

Оптимизация маршрута доставки строительных материалов потребителям

© 2017 Носков Сергей Викторович
доктор экономических наук, профессор
© 2017 Чернова Дана Вячеславовна
доктор экономических наук, профессор
© 2017 Сосунова Лильяна Алексеевна
доктор экономических наук, профессор
Самарский государственный экономический университет
443090, г. Самара, ул. Советской Армии, д. 141
E-mail: noskov50@yandex.ru, Kafedra-kl@yandex.ru

Рассмотрены пространственные формы движения материального потока и задачи его оптимизации. Проведен анализ методов определения оптимального маршрута доставки товаров потребителям. Поставлена и решена задача оптимизации маршрута доставки лакокрасочной продукции объектам жилищного строительства методом целочисленного программирования.

Ключевые слова: сбытовая логистика, жилищное строительство, оптимизация, доставка продукции, методы, задача коммивояжера, целочисленное программирование.

Логистический менеджмент является наукой об оптимальном управлении параметрами экономических потоков во времени и пространстве. Современные исследования в логистике направлены:

- на разработку инновационных стратегий оптимизации бизнес-процессов предприятий¹;
- определение инновационных механизмов их реализации²;
- систематизацию и выбор наиболее эффективных логистических стратегий³;
- оптимизацию логистических бизнес-процессов на основе формирования оптимальных логистических схем⁴.

Пространственные теории логистики связаны с оптимизацией деятельности транспортно-логистических компаний⁵, влиянием логистического обслуживания товарных потоков на конечные результаты бизнеса⁶, моделированием в транспортной логистике на основе интеграции потоков⁷, выбором рациональных маршрутов в системе управления транспортировкой готовой продукции⁸.

В сбытовой логистике производственных компаний принимается большое число управленческих решений, связанных с оптимизацией пространственных форм движения материальных потоков. Современной практикой наиболее востребованными из них считаются: оптимизация расположения объектов транспортно-складской инфраструктуры на территории производственной компании или ее бизнес-единицы; оптимизация движения внутреннего автотранспорта; оптими-

зация размещения складского оборудования и расположения мест хранения отдельных товаров в помещении складского объекта; оптимизация движения подъемно-транспортного оборудования по помещению (территории склада); оптимизация маршрутов движения собственного внешнего автотранспорта по доставке товаров потребителям⁹.

Управленческое решение по определению оптимального маршрута перевозки товаров собственным автотранспортом производственных компаний является актуальным для предприятий, обеспечивающих нескольких потребителей одного вида (нескольких видов) продукции на территории муниципального образования, которое характеризуется сложной дорожно-транспортной инфраструктурой. Сложность и трудоемкость принятия подобных управленческих решений службами логистики производственных компаний неизмеримо возрастают с увеличением числа потребителей продукции, ухудшением дорожно-транспортных условий ее перевозки, ростом автомобилизации и повышением требований потребителей к точности, оперативности и своевременности поставок.

Самым простым методом решения задачи определения наиболее короткого маршрута доставки товаров со склада производственной компании последовательно каждому потребителю одним транспортным средством и его возвращения на склад является метод перебора всех возможных вариантов маршрута и нахождения минимального общего расстояния пробега автотран-

спорта. Однако число альтернативных маршрутов доставки товаров растет с увеличением числа их потребителей. Зависимость числа возможных вариантов маршрутов перевозки товаров от количества посещаемых потребителей (n) имеет вид $(n-1)$.

Менее трудоемким, но более сложным с математической точки зрения является метод динамического программирования, суть которого заключается в принятии управленческого решения по выбору каждого отрезка маршрута перевозки товаров с учетом последствий принятия этого решения на последующих отрезках маршрута. Разработка данной многошаговой задачи маршрутизации связана с построением рекуррентных соотношений (функциональных уравнений). Задача многошаговой оптимизации маршрута перевозки товаров в динамическом программировании формулируется следующим образом: определить совокупность допустимых управлений, переводящих систему из начального состояния в конечное и максимизирующих или минимизирующих показатель эффективности. Управление, при котором достигается минимум целевой функции, является оптимальным управлением.

Достаточно простым методом решения задачи поиска оптимального маршрута доставки товаров потребителям является эвристический метод ближайшего клиента. Менеджер, принимающий управленческое решение, рассматривает все отрезки маршрута перевозки товаров, исходящие из начального пункта (производственной компании). Затем определяет, какие из них не были использованы в формировании маршрута, и устанавливает ближайшего потребителя. Этот процесс поиска повторяется до тех пор, пока все потребители не будут посещены хотя бы один раз. Полученная таким образом последовательность отрезков маршрутов является оптимальной по критерию минимального пробега автотранспорта.

