

ЛОГИСТИКА

УДК 656.073.2

**МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МАРШРУТОВ
ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ В ГОРОДАХ**

**Е.В. Нагорный, профессор, д.т.н., Д.А. Музылёв, ассистент, к.т.н.,
А.С. Черпаха, аспирант, ХНАДУ**

***Аннотация.** Предложена методика формирования виртуальных маршрутов при доставке товаров народного потребления в городских условиях на основе использования гибридного алгоритма. Предложенная методика позволяет получить набор альтернатив виртуальных маршрутов в оперативном периоде планирования процесса перевозки.*

***Ключевые слова:** товары народного потребления, виртуальный маршрут, перевозка, клиент.*

**МЕТОДИКА ПРОЕКТУВАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ МАРШРУТІВ
ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ ТОВАРІВ НАРОДНОГО СПОЖИВАННЯ В МІСТАХ**

**Є.В. Нагорний, професор, д.т.н., Д.О. Музыльов, асистент, к.т.н., О.С. Черпаха,
аспірант, ХНАДУ**

***Анотація.** Запропоновано методику формування віртуальних маршрутів при доставці товарів народного споживання в міських умовах на основі використання гібридного алгоритму. Запропонована методика дозволяє одержати набір альтернатив віртуальних маршрутів в оперативному періоді планування процесу перевезення.*

***Ключові слова:** товари народного споживання, віртуальний маршрут, перевезення, клієнт.*

**DESIGN TECHNIQUE OF VIRTUAL ROUTES FOR CARRIAGE OF NATIONAL
CONSUMPTION GOODS IN CITIES**

**Ye. Nagornji, Proessor, Doctor of Technical Science, D. Muzyliov, Assistant Lecturer,
Candidate of Technical Science, A. Cherepakha, postgraduate, KhNAHU**

***Abstract.** The technique of building virtual routes for delivery of consumer goods in urban environments using hybrid algorithm is offered. The proposed method allows to obtain a set of alternatives of virtual routes within the operational transport planning period.*

***Key words:** consumer goods, virtual routing, transport, client.*

Введение

Актуальность выбора темы вызвана тем, что в последнее время при доставке товаров в цепях поставок все большую распространенность получают так называемые виртуальные предприятия, основной целью которых является быстрое реагирование на рыночные требования и максимизация степени использования транспортных ресурсов предприятий, а это, в свою очередь, ведет к необходимости иметь своевременную ин-

формацию о возможных маршрутах перевозок грузов, объемах потенциальных заказов, местах дислокации потребителей и т.д.

Анализ публикаций

На данном этапе развитие информационных компьютерных технологий (ИКТ) и уровень их практического применения напрямую связаны с требованиями, которые предъявляют потребители транспортно-логистических услуг на современном рынке [1]. Иными сло-

вами, рынок постоянно усложняется, формируя на каждом новом этапе новые дополни-

тельные требования к услугам и их качеству (табл. 1).

Таблица 1 Требования, предъявляемые потребителями транспортно-логистических услуг на современном рынке

Требование	Содержание требования
Комплексность услуги	Услуги должны быть интегрированного типа, представляться потребителю в «пакете» одним оператором
Мобильность в управлении и взаимодействии	Незамедлительная реакция на спрос, быстрое обслуживание и широкий охват потребителей, благодаря мониторингу, мобильным средствам доступа к информации и технологиям электронной коммерции
Доступность услуг, товаров, информации	Применение ИКТ глобального уровня на основе интернета, ослабляющих значимость географического фактора и выравнивающих возможности доступа потребителей к услугам и товарам
Синхронность в выполнении операций по оказанию услуг	Внешняя упорядоченность бизнес-процессов в цепях поставок, реализуемая с помощью координирующих ИС, средств мониторинга и связи
Надежность и непрерывность поставок, контрактов	Послепродажное сопровождение товара и оказание сопутствующих услуг; создание долговременных, устойчивых связей

Цель и постановка задачи

Набор выше указанных требований приводит к необходимости использования транспортными предприятиями широкого спектра информационных технологий и средств коммуникации, для того чтобы своевременно и качественно отреагировать на поступившую заявку клиента.

