

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 656.135.073

А.Ю. Тюрин

### МЕТОДЫ СБОРА И ДОСТАВКИ МЕЛКОПАРТИОННЫХ ГРУЗОВ

Существует несколько разновидностей стандартной задачи доставки мелкопартионных грузов, широко применяемых на практике. Среди них в последнее время приобрела популярность задача маршрутизации, связанная с завозом и вывозом грузов по маршруту. При этом каждый пункт на маршруте является и грузоотправителем и грузополучателем. Данная задача также широко известна как маршрутизация с возвратом товаров (тары).

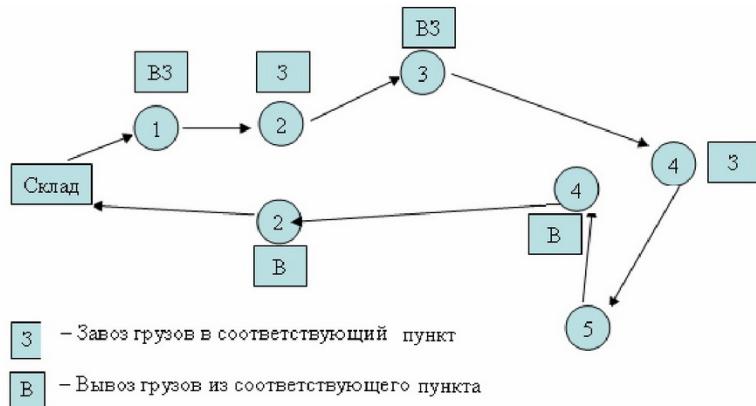
Задача маршрутизации с возможностью возврата и доставки товаров расширяет стандартную задачу развоза продукции тем, что требуется доставка некоторого количества товаров назад от потребителей на склад. Таким образом, нужно быть уверенным в том, что товары, которые вернет потребитель, не превысят вместимость автомобиля. Это ограничение делает планирование задачи более сложным и может привести к непроизводительному использованию вместимости транспорта, увеличению общего пути и количества единиц транспорта.

Обычно рассматриваются задачи с дополнительными ограничениями, например, когда все запросы на доставку товаров начинаются в начальном пункте (на складе) и все запросы на возврат товаров оканчиваются на складе, то есть, не происходит обмен товарами между потребителями. Другой способ состоит в отмене ограничения, что все клиенты должны посещаться только один раз. Существует еще одно обычное упрощение – принять, что каждый

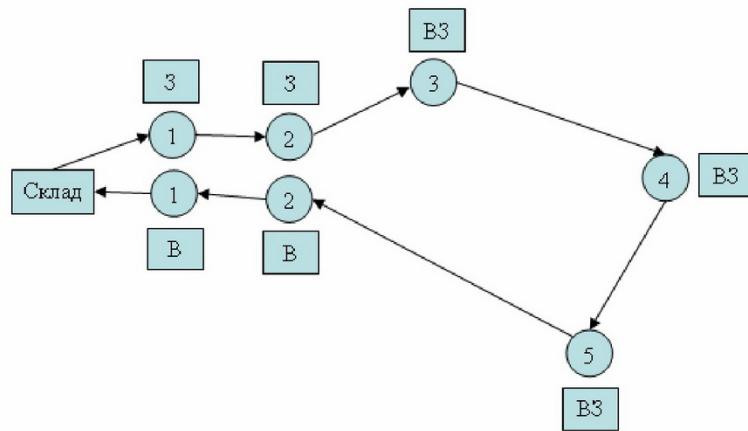
автомобиль сначала развозит все товары, прежде чем начать принимать товар от клиентов. Отсюда может ставиться сразу несколько целей, например, минимизировать парк транспортных средств, общее время движения или общие расходы на транспортировку. При этом в качестве главного ограничения должно использоваться следующее утверждение: количество товара, который нужно доставить потребителям и товара, который нужно забрать от потребителей для вывоза на

склад, не должно превышать вместимость автомобиля ни в одной точке маршрута.

