

# Поиск решения многоэкстремальной задачи оптимального управления на основе эволюционного метода

*Е. В. Антипина<sup>1\*</sup>, С. А. Мустафина<sup>1</sup>, А. Ф. Антипин<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Уфимский университет науки и технологий, Уфа, Россия*

*\*stepashinaev@ya.ru*

**Аннотация.** При поиске решений нелинейных задач оптимального управления можно столкнуться с трудностями, связанными с наличием локальных экстремумов. Применение традиционных методов оптимизации эффективно в случае выпуклых задач, обладающих тем свойством, что найденный локальный экстремум – глобальный. Поэтому актуальной является разработка методов и алгоритмов решения многоэкстремальных задач оптимального управления. Поскольку работа большинства методов оптимизации зависит от выбора начальных значений оптимизируемых параметров, то предлагается применить метод дифференциальной эволюции. Данный метод оптимизирует набор возможных решений в области допустимых значений искомых параметров, начальные значения которых задаются случайным образом. Целью работы является разработка эволюционного алгоритма поиска решения многоэкстремальной задачи оптимального управления. Преодоление застревания решения в локальном оптимуме возможно с помощью поддержания разнообразия популяции. В случае попадания решения в область локального экстремума при недостаточном заданном количестве итераций алгоритма можно получить неверное решение. Поэтому для выбивания популяции из области локального экстремума предлагается модификация метода дифференциальной эволюции – динамический размер популяции. Если популяция стягивается в область локального экстремума, то происходит незначительное изменение ее средней приспособленности. В этом случае производится удаление векторов-индивидов с наименьшей приспособленностью и добавление новых особей. Проведены вычислительные эксперименты на модельной задаче оптимального управления с невыпуклой областью достижимости. Проведено сравнение работы разработанного эволюционного алгоритма с методом вариаций в пространстве управлений и алгоритмом дифференциальной эволюции с постоянным размером популяции. Продемонстрирована эффективность применения разработанного эволюционного алгоритма при решении многоэкстремальной задачи оптимального управления.

**Ключевые слова:** многоэкстремальная задача, нелинейная задача оптимального управления, метод дифференциальной эволюции, глобальный экстремум, эволюционные вычисления

**Для цитирования:** Антипина Е. В., Мустафина С. А., Антипин А. Ф. Поиск решения многоэкстремальной задачи оптимального управления на основе эволюционного метода // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 4. С. 40–50. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-4-40-50

# Search for a solution to a multi-extremal optimal control problem based on the evolutionary method

E. Antipina<sup>1\*</sup>, S. Mustafina<sup>1</sup>, A. Antipin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ufa University of Science and Technology, Ufa, Russia

\*stepashinaev@ya.ru

**Abstract.** When searching for solutions to nonlinear optimal control problems, one may encounter difficulties related to the presence of local extremes. The use of traditional optimization methods is effective in the case of convex problems with the property that the found local extremum is global. Therefore, it is important to develop methods and algorithms for solving multi-extremal optimal control problems. Since the operation of most optimization methods depends on the choice of the initial values of the optimized parameters, it is proposed to apply the method of differential evolution. This method optimizes a set of possible solutions in the range of acceptable values of the desired parameters, the initial values of which are set randomly. The aim of the work is to develop an evolutionary algorithm for finding a solution to a multi-extremal optimal control problem. Overcoming the stuck solution in the local optimum is possible by maintaining population diversity. If the solution falls into the region of the local extremum with an insufficient set number of iterations of the algorithm, an incorrect solution can be obtained. Therefore, in order to dislodge a population from the area of the local extremum, a modification of the differential evolution method is proposed – a dynamic population size. If the population is drawn into the region of a local extremum, then its average fitness changes slightly. In this case, the vectors-individuals with the lowest fitness are removed and new individuals are added. Computational experiments have been carried out on a model optimal control problem with a non-convex reachability domain. The work of the developed evolutionary algorithm is compared with the method of variations in the control space and the algorithm of differential evolution with a constant population size. The effectiveness of the developed evolutionary algorithm in solving a multi-extremal optimal control problem is demonstrated.

**Keywords:** multi-extremal problem, nonlinear optimal control problem, differential evolution method, global extremum, evolutionary computation

**For citation:** Antipina E., Mustafina S., Antipin A. Search for a solution to a multi-extremal optimal control problem based on the evolutionary method. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.4, pp.40-50 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-4-40-50

## Введение

При решении нелинейных задач оптимального управления можно столкнуться с проблемой, связанной с многоэкстремальностью задачи. Существование локальных экстремумов может быть обусловлено невыпуклостью задачи. Традиционные оптимизационные методы (градиентные, ньютоновские, до-

пустимых направлений и др.) эффективно используются для решения выпуклых задач, в которых каждый локальный экстремум является глобальным. При применении классических методов для поиска решения многомодальных задач оптимального управления высока вероятность сходимости к локальному оптимуму. Поэтому актуальной является разра-