Для этого на виртуальных предприятиях создаются виртуальные маршруты. Исходя из особенностей разработки виртуальных маршрутов и самого процесса доставки товаров народного потребления (ТНП), в городах необходимо предложить новую методику проектирования маршрутов в оперативном периоде планирования.

Результаты исследований

На первом этапе исследования были изучены конкурентные преимущества использования виртуальных маршрутов для обеспечения высокого уровня обслуживания клиентуры при доставке ТНП. К основным преимущест-

вам использования виртуальных маршрутов можно отнести:

- увеличение скорости выполнения рыночного заказа;
- возможность снижения совокупных затрат за счет подбора рациональной марки подвижного состава;
- возможность более полного удовлетворения потребностей заказчика;
- возможность гибкой адаптации к быстро изменяющимся условиям окружающей среды;
- возможность снижения барьеров выхода на новые рынки;
- перспективность создания единой базы данных о возможных объемах перевозки ТНП в городах;
- мобильность выполнения работы географически отдаленных агентов (клиентов);
- совместная работа перевозчиков на взаимовыгодных условиях за счет объединения основных компетенций, ресурсов;
- отсутствие организационных границ за счет объединения поставщиков, клиентов в тесные логистические цепи.

Набор сформированных требований подтолкнул виртуальные автотранспортные предприятия к разработке комплекса программ, позволяющих качественно планировать и организовывать доставку ТНП в городах [2].

На рис. 2 представлена функциональная структура элементов модуля по разработке виртуальных маршрутов.