Существуют четыре основных метода сбора и доставки мелкопартионных грузов, т.е. завоза и вывоза продукции из соответствующих пунктов маршрута. Они представлены на рис. 1 – 4. Во всех этих случаях рассматривается транспортная сеть, состоящая из начального пункта (склада) и 4 пунктов, между которыми возможен обмен продукцией. При этом предполагается однородность



*Рис. 1. Общий случай сбора и доставки грузов*



*Рис. 2. Метод доставки грузов с дополнительным контуром обьезда*

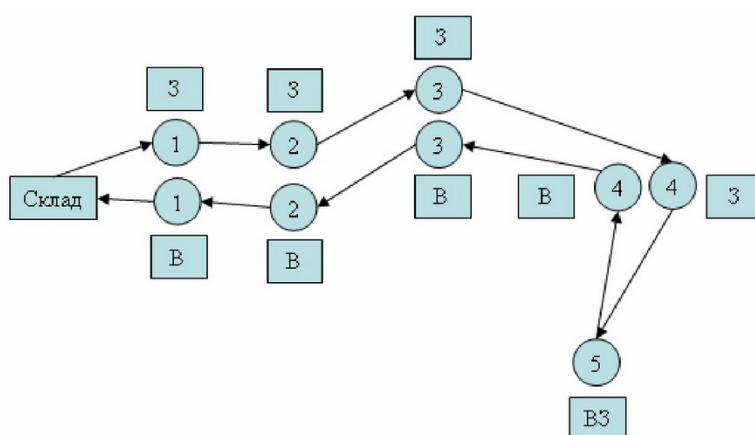


Рис. 3. Метод доставки грузов с обратным вывозом продукции

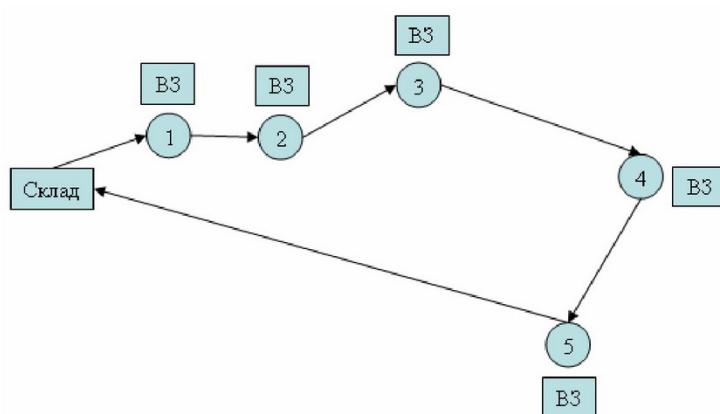
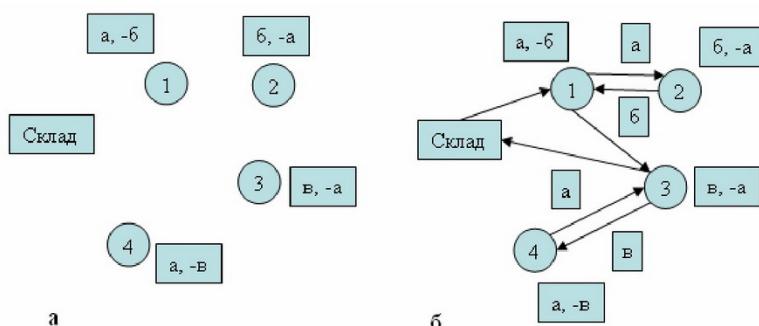


Рис. 4. Метод доставки с одновременным завозом и вывозом продукции

Рис. 5. Многопродуктовая задача маршрутизации:  
а – исходное состояние; б – решение задачи

ввозимой и вывозимой продукции по маршруту. Выбор необходимой схемы доставки будет определяться, в первую очередь, с учетом ограничения на вместимость (грузоподъемность) автомобиля в каждом пункте маршрута, а также временем доставки товара конкретному потребителю, стоимостью перевозки и т.д.

На практике также часто встречается специальный класс

задач маршрутизации, связанных с обменом нескольких видов товаров между пунктами маршрута. Таким образом, задача из однопродуктовой превращается в многопродуктовую. На рис. 5 представлен пример доставки 3 видов продукции (а, б, в) между потребителями маршрута. Надписи при номерах пунктов показывают, какой вид товара необходимо завезти и вывезти из этого пункта. На-

пример, надпись (а, -б) при пункте 1 говорит о том, что из данного узла необходимо вывезти товар (а) в другой пункт и завезти товар (б) из другого пункта. Решение задачи позволяет установить последовательность перемещения различных товаров между пунктами маршрута, названия которых указаны над стрелками на рис. 5,б.

Решение задач маршрутизации возможно как точными, так и эвристическими методами. Чаще всего на практике ввиду большого количества потребителей используются эвристические и метаэвристические методы, так как точные алгоритмы не всегда дают решение за приемлемое время.

