

СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОРОДСКИХ РАЗВОЗОЧНЫХ МАРШРУТОВ НА ОПЕРАТИВНЫЙ ПЕРИОД С УЧЕТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СПРОСА НА СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ГРУЗЫ

Пропонується стратегія формування розвізних маршрутів у межах міста з урахуванням нерівномірності розподілу попиту у клієнтів протягом оперативного періоду роботи.

Ключові слова. специфічний вантаж, маршрутизація, множина, пункт заїзду, перевезення, автомобіль

Предлагается стратегия формирования развозочных маршрутов в пределах города с учетом неравномерности распределения спроса у клиентов в течение оперативного периода работы

Ключевые слова: специфический груз, маршрутизация, множество, пункт заезда, перевозка, автомобиль

Strategy formation of delivery routes within the city taking inequality demand from customers during the operational period of work is propose

Keywords: specific cargo routing, many item arrival, transport, car

Е. В. Нагорный

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Контактный тел.: (057) 707-37-20

E-mail: ktt@khadi.kharkov.ua

Д. А. Музылев

Ассистент*

Контактный тел.: (057) 707-37-20

E-mail: murza_1@ukr.net

*Кафедра транспортных технологий
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002

1. Введение

В рыночных условиях важным требованием потребителя транспортных услуг является своевременная и качественная доставка груза. Выполнить заданные условия представляется возможным с применением логистики, т. е. управляющего алгоритма, который с помощью различных экономико-математических методов позволяет оптимизировать работу отдельных элементов транспортного процесса и объединить эти элементы в единую систему. Недостаточное развитие в Украине логистических прогрессивных транспортно-технологических схем

перевозок приводит к увеличению транспортных расходов и, следовательно, к потере рынка.

Проблема поиска методов для оптимизации мелкопартионных перевозок специфических грузов в транспортной сети городов актуальна по целому ряду причин [1, 2]:

- Во-первых, наличие большого количества автоперевозчиков значительно обострило конкуренцию на рынке автотранспортных услуг, что вынуждает владельцев автотранспорта искать новые конкурентные преимущества, основным из которых является разработка рациональных развозочных маршрутов и

графиков работы транспортных средств на них, которые бы максимально соответствовали требованиям, предъявляемым заказчиком к перевозчику.

- Во-вторых, повышению эффективности доставки грузов в настоящее время уделяется недостаточное внимание несмотря на то, что доля транспортных затрат, учитываемых при формировании цен на конечную продукцию, доходит до 50%.

- В третьих, перевозки специфических грузов большей частью приходится на транспортные системы крупных и средних городов, которые накладывают ряд серьезных технических ограничений, усложняющих процесс организации перевозок грузов: ограничения по скорости и направлению движения, ограничения по времени и др.

- В-четвертых, перевозки специфических грузов, предназначенные для удовлетворения потребностей большого числа потребителей, отличающихся разным уровнем спроса в различных частях города и его постоянными колебаниями, связаны с рядом трудностей. Это, в первую очередь, вызвано отсутствием постоянного грузопотока между отправителем и грузополучателями.

Именно указанные проблемы приводят к необходимости проектирования развозочных маршрутов с учетом большого количества технологических ограничений и обработки значительного объема исходной информации. Это позволит определить оптимальную очередность объезда пунктов, которая удовлетворяла бы требованиям потребителя и обеспечивала бы минимум затрат для перевозчика.

2. Анализ последних достижений и публикаций

За последние 20 лет большое число и разнообразие задач по составлению развозочных маршрутов и графиков работы транспортных средств на них были успешно проанализированы с помощью моделей оптимизации [3]. В работах Golden B., Assad A. и Crainic T., Laporte G. описывается множество вопросов, связанных с применением моделирования и оптимизации маршрутизации транспортных средств и других технических вопросов. Вопросы проектирования развозочных маршрутов, которыми занимались отечественные ученые, базировались в основном на сочетании смешанного целочисленного программирования и эвристических методов. При этом все подходы для организации процесса перевозки грузов по развозочным маршрутам носили, как правило, однобокий характер, т.е. рассматривали задачу с учетом одного критерия оптимизации.

