

Рис. 1

### Перспективы

Прогнозирование доступных вычислительных ресурсов позволит выбирать целевое окружение для задачи с целью быстрого получения результатов, а также покажет, как долго конкретная задача может выполняться в целевом окружении. Практический результат также может быть получен и в области Desktop Grid систем, он позволит оценить надёжность определённой сети для расчётов с определённым дедлайном.

### Литература

1. Шурыгин А.М. Математические методы прогнозирования [Текст] / А.М. Шурыгин, М.: Горячая линия – Телеком, 2009.
2. Wolski R. Implementing a Performance Forecasting System for Meta-computing: The Network Weather Service [Текст]/ R. Wolski, N. Spring, C. Peterson, Proceedings of the ACM/IEEE SC97 Conference (SC'97), - 1997.
3. Wolski R Experiences with predicting resource performance on-line in computational grid settings [Текст] / R. Wolski, ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, Volume 30 Issue 4, March 2003, С. 41 - 49 - 2003.

М.А. Верхотуров, К.В. Данилов

## УПАКОВКА СЛОЖНЫХ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ КОНТЕЙНЕР НА БАЗЕ ДИСКРЕТНО-ЛОГИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### 1 Введение

Исследование жизненного цикла сложных изделий в различных отраслях промышленности показывает, что многие из этапов этого цикла связаны с ре-



шением задач размещения. Эти процессы являются важными с точки зрения экономии ресурсов, а также сложными для принятия решений. Нахождение оптимального или близкого к нему решения позволяет существенно сократить расход различных ресурсов и понизить себестоимость продукции.

## 2 Постановка задачи

Имеется набор трёхмерных геометрических объектов (ГО)  $T=(T_1, \dots, T_n)$ , представленных в виде многогранников и область упаковки  $Q$  - параллелепипед  $Q=(L, W, H)$ , где  $L$  - длина,  $W$  - ширина - константы, высота  $H$  - переменная величина.

Упаковкой называется такой набор параметров размещения объектов, при котором никакие два объекта не пересекаются между собой, и все объекты находятся внутри области размещения.

Требуется найти упаковку с таким набором параметров размещения, который бы максимизировал плотность объектов  $T$  в области размещения  $Q$ .

## 3 Подходы к решению задачи

В данной постановке эта проблема является сложной задачей оптимизационного геометрического моделирования в пространстве высокой размерности с невыпуклой и несвязной областью допустимых решений.

Её можно рассматривать как задачу дискретной оптимизации, если использовать принцип пообъектного размещения, где на каждом шаге производят некоторые геометрические преобразования (изменение координат размещения и угла поворота объекта в области) каждого из них. В этом случае используются методы «моделирования геометрических преобразований» [1].

Процесс нахождения решения в этом случае состоит из выполнения следующих процедур:

1. Внешняя (оптимизационная) процедура – операции с приоритетным списком:

- формирование последовательности размещаемых объектов;
- изменение последовательности размещенных объектов.

2. Внутренняя (геометрическая) процедура – операции с объектами, соответствующими номерам в приоритетном списке:

- представление объектов в дискретно-логическом пространстве;
- моделирование движения объектов;
- выбор, согласно некоторому критерию, точки размещения;
- занесение объекта в область (изменение области размещения).

В данной работе для внешней процедуры предполагается одноразовое формирование приоритетного списка размещаемых объектов по какому-то из признаков, характеризующих исходные объекты (например, объем).

Одним из наиболее применяемых методов внутренней процедуры является подход, основанный на моделировании движения объектов в области размещения с учетом их взаимного непересечения. Он базируется на понятии графа функции плотного размещения (ГФПР), при этом дискретно-логическое



представление информации (ДЛПИ) позволяет строить ГФПР с различной точностью  $R$ .

### 3.1 Построение ГФПР размещаемого объекта относительно размещенных объектов и внешности области размещения

Существует несколько вариантов схемы построения ГФПР размещаемого объекта при упаковке[2]:

1. Предварительная. ГФПР всех объектов между собой и с областью рассчитываются перед началом этапа размещения (рис.1а). После занесения объекта в область все относящиеся к нему ГФПР смещаются в соответствии с его параметрами размещения.

2. Интегральная. ГФПР размещаемого объекта и области рассчитывается с учетом того, что все ранее размещенные объекты считаются ее частью (рис. 1б).

