

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ РАСКРОЯ ЛИСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Денисевич Д. А., Якимов Е. А.

Кафедра «Автоматизированные системы управления», Белорусско-Российский университет

Могилев, Республика Беларусь

E-mail: denis1351@yandex.ru, e-soft@bk.ru

Рассматривается генетический алгоритм для раскроя листового материала прямоугольных форм. Предложен способ сравнения алгоритмов при решении задач одномерного раскроя по критерию «бесполезный материал». Представлены результаты исследования трех алгоритмов: первый подходящий, первый подходящий с упорядочиванием и генетический алгоритм.

ВВЕДЕНИЕ

Задача раскроя листовых материалов является проблемно-ориентированной в компьютерных информационных системах и сводится к задаче поиска оптимальных решений. Технология раскроя часто регламентируется специальной технической документацией в виде раскройных карт, которые поступают на раскройный участок в специальном формате. Особенности проектирования карт раскроя является нелинейность, многоэкстремальность, высокая размерность пространства поиска. Выполняется с учетом наиболее эффективного использования площади листового материала и минимизации отходов производства.

I. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ

Генетический алгоритм – это алгоритм, который используется для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора популяции, индивидумов в популяции, хромосом, где определение оптимального решения основано на комбинировании (скрещивании генов) и вариации параметров (мутации) с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе (см. рис. 1).



Рис. 1 – Пример работы генетического алгоритма

В алгоритме применяются следующие понятия для формализации задачи. Гены – изделия,

получаемые из листового материала. Хромосомы – набор генов с известным расположением на листовом материале. Популяция – набор хромосом с генами, отличающие между собой расположением на заготовке.

В генетическом алгоритме начальная популяция формируется случайным образом. Каждому гену в хромосоме устанавливаются случайные координаты в прямоугольнике, площадь которого увеличена на половину суммы генов по длине и ширине от заданной пользователем. Такой подход объясняется генерацией большой численности популяции.

Задача нахождения оптимального решения, отбор хромосом и сравнение популяций реализуется с помощью функции приспособленности [1]. Она принимает неотрицательные значения для определения критерия, благодаря которому оценивается эффективность метода решения задачи раскроя листовых материалов.

В классической постановке задачи основным критерием оценки эффективности алгоритмов получения карт раскроя является максимальное значение коэффициента использования материала – отношение суммы площадей полученных изделий к площади исходного листового материала. Однако при использовании одного листового материала и одинакового набора изделий коэффициент будет равен во всех случаях. Поэтому предложен способ сравнения алгоритмов при решении задач одномерного раскроя по критерию «бесполезный материал».

Пусть $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n | n = |N|\}$ – множество изделий, которое требуется изготовить из листового материала площадью S . Каждое изделие N_i , $i = 1, \dots, |N|$ имеет ширину W_i , длину L_i , площадь $s_i = W_i * L_i$.

Критерий «бесполезный материал» P – разница площади прямоугольника, охватывающего все изделия на листовом материале, и суммы площадей изделий на листовом материале [2] (рис. 2).

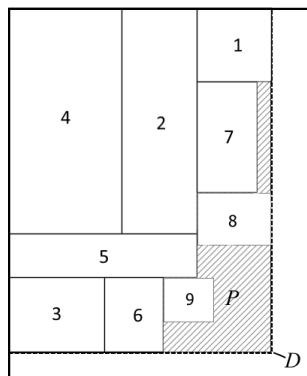


Рис. 2 – Карта раскроя листового материала: P – «бесполезный материал»; D – прямоугольник, охватывающий все изделия

Критерий «бесполезный материал» P вычисляется по формуле:

$$P = (D - \sum_{i=1}^{|N|} s_i * x_i) \rightarrow \min, i = 1, \dots, |N| \quad (1)$$

где x_i – количество изделий i -го типа, размещаемых на листовом материале

На этапе отбора хромосомы сортируются по убыванию согласно (1), половина из которых удаляется из первоначальной популяции.

Обмен генами между хромосомами осуществляется на этапе скрещивания, согласно случайной стратегии. Стратегии включают в себя четные гены, нечетные, первую половину генов относительно начала листового материала и вторую. Из пары хромосом выбирается та, в которой критерий P меньше.

Изменение положения генов в хромосоме реализуется на этапе мутации и только в половине случайных хромосом в популяции. Случайным образом выбирается ген для которого определяются возможные координаты для перемещения на листовом материале относительно начала координат. Возможными вариантами перемещения выбираются координаты такие, которые не включены в область других генов в хромосоме. Среди таких случайным образом выбираются координаты для размещения гена.

Для нахождения подходящего решения к аналитически неразрешимым или сложнорешаемым проблемам через отбор, скрещивание искомым характеристикам с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию, предложено сравнить популяции по критерию (1). Если сумма критерия хромосом первоначальной популяции больше суммы получившейся, то производим замену первой популяции на вторую и продолжаем эволюцию до тех пор, пока значение суммы критерия новой популяции будет больше предыдущей. Отбор наилучшего решения определяем снова с помощью функции приспособленности и полагаем, что последняя хромосома в популяции является искомым картой раскроя листового материала.

II. МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для исследования эффективности генетического алгоритма предложено провести три эксперимента со структурными алгоритмами «Первый подходящий», «Первый подходящий с упорядочиванием», изделия в которых добавляются поочередно на карту раскроя начиная с угла листового материала. Если изделие не помещается в одну линию рядом с предыдущим, тогда отображается над ним при условиях ограничения по ширине и длине. Идея алгоритма «Первый подходящий с упорядочиванием» аналогичная, за исключением сортировки всех изделий по убыванию площади перед добавлением их на листовую материал.

В эксперименте 1 заказаны изделия с одинаковыми размерами. Изделия укладываются на листовом материале без отходов. В эксперименте 2 заказаны 7 изделий с размерами, отличающимися не более чем в 2 раза. В эксперименте 3 заказаны 15 изделий со значительными отличиями по размерам до 5 раз.

В первом эксперименте алгоритмы уложили все изделия на листовом материале без отходов. При этом генетический алгоритм значительно проигрывает по времени, $T = 12,77$.

Результаты исследования двух других экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования алгоритмов

Алгоритмы	Эксперимент 2		Эксперимент 3	
	T, c	P, m^2	T, c	P, m^2
Первый подходящий	0,006	1,75	0,006	2,29
Первый подходящий с упорядоч.	0,006	1,75	0,006	1,74
Генетический	7,99	1,12	78,81	1,07

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненные исследования показывают, что генетический алгоритм по быстродействию уступает исследуемым алгоритмам и превосходит их по критерию «бесполезный материал». Однако в производственных условиях критерий быстродействия в поиске лучшего решения не является приоритетным для раскроя листовых материалов.

1. Хлопцев, А. А. Генетический алгоритм для оптимизации подбора параметров торговых ботов / А. А. Хлопцев, Ю. В. Кузьма // Информационные технологии и системы 2020 : материалы междунар. науч. конф., (Республика Беларусь, Минск, 18 ноября 2020 года) редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск : БГУИР, 2020 – С. 88–89.
2. Демиденко, О. М. Исследование алгоритмов рационального раскроя листового материала / О. М. Демиденко, Е. А. Якимов, Д. А. Денисевич // Проблемы физики, математики и техники. – 2020. – № 1 (42). – С. 91–94.