

# РАЗРАБОТКА ЭВРИСТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА

Козарь Р. В., Навроцкий А. А., Кузнецова О. В., Боброва Т. С.

Кафедра информационных технологий автоматизированных систем, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: pozitr0n.kozarroman@gmail.com, navrotsky@bsuir.by, t.bobrova@bsuir.by, o.kuznetsova@bsuir.by

*В данной работе представлена модификация эвристического алгоритма локального поиска для нахождения оптимального маршрута доставки товаров.*

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время практически на всех предприятиях существуют очень много проблем, связанных с транспортной логистикой. Основной является проблема контроля своевременной доставки товаров покупателям. Зачастую эта проблема является следствием нестабильной ситуации на дорогах: а именно, заторов и дорожных пробок. Для решения подобного рода проблем в программные продукты автоматизации транспортной логистики, которые используются сотрудниками транспортных отделов, создаются и внедряются алгоритмы, позволяющие строить оптимальный маршрут доставки товаров при различных дорожных ситуациях. Однако транспортных средств с каждым днем становится все больше и вследствие этого существующие алгоритмы становятся все менее оптимальными. Для решения выше описанной проблемы и был создан новый алгоритм поиска оптимального маршрута доставки товаров.

## I. ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

В начале работы алгоритма выбирается начальное решение (найденное любым алгоритмом или выбранное случайно), которое затем итерационно приводится к оптимальному решению. На каждом шаге локального спуска происходит переход от текущего решения к соседнему решению с меньшим значением целевой функции до тех пор, пока не будет достигнут локальный оптимум [1]. Соседнее решение не обязательно должно быть наилучшим в окрестности, но критерий оценки решения не должен меняться во время итеративного процесса. Таким образом, для любого решения  $s$  должно быть задано некоторое множество  $N(s)$  соседних решений, которое и называется окрестностью  $s$ .

## II. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Поведение алгоритма зависит от следующих факторов:

1. Структуры окрестностей  $N$ . Размер окрестности любого решения должен выбираться на основе компромисса между целью получения хорошего улучшения при каждом переходе к новому решению и целью огра-

ничения времени просмотра одной окрестности. Обычно, для любого решения  $s$ , окрестность  $N(s)$  порождается с помощью некоторой операции локального изменения  $s$  (применительно к текущей ситуации – это абсолютно непредсказуемое изменение дорожной обстановки).

2. Начального решения  $s_0$ . Его можно находить с помощью любого алгоритма (например, конструктивной эвристики), который выдает допустимое решение, или с помощью процедуры случайной генерации значений.
3. Стратегии выбора новых решений. Например, просмотр всех решений из  $N(s)$  и выбор наилучшего. Если найденное решение не является оптимальным для локальной области, то осуществляется переход к наилучшему соседу, или к первому лучшему решению, найденному в окрестности. В эвристиках локального поиска используются окрестности, определяемые с помощью последовательностей ограниченной длины операций локального обмена [2]. Пусть, при фиксированном целом  $k > 0$ , решается этим методом индивидуальная задача проблемы  $P$ . Решение  $u$  находится в  $k$ -обменной окрестности  $s$ , если из решения  $s$  можно получить решение  $u$ , применив не более чем  $k$  операций локального обмена. Эвристики, которые основаны на  $k$ -обменных окрестностях, часто называют  $k$ -оптимальными ( $k$ -opt) эвристиками.

## III. ДЕТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА

Как уже было сказано ранее, новый алгоритм основан на эвристическом алгоритме локального поиска (локального спуска) 3-обменной окрестности вместо 2-обменной окрестности. Данная замена позволяет алгоритму не останавливаться в точке локального оптимума, как это предусмотрено в алгоритме 2-opt, а путешествовать от одного локального оптимума к другому для того, чтобы найти среди всех обходов глобальный оптимум. Для осуществления данного процесса был разработан механизм, позволяющий алгоритму осуществлять выход из локального оптимума (список исключений  $List_l(i_k)$ ). Он

строится по истории поиска, т.е. по нескольким последним точкам  $i_k, i_{k-1}, \dots, i_{k-l+1}$  и запрещает исследовать часть окрестности  $N(i_k)$  текущего решения  $i_k$ . Таким образом на каждом шаге алгоритма очередная точка  $i_{k+1}$  является оптимальным решением следующей подзадачи:  $m(i_{k+1}) = \min\{m(j) | j \in N(i_k) \setminus List_l(i_k)\}$  при условии, что  $List_l(i_k) \subseteq N(i_k)$ .