3. Динамическая. Строятся ГФПР размещаемого объекта относительно каждого из уже упакованных и области упаковки. В каждом ГФПР определяется та часть, размещение упаковываемого объекта в которой удовлетворяет условиям упаковки (рис. 1в).

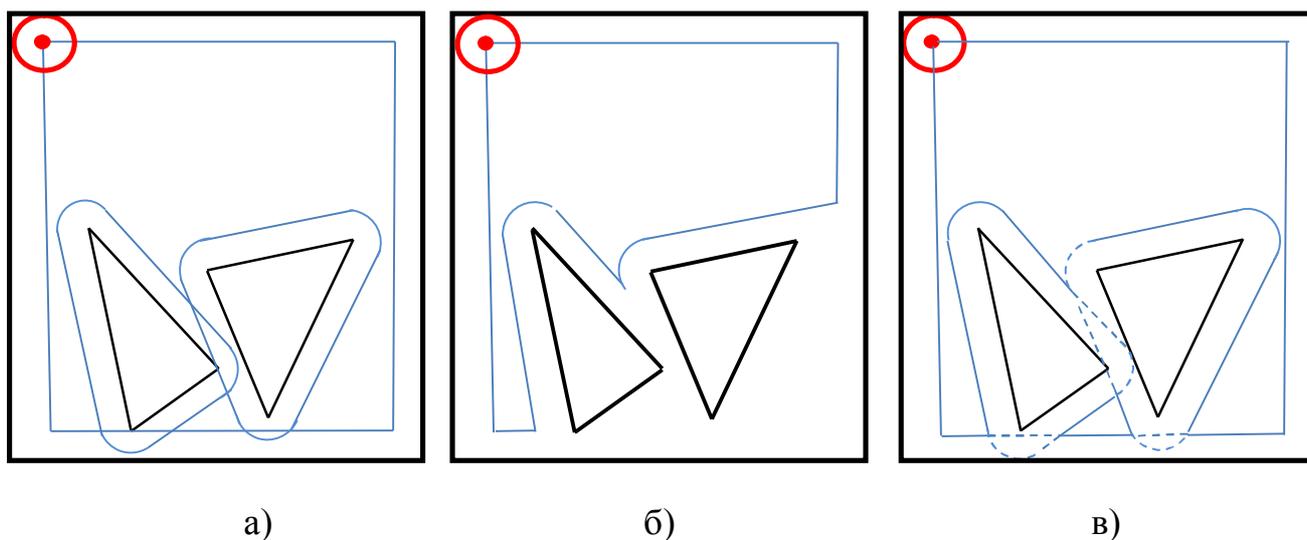


Рис. 1. Схема построения ГФПР для плоского случая.

Моделирование движения упаковываемого объекта путём построения ГФПР зависит от выбранного пространства (непрерывное или дискретное).

На базе дискретно-логического представления информации возможны различные варианты построения ГФПР, которые зависят от следующих характеристик[1]:

- связность границ ГО (6-ти, 18-ти и 26-ти связные для 3-D объектов);
- касание границ ГО и области упаковки (плотное и неплотное);
- выбор направления движения ГО.

### 3.2 Выбор направления движения ГО при построении ГФПР

Рассмотрим несколько вариантов выбора направления движения:

- Метод анализа точек касания [1] – на каждом шаге определяется, каким образом размещаемый объект соприкасается с областью размещения и в зависимости от ситуаций выбирается направление движения. Данный метод под-



ходит для непрерывного пространства, где объекты представлены в виде примитивов (полигоны, ребра, и т.д.).

- Правило “правой руки” – метод выбора направления движения при построении годографа в 2-ух мерном пространстве. ГО движется вдоль границы (области размещения или уже упакованных ГО) так, чтобы граница постоянно была с правой стороны. Таким образом, ГО никогда не отрывается от границы (все время с ней соприкасается). Этот метод применим только для дискретного пространства.

Из рассмотренных был выбран метод «правой руки», а также он был модифицирован для построения ГФПР в 3-D пространстве.

#### 4 Результаты вычислительного эксперимента

Для оценки эффективности разработанного подхода были использованы наборы входных данных из статей Стояна Ю.Г.[4] и Ягудина Р.Р.[3]

Примеры №1-4. Задан набор из 20, 30, 40 и 50 многогранников соответственно, по 2 каждого типа. Основание зоны упаковки имеет ширину 30 и длину 35. Результат – Таблица №1. Сравнивать будем по 2-ум параметрам: время упаковки T[с.] и плотность упаковки C[%].

