

Жадная эвристика размещения ортогональных многогранников для оптимизированного решения задач компоновки объектов нерегулярной формы

В.А. Чеканин^{1,2*}, А.В. Чеканин¹

¹Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия

²Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, Москва, Россия
*vladchekanin@rambler.ru

Аннотация. В статье рассматриваются задачи фигурного раскроя и упаковки объектов нерегулярной формы, заключающиеся в поиске наиболее компактного способа размещения заданного набора объектов произвольной геометрии внутри некоторого ограниченного пространства. Эти задачи относятся к классу NP-трудных задач дискретной оптимизации, для которых отсутствуют методы полиномиальной сложности для получения точных решений, поэтому на практике наиболее часто они решаются приближенно с помощью эвристических и метаэвристических методов оптимизации. При компоновке объектов нерегулярной формы дополнительно необходимо учитывать их геометрию для определения корректности размещения объектов относительно друг друга. Существующие методы анализа геометрии объектов и формируемой упаковки, основанные на применении ϕ -функций и построении годографа вектор-функции плотного размещения, теоретически обеспечивают возможность получения точного решения, однако требуют применения трудоемких методов нелинейной оптимизации. Поэтому с целью повышения скорости компоновки большого числа объектов нерегулярной формы реализовано преобразование их формы посредством вокселизации с последующим объединением полученного набора вокселей в ортогональные многогранники. Для повышения качества получаемых решений в работе предлагается жадная эвристика размещения ортогональных многогранников, реализующая выбор наилучшего варианта ориентации размещаемого объекта, при котором формируемая компоновка будет наиболее плотной в сравнении с прочими доступными вариантами ориентации этого объекта. Проведен анализ эффективности жадной эвристики размещения на задачах плоского фигурного раскроя и упаковки трехмерных объектов нерегулярной формы. Вычислительные эксперименты показали, что предложенная жадная эвристика обеспечивает очень быстрое получение решений высокого качества. Дополнительно представлены результаты тестирования жадной эвристики размещения при использовании генетического алгоритма для оптимизации решений задачи компоновки.

Ключевые слова: задачи раскроя и упаковки, вокселизация, ортогональный многогранник, жадная эвристика, генетический алгоритм

Для цитирования: Чеканин В.А., Чеканин А.В. Жадная эвристика размещения ортогональных многогранников для оптимизированного решения задач компоновки объектов нерегулярной формы // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 4. С. 26–39. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-4-26-39

Greedy heuristic of orthogonal polyhedra placement for optimized solution of irregular shape object packing problems

V. Chekanin^{1,2*}, A. Chekanin¹

¹Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia

²V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

*vladchekanin@rambler.ru

Abstract. The article deals with the cutting and packing problems of irregular shape objects, which consist in finding the most compact way to place a given set of objects of arbitrary geometry inside a certain limited space. These problems belong to the class of NP-hard discrete optimization problems for which there are no methods of polynomial complexity to obtain exact solutions, so in practice they are most often solved approximately using heuristic and metaheuristic optimization methods. When placing objects of irregular shape, it is additionally necessary to take into account the geometry of objects to determine the correctness of their placement relative to each other. Existing methods of analyzing the geometry of objects and the formed placement scheme, based on the use of phi-functions and the construction of a hodograph of a vector function of dense placement, theoretically provide the possibility of obtaining an accurate solution, but require the use of time-consuming methods of nonlinear optimization. Therefore, in order to increase the speed of packing a large number of irregular-shaped objects, their shape is transformed by voxelization, followed by combining the resulting set of voxels into orthogonal polyhedra. To improve the quality of the solutions obtained, the paper proposes a greedy heuristic for the placement of orthogonal polyhedra, which implements the choice of the best orientation option for the object being placed, in which the formed packing will be the densest in comparison with other available orientation options for this object. The analysis of the effectiveness of this greedy heuristic on the problems of irregular cutting and packing of three-dimensional objects is carried out. Computational experiments have shown that the proposed greedy heuristic provides very fast high-quality solutions. Additionally, the results of testing the greedy placement heuristics using a genetic algorithm to optimize solutions to the packing problem are presented.

Keywords: cutting and packing problems, voxelization, orthogonal polyhedron, greedy heuristic, genetic algorithm

For citation: Chekanin V., Chekanin A. Greedy heuristic of orthogonal polyhedra placement for optimized solution of irregular shape object packing problems. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2023, vol.18, no.4, pp.26-39 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-4-26-39

Введение

Задачи фигурного раскроя и компоновки объектов сложной геометрии являются оптимизационными задачами раскроя-упаковки, которые заключаются в поиске схемы наиболее компактного размещения заданного набора объектов в ограниченном пространстве. Необходимость получения опти-

мизированной по плотности схемы размещения объектов нерегулярной формы возникает при решении многих реальных задач оптимизации распределения ресурсов в различных отраслях промышленности. Среди наиболее распространенных задач, сводящихся к задачам фигурного раскроя и нерегулярной упаковки, можно выделить задачи промышленного раскроя материалов, компоновки деталей