

УДК 658.788

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

© 2011 г.

Ю.В. Трифонов, В.С. Громницкий, М.Ю. Золотов

Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского

decanat@ef.unn.ru

Поступила в редакцию 06.08.2011

Рассматривается технология принятия решений в области транспортного логистического менеджмента. Приводится математическая модель определения оптимальных кольцевых маршрутов доставки товаров, предлагается методика решения с использованием геоинформационных систем.

Ключевые слова: региональное планирование, транспортно-логистический менеджмент, оптимальные маршруты, геоинформационные технологии.

В условиях рыночной экономики ужесточились требования к деятельности предприятий, оказывающих транспортные услуги по доставке товаров потребителям.

Стратегически предприятия должны действовать в двух основных направлениях: стремиться к увеличению объемов продаж и непрерывно снижать издержки. Несмотря на это, постоянный дефицит оборотных средств, дороговизна и ограниченность складских ресурсов вынуждают производителей и продавцов стремиться к снижению товарных запасов.

В свою очередь потребители становятся все более и более требовательными, и не только к качеству и цене товаров и услуг, но и к уровню сопутствующего сервиса. В подобной ситуации именно логистический сервис становится одним из важнейших инструментов повышения конкурентоспособности.

Выполнению задач транспортного логистического менеджмента в значительной мере способствует постоянное, последовательное выполнение трех бизнес-процессов:

- **Планирование:** определяется, что, куда и когда доставляется. Выявляются необходимые ресурсы и их источники, транспортные средства, количество горюче-смазочных и расходных материалов, непосредственные исполнители и оптимально распределяются ресурсы для достижения поставленной цели.

- **Контроль:** в процессе транспортной деятельности фирмы постоянно контролируется выполнение установленных планов и выявляются отклонения. Чем раньше поступает информация о негативных отклонениях, тем скорее принимаются необходимые меры по их

нейтрализации и тем самым минимизируются возможные потери.

- **Анализ:** после доставки грузов проводится анализ, все ли прошло по плану, детально разбираются причины и следствия отклонений. Выявленные положительные отклонения (скрытые резервы) позволяют обеспечить более жесткие условия планирования в дальнейшем. Отрицательные отклонения подвергаются более детальному анализу: явились ли они следствием ошибок планирования или проявлением форс-мажорных обстоятельств. В любом случае подобный анализ позволяет от цикла к циклу совершенствовать процессы управления транспортной логистикой.

На каждом этапе необходим постоянный сбор информации для глобального анализа деятельности фирмы и принятия стратегически важных управленческих решений.

На стадии планирования очень многое зависит от опыта и квалификации логиста, ведь его ошибки могут очень дорого обходиться компании. Сегодня при планировании маршрутов и ресурсов доставки продукции и грузоперевозок приходится учитывать несколько десятков самых различных параметров и ограничений: от объемно-весовых характеристик грузов, условий их перевозки и разгрузки, интервалов доставки до наличия пропуска для проезда в зоны с ограниченным пропускным режимом.

Если в компании несколько машин и не более 40–50 точек доставки в день, то задача маршрутизации может успешно решаться и «по старинке», вручную. Но с ростом бизнеса уже невозможно обойтись без современных информационных технологий, позволяющих автоматизировать труд менеджеров по логистике.

В рамках регионального планирования транспортных потоков рассмотрим задачу формирования транспортных маршрутов в следующей упрощенной постановке.

Имеется множество пунктов доставки мелкооптовых партий груза от нескольких источников – баз (складов). От каждого пункта доставки (клиента) поступает заявка с указанием адреса клиента, номенклатурных позиций заказа и количества груза по каждой позиции. Склады являются многономенклатурными по ассортименту продукции, то есть заказ клиента может быть полностью выполнен с любого склада. Доставка осуществляется транспортными средствами заданной грузоподъемности. Складские и транспортные мощности достаточны для выполнения заказов клиентов, то есть, гарантировано отсутствие дефицита. Известны затраты на перемещение транспортного средства между каждой парой пунктов, включая затраты на перемещение между базой и каждым пунктом. Затраты могут быть различными в прямом и обратном направлениях и не зависят от загрузки транспортного средства. К затратам относятся расстояние, время, расход горючего, стоимость. Требуется определить такие замкнутые маршруты доставки товаров, чтобы каждый из пунктов доставки входил только в один из маршрутов, а каждый маршрут проходил через одну из баз. Общий объем заказов по пунктам маршрута транспортного средства не должен превосходить его грузоподъемности. Суммарные затраты на перемещение по всем маршрутам должны быть минимальными.

