

УДК 004.023:629.3.072.1-022.233

## ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ



**Л.Ю. Шилин**

Декан факультета информационных технологий и управления БГУИР, доктор технических наук, профессор



**А.А. Навроцкий**

Заведующий кафедрой информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, кандидат физико-математических наук, доцент



**Р.В. Козарь**

Магистрант кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: [dekfitu@bsuir.by](mailto:dekfitu@bsuir.by), [navrotsky@bsuir.by](mailto:navrotsky@bsuir.by), [pozitr0n.kozarroman@gmail.com](mailto:pozitr0n.kozarroman@gmail.com)

### **Л.Н. Шилин**

Автор более 250 научных работ. Областью научных интересов являются: системы фазовой синхронизации, детерминированный хаос, звуковоспроизведение.

### **А.А. Навроцкий**

Закончил МРТИ в 1991 году. Автор более 60 научных работ.

### **Р.В. Козарь**

Закончил БГУИР в 2007 году по специальности «Автоматизированные системы обработки информации». Работает в должности инженера-программиста. Обучается в магистратуре на кафедре ИТАС БГУИР.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы использования эвристических алгоритмов в задачах оптимизации.

**Ключевые слова:** алгоритм, эвристика, метаэвристика, маршрут, окрестность, локальный поиск

В настоящее время большинство предприятий занимаются решением вопросов, связанных с транспортной логистикой. Как правило, для построения своей логистической системы, предприятия пользуются услугами компаний, специализирующихся на решении задач по управлению процессами перевозок.

Если предприятие предполагает использовать только собственную транспортную базу, не привлекая сторонних перевозчиков, оно может столкнуться с рядом проблем, таких, как изношенность подвижного состава, сложности построения маршрутов перевозки, сложности при организации взаимодействия различных видов транспорта и т.д.

В любом случае описанные выше проблемы приводят к снижению объемов поставок, и, как следствие, к снижению эффективности работы предприятия в целом. Поэтому зачастую стоит вопрос оптимизации существующих бизнес-процессов предприятия, один из которых, вопрос быстрого создания и построения оптимального маршрута доставки.

Создание оптимизированных маршрутов позволяет точно определить объем перевозок грузов со снабженческо-сбытовых предприятий, количество автомобилей, осуществляющих эти перевозки, способствует сокращению простоя автомобилей под загрузкой и разгрузкой, эффективному использованию подвижного состава и высвобождению из сфер обращения значительных материальных ресурсов потребителей.

Вместе с тем планирование перевозок позволяет повысить производительность автомобилей при одновременном снижении количества подвижного состава, поступающего на предприятие притом же объеме перевозок.

Если созданы оптимальные маршруты и соблюдаются сроки поставки, то производственные запасы потребителей могут сокращаться в 1,5-2 раза, снижая тем самым затраты на складирование. Необходимость маршрутизации перевозок грузов обосновывается еще и тем, что маршруты дают возможность составления проектов текущих планов и оперативных заявок на транспорт, исходящих из действительных объемов перевозок.

Таким образом, разработка эффективных маршрутов и проектов планов перевозок способствует своевременному и бесперебойному выполнению поставок продукции и эффективному взаимодействию организаций-поставщиков, организаций-получателей и автотранспортных организаций.

Подводя итог вышесказанному можно с уверенностью сказать, что задача оптимизации маршрутизации транспортных средств становится особо актуальной в условиях данной экономической ситуации. Так как имеется большое количество объектов доставки, то необходимо оптимизировать маршруты перевозок и оперативно реагировать на все изменения. Следовательно, можно определить цель оптимизации транспортных перевозок: разработать алгоритм оптимизации грузоперевозок с учетом временных окон и грузоподъемности транспортных средств.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- сформулировать математическую постановку задачи маршрутизации транспорта с условием ограничений;
- выбрать (разработать) критерии оптимизации;
- разработать модифицированный генетический алгоритм оптимизации грузоперевозок

зок

с учетом временных окон и грузоподъемности транспортных средств;

–экспериментально проверить эффективность работы алгоритма.