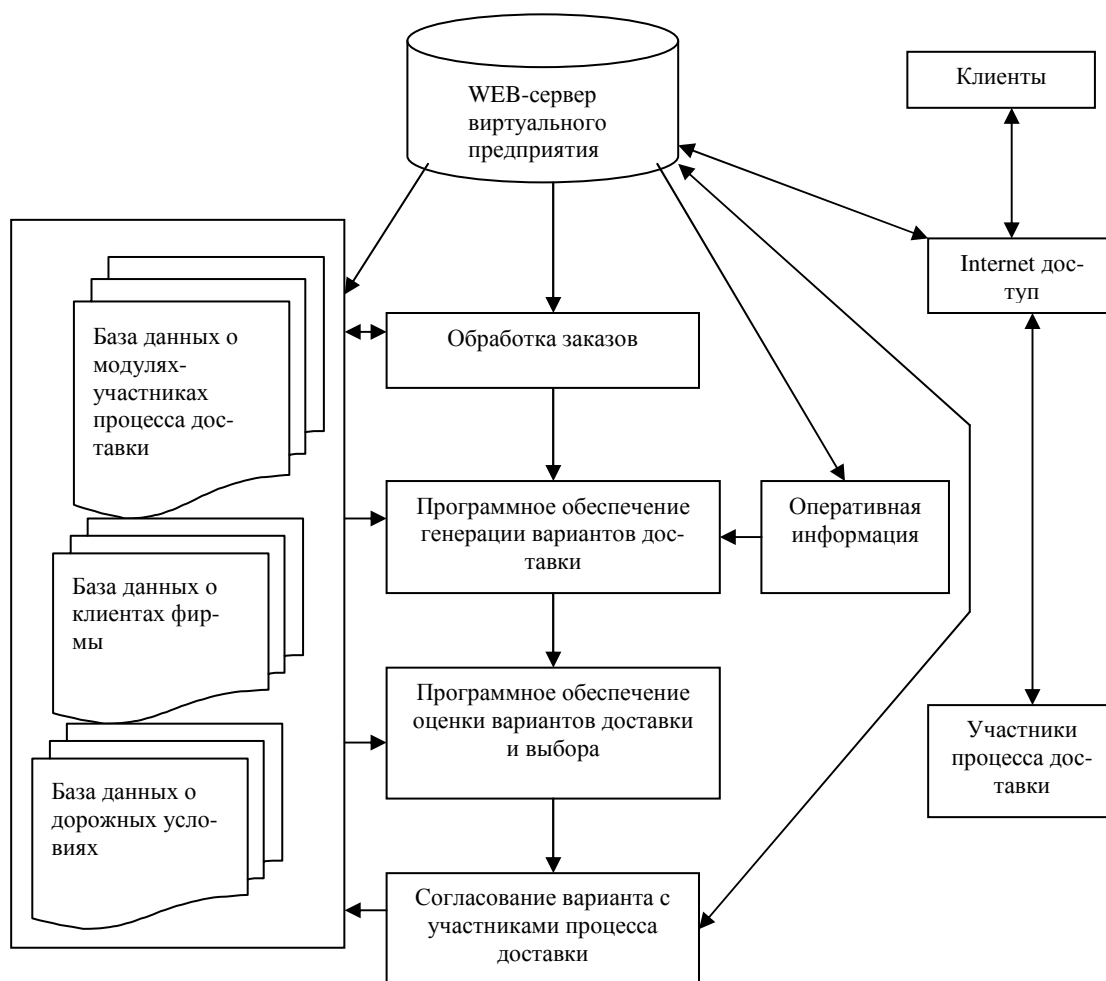


Рис. 1. Функциональная структура элементов модуля по разработке виртуальных маршрутов

В представленной структуре можно выделить ряд основных модулей:

- модуль участников процесса доставки (перечень оказываемых услуг, уровень качества услуг, объем работы);
- база данных клиентов-грузоотправителей (перечень требуемых услуг и объемы оказанных услуг);
- база данных о дорожных условиях (длина маршрута, время проезда, осевая нагрузка).

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.

В целом проведенный анализ отечественной и переводной зарубежной литературы по вопросу разработки альтернатив виртуальных маршрутов показывает, что среди множества разнообразных подходов к решению проблемы оптимизации перевозок грузов в транспортной сети городов пока еще не существует такого, который бы отражал все аспекты оптимизации. При разработке виртуальных маршрутов выделяется ряд основных этапов, которые позволяют в оперативном режиме выбрать самый рациональный вариант обслуживания клиентуры при наиболее эффективном использовании подвижного состава. Саму последовательность разработки виртуальных маршрутов можно представить в 12 основных этапов:

- Шаг 1. Формирование базы данных о местах дислокации возможных потребителей (торговых точек) с указанием координат размещения на рассматриваемом полигоне обслуживания.
- Шаг 2. Формирование базы данных о местах дислокации автотранспортных предприятий.
- Шаг 3. Определение кратчайших расстояний между участниками транспортного процесса.
- Шаг 4. Определение граничного периода завоза ТНП по потребителям.
- Шаг 5. Формирование партии груза с учетом параметров поступления заявок (интервала, объема и т.д.).
- Шаг 6. Формирование партии груза ТНП с учетом совместимости и возможности перевозки в одном автомобиле.
- Шаг 7. Выбор из базы данных свободного автомобиля для обслуживания поступившей заявки.
- Шаг 8. Разработка интегрального критерия формирования маршрутов с учетом расстояния перевозки и временного интервала.
- Шаг 9. Проектирование альтернатив маршрутов обслуживания клиентуры.
- Шаг 10. Выбор из множества альтернатив маршрутов одного, который удовлетворяет выбранному критерию, при этом коэффициент использования пробега должен стремиться к единице, т.е. рассмотрение возможности построения развозочно-сборочного маршрута.
- Шаг 11. Нанесение трассы маршрута на карту региона, в котором осуществляется перевозка, и согласование его с заказчиком.
- Шаг 12. Разработка расписания завоза ТНП.

Необходимо отметить, что особое внимание при изучении вопросов надежности поставок следует уделить проектированию виртуальных маршрутов по доставке ТНП в городской транспортной системе с учетом ряда факторов, которые обуславливают неопределенный характер функционирования транспортной сети в целом.

