

УДК 681.511.22

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО ПОДАВЛЕНИЯ ОГРАНИЧЕННЫХ  
ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ  
СИСТЕМАМИ ПО ВЫХОДУ**

Догадин Е.В. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Перегудин А.А.  
(ИТМО)

**Введение.** Оптимальное управление динамическими системами в условии внешних возмущений остается основной задачей теории автоматического управления. Несмотря на эффективность методов, таких как LQG,  $\mathcal{H}_2$  и  $\mathcal{H}_\infty$ , в подавлении некоторых типов воздействий, в случае ограниченных внешних возмущений они неоптимальны. Значительным достижением в этой области стал метод инвариантных эллипсоидов [1], который позволяет анализировать инвариантное множество динамических систем и благодаря этому разрабатывать регуляторы по состоянию, оптимально подавляющие воздействия класса  $L_\infty$ . Подход данного метода основывается на аппроксимации области достижимости замкнутых систем с помощью эллипсоидов с целью их дальнейшей минимизации. Однако, несмотря на широкое применение, этот метод дает лишь субоптимальные решения задачи управления дискретными системами с обратной связью по выходу [2]. В этой работе мы рассмотрим новый подход, который позволит решить данную проблему.

**Основная часть.** Как было замечено в работе [3], существует неожиданная дуальность между эллипсоидными аппроксимациями областей достижимости  $\mathcal{R}_\infty$  и наблюдаемости  $\mathcal{O}_1$ , которая описывает множество начальных состояний, дающих первую норму выхода меньше единицы. Эта связь дает возможность переопределить цель оптимального управления, как минимизацию  $\varepsilon$ -нормы системы, которая для обоих множеств совпадает. Такой критерий характеризует размер инвариантного эллипсоида, как корень суммы квадратов его полуосей, спроецированных на пространство выхода.

Введенная норма позволила вывести уравнения Риккати для определения оптимальных коэффициентов наблюдателя и регулятора для дискретных систем. Найденные уравнения дают те же результаты, что и решения при помощи средств оптимизации полуопределённого программирования, предложенные в работах [1-2], но вычислительно точнее и более эффективны за счет уменьшения числа переменных.

Кроме того, новый подход дал возможность найти оптимальное решение задачи управления дискретными системами по выходу. Эффективность разработанного алгоритма была проверена с помощью компьютерного моделирования и результаты показали значительное уменьшение нормы по сравнению с неоптимальными решениями.

Стоит отметить, что найденный метод так же требует итеративной оптимизации параметра  $\alpha$  для нахождения абсолютного минимума нормы, как и предыдущие подходы.

**Выводы.** Разработаны алгоритмы оптимального подавления внешних возмущений в задаче управления дискретными системами, улучшающие прошлые результаты.

**Список использованных источников:**

1. Хлебников М. В., Поляк Б. Т., Кунцевич В. М. Оптимизация линейных систем при ограниченных внешних возмущениях (техника инвариантных эллипсоидов) // Автоматика и телемеханика. – 2011. – №. 11. – С. 9-59.
2. Khlebnikov M. V., Polyak B. T., Kuntsevich V. M. Optimization of linear systems subject to bounded exogenous disturbances: The invariant ellipsoid technique // Automation and Remote Control. – 2011. – Т. 72. – С. 2227-2275.
3. Peregudin A., Furtat I. New Duality Relations in Linear Systems and Optimal Control under Bounded Disturbances // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2024.