

УДК 681.5

Закирзянов Р. М.

## Применение модифицированного алгоритма муравьиных колоний для оптимизации структуры распределенной системы управления технологическими процессами

**1. Введение.** Современные автоматизированные системы управления технологическими процессами строятся, как правило, на базе программно-технических комплексов. Компоненты таких комплексов серийно производятся промышленностью, поэтому свойства и функциональные возможности получаемых систем управления определяются структурой комплекса технических средств.

Задача построения оптимальной структуры в основном решается эмпирически на основании опыта проектировщика. В настоящей работе рассмотрено применение метаэвристического алгоритма для решения задачи оптимизации.

**2. Описание работы.** Для решения задачи оптимизации представим структуру системы в виде дерева (ациклического графа)  $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ , где  $v \in \mathcal{V}$  – устройства (вершины графа),  $\mathcal{E}$  – ребра графа (каналы связи между устройствами). Количество уровней  $S$  в структуре задается проектировщиком и может варьироваться.

Зададим множество типов устройств  $\mathcal{U} = \{u_1, \dots, u_U\}$ , состоящее из  $U$  типов устройств. Устройство, обладающее функцией обработки информации, будем называть обработчиком. Устройство, способное только передавать информацию, будем называть ретранслятором.

Каждый тип  $u_i \in \mathcal{U}$  узла структуры характеризуется стоимостью, количеством подключаемых физических каналов, максимальным объемом памяти, вероятностью отказа, производительностью, режимом работы (1 – обработчик, 2 – ретранслятор), максимальным количеством дочерних устройств и задержкой передачи.

Также зададим множество контуров управления  $\mathcal{A} = \{a_1, \dots, a_A\}$ , состоящее из  $A$  контуров, характеризующихся количеством физических сигналов в контуре, количеством памяти, требуемым для хране-

ния всех инструкций и переменных контура, количеством инструкций в программе обработки сигналов данного контура.

Ранее [1] были определены ключевые критерии оптимизации иерархической структуры распределенной системы управления.

В модели вводится ряд ограничений, в том числе на максимальную вероятность отказа системы и максимальное время обработки контура.

Оптимальная иерархическая структура  $\mathcal{G}_0$  должна минимизировать стоимость системы при введенных ограничениях:

$$C_0 = \min_{\mathcal{G}} \sum_{v \in \mathcal{V}} C_v, \quad (1)$$

где  $C_0$  – оптимальная суммарная величина затрат на создание системы,  $C_v$  – стоимость устройства  $v$ .

Для решения данной задачи дискретной оптимизации выбран алгоритм муравьиных колоний [2], так как он достаточно хорошо кодирует задачу, представленную в виде графа. Разработана программа на языке Python, решен ряд численных примеров.

Алгоритм дает приближенное решение, однако на базе него можно сгенерировать опорное решение, которое можно улучшить, применив один из известных методов [3]. Для повышения качества результатов алгоритм был дополнен локальным поиском вблизи предполагаемого оптимума.

## Литература

1. Закирзянов Р. М. Критерии выбора оптимальной структуры распределенной системы управления технологическими процессами крупных промышленных предприятий // Математические методы в технологиях и технике. 2024. № 4. С. 17–23.
2. Штовба С. Д. Муравьиные алгоритмы: теория и применение // Программирование. 2005. Т. 31, № 4. С. 3–18.
3. Новиков Д. А., Губко М. В. Методы оптимизации структуры иерархических систем // Управление развитием крупномасштабных систем: Современные проблемы / под ред. А. Д. Цвиркуна. Том Выпуск 2. М.: Общество с ограниченной ответственностью Издательская фирма «Физико-математическая литература», 2015. С. 359–377.