

Сравнение методов решения задачи оптимизации структуры распределенной автоматизированной системы управления технологическими процессами

Приводится описание методов решения задачи оптимизации структуры распределенной системы управления технологическими процессами крупного промышленного объекта. Рассматриваются точные, приближенные методы и методы на основе машинного обучения. Производится сравнение эффективности алгоритмов оптимизации на основе известных методик.

Ключевые слова: распределенная система управления, метаэвристический алгоритм, автоматизированная система управления, структурная оптимизация.

Рассматривается задача построения оптимальной структуры распределенной системы управления технологическими процессами. Формальная постановка задачи дана в [1], [2]. Требуется построить иерархическую структуру из технических устройств с заданными характеристиками, которая бы удовлетворяла принятым ограничениям и имела бы минимально возможную стоимость.

АСУТП промышленного предприятия, как правило, имеет древовидную структуру, включающую в себя несколько уровней. Такую структуру удобно представить в виде ациклического графа, вершинами которого будут технические устройства (обработчики или ретрансляторы), а ребрами – каналы связи между ними. Принимается, что характеристики всех устройств и каналов связи известны. Для устройств задано несколько типов, каждый из которых имеет свои характеристики (вероятность отказа, быстродействие, максимальное количество подключаемых дочерних устройств и др.).

Нижний слой иерархии должен обеспечивать физическое подключение всех информационных сигналов от полевых устройств (объекта управления). При этом входящие в иерархию обработчики должны обеспечить обработку всех подключенных сигналов. Максимальное время обработки контура управления, состоящего из одного входного и одного выходного сигнала, задается в виде ограничения.

Для решения указанной задачи комбинаторной оптимизации могут быть применены различные методы решения. В работе рассматриваются точные методы, приближенные методы, основанные на метаэвристических алгоритмах оптимизации [3], и методы на основе машинного обучения.

Для изучения возможности решения задачи каждым из указанных методов было разработано программное обеспечение. Решен ряд численных примеров, исходные данные для которых выбирались на основе характеристик серийно выпускаемых промышленностью современных технических средств АСУТП.

При сравнении эффективности методов решения оценивались сходимость алгоритма, время нахождения решения на одном и том же аппаратном обеспечении, количество итераций (для приближенных методов), отклонение, а также специализированные предлагаемые в литературе тесты [4].

Наибольшую эффективность показали метаэвристический алгоритм муравьиных колоний [5], дополненный локальным поиском, а также обучение с подкреплением.

Литература:

1. Закирзянов Р. М. Критерии выбора оптимальной структуры распределенной системы управления технологическими процессами крупных промышленных предприятий / Р. М. Закирзянов // Математические методы в технологиях и технике. – 2024. – № 10. – С. 17-23.
2. Закирзянов Р. М. Применение метаэвристических алгоритмов для оптимизации структуры промышленной системы управления / Р. М. Закирзянов // VI Международная научная конференция по проблемам управления в технических системах (ПУТС-2025). Сборник докладов. Санкт-Петербург. 26 – 28 сентября 2025 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2025. – С. 35-37.
3. Гладков Л. А. Интеллектуальные системы: модели и методы метаэвристической оптимизации / Л. А. Гладков, Ю. А. Кравченко, В. В. Курейчик, С. И. Родзин. – Чебоксары: ООО «Издательский дом «Среда», 2024. – 228 с.
4. Ahmed Shaban A., Almufti S. M., Asaad R. R. Metaheuristic Algorithms for Engineering and Combinatorial Optimization: A Comparative Study Across Problems Categories and Benchmarks // International Journal of Scientific World. 2025. Vol. 11, No. 2, pp. 38–49. doi:10.14419/0hndc578
5. Титов, Ю. П. Применение метода муравьиных колоний для решения параметрических задач аэрокосмической отрасли / Ю. П. Титов, В. А. Судаков // Труды МАИ. – 2025. – № 142.