Поэтому одним из основных этапов разработки виртуальных маршрутов является формирование отправок грузов. Для объединения партий грузов будет использоваться алгоритм поиска всякой пары «груз-груз», которые совпадают по параметру времени отправки [3]:

$$\begin{cases} T(A_i)_k < T(A_i)_j \leq T(A_i)_k + T_{оч}^{гп}(A_i)_k, \\ T(A_i)_k < T(A_i)_l \leq T(A_i)_k + T_{оч}^{гп}(A_i)_k \end{cases}, (1)$$

где $T(A_i)_k$ – время загрузки k -го автомобиля, прибывшего от ближайшего перевозчика, в A_i -м грузоотправителе (торговой точке), ч; $T(A_i)_j$, $T(A_i)_l$ – время отправки соответственно j -го, l -го груза от A_i -го грузоотправителя, ч; $T_{оч}^{гп}(A_i)_k$ – допустимое время ожидания k -го автомобиля, прибывающего от ближайшего перевозчика к A_i -му грузоотправителю.

Также важным этапом является подбор партии груза на основании выбора автомобиля рациональной грузоподъемности из имеющегося ряда автомобилей, входящих в парк транспортных средств перевозчиков, размещенных на территории города

$$\begin{cases} q(A_i)_k \leq \delta, q(A_i)_j \leq q(A_i)_k, q(A_i)_l \leq q(A_i)_k \\ q(A_i)_k > \delta, q(A_i)_j = q(A_i)_k, q(A_i)_l = q(A_i)_k \end{cases}, (2)$$

где $q(A_i)_k$ – грузоподъемность k -го автомобиля, поданного под погрузку к A_i -му грузоотправителю, т; $q(A_i)_j$, $q(A_i)_l$ – объемы отправок j -го, l -го груза от A_i -го грузоотправителя, т; δ – предельное значение грузоподъемности автомобилей, до которого разрешается замена кузова с меньшей грузоподъемностью большей.

Последовательность выбора рациональной марки подвижного состава для доставки ТНП в городских условиях может быть представлена в следующем виде:

- Шаг 1. Формирование базы данных о марках, грузоподъемности, типе кузова и количестве имеющегося подвижного состава на АТП, находящихся в регионе обслуживания.
- Шаг 2. Определение оптимального значения грузоподъемности автомобилей на основе сравнения с размером поступивших заявок на перевозку ТНП.
- Шаг 3. Формирование множества всех допустимых альтернатив для выработки наиболее рационального управленческого решения по выбору рациональной модели ПС.
- Шаг 4. Проверка возможности обслуживания поступившей заявки в конкретный пери-

од времени на основе выбранного множества альтернатив транспортных средств.

– Шаг 5. Расчет себестоимости перевозки 1 тонны груза для определения наиболее оптимального автомобиля для перевозки ТНП из множества альтернатив.

– Шаг 6. Определение тарифа на перевозку и обслуживание конкретного клиента.

Что касается модели построения маршрутов от грузоотправителей до потребителей для автомобилей, то она будет основана на методах стохастического программирования и гибридного алгоритма на основе статического моделирования и генетического алгоритма.

Таким образом, получаем следующую модель целевого программирования с вероятностными ограничениями для стохастической задачи маршрутизации

$$\left\{ \begin{array}{l} \min \left\{ \sum_{i=1}^n (d_i^+ + d_i^-), d_{n+1}^+ \right\} \\ \text{при ограничениях:} \\ \Pr \{ f_i(x, y, t) - b_i \leq d_i^+ \} \geq \beta_i, i = 1, 2, \dots, n, \\ \Pr \{ \alpha_i - f_i(x, y, t) \leq d_i^- \} \geq \beta_i, i = 1, 2, \dots, n, \\ p(x, y) + d_{n+1}^- - d_{n+1}^+ = 0, \\ 1 \leq x_i \leq n, i = 1, 2, \dots, n, \\ x_i \neq x_j, i \neq j, i, j = 1, 2, \dots, n, \\ 0 \leq y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_{m-1} \leq n, \\ \Pr \left\{ \sum_{j=y_{k-1}+1}^{y_k} Q_{x_j} \leq q_k \right\} \geq \alpha_k, k = 1, 2, \dots, m, \\ d_i^+, d_i^- \geq 0, i = 1, 2, \dots, n+1, \\ x_i, y_j, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m-1, \text{ целые.} \end{array} \right. \quad (3)$$