Для оптимизации маршрутов применяется ряд методов.

**Метод Кларка-Райта.** Был разработан двумя британскими учеными Г. Кларком (G. Clarke) и Дж.В. Райтом (J.W. Wright). Несмотря на давность разработки, он до сих пор остается одним из самых популярных методов для решения данной задачи, о чем свидетельствует практика его применения.

Метод Кларка-Райта относится к числу приближенных, итерационных методов и предназначается для компьютерного решения задачи развозки. Этот алгоритм использует понятие выигрышей, чтобы оценить операции слияния между маршрутами. Выигрыш – мера сокращения стоимости, полученная комбинированием двух маленьких маршрутов в один больший маршрут. Достоинствами метода являются его простота, надежность и гибкость.

Погрешность решения не превосходит в среднем 5-10%. Однако, учитывая жадный характер алгоритма Кларка-Райта, полученные решения имеют часто недостаточное качество относительно более сложных подходов. Необходимо также учесть, что после первых нескольких итераций в задачах со многими ограничениями вероятность слияний маршрута может решительно уменьшиться, мы не имеем возможности контролировать количество маршрутов [1].

**Эвристические методы вставок.** Наилучшее решение для конкретных исходных данных может быть найдено путем последовательного применения различных эвристических методов, используя для сравнительной оценки качества приближения длину полученного маршрута.

Рассмотрим 3 наиболее популярных эвристических алгоритма:

- метод ближайшего соседа;
- метод ближайшего города;
- метод самого дешевого включения.

В методе ближайшего соседа, пункты плана последовательно включаются в маршрут, причем, каждый очередной включаемый пункт должен быть ближайшим к последнему выбранному пункту среди всех остальных, еще не включенных в состав маршрута.

Метод ближайшего города на каждом шаге алгоритма строит допустимый маршрут по текущему подмножеству пунктов уже включенных в маршрут, добавляя к нему новый пункт из числа еще не включенных в маршрут, для которого найдется ближайший сосед из числа пунктов уже принадлежащих маршруту.

Метод самого дешевого включения на каждом шаге алгоритма проводит допустимый маршрут по текущему подмножеству пунктов, уже включенных в маршрут, добавляя к нему новый пункт, включение которого между некоторыми смежными пунктами приводит к минимальному увеличению стоимости (длины) маршрута.

Однако любой эвристический метод базируется на формально не обоснованных соображениях, поэтому невозможно доказать, что эвристический алгоритм для любых исходных данных находит решения близкие к оптимальному [2].

**2-opt алгоритм.** Основоположителем эвристического алгоритма *2-opt* является Ф. Гловер, который предложил принципиально новую схему локального поиска. *2-opt* является мета-эвристическим алгоритмом, который ведет местный поиск, чтобы уберечь его от попадания в ловушку преждевременных местных оптимумов, запрещая те перемещения, которые возвращают поиск к предыдущим решениям и приводят к циклической работе [3].

Основным механизмом, позволяющим алгоритму избегать локальный оптимум, является табу список, который обновляется в конце каждой итерации. Выбор лучшего решения в окрестности происходит таким образом, что он не принимает ни одного из запрещенных атрибутов [4].

Алгоритм *2-opt* содержит в себе и реализует 2-оптимальную эвристику для задачи коммивояжера и является примером локального поиска с 2-обменной окрестностью.

Представленный алгоритм построения оптимального маршрута является улучшенной модификацией эвристического алгоритма *2-opt* локального поиска, в частности, локального спуска.

Алгоритм базируется на принципе эвристического локального поиска для задачи коммивояжера, однако в нем используется 3-обменная окрестность.

Введена функция  $l$ , которая определена на множестве туров следующим образом:

$$l(\tau) = \sum_{i=1}^{n-1} D(\pi(i), \pi(i+1)) + D(\pi(n), \pi(1)),$$

где  $\tau = \langle c_{\pi(1)}, \dots, c_{\pi(n)} \rangle$ .

