

**Об оценке среднего времени принятия решения об изменении режима движения объекта**

**Научный руководитель – Цыганов Андрей Владимирович**

**Голубков Алексей Владимирович**

*Аспирант*

Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова,  
Факультет физико-математического и технологического образования, Ульяновская  
область, Россия

*E-mail: kr8589@gmail.com*

В настоящее время задача адаптивного оценивания параметров движения объекта по сложной траектории в условиях зашумленных измерений и непредвиденных изменений режима движения объекта является актуальной в силу важности ее практических приложений.

Нелинейное движение объекта по сложной траектории может быть описано с помощью гибридной стохастической модели [1], представляющей собой набор дискретных линейных стохастических моделей, отвечающих за различные участки траектории:

$$x(t_k) = \Phi^p x(t_{k-1}) + B^p u(t_{k-1}) + Gw(t_{k-1}), \quad p \in \{0, 1, \dots, M-1\},$$

где  $t_k$  — дискретный момент времени,  $p$  — номер режима движения,  $x = [x_1, x_2, x_3, x_4]^T \in \mathbb{R}^4$  — вектор параметров движения, в котором  $x_1$  — координата объекта по оси  $Ox$  (м),  $x_2$  — проекция скорости  $v_x$  на ось  $Ox$  (м/с),  $x_3$  — координата объекта по оси  $Oy$  (м),  $x_4$  — проекция скорости  $v_y$  на ось  $Oy$  (м/с), матрицы  $\Phi^p$ ,  $B^p$  определяются режимом движения объекта (равномерное прямолинейное или равномерное круговое движение с заданным направлением и радиусом),  $u \equiv 1$  — управление. В уравнение модели включена стохастическая составляющая, моделирующая случайные возмущения в движении объекта, в виде дискретного белого шума  $w(k) \sim \mathcal{N}(0, Q)$ , где  $Q \geq 0$  — матрица ковариации  $w(k)$ ,  $G$  — передаточная матрица шума.

По результатам зашумленных измерений координат объекта необходимо подтвердить или опровергнуть факт изменения режима движения на каждом таком участке. Предполагается, что момент возможного перехода системы из одного заданного режима функционирования в другой априорно неизвестен. Алгоритм обнаружения изменения движения базируется на применении последовательного критерия Вальда. Для обнаружения смены режима движения необходимо построить фильтры Калмана, соответствующие всем возможным гипотезам об изменении режима [2]. Таким образом, количество фильтров Калмана постоянно растет с увеличением интервала наблюдения за объектом.

В работе [3] приведен алгоритм априорной оценки объема банка конкурирующих фильтров Калмана для случая двух режимов движения. Полученная оценка рассматривается как необходимый конечный объем банка фильтров, при котором последовательное решающее правило позволяет обнаружить момент изменения режима движения. Априорная оценка объема банка вычисляется как теоретическая оценка среднего объема выборки, необходимого для принятия решения о выборе из двух гипотез в соответствии с последовательным критерием Вальда. В настоящей работе данный алгоритм обобщен на случай  $M$  режимов движения. Разработанный алгоритм позволяет вычислить априорную оценку среднего времени принятия решения об изменении режима движения объекта. Численные эксперименты подтверждают работоспособность предложенного алгоритма.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Ульяновской области в рамках научных проектов 20-31-90132 (аспиранты) и 18-41-732003 (р\_мк).

### Источники и литература

- 1) Семушин И. В., Цыганов А. В., Цыганова Ю. В., Голубков А. В., Винокуров С. Д. Моделирование и оценивание траектории движущегося объекта // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Математическое моделирование и программирование. 2017. Т. 10. № 3. С. 108–119.
- 2) Голубков А. В. Об оценке объема банка конкурирующих фильтров Калмана в задаче диагностики режима движения объекта на основе гибридной стохастической модели // Матер. XXI конференции молодых ученых «Навигация и управление движением», СПб.: ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2019. С. 302–304.
- 3) Голубков А. В. Решение задачи обнаружения изменения режима движения объекта с ограниченным объемом банка фильтров Калмана // Автоматизация процессов управления, 2020, № 1 (59). С. 14–23.