**Эвристические методы.** В них производится относительно ограниченный поиск по пространству решений, и обычно находятся хорошие решения за приемлемое время. Они в свою очередь подразделяются на однофазные (конструктивные) методы и двухфазные алгоритмы.

Конструктивные методы постепенно строят подходящее решение, принимая во внимание получающуюся общую стоимость (время, расстояние) пробега транспорта. Среди данных методов можно выделить метод, основанный на механизме сбережений (выигрышей) [1], получивший название метод Кларка-Райта. Данный метод отличается простотой и по сей день используется для получения предварительных решений задач маршрутизации автотранспорта.

Для получения лучших решений по сравнению с методом Кларка-Райта используются методы, описанные в [2-5]. В них используются процедуры вставки пунктов в уже сформированные маршруты, а также обмена пунктов между и внутри маршрутов с целью снижения общей стоимости, времени или расстояния доставки грузов потребителям.

В двухфазных алгоритмах

задача разделяется на две части: организация вершин в группы и построение маршрута по каждой группе. Широкое распространение на практике получили алгоритмы, описанные в [6-8]. В них на первом этапе идет предварительная группировка пунктов в маршруты с использованием различных оценочных параметров, а затем на втором этапе производится определение порядка обзезда пунктов на маршрутах. Данные алгоритмы позволяют сократить объем вычислений за счет кластеризации пунктов транспортной сети и получить на 5-20% лучшие результаты по сравнению с конструктивными методами, описанными выше.

*Метаэвристические методы.* В них упор делается на тщательном изучении наиболее перспективных частей пространства решений. Качество получаемых решений получается выше, чем у полученных классическими эвристиками.

Данные методы построены на основе изучения физических и биологических процессов. Среди них выделяются процедуры отжига [9-11], поведения колонии муравьев [12-14] и генетические алгоритмы [15-16].

Процедуры отжига и поведения колонии муравьев представляют собой стохастические итерационные методы, где на каждом последующем шаге

проверяется текущее состояние, и принимаются к рассмотрению те вершины (пункты), порядок обзезда которых формирует лучшее решение по сравнению с предыдущим шагом.

Генетические алгоритмы основаны на получении новых поколений путем случайного выбора двух родительских индивидуумов, перекомбинации и мутации генов с целью получения наилучшего потомства. С позиции транспортного процесса выбираются две последовательности пунктов, формирующие предварительные маршруты, производится отбор необходимых пунктов из этих маршрутов, которые в дальнейшем путем различных перестановок формируют новые маршруты, улучшающие значение целевой функции.

Помимо вышерассмотренных метаэвристических методов существуют также процедуры поиска и запрета построения маршрутов, описанные в [17-18]. В данных методах решение формируется итеративным путем, на каждом этапе создаются списки пунктов, включение которых в формирующуюся маршруты ухудшает значение целевой функции по сравнению с предыдущим этапом. Таким образом, область поиска постепенно сужается, и время решения задачи уменьшается. Введение различных граничных

параметров позволяет еще больше сократить объем вычислений при получении наилучшего решения. Значения данных параметров определяются на основе конфигурации транспортной сети, удаления пунктов друг от друга, пространственной концентрации пунктов в определенных зонах и т.д.

Большое многообразие различных эвристических и метаэвристических методов, описанных выше, говорит о том, что их применение на практике зависит от требований точности решения, времени вычислительных процедур, учета дополнительных ограничений и сопряженности транспортных процессов с процессами производства, снабжения и сбыта продукции.

Применительно к ситуациям сбора и доставки мелкопартионных грузов при формировании маршрутов должны учитываться интересы различных поставщиков и потребителей, входящих в эти маршруты, которые имеют различные требования на время доставки продукции, периодичность ее завоза, изменения размера партии поставки, ограничения на вместимость собственных складов и т.д. Поэтому для получения оптимального решения используется комбинация методов, позволяющих получить наилучшие результаты за приемлемое время.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Clark G., Write J. W. Scheduling of vehicles from central depot to a number delivery points // Oper. Res. Quart.– 1964. – 12, № 4. – P. 568-581.
2. Salhi S., Rand G.K. Improvements to vehicle routing heuristics // Journal of the Oper. Res. Society. – 1987. – 38. – P. 293–295.
3. Altinkemer K., Gavish B. Parallel savings based heuristic for the delivery problem // Oper. Res. – 1991. – 39. – P. 456–469.
4. Taillard E.D. Parallel iterative search methods for vehicle routing problems // Networks. – 1993. – 23. – P. 661–673.
5. Wark P., Holt J. A repeated matching heuristic for the vehicle routing problem // Journal of the Oper. Res. Society. – 1994. – 45. – P. 1156–1167.
6. Fisher M., Jaikumar R. A generalized assignment heuristic for vehicle routine // Networks. – 1981. – 11, № 1. – P. 109-124.
7. Wren A., Holliday A. Computer scheduling of vehicles form one or more depots to a number of delivery points // Oper. Res. Quart. – 1972. – 23. – P. 333-344.
8. Ryan D.M., Hjorring C., Glover, F. Extensions of the petal method for vehicle routing // Journal of the

Oper. Res. Society. – 1993. – 44. – P. 289–296.