#### IV. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Проведен тест трех алгоритмов. В качестве среды для анализа был использован Matlab. В качестве функций для тестирования были взяты логарифмическая и линейная функции с различными коэффициентами:

- 1-орт 1-окрестности;
- 2-орт 2-окрестности;
- 3-орт 3-окрестности(новый алгоритм).

Результаты первого теста представлены на рисунке 1.

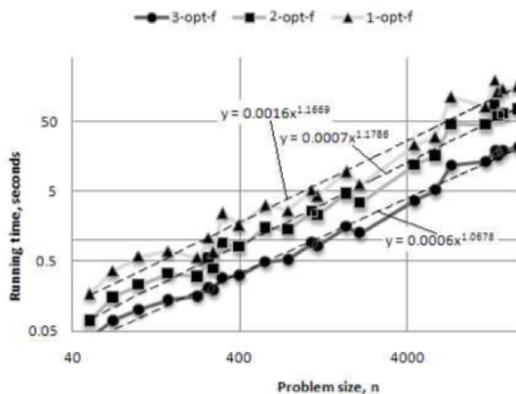


Рис. 1 – Результаты первого теста

Из данных этого графика видно, что производительность 1-окрестного алгоритма весьма низкая, поскольку его временные затраты очень высоки. Данные 2-окрестного алгоритма несколько лучше, но также достаточно затратные. Данные 3-окрестного алгоритма намного лучше, чем 1-окрестный и 2-окрестный алгоритмы, что показывает шкала временных затрат. Так же, для большей наглядности и достоверно-

сти эксперимента было проведено второе тестирование. Результаты второго тестирования алгоритмов поиска оптимального маршрута представлены на рисунке 2.

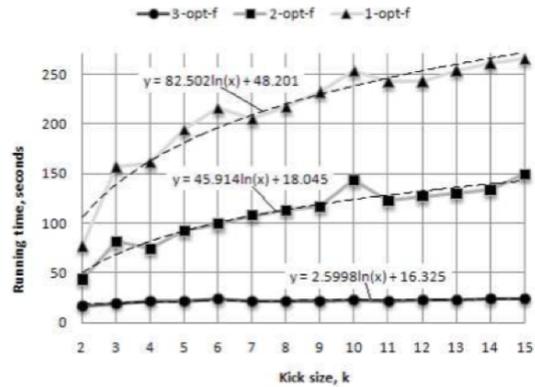


Рис. 2 – Результаты второго теста

Из поставленных экспериментов можно судить, что предложенный в работе алгоритм 3-орт имеет более высокую производительность и более высокое качество полученного результата.

#### V. ВЫВОДЫ

В работе представлено краткое описание и математическое обоснование нового эвристического алгоритма поиска оптимального маршрута.

1. <https://habrahabr.ru/post/119158/> - Документация по эвристическим и метаэвристическим алгоритмам
2. <https://www.recyclebin.ru/ВМК/П/ii.html> - Использование эвристических алгоритмов в ИИ
3. Ахо, А. В. Введение в структуры данных и алгоритмы / А. В. Ахо, Д. Э. Хопкрофт, Д. Д. Ульман // М.,СПб.,Киев: «Вильямс», 2016. – 370 с.
4. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/703585> - Математический интернет-портал "Академик"
5. <https://habr.com/company/wunderfund/blog/277143/> - Интернет-портал "Хабрахабр". Раздел оптимизации и ускорения эвристических алгоритмов.
6. Гудман, С. С. Введение в разработку и анализ алгоритмов / С. С. Гудман // М.: "Мир 2010. – 265 с.
7. Карпенко, А. П. Введение в современные алгоритмы поисковой оптимизации / А. П. Карпенко // М.: "Москва 2007. – 117 с.