

УДК 514.18

## **РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ДВУМЕРНОЙ УПАКОВКИ ОБЪЕКТОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ МЕТОДОМ РОЯ ЧАСТИЦ**

Дашкевич А.А., к.т.н.,

Охотская Е.В.,

Анисимов К.В., к.т.н.

*Национальный технический университет*

*«Харьковский политехнический институт»*

Тел. (057) 707-64-31

***Аннотация*** - рассмотрено решение задачи двумерной упаковки объектов произвольной геометрической формы в прямоугольный контейнер с точки зрения методов глобальной оптимизации. Предложена методика описания контуров произвольной формы на комплексной плоскости. Приведены основные этапы решения задачи двумерной упаковки с помощью алгоритма роя частиц.

***Ключевые слова*** – глобальная оптимизация, комплексная плоскость, задача двумерной упаковки, алгоритм роя частиц.

*Постановка проблемы.* В промышленном производстве часто существует проблема раскроя материала на максимально возможное число заготовок при минимальном количестве отходов. Также известна задача об упаковке объектов заданной формы в конечное число контейнеров определенной формы таким образом, чтобы число использованных контейнеров было минимальным или число объектов, которые упаковывают, было наибольшим. Данная задача известна как задача упаковки в контейнеры и возникает в транспортной отрасли и логистике. Указанные задачи являются NP-трудными, и, при большом количестве параметров, не возможно использование алгоритма полного перебора для решения. В связи с этим возникла необходимость развития алгоритмов поиска приближенного решения такого класса задач, в частности эвристических методов сокращения перебора состояний.

*Анализ последних исследований.* Существующие подходы к решению задач раскроя и упаковки в контейнеры можно разделить на:

- методы, основанные на использовании метода линейного программирования;
- эвристические методы оптимизации, к которым относят

алгоритм имитации отжига, генетические алгоритмы, методы роевого интеллекта и т.д. [1-3]

Данные методы не учитывают угол поворота, что не позволяет использовать их для решения задач раскроя деталей сложных форм.

*Формулирование целей статьи.* Разработка и исследование методов раскроя заготовок в плоскости материала с использованием метода роя частиц.

*Основная часть.* Метод роя частиц - метод численной оптимизации, для использования которого не требуется знать точного градиента оптимизируемой функции. Он моделирует многоагентную систему, где частицы - агенты двигаются к оптимальным решениям, обмениваясь при этом информацией с соседями. Текущее состояние частицы характеризуется координатами в пространстве решений (то есть, собственно, связанным с ними решением), а также вектором скорости перемещения. Оба этих параметра выбираются случайным образом на этапе инициализации. Кроме того, каждая частица хранит координаты лучшего из найденных ей решений, а также лучшее из пройденных всеми частицами решений.

Пусть  $s$  - количество агентов в рое. Каждая  $i$ -ая частица может быть представлена как объект с рядом параметров:

$x_i$  - положение частицы;

$V_i$  - скорость частицы;

$y_i$  - наилучшее положение частицы.

Наилучшее положение частицы - положение частицы с наилучшим значением оценочной функции, которое когда-либо посещала частица. Пусть  $f$  - функция, которую необходимо минимизировать, тогда выражение для наилучшего положения в зависимости от времени:

$$y_i(t+1) = \begin{cases} x_i(t+1) & \text{if } f(x_i(t+1)) < y_i(t); \\ y_i(t+1) & \text{if } f(x_i(t+1)) \geq y_i(t). \end{cases} \quad (1)$$

Существует две версии базового алгоритма, называемые gbest и lbest. Разница заключается в том, с какими набором частиц взаимодействует каждая частица. Обозначим символом  $\hat{y}$  это взаимодействие.