9. Dueck G., Scheurer T. Threshold accepting: A general purpose optimization algorithm // Journal of Computational Physics. – 1990. – 90. – P. 161-175.

10. Dueck G. New optimization heuristics: The great deluge algorithm and the record-to-record travel // Journal of Computational Physics. – 1993. – 104. – P. 86-92.

11. Barr R.S., Golden B.L., Kelly J.P., Resende M.G.C., Stewart W.R. Jr. Designing and reporting on computational experiments with heuristic methods // Journal of Heuristics. – 1995. – 1. – P. 9-32.

12. Dorigo M., Maniezzo V., Colorni A. Ant system: Optimization by a colony of cooperating agents // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part B. – 1996. – 26. – P. 29-41.

13. Dorigo M., Gambardella L.M. Ant colony system: A cooperative learning approach for the traveling salesman problem // IEEE Transactions on Evolutionary Computation. – 1997. – 1. – P. 53-66.

14. Costa D., Hertz A. Ants can colour graphs // Journal of the Oper. Res. Society. – 1997. – 48. – P. 275-305.

15. Potvin J.-Y., Duhamel C., Guertin F. A genetic algorithm for vehicle routing with backhauling // Applied Intelligence. – 1996. – 6. – P. 345-355.

16. Potvin J.-Y. Genetic algorithms for the traveling salesman problem // Annals of Oper. Res. – 1996. – 63. – P. 339-370.

17. Rochat Y., Taillard E.D. Probabilistic diversification and intensification in local search for vehicle routing // Journal of Heuristics. – 1995. – 1. – P. 147–167.

18. Xu J., Kelly J.P. A network flow-based tabu search heuristic for the vehicle routing problem // Transp. Sci. – 1996. – 30. – P. 379–393.

□Автор статьи:

Тюрин  
Алексей Юрьевич  
– канд. экон. наук, доц.  
каф. автомобильных перевозок

**УДК 656.135.073**

**А.Ю. Тюрин, Е.Н. Забелин, Е.В. Метелев**

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Использование логистического подхода в производственных структурах позволяет сократить общие издержки по всей логистической цепи, повысить конкурентоспособность предприятия, расширить рынки сбыта своей продукции. Особенно это актуально для предприятий пищевой промышленности, в том числе и молочной, так как они имеют обширные связи со многими поставщиками сырья, многоканальную разветвленную сбытовую сеть и производят широкий ассортимент готовой продукции. При этом они постоянно решают транспортные задачи, направленные на снижение транспортной составляющей цены товара, согласуют транспортные и производственные ритмы с целью снижения уровня запасов на складах, выравнивания произ-

водственной мощности. Таким образом, создаются мощные транспортно-логистические системы, которыми необходимо управлять в оперативном режиме.

Особенно остро стоит задача управления такими системами в молочной промышленности, так как весь цикл от поставки сырья до производства, а затем и реализации продукции имеет ограниченный период времени. Помимо этого при разработке схемы доставки сырья и реализации готовой продукции учитываются физико-химические свойства молока и других компонентов, их температурный режим перевозки, неравномерность поставок сырья и готовой продукции во времени и т.д.

Ввиду сложности проблемы рассмотрим только вариант дос-

тавки сырого молока на объекты переработки. В качестве объекта исследования возьмем ОАО «Кемеровский молочный комбинат», который входит в структуру холдинга «Юнимилк».

ОАО «Кемеровский молочный комбинат» известен среди переработчиков как наиболее крупный производитель молочных продуктов – по объему переработки молока предприятие занимает первое место в Кузбассе. На территории Кузбасса предприятие холдинга «Юнимилк» сталкивается с конкуренцией со стороны региональных предприятий, предприятий сопредельных регионов и национальных игроков, среди которых можно выделить таких, как «Скоморошка», «Анжерское молоко», «Юргинский гормолзавод», «Деревенский молочный