

## РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНА ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

*А.В. Сазоненко, С.А. Альховик*

В статье представлена формализация задачи оптимизации плана грузоперевозок и методика рационального выбора параметров генетического алгоритма, позволяющая существенно повысить его эффективность при решении данной задачи.

Генетический алгоритм, оптимизация плана грузоперевозок

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Стремительное развитие интеллектуальных технологий в мире, а также массовая компьютеризация дали ощутимый толчок к нахождению новых различных методов решения известных задач. 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.

Современный подход к планированию маршрутов предполагает: интеллектуализацию алгоритмов решения и широкое применение эвристических методов; усложнение задачи путем перехода от классической схемы однокритериальной оптимизации к востребованному ныне методу векторной (многокритериальной) оптимизации решения [1]; применение современных компьютерных средств и средств связи для решения проблем управления на транспорте в режиме реального времени.

### 2. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ

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:

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

Для решения задачи оптимизации грузоперевозок использовалась реализация ГА в подсистеме оптимизации ПТКИ BelSim [2].

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:

$$GA = \langle \varepsilon_f, L_g, NI, NG, \delta_r(NI), P_m, P_k, M_{bp}, D_{bp}, Ot \rangle, (2)$$

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

В целях сужения пространства поиска решений, решение задачи представляется в виде N наборов 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 размером задачи (количеством машин и заказов). В качестве функции качества использовалась целевая функция задачи, взятая со знаком минус.

### 3. РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГА

Для поиска применялась итерационная процедура [2], 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 [3]. При этом задача оформлена в виде программного модуля со стандартным интерфейсом модели. Результаты экспериментов передаются в пакет STATISTICA [4].

В ходе работы исследованы следующие параметры генетического алгоритма:

$P_k$  – вероятность кроссовера.

$\delta_r(NI)$  – доля родителей от размера популяции.

$M_{bp}$  – математическое ожидание для распределения количества точек разрыва.

$D_{bp}$  – дисперсия для распределения количества точек разрыва.

$p_m$  – вероятность 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 оптимальные значения с учетом полученных зависимостей. Полученные в результате параметры ГА, наилучшим образом подходящие для решения поставленной задачи, приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Найденные параметры ГА.**

Вероятность кроссовера	0,95
Доля родителей от размера популяции	0,95
Математическое ожидание для распределения количества точек разрыва	$-19,7395 + 0,5379x - 0,0025$
Дисперсия для распределения количества точек разрыва	0
Вероятность мутации	$0,2877 \cdot e^{-0,0348L_g}$

На *рисунке 1* приведены зависимости среднего значения целевой функции от длины генотипа при начальных значения параметров ГА (штриховая линия) и при условно оптимальных значения параметров ГА (сплошная линия).

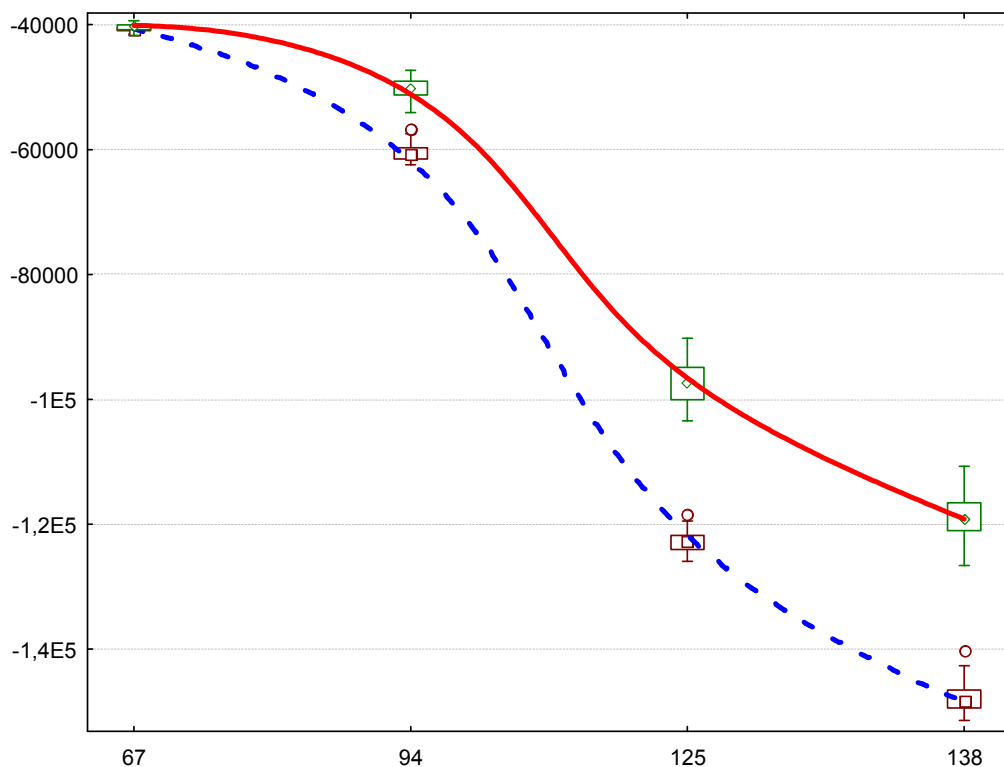


Рис. 1. Сравнительный анализ работы ГА до и после оптимизации.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ работы ГА с начальными значениями параметров и с условно оптимальными показывает эффективность полученных в ходе исследований ре-

зультатов. Выбранные параметры ГА и предложенный способ формализации позволяют решать задачу оптимизации плана грузоперевозок с необходимой для практического применения точностью и за приемлемое время.

#### Литература

1. *Машунин Ю.К.* Методы и модели векторной оптимизации. – М.: Наука, 1986.
2. *Альховик С.А., Сазоненко А.В., Ковалевич А.А.* Генетический алгоритм в задаче оптимизации плана грузоперевозок // Известия Гомельского государственного университета имени Ф.Скорины. – 4(37). – 2006. – С. 110-112.
3. *Якимов А.И., Альховик С.А.* Имитационное моделирование в ERP-системах управления. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 197 с.: ил.
4. *Боровиков В.П., Боровиков И.П.* Statistica. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1997. – 608с.

#### **Сазоненко Александр Владимирович**

Студент электротехнического факультета  
ГУ ВПО Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375 (222) 46-65-49  
E-mail: [djorlando@tut.by](mailto:djorlando@tut.by)

#### **Альховик Сергей Александрович**

Доцент «Автоматизированные системы управления», канд. техн. наук  
ГУ ВПО Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(222) 42-42-02  
E-mail: [asa@tut.by](mailto:asa@tut.by)