Исходной информацией для решения задачи служит:

- список заявок от клиентов, содержащий адрес клиента, номенклатурные позиции заказа и количество;
- список транспортных средств и грузоподъемность;

Для решения задач планирования маршрутов используются данные о транспортной сети региона или города, получаемые из геоинформационной системы [1]. Геоинформационная система (ГИС) – информационная система, предназначенная для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах. ГИС включают возможности систем управления базами данных.

ГИС путем визуализации содержимого базы данных электронных карт дает наглядное представление о взаиморасположении объектов, что позволяет даже визуальным образом выбрать неплохой вариант маршрута движения транспортного средства.

Требуемые для решения задачи затраты на перемещение между пунктами могут быть найдены, если известны расстояния между всеми парами точек, маршрут объезда которых нужно минимизировать. То есть должна существовать база расстояний. Создать такую базу в короткое время внедрения системы планирования перевозок на предприятии с большим количеством клиентов весьма затруднительно. Но если использовать ГИС, содержащую дорожную сеть, то проблема решается автоматически. Карта дорог состоит из отдельных отрезков с известной длиной, длина каждого отрезка записана в его характеристиках в файле карты. Таким образом, любого клиента можно «привязать» к одному из концов отрезка путем позиционирования адреса клиента относительно системы координат из имеющейся базы данных ГИС (геокодирования) и выбора ближайшего к клиенту конца отрезка. А расстояние между клиентами можно вычислить, построив оптимальный маршрут, то есть, пройдя от одного клиента до другого по связанным отрезкам так, чтобы пройденный путь оказался оптимальным. При этом критерием оптимальности может служить как расстояние между клиентами, так и время движения (с учетом текущей дорожно-транспортной обстановки, плотности движения, средней скорости и т. д.).

Построение оптимальных маршрутов доставки товаров осуществляется в три этапа:

Этап 1. Построение матрицы затрат на перемещение между каждой парой пунктов. Для учета географических факторов используются геоинформационные системы «Деловая карта» (разработчик ООО «Фирма «ИНГИТ», Санкт-Петербург) и Top-Logistic (разработчик «Компания «TopPlan», Санкт-Петербург).

Этап 2. Кластеризация множества пунктов доставки товаров. Осуществляется привязка клиентов к складам по принципу ближайшего расположения.

Этап 3. Внутри каждого кластера ставится задача формирования оптимальных кольцевых маршрутов доставки товаров.

Математическая модель задачи

Исходные параметры

n – число пунктов доставки, источник (база) имеет нулевой номер.

c_{ij} , $i = \overline{0, n}$, $j = \overline{0, n}$ – затраты на перемещение из i -го пункта в j -й.

a_j , $j = \overline{1, n}$ – потребности в товарах в пунктах доставки.

v – грузоподъемность каждого транспортного средства.

Управляемые параметры

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если из } i\text{-го пункта осуществляется переход в } j\text{-й пункт,} \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad i = \overline{0, n}, j = \overline{0, n}.$$

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{если из } i\text{-го пункта осуществляется переход в } j\text{-й пункт на } k\text{-м} \\ & \text{маршруте,} \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad i = \overline{0, n}, j = \overline{0, n}, k = \overline{1, n}.$$

$u_i, i = \overline{0, n}$, – параметр отсутствия подциклов.