Другой метод принятия оптимального управленческого решения по определению маршрута доставки товаров потребителям - метод ветвей и границ. Основные процедуры данного метода включают построение матрицы пунктов доставки товаров и расстояний между ними, определение минимальных расстояний по строкам матрицы и проведение ее редукции, повторение этой процедуры по столбцам матрицы, расчет оценок нулевых клеток и следующую редукцию матрицы, определение общего расстояния доставки товаров всем потребителям и ее маршрута.

В настоящее время разработаны и другие методы принятия оптимальных решений по оп-

ределению маршрута доставки товаров от производителя до потребителей, например метод генетических алгоритмов, алгоритм муравьиной колонии, метод Литтла, метод имитации отжига, частично целочисленного программирования и т.п.¹⁰

Метод частично целочисленного программирования в разработке оптимального маршрута доставки товаров потребителям относится к классу задач коммивояжера. Постановка подобной задачи имеет вид

$$F = \sum c_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min,$$

где F - функция, минимизирующая длину маршрута перевозки товаров потребителям;

c_{ij} - длина отдельных отрезков маршрута от i -го потребителя до j -го.

Задача коммивояжера решается при следующих условиях и ограничениях:

$$x_{ij} = 1, \text{ если отрезок маршрута используется;}$$

$x_{ij} = 0$, если отрезок маршрута не используется;

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1;$$

$u_i - u_j + n \cdot x_{ij} \leq n - 1$ (u_i, u_j - новые вещественные переменные).

Метод частично целочисленного линейного программирования для поиска оптимального маршрута перевозки товаров был апробирован в организации поставок лакокрасочной продукции ООО "Стройоптторгсервис" потребителям (объектам жилищного строительства городского округа Самара). Сеть возможных маршрутов доставки лакокрасочной продукции объектам жилищного строительства (ЖК) от организации оптовой торговли строительными материалами представлена на рис. 1.

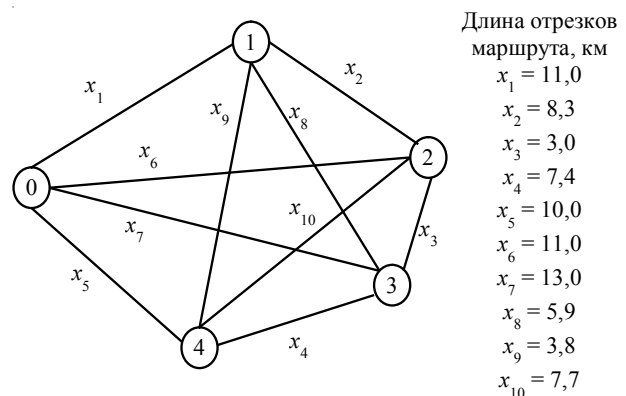


Рис. 1. Сеть маршрутов доставки лакокрасочной продукции объектам жилищного строительства

В представленной сети маршрута доставки лакокрасочной продукции под номерами 0, 1, 2, 3, 4 указаны следующие участники товародвижения:

- 0 - "Стройоптторгсервис", ул. Береговая, д. 3;
1 - ЖК "Ипподром";
2 - ЖК "Ботанический";
3 - ЖК "Приволжский";
4 - ЖК "Изумрудный".

Оптимальное управленческое решение разработано в компьютерной программе по следующим процедурам:

1. Сформирована целевая функция (f) и условия запуска программы:

$$f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}) := \\ := 11.0x_1 + 8.3x_2 + 3.0x_3 + 7.4x_4 + 10.0x_5 + \\ + 11.0x_6 + 13.0x_7 + 5.9x_8 + 3.8x_9 + 7.7x_{10}.$$

$$x_1 := 1 \quad x_2 := 1 \quad x_3 := 1 \quad x_4 := 1 \quad x_5 := 1 \\ x_6 := 1 \quad x_7 := 1 \quad x_8 := 1 \quad x_9 := 1 \quad x_{10} := 1.$$

2. В блоке условий и ограничений определены условия, согласно которым для каждого пункта маршрута имеются из всех входящих (исходящих) отрезков лишь два используемых, а также условия целочисленности. Каждому отрезку маршрута от одного до другого пункта присваиваем булеву переменную, значение которой равно 1, если этот отрезок входит в кратчайший маршрут, и равно 0, если не входит:

$$\begin{aligned} x_1 + x_6 + x_7 + x_5 &= 2 & x_1 + x_2 + x_8 + x_9 &= 2 \\ x_2 + x_6 + x_{10} + x_3 &= 2 & x_3 + x_8 + x_7 + x_4 &= 2 \\ x_4 + x_{10} + x_9 + x_5 &= 2 \\ 0 \leq x_1 \leq 1 & \quad 0 \leq x_2 \leq 1 & \quad 0 \leq x_3 \leq 1 \\ 0 \leq x_4 \leq 1 & \quad 0 \leq x_5 \leq 1 & \quad 0 \leq x_6 \leq 1 \\ 0 \leq x_7 \leq 1 & \quad 0 \leq x_8 \leq 1 & \quad 0 \leq x_9 \leq 1 \\ 0 \leq x_{10} \leq 1. \end{aligned}$$