Определение  $\hat{y}$  в случае gbest представлено в следующем выражении:

$$\begin{aligned} \hat{y} \in \{y_0(t), y_1 \dots y_s(t)\} & f(\hat{y}(t)) = \\ = \min\{f(y_0(t)), f(y_1(t)), \dots, f(y_s(t))\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Стохастическая составляющая алгоритма представлена двумя случайными параметрами  $r_1 \sim U(0,1)$  и  $r_2 \sim U(0,1)$ , которые масштабируются с помощью постоянных коэффициентов ускорения  $c_1$  и  $c_2$ , отвечающих за величину шага, который может сделать частица за одну итерацию времени. Как правило  $c_1, c_2 \in (0,2]$ . Скорость частицы на  $i$ -м шаге рассчитывается отдельно для каждого измерения  $j \in 1 \dots n$ , таким образом  $V_{i,j}$  обозначает  $j$ -е измерение вектора скорости  $i$ -й частицы. Расчет  $j$ -го компонента вектора скорости  $i$ -й частицы на  $t+1$  шаге производится по формуле:

$$V_{i,j}(t + 1) = W_c V_{i,j}(t) + c_1 r_1(t) [y_{i,j}(t) - x_{i,j}(t)] + c_2 r_2(t) [\hat{y}(t) - x_{i,j}(t)]. \quad (3)$$

Таким образом,  $c_2$  управляет воздействием глобального лучшего положения, а  $c_1$  управляет воздействием лучшего положения, из всех пройденных, на скорость каждой частицы. Для улучшения сходимости алгоритма вводится коэффициент инерции  $W_c$ . Положение каждой частицы в  $i$ -м измерении вычисляется по формуле:

$$x_i(t + 1) = x_i(t) + V_i(t + 1). \quad (4)$$

Для рассматриваемой задачи одним из важных этапов является выбор способа описания геометрической формы контуров заготовок и определение набора координат  $x_i$ , описывающих положение каждой заготовки. Также большое влияние имеет выбор целевой функции. Для решения задачи был выбран способ задания контуров, как множества координат угловых точек каждого контура, что позволяет задавать любую геометрическую форму заготовки с необходимой точностью.

В качестве целевой функции было выбрано отношение площади, занятой заготовками к общей площади материала (коэффициент заполнения). Вектор  $x_i$  задается как пара координат  $(x, y)$  центр масс заготовки и угол поворота контура относительно оси абсцисс  $(\varphi)$ .

На рис.1 показан пример работы полученного алгоритма для прямоугольной формы заготовок.

