi} R_0}{v_0} \\ 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ u \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ w \end{pmatrix},$$

где $X = \begin{pmatrix} t \\ x/v \\ y/v \\ \varphi R_0/v_0 \\ \varphi \end{pmatrix}$, $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2}$, u — переменная управления, ко-

манда на расчетное увеличение или уменьшение скорости изменения путевого угла. Этот параметр выбирается в форме отклонения от центрального возмущения w . R_0 — согласованный радиус разворота.

Задача: необходимо построить алгоритм управления $u(X(t))$, доставляющий минимум функционалу:

$$(2) \quad J = (x - x_T)^2 + (y - y_T)^2 + (\varphi - \varphi_T)^2 + (t - t_0)^2 \rightarrow \min,$$

в режиме захода и

$$(3) \quad \begin{aligned} J &= \tilde{y}^2 + \tilde{\varphi}^2 + (t - t_0)^2 \rightarrow \min, \\ \tilde{y} &= -(x - x_s) \sin \varphi_s + (y - y_s) \cos \varphi_s; \quad \tilde{\varphi} = \varphi - \varphi_s \end{aligned}$$

в режиме стабилизации на маршруте (в приведенных выражениях x_s, y_s, φ_s — координаты начальной точки и угол направления маршрута).

Управление должно быть выработано так, чтобы обеспечить движение по достаточно короткой траектории.

С задачей построения кратчайших траекторий традиционно связана схема как «машина Дубинса». Подобного рода заготовка применяется в данной работе. В каждой точке расчета управляющего воздействия будем считать «наилучшей траекторией» кратчайшую (траекторию Дубинса [1, 2]), а управляющее воздействие u вычислять как величину рассогласования текущих параметров движения с этой расчетной траекторией. Соответственно, для каждого из режимов движения объекта должно быть выработано значение параметра рассогласования ($F(x, y, \varphi)$), удовлетворяющее следующим требованиям:

$$(4) \quad F = k(\dot{\varphi} - \xi_r(x, y, \varphi)).$$

Режим «стабилизация на маршруте»

Исходные данные: P_A, P_B — точки текущего отрезка траектории, P_0 — текущая точка движения, d_r — упреждение по криволинейному фрагменту траектории, d_p — линейное упреждение. Приведем конечное выражение для F :

$$(5) \quad F = \frac{|v|}{d_r} \arctg 2 \left(\frac{(P_D - P_1)^T v'}{|P_D - P_1| |v'|}, \frac{(P_D - P_1)^T M_R v'}{|P_D - P_1| |v'|} \right).$$

Здесь v' — прогнозное значение скорости на дистанции d_r , M_R — вспомогательная матрица. Значение F подается в качестве параметра на вход ПИД-регулятора, который формирует выходное значение управления u .

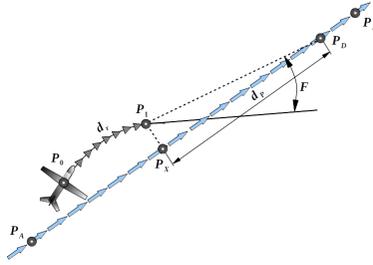


Рис. 2: Режим «стабилизация на маршруте»

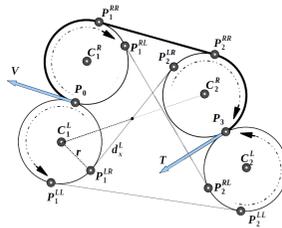


Рис. 3: Режим «заход»

Режим «заход»

В данном режиме F будет иметь вид:

$$(6) \quad F = \frac{v}{d_r} \arctg 2 \left(v_T'^T v', v_T'^T M_R v \right).$$

Режим «на точку»

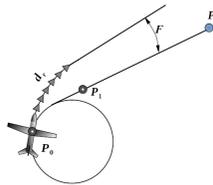


Рис. 4: Режим «на точку»

Вычисление параметра расхождения F и параметра u для этого режима осуществляется так же, как для режимов захода (6), с тем лишь

отличим, что на первом шаге расчета траекторий строится только первая пара окружностей.

4. Заключение

В представленной работе описаны кинематические схемы движения объекта по фрагментарной траектории. Разработаны алгоритмы управления для каждого из режимов, которые обеспечивают надежное и качественное управление на таких траекториях.

Список литературы

1. *Hota S., Ghose D.* A modified Dubins method for optimal path planning of a miniature air vehicle converging to a straight line path // Proc. of the American control conference (St. Louis, MO, USA, June 2009). P. 2397–2402.
2. *Kaya C.Y.* Markov–Dubins path via optimal control theory // Comput. Optim. 2017. Appl. 68. P. 719–747.

Algorithms for Controlling Movement Along a Fragmentary Trajectory

A. K. Volkovitsky, A. M. Garakoev

ICS RAS, Moscow, Russia
avolkovitsky@yandex.ru, garakoev.amir@mail.ru

In this paper, we consider the control of motion along a trajectory composed of fragments. Fragments are rectilinear and curvilinear (Dubins' trajectories) sections of the trajectory with certain modes of object movement. For each of these fragments, control laws have been developed and quality criteria have been described.
