

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ПОПУЛЯЦИОННЫХ МЕТОДОВ ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И МЕТАЭВРИСТИК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ДАННЫХ

В настоящее время, в эпоху четвертой цифровой революции, в индустриях различного рода возросла актуальность задач вычислительного моделирования, оптимизации и анализа данных. Большое количество задач моделирования производственных и экономических процессов сводится к задачам поиска глобального оптимума на пространстве параметров моделей. Существует большое множество алгоритмов поиска оптимума, но по известной No Free Lunch теореме [1], не существует такого алгоритма, который решает задачи поиска параметров эффективнее, чем другие алгоритмы для задач моделирования различных классов.

Для решения различных задач предлагаются не только новые алгоритмы, но и модификации существующих алгоритмов, которые повышают эффективность поиска решения для конкретной задачи. Целью данной работы является проектирование и анализ метаэвристик, которые были бы одновременно применимы для различных поисковых алгоритмов в решении задач вычислительного моделирования.

Ранее было показано [2], что кооперативные модификации оптимизационных алгоритмов превосходят по эффективности свои стандартные аналоги. Поэтому в [3] был представлен кооперативный параллельный алгоритм многокритериальной оптимизации, который позже был успешно применен для решения задач идентификации линейных динамических систем [3]. Однако наряду с объединением нескольких эвристик, эффективной модификацией стохастического популяционного алгоритма является разработка оператора перезапуска, который помогает бороться со стагнацией и попаданием алгоритма в локальные оптимумы [4].

В рамках данного проекта был разработан и протестирован оператор перезапуска для многокритериальных эволюционных алгоритмов. На примере алгоритмов Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA II) и Multi-objective Evolutionary Algorithm Based on Decomposition (MOEA) было показано, что включение оператора перезапуска в схему алгоритма в большинстве случаев позволяет повысить качество получаемых решений. Результаты тестирования были получены для множества задач международного соревнования CEC2009 [5] и оценены с помощью метрики IGD, выражающей расстояние между истинным и найденным решением [6].

Далее, оператор перезапуска был внедрен в программную систему идентификации линейных динамических систем, основанную на применении эволюционных алгоритмов. На тестовых задачах было продемонстрировано, что алгоритмы с метаэвристикой перезапуска позволяют генерировать более точные модели линейных динамических систем, однако возникает необходимость настройки ряда дополнительных параметров [7].

Учитывая эффективность кооперативных алгоритмов и оператора перезапуска, был разработан подход, объединяющий данные метаэвристики, для решения задачи идентификации нелинейной динамической системы. В данном эксперименте осуществлялась идентификация

каскадной системы с четырьмя переменными. В целом такие системы часто описывают процессы в биологии и физиологии. Важно, что благодаря объединению метаэвристик, удалось превзойти другие известные решения при идентификации параметров системы [8].

В настоящий момент также ведется разработка подхода, основанного на внедрении алгоритмов кластеризации для реализации интеллектуального управления поиском. Как показали предварительные результаты тестирования данного подхода на задачах идентификации динамических систем, применение операторов эволюционного поиска к отдельным кластерам позволяет избежать генерирования неустойчивых решений, и, как следствие, повысить точность проектируемых моделей.

Список литературы

1. Wolpert D. H., Macready W. G. No Free Lunch Theorems for Optimization // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 1997. Vol. 1. No. 1. P. 67–82.
2. Brester Ch., Ryzhikov I., Semenko E., Kolehmainen M. On Island Model Performance for Cooperative Real-Valued Multi-objective Genetic Algorithms // ICSI (1). 2018. P. 210–219.
3. Ryzhikov I., Brester Ch., Semenko E., Kolehmainen M. Multi-objective Evolutionary Approach in the Linear Dynamical System Inverse Modeling // IJCCI 2018. P. 281–288.
4. Ryzhikov I., Semenko E., Panfilov I. Evolutionary optimization algorithms for differential equation parameters, initial value and order identification // ICINCO. 2016. Vol. 1. P. 168–176.
5. Zhang Q., Zhou A., Zhao S., Suganthan P.N., Liu W., Tiwari S. Multi-objective optimization test instances for the CEC 2009 special session and competition // University of Essex and Nanyang Technological University. Tech. Rep. CES-487. 2008.
6. Brester Ch., Ryzhikov I., Semenko E., Kolehmainen M. On a Restart Metaheuristic for Real-valued Multi-objective Evolutionary Algorithms // GECCO (Companion). 2019. P. 197–198.
7. Ryzhikov I., Brester Ch. Restart operator for optimization heuristics in solving linear dynamical system parameter identification problem // IJCCI. 2019. P. 252–258.
8. Brester Ch., Ryzhikov I., Semenko E., Kolehmainen M. Nonlinear dynamic system identification with a cooperative population-based algorithm featuring a restart metaheuristic // IWMMMA. 2019. На рецензировании.