Так же необходимо отметить, что для задачи коммивояжера с  $n$  городами  $k$ -обменная окрестность имеет размер  $\binom{n}{k} = \Theta(n^k)$ . Следовательно, можно сделать вывод о том, что данному новому эвристическому алгоритму потребуется выполнить  $O(n^k)$  шагов для того, чтобы удостовериться в том, что текущее решение является эффективным и локально оптимальным (рисунок 1).

Предложенная модификация алгоритма локального поиска имеет принципиально новую схему работы. Она заключается в том, что алгоритм не останавливается в точке локального оптимума, как это делается в алгоритме локального спуска 2-обменной окрестности, а продолжает работать для поиска точки, приближенной к глобальному оптимуму (рисунок 2).

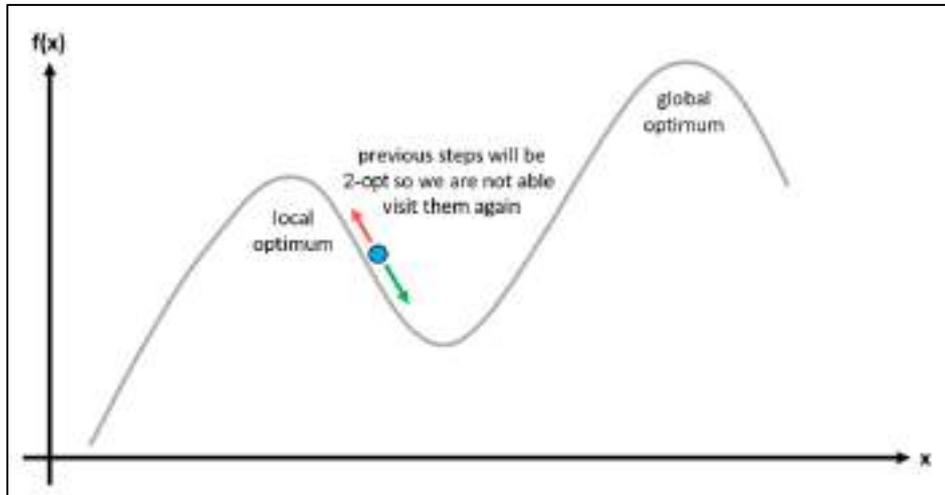


Рисунок 1

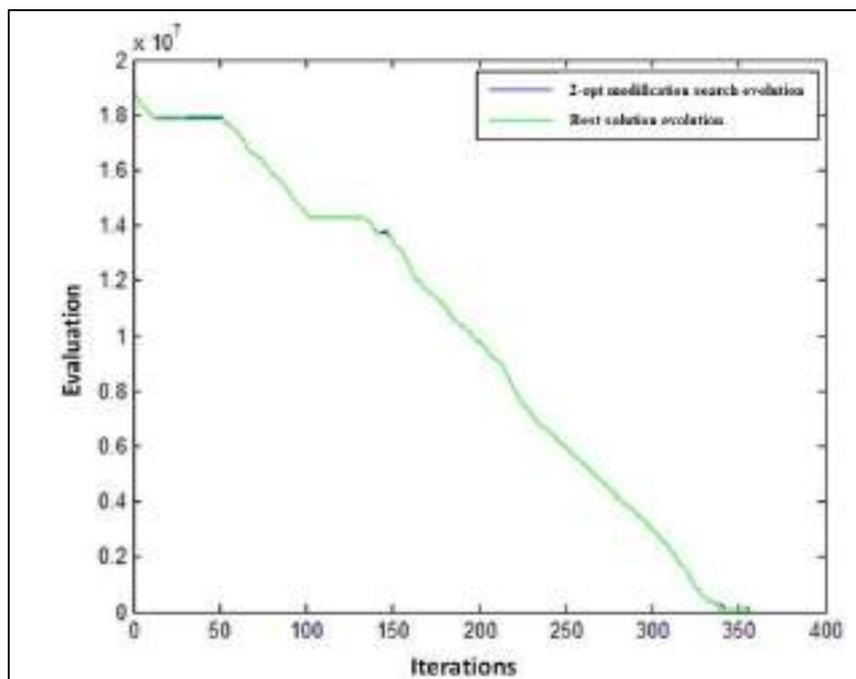


Рисунок 2

Роль транспорта в повышении эффективности деятельности компаний по продвижению грузов наглядно продемонстрировала технология «точно вовремя». При ее применении не требуется содержания большого складского хозяйства, ускоряется оборачиваемость капитала. Эта технология предусматривает доставку грузов «точно вовремя» по заранее разработанным и согласованным между участниками логистической цепи графикам поставок.

Доставка товара по жесткому графику требует четкой работы управленческого персонала по планированию, контролю и диспетчеризации поставок. Ведь при возникновении нарушения поставок участники логистической цепи несут значительные финансовые потери [5].

Затраты на транспортировку могут составлять 40% и более процентов в общей стоимости товаров. Применение логистики считается успешным, если транспортные расходы составляют около 10% от расходов на закупку этих товаров.

В зависимости от стратегии и задач логистической системы осуществляется выбор транспорта для доставки продукции. При этом учитываются размещение производства, технико-экономические особенности различных видов транспорта, определяющие сферы их рационального использования.

#### *Литература*

[1]. Российская Академия Наук. Методы локального поиска для дискретных задач размещения [<http://www.math.nsc.ru/LBRT/k5/Kochetov/Kochetov-Diss.pdf>] / Российская Академия Наук. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа <http://www.math.nsc.ru>, свободный.

