УДК 519.85

А.В.Карташов, К.П. Коробчинский
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»

Информационные технологии компоновочного синтеза логистических систем

В докладе рассматривается класс логистических систем, в которых необходимо решать задачу компоновки объектов, имеющих сферическую пространственную форму. Вопросам математического моделирования и методам решения таких задач посвящено большое число публикаций. Достаточно полный обзор различных постановок задач упаковки объектов сферической формы представлен в работе [1]. Современные подходы к решению задач освещены в [2-6]. В докладе излагается подход к построению новой математической модели задач упаковки шаров в контейнеры, использующий идею искусственного расширения пространства переменных. На основе предлагаемого подхода рассматриваются информационные технологии обработки геометрической информации об объектах, вопросы распараллеливания вычислений при реализации оптимизационных методов решения задач, проблемы визуализации полученных результатов.

Рассмотрим задачу упаковки шаров в контейнеры. Пусть задано множество шаров $S_1, S_2, \ldots, S_n$ с фиксированными радиусами $r_1^0, r_2^0, \ldots, r_n^0$ соответственно и некоторый контейнер $K(\mu)$, где $\mu = (\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_s)$- вектор линейных параметров (размеров) контейнера. Требуется разместить шары $S_1, S_2, \ldots, S_n$ в контейнере $K(\mu)$ таким образом, чтобы они попарно не пересекались и располагались внутри контейнера. При этом параметры μ контейнера $K(\mu)$ определяют некоторый критерий качества размещения объектов, представляющий собой фукцию от этих параметров.

Математическая модель задачи может быть представлена в следующем виде: найти такие параметры размещения $p^i = \left(x_i, y_i, z_i\right)$ шаров $S_i,\ i \in J_n$ и метрические параметры $\mu = (\mu_1, \mu_2, \ldots, \mu_s)$ контейнера $K(\mu)$, что

$$F\left(\mu\right) \to extr \qquad (1)$$

при ограничениях

$$\Phi_{ij}\left(p^i, p^j\right) \geq 0,\ i \in J_n,\ j \in J_n,\ i < j, \qquad (2)$$

$$\Phi_{0i}\left(p^i, \mu\right) \geq 0,\ i \in J_n, \qquad (3)$$

где неравенства (2),(3) задают соответственно условия непересечения объектов $S_i(p^i)$ и $S_j(p^j)$ и их размещения в области $K(\mu)$. Поскольку размещаемые объекты являются шарами, то

$$\Phi_{ij}(p^i, p^j) = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2 - (r_i + r_j)^2$$

а функции $\Phi_{0i}\left(p^i,\mu\right)$, $i\in J_n$ определяются в зависимости от формы области $K(\mu)$. Такие выражения выписаны для различных контейнеров в [5,6]. Задача (1)-(3) рассматривается в пространстве *3n+s* переменных $x_i, y_i, z_i, \mu_j, i\in J_n, j\in J_s$. В силу *NP*-трудности задачи существующие методы позволяют находить лишь локальные решения или приближения к ним.

В докладе предлагается эквивалентная модель задачи , на основании которой описываются новые подходы, позволяющие улучшать полученные локальные решения. В основу положены исследования, связанные с выделением комбинаторной структуры задач размещения геометрических объектов [7]. При этом используется идея введения дополнительных переменных, которыми являются радиусы шаров. Одними из первых эту идею реализовали для алгоритма JA (Jump Algorithm) [8].

Эффективность такого подхода подтверждается большим числом численных экспериментов.

Библиографические ссылки

1. Hifi M., M'Hallah R. A literature Review on Circle and Sphere Packing Problems:Model and Methodologies//Advances in Optimization Research. – Vol. 2009. – 2009.
2. Liu J., Yao Y., Zheng Yu., Geng H., Zhou G. An Effective Hybrid Algorithm for the Circles and Spheres Packing Problems // Combinatorial Optimization and Applications. Lecture Notes in Computer Science. – 2009. – Vol. 5573. – P. 135–144.
3. Sutou A., Day Y. Global optimization approach to unequal sphere packing problems in 3D // Journal of Optimization Theory and Applications. – 2002. – 114(3). – P. 671–694.
4. Wang J. Packing of Unequal Spheres and Automated Radiosurgical Treatment Planning, Journal of Combinatorial Optimization, 1999, Vol. 3, pp. 453–463.
5. Stoyan Yu., Yaskov. G. Packing unequal circles into a strip of minimal length with a jump algorithm,Optimization Letters, 2014, Vol.8(3), p. 949-970.
6. Stoyan, Yu., Yaskov, G., Scheithauer G. Packing of Various Solid Spheres into a Parallelepiped // Central European Journal of Operational Research. – 2003. – 11(4). – P. 389–407.
7. Яковлев С.В. О комбинаторной структуре задач оптимального размещения геометрических объектов // Доповіді НАН України. Сер.Інформатика.- 2017, №9, с. 26-32.
8. Stoyan Yu. G., Scheithauer G., Yaskov. G. N. Packing Unequal Spheres into Various Containers // Cybernetics and Systems Analysis, 2016 , 52(3),·pp 419–426.