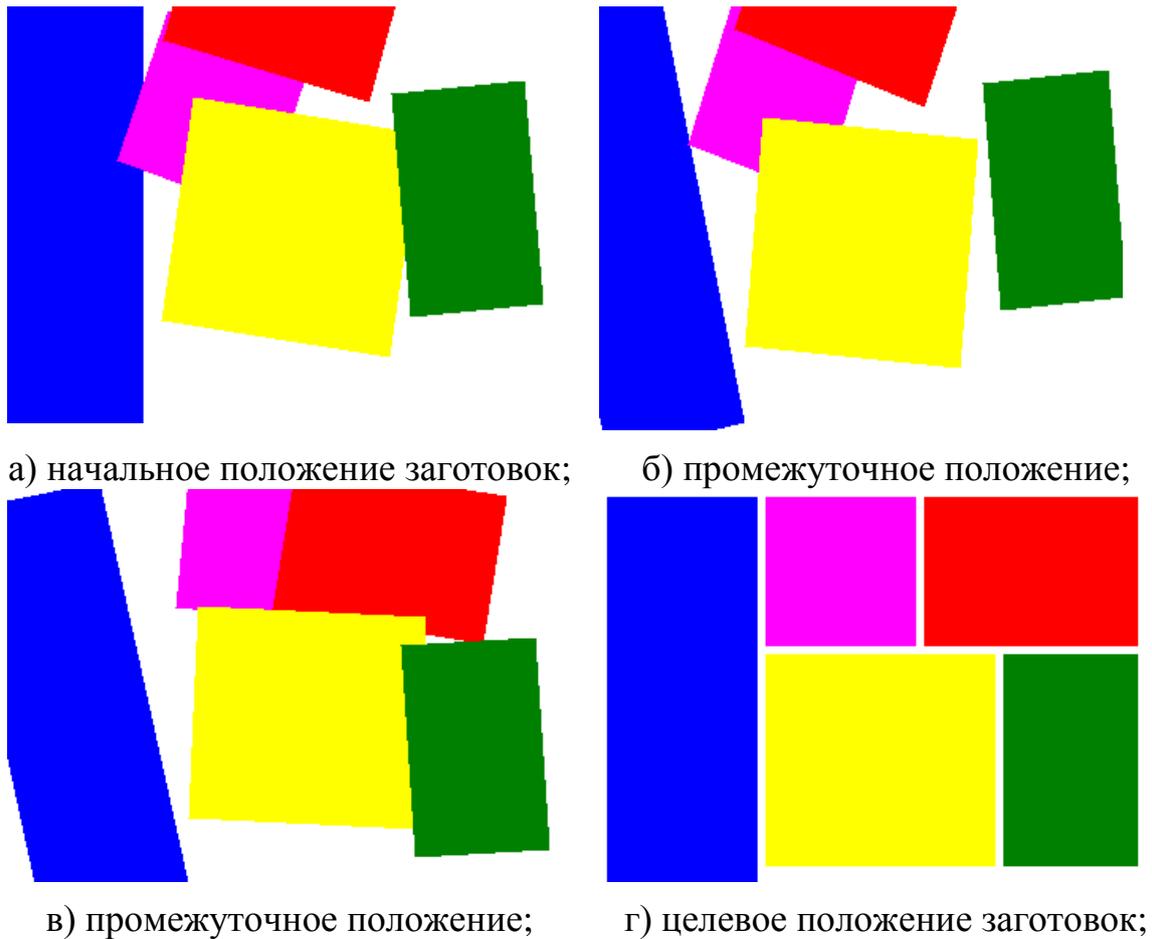


Рис 1. Этапы метода роя частиц.

*Выводы.* Полученный способ задания контуров заготовок и применение метода роя частиц для оптимизации их расположения позволяет:

- 1) автоматизировать раскрой материала на изделия сложной геометрической формы;
- 2) существенно сократить время расчета оптимального положения деталей и расход материала.

#### Литература

1. *Валиахметова Ю.И.* Расширение генетического алгоритма комбинирования эвристик для решения задачи прямоугольной упаковки / Ю.И Валиахметова, Е.В Карамова // Весник ВЭГУ. – Уфа. ВЭГУ, 2009. – 84с.
2. *Mohamed A. A Particle Swarm Optimization Algorithm for a 2-D Irregular Strip Packing Problem / Mohamed A. Shalaby, Mohamed Kashkous.* // American Journal of Operations Research 3 .2013 – 164р.

3. *Binitha S.* A genetic algorithm approach for solving the trim loss optimization problem in paper manufacturing industries/ *S. Binitha // International Journal of Engineering Science and Technology* 5.2012 – 2395p.

**РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ДВОВИМІРНОГО ПАКУВАННЯ  
ОБ'ЄКТІВ ДОВІЛЬНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ  
МЕТОДОМ РОЯ ЧАСТИН**

А.О. Дашкевич, О.В. Охотська, К.В. Анісімов

*Анотація* - розглянуто рішення задачі двовимірного пакування об'єктів довільної геометричної форми в прямокутний контейнер з погляду методів глобальної оптимізації. Запропоновано методику опису контурів довільної форми на комплексній площині. Наведено основні етапи рішення задачі двовимірної упаковки за допомогою алгоритму рою частинок.

**SOLUTION OF TWO-DIMENSIONAL OBJECTS OF  
PACKAGING ARBITRARY GEOMETRICAL SHAPE OF  
PARTICLE SWARM**

A.Dashkevich, E.Ohotskaya, K.Anisimov

*Summary*

Considered the solution of two-dimensional packing objects of arbitrary geometric shape into a rectangular container with global optimization methods, method for describing the contours of any shape in the complex plane. The main steps for solving the problem of two-dimensional packing with particle swarm algorithm.