[2]. Научный портал CYBERLENINKA. Применение методов локального поиска при решении задач удовлетворения ограничений [<https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-metodov-lokalnogo-poiska-pri-reshenii-zadach-udovletvoreniya-ogranicheniy>] / Научный портал CYBERLENINKA. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа <https://cyberleninka.ru>, свободный.

[3]. Научный портал csaa.ru. Эвристические алгоритмы поиска кратчайшего пути в браузерных играх [<http://csaa.ru/algoritmy-lokalnogo-poiska/>] / Научный портал csaa.ru. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа <http://csaa.ru>, свободный.

[4]. Новосибирский государственный университет. Методы локального поиска для задач перестановок столбцов бинарных матриц. [<https://nsu.ru/xmlui/handle/nsu/2150>] / Новосибирский государственный университет. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа <https://nsu.ru>, свободный.

[5]. Фирма ТЕХНОСФЕРА, Методы локального поиска для дискретных задач размещения. [<http://tekhnosfera.com/metody-lokalnogo-poiska-dlya-diskretnyh-zadach-razmescheniya>] Фирма ТЕХНОСФЕРА. – Электрон. текстовые дан. – Режим доступа <http://tekhnosfera.com>, свободный.

## **A HEURISTIC ALGORITHM AS A MEANS OF OPTIMIZING TRANSPORT FLOWS OF THE COMPANY**

**L.Y. SHYLIN**

*Dean of the Faculty of Information Technologies and Control in BSUIR, Doctor of Technical Sciences,  
Professor*

**A.A. NAVROTSKY**

*Head of the Department of Information Technologies in Automated Systems in BSUIR, Candidate of Physics and Mathematics,  
Associate Professor*

**R.V. KOZAR**

*Master student of Information Technologies in Automated Systems in BSUIR*

*Belarusian State University of informatics and radioelectronics, Republic of Belarus  
E-mail: [dekfitu@bsuir.by](mailto:dekfitu@bsuir.by), [navrotsky@bsuir.by](mailto:navrotsky@bsuir.by), [pozitr0n.kozarroman@gmail.com](mailto:pozitr0n.kozarroman@gmail.com)*

**Abstract.** The article considers the use of heuristic algorithms in optimization problems.

**Keywords:** algorithm, heuristics, metaheuristics, route, neighborhood, local search.