

DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-5-65-87

Направления гибридизации алгоритмов роевого интеллекта и нечеткой логики для решения оптимизационных задач в социально-экономических системах

О. В. Булыгина^{1}, Д. Д. Ярцев², Н. Н. Прокимнов³, Е. К. Верейкина⁴*

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

²Росинформагротех, Московская область, Россия

³Университет «Синергия», Москва, Россия

⁴Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

*baguzova_ov@mail.ru

Аннотация. Эффективное функционирование сложных социально-экономических систем в условиях неопределенности невозможно без решения многих задач поддержки принятия управленческих решений. В число таковых входят повышение качества выпускаемой продукции, снижение производственных затрат, обеспечение энерго- и ресурсосбережения, сокращение транспортных расходов, увеличение надежности цепи поставок, формирование сбалансированного портфеля проектов и другие. Их математическая постановка в типичном случае требует поиска глобального экстремума целевой функции, в случае многокритериальной постановки – проведения свертки критериев, что должно выполняться с учетом различных ограничений. При этом поиск оптимального решения обычно необязателен, и результат, близкий к таковому, считается приемлемым. К одним из наиболее востребованных методов решения задач в этой облегченной постановке принадлежат стохастические методы, позволяющие получить решение за время в 10^2 – 10^3 раз меньшее времени выполнения алгоритмов на основе полного перебора. Особый интерес в последнее время проявляется к метаэвристическим методам, которые вдохновлены кооперативным поведением децентрализованной самоорганизующейся колонии живых организмов (пчел, муравьев, бактерий, кукушек, волков и т. п.) для достижения определенных целей – как правило, для удовлетворения пищевых потребностей. Согласно относительно недавно доказанной теореме «об отсутствии бесплатных обедов», универсального алгоритма, способного давать лучшие результаты независимо от решаемой проблемы, не существует, по причине чего направление усилий разработчиков смещается в сторону создания и совершенствования специализированных алгоритмов. Настоящая работа преследует цель установления подходов к конструированию методов, базирующихся на алгоритмах роевого интеллекта и нечеткой логики. На основе их классификации и анализа предложены возможные направления развития алгоритмов роевого интеллекта на различных шагах их выполнения (инициации популяции, миграции особей, оценки качества и отсева неперспективных решений) путем введения элементов нечеткости для повышения их эффективности при решении задач многомерной оптимизации параметров сложных социально-экономических систем.

Ключевые слова: стохастическая оптимизация, метаэвристический подход, бионспирированные алгоритмы, роевой интеллект, коэволюция, нечеткая логика

Для цитирования: Булыгина О. В., Ярцев Д. Д., Прокимнов Н. Н., Верейкина Е. К. Направления гибридизации алгоритмов роевого интеллекта и нечеткой логики для решения оптимизационных задач в социально-экономических системах // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 5. С. 65–87. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-5-65-87

Directions of hybridization of swarm intelligence and fuzzy logic algorithms for solving optimization problems in socio-economic systems

O. Bulygina^{1*}, D. Yartsev², N. Prokimnov³, E. Vereikina⁴

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

²Rosinformagrotech, Moscow region, Russia

³Synergy University, Moscow, Russia

⁴National Research University "MPEI", Moscow, Russia

*baguzova_ov@mail.ru

Abstract. Effective functioning of complex socio-economic systems in conditions of uncertainty is impossible without solving many problems of supporting management decision-making. These include improving the quality of manufactured products, reducing production costs, ensuring energy and resource conservation, reducing transportation costs, increasing the reliability of the supply chain, forming a balanced portfolio of projects, and others. Their mathematical formulation in a typical case requires searching for a global extremum of the objective function; in the case of a multi-criteria formulation, it involves convolutions of criteria that must be met taking into account various constraints. In this case, finding an optimal solution is usually not necessary, and a result close to it is considered acceptable. Some of the most popular methods for solving problems in this simplified formulation include stochastic methods, which allow us to obtain a solution in 10^2 – 10^3 times less time than the execution time of algorithms based on exhaustive search. Of particular interest recently has been metaheuristic methods, which are inspired by the cooperative behavior of a decentralized self-organizing colony of living organisms (bees, ants, bacteria, cuckoos, wolves, etc.) to achieve certain goals, usually to satisfy food needs. According to the relatively recently proven "no free lunch" theorem, there is no universal algorithm capable of producing better results regardless of the problem being solved. For this reason, the focus of developers' efforts is shifting toward creating and improving specialized algorithms. This paper aims to establish approaches to constructing methods based on swarm intelligence and fuzzy logic algorithms. Based on their classification and analysis, possible directions for the "development" of swarm intelligence algorithms at various stages of their implementation (initiation of a population, migration of individuals, quality assessment and screening of unpromising solutions) are proposed by introducing elements of fuzziness to increase their efficiency in solving problems of multidimensional optimization of parameters of complex socio-economic systems.

Keywords: stochastic optimization, metaheuristic approach, bio-inspired algorithms, swarm intelligence, coevolution, fuzzy logic

For citation: Bulygina O., Yartsev D., Prokimnov N., Vereikina E. Directions of hybridization of swarm intelligence and fuzzy logic algorithms for solving optimization problems in socio-economic systems. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.5, pp.65-87 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-5-65-87

Введение

Активное развитие программных, аппаратных и технических ИКТ-средств стало мощным импульсом для исследований, направленных на соз-

дание средств поддержки принятия решений по управлению сложными системами различной природы (социально-экономических, технических, физических и т. п.). Анализ многообразия постановок