

ИНФОРМАТИКА

УДК 004.8

Генетический алгоритм в решении задачи оптимизации плана грузоперевозок

С. А. АЛЬХОВИК, А. В. САЗОНЕНКО, А. А. КОВАЛЕВИЧ

Планирование маршрутов как одна из важных и серьезных задач управления на транспорте требует переосмысления методов и подходов к решению, а также применения новейших достижений в области информационных технологий. Актуальной является проблема рационального выбора параметров генетического алгоритма (ГА) при решении задачи оптимизации плана грузоперевозок.

Задача формулируется следующим образом. Автотранспортное предприятие предоставляет услуги по грузоперевозкам в территориальных пределах, задаваемых картой местности. Автопарк предприятия представлен некоторым количеством грузовых машин (M). Каждая машина ($i=1..M$) имеет следующие характеристики: грузоподъемность (T_i), расходы на топливо (TO_i) и оплату времени работы водителя (Z_i). Предприятие имеет N заказов на перевозку грузов. Каждый заказ ($j=1..N$) характеризуется объемом (O_j), сроком выполнения (Sr_j) и координатой на карте местности ($\|S_{fh}\|$ – матрица расстояний между базой и всеми пунктами назначений; $\|V_{fh}\|$ – матрица средних скоростей между всеми пунктами назначения и базой; $f, h=0..N$). Для полного учета времени работы водителя существуют нормативы на скорость погрузки (Vp) и разгрузки (Vr). Заказ всегда выполняется полностью за одну поездку. При превышении сроков выполнения некоторого заказа с предприятия взимается пеня (Zpr). Требуется составить план грузоперевозок ($\|A_{ig}\|$ – матрица распределения заказов по машинам, $g=1..2*N+1$ $i=1..M$), при котором выполняются все заказы и при этом общие затраты автотранспортного предприятия минимальны:

$$\sum_{i=1}^M \left(\sum_{j=1}^{2*N} S_{A_j A_{j+1}} \cdot TO_i + \left(\sum_{j=1}^{2*N} S_{A_j A_{j+1}} / V_{A_j A_{j+1}} + \sum_{j=1}^{2*M+1} O_{A_j} \cdot (Vp + Vr) \right) \cdot Z_i \right) + Zpr \cdot Tpr \rightarrow \min$$

Для решения задачи оптимизации грузоперевозок использовалась реализация ГА в подсистеме оптимизации ПТКИ BelSim [1].

Применение генетического алгоритма с параметрами по умолчанию с использованием матрицы $\|A_{ig}\|$ для представления решения дает отрицательный результат. Требуется более эффективный способ кодирования решения задачи и рациональный выбор параметров генетического алгоритма. Проведены исследования следующего набора параметров генетического алгоритма:

$$GA = \langle \varepsilon_f, L_g, NI, NG, \delta_r(NI), p_m, p_k, M_{bp}, D_{bp}, Ot \rangle$$

где ε_f – точность представления параметра функции; L_g – длина генотипа ($L_g = M(\log_2 M + \log_2 N)$); NI – размер популяции; NG – количество поколений; $\delta_r(NI)$ – доля родителей от размера популяции; p_m – вероятность мутации; p_k – вероятность кроссо-

вера; M_{bp} – математическое ожидание количества точек разрыва; D_{bp} – дисперсия количества точек разрыва; $Ot = \langle \lambda_{om}, \{x_{om}\} \rangle$ отбор в следующее поколение, λ_{om} и $\{x_{om}\}$ – тип и параметры оператора отбора родителей соответственно.

В целях сужения пространства поиска решений, решение задачи представляется в виде N наборов следующего вида:

$$\langle M_i, p_i \rangle$$

где $i = 1..N$ – номер заказа, $M_i \in Mz_i$ – номер машины, которая должна выполнять i -й заказ, Mz_i – множество машин с подходящей для i -го заказа грузоподъемностью, p_i – приоритет, определяющий порядок выполнения заказов.

В результате пространство поиска решений значительно сокращается за счет исключения недопустимых вариантов, когда один и тот же заказ может доставляться более одного раза или не доставляться вовсе, а также возможно превышение максимальной грузоподъемности машин. Для вычисления значения целевой функции выполняется преобразование указанного представления решения задачи в исходное.

Задача исследований состояла в том, чтобы выбрать лучшие значения указанных выше параметров ГА в зависимости от длины генотипа, которая определяется размерностью задачи (количеством машин и заказов). В качестве функции качества использовалась целевая функция задачи, взятая со знаком минус.

Для поиска применялась итерационная процедура, в ходе которой первоначально заданные значения параметров ГА последовательно заменялись значениями, позволяющими найти лучшее решение задачи. Критерий завершения процедуры – отсутствие изменений после очередной итерации. Для проведения и обработки результатов экспериментов использовалась соответствующая подсистема ПТКИ BelSim [1]. При этом задача оформлена в виде программного модуля со стандартным интерфейсом модели.