Кроме теоретических подходов, к настоящему времени имеются апробированные на практике методы решения задач развозки, основанные на интуиции и здравом смысле перевозчика, которые не гарантируют получение точного результата [4].

Однако, на данный период времени, при проектировании развозочных маршрутов, наибольшее распространение получили метод Кларка-Райта и задача, известная как "задача коммивояжера", которому требуется в определенных целях посетить несколько пунктов на транспортной сети и при этом минимизировать суммарное пройденное расстояние. Существует метод точного решения этой задачи, получивший название метода "ветвей и границ" [5]. Однако, он не может прямо при-

меняться для решения задач развоза (или сбора) груза, имеющих некоторые ограничения. Основными такими ограничениями является необходимость, во-первых, завозить грузы каждому потребителю в не всегда определенном и не одинаковом количестве, во-вторых, учитывать требования Трудового Кодекса об обеденном перерыве и продолжительности рабочей смены водителя, и в-третьих, придерживаться графиков согласованной работы автомобилей с передвижными распределительными центрами. Наличие хотя бы одного из этих ограничений вынуждает организовать завоз специфических грузов по нескольким маршрутам.

Одной из основных проблем при решении данных задач является их большая размерность, вызванная тем, что маршруты необходимо прокладывать между десятками и даже сотнями грузополучателей ежедневно. Второй, не менее важной проблемой, является необходимость выполнения жестких требований клиентов по времени доставки груза, например, при перевозке молочных продуктов все грузополучатели могут требовать доставки товара до 10 часов утра, что может затруднить объединение в один маршрут нескольких клиентов, следствием чего является необходимость привлечения к перевозкам дополнительного подвижного состава при его неполной загрузке и, соответственно, увеличение транспортных затрат. Третьей проблемой является существенная неравномерность поставок по дням недели и месяцам года, вызванная сезонным характером спроса.

В целом, проведенный анализ отечественной и переводной зарубежной литературы по вопросу разработки оптимальных развозочных маршрутов показывает, что среди множества разнообразных подходов к решению проблемы оптимизации мелкопартионных перевозок грузов в транспортной сети городов, пока еще не существует такого, который бы отражал все аспекты оптимизации. Кроме того, мало уделяется внимания определению сравнительной эффективности предлагаемых методик.

3. Цель и постановка задачи

Цель работы заключается в разработке подхода для выбора рациональной очередности объезда пунктов автомобилями при развозке специфических грузов в пределах города.

4. Методика выбора оптимальной очередности объезда пунктов

Также в последнее время все больше внимания при изучении вопросов надежности поставок уделяется проектированию маршрутов в городской транспортной системе с учетом ряда факторов, которые обуславливают неопределенный характер функционирования транспортной сети в целом. Кроме того, при выборе методики для проектирования маршрутов доставки специфических грузов через передвижные распределительные центры должны учитываться существенные колебания потребительского спроса в точках завоза. Это предопределяет необходимость составления множества различных вариантов маршрутов на период

работы перевозчика в течение недели. Данная задача является трудно решаемой с использованием стандартных методик.

С учетом последних тенденций при решении вопросов маршрутизации и выше изложенных ограничений, наиболее подходящим способом решения поставленной задачи является применения метода составления маршрутов с помощью различного типа эволюционных алгоритмов. Использование такого рода алгоритмов для поиска решения является эффективным в двух случаях:

- когда не известен способ точного решения задачи;
- когда способ для точного решения существует, но он очень сложен в реализации, требует больших затрат времени и материальных ресурсов.

Для описания процедуры решения, будем использовать следующие обозначения;

- $H_0^{(t)}$ – множество необходимых заказов, поступающих в день t (должны быть обслужены в течении дня t).

- $H_1^{(t)}$ – множество регулярных заказов, поступающих в день t (должны быть обслужены в течении двух дней).