3. В блоке поиска оптимального маршрута доставки лакокрасочной продукции найдены отрезки маршрута по критерию минимума общего расстояния перевозки (*Minimize*):

$$\text{Minimize } (f, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}) =$$

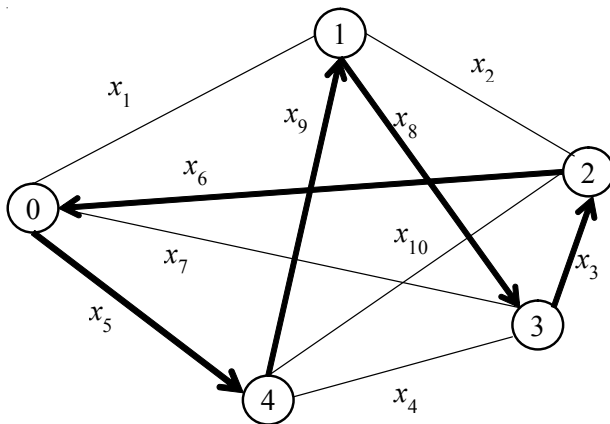


Рис. 2. Оптимальный маршрут доставки лакокрасочной продукции объектам жилищного строительства

$$= (0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0), \\ f(0, 0, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1, 0) = 33,7 \text{ (км)}.$$

Следовательно, в оптимальный маршрут доставки лакокрасочной продукции ООО "Стройоптторгсервис" объектам жилищного строительства городского округа Самара вошли отрезки маршрута, показанные на рис. 2.

Экономия расстояния пробега транспортного средства как разница рационального и оптимального маршрутов перевозки лакокрасочной продукции по городу составляет 6 км (39,7-33,7).

¹ Головкова И.А., Киселица Е.П. Инновационная логистическая стратегия как эффективный инструмент оптимизации бизнес-процессов предприятия // Креативная экономика. 2016. Т. 10, № 4. С. 379-394.

² Киреева Н. Инновационный механизм логистического инструментария управления // Логистика. 2013. № 1. С. 38-40.

³ Сергеев В.И. Наиболее распространенные логистические стратегии // Элитариум 2.0. 2016. 26 апр. URL: <http://www.elitarium.ru/logisticheskaja-strategija-kompanija-tehnologii-produkcija-kachestvo-proizvodstvo-upravlenie-izderzhki-kontrol>.

⁴ Джавадова И.С. Факторы и принципы оптимизации логистических бизнес-процессов кластеров строительной индустрии // Российское предпринимательство. 2013. № 7 (229). С. 33-40. URL: <https://bgscience.ru/lib/8081>.

⁵ Сорокин Д.С., Данилов А.М. Оптимизация деятельности транспортно-логистической компании // Молодой ученый. 2014. № 11. С. 113-115.

⁶ Зуева О.Н. Влияние логистического обслуживания товарных потоков на конечные результаты бизнеса // Изв. Уральского государственного экономического университета. 2013. Т. 46, № 2. С. 119-122.

⁷ Бережной В.И. Моделирование в транспортной логистике на основе интеграции потоков // Теория экономики и управления народным хозяйством: Вестник Института дружбы народов Кавказа. 2012. № 4 (24). С. 140-143.

⁸ Рассадникова Е.Ю., Коханчиков Л.А. Математическая модель задачи выбора рациональных маршрутов в системе управления транспортировки готовой продукции // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10244>.

⁹ Швецова Е.В., Тойменцева И.А. Создание транспортно-логистической системы как залог развития инфраструктуры региона // Вестник Самарского государственного экономического университета. Самара, 2015. № 4 (126). С. 15-17.

¹⁰ Maredia A. (2015) History, Analysis, and Implementation of Traveling Salesman Problem (TSP) and Related Problems. - Spring 2010. In: *Partial Fulfillment of Math 4395-Senior Project*. Department of Computer and Mathematical Sciences University of Houston-Downtown. Retrieved July 2. Available from: <http://cms.uhd.edu/faculty/redlt/annemseniorproject.pdf>.

Поступила в редакцию 05.11.2017 г.