

**РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПИД-РЕГУЛЯТОРА
ПО СИГНАЛУ РАССОГЛАСОВАНИЯ**

Опенкин Даниил Юрьевич

Аспирант

ЕГУ имени И. А. Бунина, Елец, Россия

E-mail: openkin.study@mail.ru

Научный руководитель — Дружинина Ольга Валентиновна

Разработка инструментально-методического обеспечения для решения задач моделирования нелинейных управляемых систем с применением технологий искусственного интеллекта и отечественных программно-аппаратных средств относится к важному и актуальному направлению научных исследований [1].

В рамках этого направления существенный интерес представляют задачи синтеза и анализа моделей управляемых систем с переключениями [2, 3] и реализации соответствующих алгоритмов на базе отечественной вычислительной платформы «Эльбрус 801-РС» [4]. В [1, 3] рассмотрены аспекты разработки и реализации высокопараллельных алгоритмов обучения для нейронных сетей в задачах построения оптимальных траекторий технических систем с переключениями.

Рассматриваемая математическая модель технической системы задается конечномерным уравнением следующего вида:

$$m\ddot{x} = PT + mG + D(t), \quad (1)$$

где $x \in R^n$ – фазовый вектор, t – время, D – возмущение в системе, G – вектор-столбец потенциального поля тяготения, m – масса, P – матрица коэффициентов, $T = (t^0, t^1, \dots, t^{n-1})^*$ – вектор-столбец, поставленный в соответствие времени.

Для модели (1) и ее важных для приложений частных случаев изучаются вопросы построения и реализации алгоритмов переключений режимов функционирования и алгоритмов поиска оптимальных траекторий с учетом заданных критериев качества управления.

Основными методами изучения являются методы теории управления, численного решения дифференциальных уравнений, поисковой оптимизации и интеллектуального анализа. Для реализации алгоритмов используются возможности открытого ПО, языки высокоуровня и встроенные математические библиотеки.

Рассмотрены вопросы построения алгоритма переключений для модели (1) на основе ПИД-регулятора по сигналу рассогласования. Задача заключается в определении моментов времени t_1, t_2, \dots, t_j для переключения матриц P на основе сигнала рассогласования. Значение, соответствующее указанному сигналу, задается с помощью соотношения $v = \|\hat{x} - c\|$, где $\hat{x} = (x, \hat{x})$ – расширенный фазовый вектор, c – требуемое состояние расширенного фазового вектора в конечной точке движения.

Предполагается, что на выходе ПИД-регулятора определяются возможные значения – 0 или 1. Выполнено построение функциональной схемы алгоритма переключений для модели (1) на основе ПИД-регулятора по сигналу рассогласования.

Дано описание алгоритма в виде последовательности шагов. Настройка ПИД-регулятора проведена с помощью эвристических методов и алгоритмов параметрической оптимизации. В частности, использован алгоритм роевой оптимизации. Проводится апробация алгоритма переключений с применением возможностей вычислительной платформы «Эльбрус 801-РС», базирующейся в ФИЦ «Информатика и управление» РАН. Для реализации используются язык высокого уровня Python и библиотеки SciPy, NumPy.

Разработанное ПО планируется использовать как компоненту одного из модулей проблемно-ориентированного программного комплекса SSMC [1, 3], предназначенного для моделирования систем с переключениями.

Литература

1. Сеницын И. Н., Дружинина О. В., Белоусов В. В., Масина О. Н., Петров А.А. Опыт разработки инструментально-методического обеспечения для решения задач моделирования управляемых динамических систем с применением технологий машинного обучения и отечественных программно-аппаратных средств // Нелинейный мир. 2019. Т. 17. № 4. С. 5–19.
2. Шпилева О. Я., Котов К. Ю. Переключаемые системы: устойчивость и проектирование (обзор) // Автометрия. 2008. Т. 44. № 5. С. 71–87.
3. Druzhinina O. V., Masina O. N., Petrov A. A., Lisovsky E. V., Lyudagovskaya M. A. Neural network optimization algorithms for controlled switching systems // Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC). 2020. V. 1225. P. 470–483.
4. МЦСТ Эльбрус. Российские микропроцессоры и вычислительные комплексы: <http://mcst.ru>