На каждый день t задача состоит в том, чтобы выбрать множество $B^{(t)}$ подмножества $H_1^{(t)}$, содержащие регулярные заказы для обслуживания в течение текущего дня t . $c(A)$ обозначает стоимость доставки для обслуживания заказов в множестве A . Формирование маршрутов при данном характере спроса происходит на основе моделирования локального поиска. Сам метод может быть представлен в виде трёх циклов.

1. Выполнением цикла 1 оцениваются возможные решения. Так, подмножество клиентов $B^{(t)}$ может быть обслужено уже в течении 24 часов из набора $H_1^{(t)}$ потребителей, которые ожидают своего обслуживания в течении 48 часов. Проблема маршрутизации решена для множества, состоящего из выбранных потребителей плюс потребители, которые должны быть обслужены в текущий день t (в том числе оставшиеся за предыдущий день $t-1$). Затем процедура переходит в цикл 2, где оцениваются расходы для клиентов. Наконец, множество $B^{(t)}$ обновляется путем перемещения локального поиска.

2. В цикле 2 выбирается тот же самый сценарий для спроса на день $t+1$ и применяется локальный поиск для нахождения множества потребителей $B^{(t+1)} \subseteq H_1^{(t+1)}$ для обновления множества $B^{(t+1)}$, после чего процедура переходит в цикл 3.

3. В третьем цикле, к стоимости доставки добавляется граничный срок обслуживания клиента, который переносится на день $t+2$ (в противном случае, с процедурой локального поиска всегда можно обслужить только минимально возможное число клиентов на день $t+1$). Этот граничный срок вычисляется для оценки дополнительных расходов на день $t+2$, вызванных переносом обслуживания клиентов. Простейший способ сделать это является умножение количества отложенных клиентов на оценку средних дополнительных расходов, понесенных перевозчиком на обслуживание клиентом, в зависимости от расстояния перевозки от ПРЦ или основного склада до конкретной точки реализации. Эта оценка может быть основана на предыдущих днях, для которых уже известны расходы. Также необходимо использовать вторую оценку, основанную на расстоянии и принять ее среднее взвешенное значение.

Для расчета граничного срока обслуживания, вычисляется последовательность улучшения оценок c_t ($t=0,1,...$) дополнительных расходов, понесенных клиентом, обслуживание которого отложено. Расчет проводится с произвольного начального значения стоимости c_0 в день 0, после чего c_t изменяется с каждой итерацией до стоимости c_{t+1} , приняв c_t , как среднее взвешенное между текущим значением и средними (дополнительными) затратами на день t для обслуживания клиентов, перенесенных с дня $t-1$ на день t . Когда процесс поиска приближается к стабильному состоянию, можно говорить о том, что c_t принимает «правдивое» значение затрат для рассмотрения и включения клиента в формирующийся маршрут.

Второй подход оценки предполагает расчет суммы расстояний от ПРЦ либо основного склада до отложенного клиента вместо одного потребителя из числа клиентов на текущий день. На данном шаге оценивается среднее (дополнительные) затраты на единицу расстояния для клиента, обслуживание которого было отложено. Аналогичным образом, как прежде, оценка c_t для этого значения обновляется, приняв среднее взвешенное между текущим значением и средними (дополнительными) затратами на единицу расстояния на день t для обслуживания клиентов, перенесенных с $t-1$ дня на день t .

