

Конструирование экономико-математических моделей многокритериальной оптимизации на основе гибридных метаэвристик

О.В. Булыгина^{1*}

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

^{*}baguzova_ov@mail.ru

Аннотация. В процессе построения и управления социально-экономическими системами может возникать множество задач, требующих нахождения оптимальных решений. Применение традиционных методов детерминированного поиска ограничено наличием нелинейных взаимосвязей между элементами, конфликтных интересов агентов, жестких и мягких ограничений, неконтролируемых факторов внешней среды. Для таких задач рекомендуется использовать стохастические методы, учитывающие случайный характер переменных в целевых функциях и ограничениях, которые способны находить приемлемые решения за приемлемое время даже в условиях информационной неопределенности. В последние годы существенное развитие получили популяционные метаэвристики, одновременно исследующие несколько решений. Интерес к этим методам обусловлен их пригодностью для невыпуклых пространств решений, отсутствием требований к виду целевой функции, возможностью учета жестких и мягких ограничений, а также высокой сходимостью. Однако согласно теореме об отсутствии бесплатных обедов, не существует метаэвристики, способной решать любые оптимизационные задачи. В статье показано, что выбор конкретного алгоритма базируется на концептуальной и математической постановках задачи оптимизации и особенностях реализации поисковых операций. Несмотря на предметную независимость и высокую гибкость, на практике такие алгоритмы не обеспечивают получения приемлемых результатов при их использовании в каноническом виде. В таких ситуациях следует их модифицировать под специфику решаемой задачи. В статье предложено для учета неопределенности (неполноты, неточности, недостоверности, неоднозначности) поступающих данных проводить гибридизацию выбранной метаэвристики с разными методами нечеткой логики, используемыми для идентификации, оценки и агрегирования информационных НЕ-факторов. Также в статье сформулированы рекомендации по выбору подхода к редукции множества критериев оптимизации для случая многоцелевых задач. Применение гибридных алгоритмов, построенных на основе методов нечеткой логики и роевого интеллекта, позволит повысить устойчивость и достигнуть адекватности оптимизационных моделей.

Ключевые слова: многокритериальная оптимизация, популяционные метаэвристики, роевой интеллект, нечеткая логика, НЕ-факторы, гибридизация

Для цитирования: Булыгина О.В. Конструирование экономико-математических моделей многокритериальной оптимизации на основе гибридных метаэвристик // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 3. С. 66–84. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-3-66-84

Constructing economic and mathematical models of multicriteria optimization based on hybrid metaheuristics

O. Bulygina^{1*}

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

*baguzova_ov@mail.ru

Abstract. Many problems requiring finding optimal solutions may arise in the process of building and managing socio-economic systems. The use of traditional methods of deterministic search is limited by the presence of nonlinear relationships between elements, conflicting interests of agents, hard and soft constraints, and uncontrollable environmental factors. For such problems, it is recommended to use stochastic methods that take into account the random nature of variables in the objective functions and constraints, which are capable of finding acceptable solutions in an acceptable time even under conditions of information uncertainty. In recent years, population metaheuristics, which simultaneously explore several solutions, have undergone significant development. Interest in these methods is due to their suitability for non-convex solution spaces, the absence of conditions on the type of the objective function, the ability to take into account hard and soft constraints, and high convergence. However, according to the no free lunch theorem, there is no metaheuristic that can solve all optimization problems. The article shows that the choice of a specific algorithm is based on the conceptual and mathematical formulation of the optimization problem and the specifics of the implementation of search operations. Despite their subject independence and high flexibility, in practice such algorithms do not provide acceptable results when used in their canonical form. In such situations, they should be modified to suit the specifics of the problem being solved. The article proposes to take into account uncertainty (incompleteness, inaccuracy, unreliability, ambiguity of incoming data) by hybridizing the selected metaheuristics with different methods of fuzzy logic used for identification, evaluation and aggregation of information NON-factors. The article also formulates recommendations for choosing an approach to reducing the set of optimization criteria for the case of multi-objective problems. The use of hybrid algorithms built on the basis of fuzzy logic and swarm intelligence methods will improve the stability and achieve the adequacy of optimization models.

Keywords: multi-criteria optimization, population metaheuristics, swarm intelligence, fuzzy logic, NON-factors, hybridization

For citation: Bulygina O. Constructing economic and mathematical models of multicriteria optimization based on hybrid metaheuristics. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.3, pp.66-84 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-3-66-84

Введение

Динамичное развитие социально-экономических и технических систем, функционирующих в условиях нестабильности внешнего окружения, приводит к необходимости использования современных методов ма-

тематического моделирования для выработки эффективных управленческих решений. Благодаря их практическому применению у исследователей появляется возможность не проводить сложные, длительные, дорогостоящие и порой опасные эксперименты на реальных объектах (си-