Для решения стохастической задачи маршрутизации с использованием ССР-модели применяем гибридный алгоритм, в котором имеются соответствующие изменения, касающиеся структурного представления элементов задачи и их инициализации [4].

В данном случае управление целями осуществляется лицом, принимающим решения. При этом может быть использована следующая структура приоритетов, состоящая из трех уровней.

Первый уровень приоритета определяет, что для каждого клиента посещение транспорт-

ным средством должно укладываться в заданный промежуток времени $[a_i, b_i]$ с доверительным уровнем $\beta_i, i = 1, 2, \dots, n$. Это дает следующие целевые ограничения

$$\begin{aligned} \Pr \{ f_i(x, y, t) - b_i \leq d_i^+ \} &\geq \beta_i, \\ \Pr \{ \alpha_i - f_i(x, y, t) \leq d_i^- \} &\geq \beta_i \end{aligned} \quad (4)$$

При $i = 1, 2, \dots, n$, в которых $\sum_{i=1}^n (d_i^+ + d_i^-)$ должна быть минимизирована.

Согласно второму уровню приоритета, следует минимизировать общее расстояние, пройденное всеми транспортными средствами. Соответствующее целевое ограничение имеет вид

$$p(x, y) + d_{n+1}^- - d_{n+1}^+ = 0 \quad (5)$$

Здесь d_{n+1}^+ должно быть минимизировано.

Третий уровень приоритета предполагает повышение значения коэффициента использования пробега за счет возможности формирования развозочно-сборочных маршрутов.

План перевозок ТНП может быть представлен с помощью хромосомы $V = (x, y, t)$, где гены x, y, t совпадают с независимыми переменными исходной задачи.

Без потери общности можно также принять, что интервал времени, в течение которого транспортные средства находятся у клиента, имеет вид $[a, b]$.

Выводы

Рассмотренная методика проектирования виртуальных маршрутов в пределах города позволяет получить набор маршрутов для работы перевозчика в течение оперативного периода планирования с учетом неравномерности распределения спроса у каждого потребителя.

Предложенная методика проведения маршрутизации с использованием генетического алгоритма является более гибким решением с акцентом на регулярность доставки для каждого потребителя по мере необходимости и

позволяет более эффективно использовать имеющийся подвижной состав.

В дальнейшем будет проведен сбор информации о местах дислокации потребителей и автотранспортных предприятий с последующей разработкой базы данных о географическом размещении участников процесса доставки ТНП и объединении их по зональному признаку. Это позволит разработать программное обеспечение для выбора рациональной марки ПС и рационального варианта маршрута перевозки.

Литература

1. Логистика: учеб. для студ. и асп. высш. учеб. завед. / В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев и др.; под ред. В.И. Сергеева. – М.: Эксмо, 2008. – 944 с. – (Полный курс МВА).
2. Транспортная логистика: учеб. / Б.Э. Ташбаев, В.А. Гудков, С.А. Ширяев и др.; под ред. Л.Б. Миротина. – 2-е изд. – М.: Экзамен, 2005. – 512 с. – (Серия «Учебник для вузов»).
3. Нагорний Є.В. Комерційна робота на автомобільному транспорті : підручник / Є.В. Нагорний, Н.Ю. Шраменко. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 324 с.
4. Прикладные нечеткие системы / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи и др.; под ред. Т. Тэрано; пер. с япон. Ю.Н. Чернышова. – М.: Мир, 1993. – 512 с.

Рецензент: П.Ф. Горбачев, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 21 марта 2012 г.
