

УДК 658.7

АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТОВ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ СО СЛУЧАЙНЫМИ ДАННЫМИ

А.Ю. Тюрин, д-р экон. наук, доцент, профессор
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово

При организации перевозок грузов в логистике используются различные способы, методы и модели построения маршрутов, конфигурация которых зависит от условий доставки продукции, параметров внешней среды, в которой функционирует автотранспорт в логистических системах, а также от других факторов. Существует большое разнообразие вариантов задачи построения маршрутов (VRP), некоторые из которых рассмотрены в [1-4]. В основном в большинстве вариантов параметры задачи являются детерминированными, поэтому планирование маршрутов доставки упрощается даже при большой сети обслуживания [5]. Но существует класс задач (SVRP), в которых некоторые параметры являются случайными.

SVRP относится к семейству задач, которые сочетают в себе характеристики стохастических и целочисленных программ и часто рассматриваются как вычислительно неразрешимые. Случайными параметрами могут быть наличие клиентов, характер потребительского спроса в данном месте, время, такое как время обслуживания, время в пути или время окон.

Как показано в таблице 1, наиболее распространенными вариантами SVRP являются VRP со стохастическими требованиями клиентов [6-7], стохастическими клиентами [8], стохастическими потребителями и спросом [9] и стохастическим временем обслуживания [10]. SVRP также затрагивает другие области, такие как неизвестное знание дорожных условий, смены пассажиров и рабочего времени, транспортные средства различной грузоподъемности, разделенный потребительский спрос, количество и размер транспортного средства и другие.

В таблице 1 представлена краткая сводка предыдущих исследований SVRP, в которых рассматривались стохастические параметры и другие побочные ограничения. В ней представлен общий обзор различных исследований SVRP по основным категориям в качестве общих характеристик и специальных факторов, рассматриваемых в рамках каждой категории.

Анализ различных исследований показывает, что в целом задачи SVRP могут быть разделены на восемь областей с различными атрибутами пояснения задачи. Эти области включают в себя: стохастический сценарий, подход к решению, характеристики данных, тип графа, который они представляют, количество транспортных средств, вместимость транспортных средств, целевую функцию и применяемую модель.

Таблица 1 – Некоторые разновидности SVRP

Общие характеристики	Специальные факторы
Стохастический потребительский спрос	С пополнением запасов
	Динамическая VRP с приоритетом нескольких транспортных средств
	С различными стратегиями обновления маршрутов
	С ограничениями по продолжительности
	VRP со стохастическими требованиями
	С динамической или повторной оптимизацией
	С неопределенностью и пропущенными клиентами
	С известным распределением вероятностей и пересмотренными клиентами
Стохастические клиенты и потребительский спрос	С неопределенным присутствием клиентов
	С известным распределением вероятностей
	Неопределенный спрос и неблагоприятные погодные условия
Стохастическое время обслуживания	Со случайным перемещением и временем обслуживания
	Со стохастическим временем движения и обслуживания
	В условиях стохастического времени обслуживания

Стохастический сценарий предусматривает использование таких атрибутов как случайные заказчики, покупательский спрос, время обслуживания и время в пути.

Подход к решению выделяет такие атрибуты, как точное решение, эвристические результаты или прочие варианты решения задачи маршрутизации со случайными параметрами.

Характеристики данных определяют либо реальную информацию о протекании транспортных процессов в логистических системах, либо искусственные данные, построенные с помощью систем моделирования.

Граф, построенный на данных, может представлять собой транспортную сеть с симметричными расстояниями (временем, стоимостью) между уз-

лами сети или несимметричными и заранее неизвестными начальными характеристиками.

Количество транспортных средств, которое обслуживает группу потребителей, может быть описано одним автомобилем, ограниченным числом автомобилей или заранее неизвестным их количеством.

Грузоподъемность транспортного средства может быть ограниченной, что более реально описывает транспортную ситуацию, либо неограниченной или заранее неизвестной, что относится к моделям с искусственными данными или для большой сети обслуживания.

Целевая функция решения задачи SVRP чаще всего сводится к минимуму стоимости, времени, расстояния перемещения транспортных средств по сети обслуживания. Однако может быть использована максимизация прибыли при обслуживании потребителей или рассмотрен другой критерий исходя из стратегии доставки в логистической системе.