Данная методика включает проектирование множества поездок транспортного средства, начинающихся и заканчивающихся в одной точке и удовлетворение спроса множества клиентов. В данном случае проблема маршрутизации представлена в виде моделирования срочных запросов из множества $H_0^{(t)}$ клиентов, требующих доставки в пределах первого дня, и регулярных - из множества $H_1^{(t)}$ клиентов, доставка которым возможна в течение двух дней. Решение должно приниматься, на какой день необходимо обслужить клиентов, принадлежащих к множеству $H_1^{(t)}$. Данная проблема может быть формализована следующим образом

$$\min c(H(0) \cup B^{(0)}) + E \left[\sum_{t=1}^T c(H(t) \cup B^{(t)}) \right]$$

$$H(t) = (H_1^{(t-1)} \setminus B^{(t-1)}) \cup H_0^t, \forall t = 1, \dots, T$$

$$B^{(t)} \subseteq H_1^{(t)}, \forall t = 1, \dots, T$$

где $c(A)$ – расходы доставки для обслуживания клиентов, принадлежащих к набору (оптимальное решение маршрутизации);

E – математическое ожидание;

T – временной горизонт.

Ограничения представляют эволюцию системы из одной стадии в следующую.

5. Выводы

Рассмотренная методика проектирования развозочных маршрутов в пределах города позволяет получить набор маршрутов для работы перевозчика в течение недели, с учетом неравномерности распределения спроса у каждого потребителя. Данная стратегия маршрутизации является более гибким решением, с акцентом на регулярность доставки для каждого потребителя по мере необходимости и позволяет более эффективно использовать имеющийся подвижной состав. Кроме

этого, учитывает оптимальную очередность объезда потребителей с более меньшими затратами для перевозчика. В дальнейшем спроектированные маршруты могут быть скорректированы в оперативном порядке с учетом работы транспортной системы города.

Литература

1. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров. Учебно-практическое пособие. В.М. Курганов – М.: Книжный мир, 2005. – 432 с.

2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов. / Под. ред. Проф. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА, 2004.
3. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок: [пособие]/ В.В. Никифоров. – М.: ГроссМедиа: РОСБУХ, 2008. – 192 с.
4. Неруш Ю.М. Логистика: учеб. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: ТК Велби, Изд-во проспект, 2007. – 520 с.
5. ESSENTIAL of Supply Chain Management, by Michael Hugos, by «John Wiley & Sons», Inc., Hoboken, New Jersey, 2008. – 254.

Розроблено методик, призначену для розподілу транспортних потужностей спеціалізованих автотранспортних підприємств в залежності від розвитку автотранспортного підприємства та бази клієнтів. Проаналізовано основні вимоги до входної інформації та надано принципи для її формування і наступного аналізу

Ключові слова: розподіл транспортних потужностей, апроксимація багаточленами, кластерний аналіз, дискретне динамічне програмування, функція Белмана

Разработана методика, предназначенная для распределения транспортных мощностей специализированных автотранспортных предприятий в зависимости от развития автотранспортного предприятия и базы клиентов. Проанализированы основные требования к входной информации и представлены принципы для ее формирования и последующего анализа

Ключевые слова: распределение транспортных мощностей, аппроксимация многочленами, кластерный анализ, дискретное динамическое программирование, функция Белмана

The method intended for distribution of transport capacities of the specialised motor transportation enterprises depending on development of the motor transportation enterprise and base of clients is developed. The basic requirements to the entrance information are analysed and principles for its formation and the following analysis are given

Keywords: distribution of transport capacities, approximation by multinomials, cluster analysis, discrete dynamic programming, function of Belman

УДК 656.078

РОЗПОДІЛ ТРАНСПОРТНИХ ПОТУЖНОСТЕЙ ЯК ЗАДАЧА ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

В.О. Вдовиченко

Кандидат технічних наук, доцент*
E-mail: Ktt@khadi.kharkov.ua

О.П. Калініченко

Кандидат технічних наук, доцент*
E-mail: andros_777@mail.ru

О.В. Павленко

Кандидат технічних наук, доцент*
E-mail: ttpov@mail.ru

*Кафедра транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
вул. Петровського, 25, м. Харків, Україна, 61001
Контактний тел.: 707-37-20

1. Вступ

Розвиток сучасних автомобільних транспортних підприємств, який спостерігається в Україні, характе-

ризується постійним оновленням та реформуванням. Більша частина великих підприємств мають в своєму складі відділи логістики, транспортно-експедиційної діяльності, сервісної політики.