Из Таблицы №1 видно, что практически во всех примерах плотность упаковки наилучшая у метода «Первый подходящий с упорядочиванием + ЛП» и «GRASP с ЛП» из [3]. Плотность упаковки объектов, полученная с помощью подхода, разработанного в данной работе, несколько ниже, однако при определенных параметрах точности он позволяет упаковать объекты быстрее.

Таблица 1. Сравнение эффективности алгоритмов для примеров №1-4.

Название алгоритма	1 пример		2 пример		3 пример		4 пример	
	С	Т	С	Т	С	Т	С	Т
Первоначальное решение Ю.Г.Стояна	17.7	0.6	19.7	1.2	19.0 3	2.9	20.5	4.3
Метод сужающихся окрестностей Ю.Г.Стояна	24.2	791.1	23.7	1979.2	24.5	5300	24.6	7406.6
Произвольный поиск Ю.Г.Стояна	21.7	791.1	23.7	1979.2	23.4	5300	23.8	7406.6
«Первый подходящий с упорядочиванием»	17.1	4.2	19.4	8.6	23.1	18.2	22.2	35.01
«Первый подходящий с упорядочиванием + ЛП»	22.8	506.8	22.9	1119.7	<b>25.6</b>	3127.4	25.9	4728.1
«Жадный метод»	15	23.2	18.5	62.6	17.9	203.3	18.6	375.3
«GRASP без ЛП»	19.3	318.2	21.7	736.2	20.5	2571.7	21.1	4102.5
«GRASP с ЛП»	24.5	1285.6	24.5	3184.9	24.1	8962	24.5	13315.3
Упаковка объектов в ДЛПИ R=0.5	14,2	11,02	18,7	79,1	18,4	125,2	20,2	179,3
Упаковка объектов в ДЛПИ R=1	19,5	202,5	22,3	510,7	23,8	830,7	23,6	1270,7

#### 5 Заключение

В работе приведён подход к решению задачи упаковки сложных трёхмерных объектов в контейнер, основанный на построении годографа функции плотного размещения с использованием дискретно-логического представления



информации, позволяющий получать различные по времени и точности вычисления результаты. Плотность упаковки при увеличении степени дискретизации объектов приближается к общедоступным результатам. Также данные исследования показали фактическую независимость времени упаковки объектов от точности аппроксимации объектов полигонами, что оказывает значительное влияние на результат упаковки объектов в объектном пространстве. В дальнейшем предполагается проведение углубленного вычислительного эксперимента по исследованию эффективности применения различных методов оптимизации при реализации внешней (оптимизационной) и внутренней (геометрической) процедур.

### Литература

1. Мухачева, Э.А. Модели и методы расчета раскроя-упаковки геометрических объектов / Э.А. Мухачева, М.А. Верхотуров, В.В. Мартынов.- Уфа: УГАТУ, 1998.-216 с.
2. Верхотурова, Г.Н. Об одном решении задачи плотной упаковки выпуклых многогранников на основе годографа функции плотного размещения / Г.Н. Верхотурова, М.А. Верхотуров, Р.Р. Ягудин //Журнал «Информационные системы и технологии». Сер. Математическое и компьютерное моделирование.- Орел: ОрелГТУ, 2012.- № 4.-С. 31-39.
3. Ягудин, Р.Р. Решение задачи оптимизации упаковки многогранников в параллелепипедную область на основе построения годографа вектор-функции плотного размещения / Р.Р. Ягудин // Научно-технические ведомости. С.-Петербург. гос. политех. ун-т. Сер. Системный анализ и управление.-СПб.: СПбГПУ, 2012. – №5 (157).-С.58-63.
4. Stoyan, Yu. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped / Yu. Stoyan, N. Gil, G. Scheithauer, A. Pankratov.-Dresden: TU, 2004.-32с.-Preprint MATH-NM-06-2004.

В.Г. Литвинов, С.В. Востокин

## ПРИМЕНЕНИЕ ТИПОВЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика  
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

### Введение

Роль высокопроизводительной вычислительной техники в области математического моделирования очень важна. Её применение позволяет сократить время решения задач моделирования, повысить размерность решаемых задач, а в некоторых случаях получать решения, которые принципиально невозможно получить на последовательной ЭВМ или аналитически.

Переход от численного метода к реализации программы для высокопроизводительных вычислений на данный момент остается самостоятельной научной и инженерной проблемой. Данная проблема выделена академиком Г.И.