

# Методы формирования ортогональных многогранников для задач раскроя и упаковки объектов произвольной геометрии

В. А. Чеканин<sup>1,2\*</sup>, А. В. Чеканин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия*

<sup>2</sup> *Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук, Москва, Россия*

\* *vladchekanin@rambler.ru*

**Аннотация.** В статье рассматривается задача упаковки объектов произвольной геометрии. Современные методы конструирования нерегулярной упаковки используют математическую модель размещения объектов на базе  $\rho$ -функций и годографа вектор-функции плотного размещения. Эти методы позволяют получать точные решения, однако в то же время являются трудоемкими и очень чувствительными к размерности решаемой задачи и степени детализации геометрии векторных объектов. Использование дискретного представления размещаемых объектов в виде ортогональных многогранников позволяет существенно повысить скорость построения упаковки, что делает актуальной задачу адекватного преобразования формы размещаемых объектов (векторных моделей в двумерном случае и полигональных моделей в трехмерном случае). Целью исследования является систематизация методов, обеспечивающих формирование ортогональных многогранников различной размерности для описания объектов и контейнеров произвольной геометрии. Рассмотрены методы создания ортогональных многогранников на основе теоретико-множественных операций, аналитического моделирования и вокселизации. Применение теоретико-множественных операций наилучшим образом подходит для ручного создания ортогональных многогранников, характеризующихся относительно несложной геометрией. Метод аналитического моделирования предназначен для формирования вокселизированных объектов набором аналитически заданных функций. Показано применение различных операций отношения для получения ортогональных многогранников, описывающих контур, внутреннюю и внешнюю области аналитических заданных объектов. Предложен алгоритм создания контейнера в виде ортогонального многогранника на основе заданной векторной модели. Все представленные методы программно реализованы с обобщением по размерности и применимы для решения любых типов задач раскроя и упаковки.

**Ключевые слова:** ортогональный многогранник, ортогональный объект, задачи раскроя и упаковки, теоретико-множественные операции, вокселизация

**Для цитирования:** Чеканин В. А., Чеканин А. В. Методы формирования ортогональных многогранников для задач раскроя и упаковки объектов произвольной геометрии // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 3. С. 84–96. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-3-84-96

# Methods of forming orthogonal polyhedra for cutting and packing objects of complex geometry

V. Chekanin<sup>1,2\*</sup>, A. Chekanin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia

<sup>2</sup> V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

\* vladchekanin@rambler.ru

**Abstract.** The article deals with the problem of packing objects of arbitrary geometry. Modern methods of designing irregular packing schemes use a mathematical model based on phi-functions and a hodograph vector function of dense placement. These methods make it possible to obtain exact solutions, but they are time-consuming and very sensitive to the dimension of the problem being solved and the degree of detail of the geometry of vector objects. The use of a discrete representation of placed objects in the form of orthogonal polyhedra can significantly increase the speed of construction a packing, which makes the problem of adequately transforming the shape of placed objects (vector models in the two-dimensional case and polygonal models in the three-dimensional case) relevant. The aim of the study is to systematize methods that provide the formation of orthogonal polyhedra of various dimensions for describing objects and containers of arbitrary geometry. Methods for creating orthogonal polyhedra based on set-theoretic operations (addition, subtraction and intersection), analytical modeling using a set of functions and relational operators, as well as voxelization of flat and volumetric object models are considered. The use of set-theoretic operations is best suited for the manual creation of orthogonal polyhedra with relatively simple geometry. The method of analytical modeling is intended for the formation of voxelized objects based on geometric figures described by a set of analytically specified functions. The application of various relational operators to obtain orthogonal polyhedra that describe the contour, internal and external regions of analytical given objects is shown. An algorithm for creating a container in the form of an orthogonal polyhedron based on a given vector model is proposed, which makes it possible to solve problems of irregular packing of objects inside containers of arbitrary shape. All the methods presented in the article are programmatically implemented with a generalization in terms of dimension and are applicable to solving any types of cutting and packing problems.

**Keywords:** orthogonal polyhedron, orthogonal object, cutting and packing problems, set-theoretic operations, voxelization

**For citation:** Chekanin V., Chekanin A. Methods of forming orthogonal polyhedra for cutting and packing objects of complex geometry. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.3, pp.84-96 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-3-84-96

## Введение

Задачи раскроя и упаковки заключаются в поиске наиболее рациональной схемы размещения (компоновки) заданных объектов в ограниченном объеме. Задачи оптимизированного размещения объектов, представленных базовыми геометрическими фигурами

(отрезками, прямоугольниками, параллелепипедами), являются классическими NP-трудными задачами дискретной оптимизации, методы решения которых непрерывно развиваются на протяжении более восьмидесяти лет [1]. Очевидно, что при размещении объектов нерегулярной формы сложность реше-