Ограничения

Перемещение из i -го пункта в j -й может реализоваться только на одном маршруте:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^n x_{ijk}, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{0, n}. \quad (1)$$

Из каждого пункта, кроме базы, нужно выйти только один раз:

$$\sum_{j=0}^n x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

В каждый пункт, кроме базы, нужно войти только один раз:

$$\sum_{i=0}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Выйти и войти в пункт p необходимо на одном и том же маршруте:

$$\sum_{j=0}^n x_{pjk} = \sum_{i=0}^n x_{ipk}, \quad p = \overline{1, n}, k = \overline{1, n}. \quad (4)$$

В каждом k -м слое матрицы переходов не более одного маршрута. Это цикл, проходящий через пункт 0, или маршрут пустой:

$$\sum_{j=1}^n x_{0,jk} \leq 1, \quad k = \overline{1, n}. \quad (5)$$

Объем груза, перевезенного по маршруту, не должен превышать грузоподъемности транспортного средства:

$$\sum_{j=1}^n a_j \sum_{i=0}^n x_{ijk} \leq v, \quad k = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Условия отсутствия подциклов, не проходящих через нулевой пункт:

$$u_i - u_j + (n+1)x_{ij} \leq n, \quad i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Условие целочисленности:

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad x_{ijk} \in \{0,1\}, \quad u_i \in N, \quad i = \overline{0, n}, j = \overline{0, n}, k = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Критерий оптимальности

Суммарные затраты на транспортировку должны быть минимальными:

$$F(\bar{x}) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (9)$$

Математическая модель поставленной задачи относится к классу задач целочисленного линейного программирования и является одним из вариантов задачи нескольких коммивояжеров. Предлагается точный метод её решения, являющийся адаптацией метода ветвей и границ [2] к условиям математической модели.

Однако все преимущества эффективного планирования маршрутов доставки товаров могут быть сведены к нулю из-за отсутствия системы надежного контроля. Экономический эффект искажается, если водитель, несмотря на сформированный маршрут, сам определяет порядок объезда точек доставки или (что еще хуже) – в первую очередь решает собственные задачи, используя корпоративный транспорт. Для контроля и анализа фактических перемещений транспортных средств применяются системы спутникового GPS/ГЛОНАСС мониторинга мобильных объектов. На транспортное средство устанавливается специализированное оборудование: бортовой контроллер (с GPS/ГЛОНАСС-приемником и GSM-модемом) либо мобильный терминал с возможностью получения информации о заказах покупателей и присвоения статусов заказам, при необходимости – датчики состояния (расхода топлива, температуры, открытия/закрытия кузова, давления на ось и т. д.) или CAN/FMS адаптер для подключения к бортовому компьютеру автомашины. Передача данных осуществляется по каналу GPRS/EDGE (мобильный Интернет) через специализированный интернет-шлюз, вся информация централизованно собирается на сервере компании. Визуальное отображение планируе-

мых и фактических маршрутов движения на электронной карте ГИС упрощает план-фактный анализ и наглядно представляет все нарушения, что позволяет предпринимать своевременные действия по их устранению.

Сам факт установки системы спутникового мониторинга дисциплинирует водителей – ведь их работу контролирует объективная и неподкупная техническая система. Как результат, исключаются «левые» рейсы, снижаются потери от хищения топлива.

Практический опыт использования системы показал ее эффективность. Фактический пробег и количество эксплуатируемых транспортных средств сокращается на 20–30%. В среднем на 15–25% уменьшаются затраты на закупку топ-

лива. На 7–10% снижаются затраты на ремонт и техобслуживание транспортных средств, увеличивается срок их полезного использования. Увеличивается коэффициент использования транспортных средств, на 10–15% повышается загрузка каждого рейса [3].

Список литературы

1. Журкин И.Г., Шайтура С.В. Геоинформационные системы. М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. 272 с.
2. Литл Дж., Мурти К., Суини Д., Кэрел К. Алгоритм для решения задачи о коммивояжере // Экономика и математические методы, 1965. Т. 1. Вып. 1. С. 94–107.
3. Тимашев А., Кучеров А. Точно в срок и с минимальными затратами // Логистика. 2010. № 4. С. 8–10.

DECISION-MAKING OPTIMIZATION IN THE SPHERE OF TRANSPORT LOGISTICS MANAGEMENT

Yu. V. Trifonov, V. S. Gromnitsky, M. Yu. Zolotov

The paper examines the technology of decision-making in the sphere of transport logistics management. A mathematical model for determination of optimal circular routes of goods delivery is presented. A technique of decision making with the use of geoinformation systems is proposed.

Keywords: regional planning, transport logistics management, optimal routes, geoinformation technologies.