На рис. 1 приведены результаты одного из экспериментов по выбору значения параметра p_m – вероятность мутации. Результаты получены при следующих исходных данных: $M = 15$; $N = 30$; $L_g = 102$; $NG = 50$; $NI = 100$; $\delta_r(NI) = 0,95$; $D_{bp} = 0$; $M_{bp} = 6$; $p_k = 0,1$. Лучшие результаты достигаются при вероятности мутации равной 0,02.

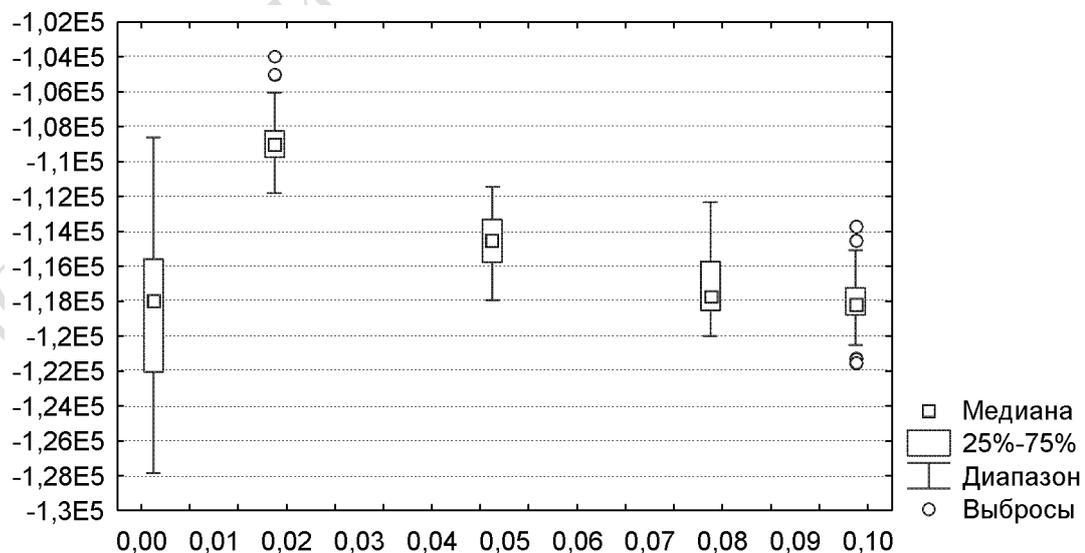


Рисунок 1 – Зависимость лучшего решения от вероятности мутации

Результаты экспериментов сводились в таблицу, после чего делался вывод о виде зависимости оптимального значения исследуемого параметра от длины генотипа. При проведении последующих экспериментов для уже исследованных параметров устанавливались оп-

тимальные значения с учетом полученных зависимостей. Зависимости для параметров p_k , M_{bp} и p_m представлены в табл. 1–3 соответственно.

Таблица 1 – Зависимость лучших значений вероятности кроссовера от длины генотипа:

Машины	7	8	10	10	11	11	11	12	13	14	15
Заказы	7	8	10	15	10	13	16	19	27	34	39
Длина генотипа	40	48	67	72	75	79	82	94	110	125	138
Оптимальная вероятность кроссовера	0,7	0,1	0,1	0,1	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95

Таблица 2 – Зависимость лучших значений M_{bp} от длины генотипа

Длина генотипа	40	67	76	110	125	138
Мат. ожидание	–	5	7	9	9	7

Таблица 3 – Зависимость лучших значений вероятности мутации от длины генотипа

Машины	7	12	12	13	13	13	14	14	15	15	16	16
Заказы	7	19	26	20	27	34	27	34	27	34	26	33
Длина генотипа	40	94	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145
Оптимальная вероятность мутации	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005	0,005	0,008	0,002	0,005	0,002	0,002	0,002

Так как при малой длине генотипа алгоритм нечувствителен к параметрам, оптимальная вероятность кроссовера p_k принята равной 0,95. Для любого значения длины генотипа лучшие результаты целевой функции достигаются при значении $\delta_r(NI) = 0,95$. Для любого значения длины генотипа L_g лучшие результаты целевой функции достигаются при дисперсии для распределения количества точек разрыва D_{bp} равной 0.

Зависимость математического ожидания количества точек разрыва M_{bp} от длины генотипа имеет следующий вид: $M_{bp}(L_g) = -19,7395 + 0,5379 L_g - 0,0025 L_g^2$. Зависимость от вероятности мутации p_m от длины генотипа имеет следующий вид: $p_m(L_g) = 0,2877 \cdot e^{-0,0348 L_g}$. Полученные в ходе первой итерации оптимальные параметры, при второй итерации подтвердили свое значение.

Выбранные параметры ГА и предложенный способ представления решения позволяют решать задачу оптимизации плана грузоперевозок с необходимой точностью и приемлемое время для практического применения

Abstract. The problem of rational choice of parameters of genetic algorithm in solving the problems of optimization of cargo transportation plan is considered in the paper.

Литература

1. А. И. Якимов, Имитационное моделирование в ERP-системах управления, Минск, Беларуская навука, 2005.