Прикладные модели могут быть построены и решены методами динамического программирования, с использованием цепей Маркова, эвристическими методами и с использованием других подходов, исходя из сложности задачи, горизонта планирования и других факторов.

В целом данные модели относятся классу тактических и оперативных задач принятия решений и могут быть дополнительно решены методами, рассмотренными в [11].

При решении оптимизационных задач, включающих случайные переменные, можно выбрать несколько вариантов. Одним из способов решения подобных проблем является определение априорного решения. Под априорным решением понимается решение, основанное на вероятностной информации о будущих событиях. В контексте маршрутизации перевозок грузов априорные решения означают, что при планировании маршрутов учитывается вероятностная информация о будущих частотах поставок, спросе потребителей, времени доставки и т. д.

Если маршруты являются устоявшимися, то в случае детерминированных данных решается задачи коммивояжера для определения порядка объезда пунктов на маршруте и определения минимальной длины маршрута. В случае вероятностной задачи коммивояжера (со случайными данными) решение задачи состоит в нахождении тура минимальной ожидаемой длины. Когда тур должен быть выполнен, выясняется, присутствует ли каждый пункт в туре (должен быть обслужен) или нет.

Пункты, которые отсутствуют, могут быть пропущены, и автомобиль может перейти непосредственно к следующему пункту, требующему обслуживания. Простой пример этого показан на рисунке 1.

В случае превышения общего спроса над провозной способностью автомобиля решается вероятностная задача маршрутизации транспортных средств как стандартная VRP, но с требованиями, которые носят вероятностный характер, а не детерминированный.

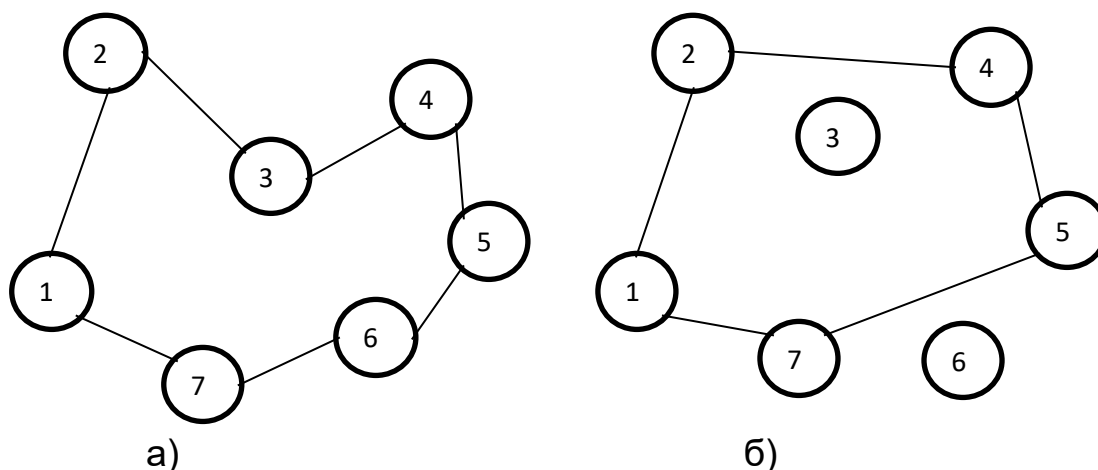


Рисунок 1 – Тур объезда пунктов:

- а) априорный тур (до получения информации о случайных параметрах);
- б) фактический тур, когда пункты 3 и 6 не нуждаются в посещении.

В [9] предложены две различные стратегии обслуживания клиентов. В соответствии со стратегией А автомобиль обслуживает всех потребителей в соответствии с плановыми маршрутами. Однако обслуживание производится только тех потребителей, которые подали заявки на этот день. Общее ожидаемое расстояние доставки определяется как длина планируемого маршрута плюс ожидаемая длина возможных объездов, возникающих при посещении склада в случае превышении пропускной способности. При использовании стратегии В клиенты, не имеющие спроса, просто игнорируются. На рисунке 2 показан пример, в котором автомобиль должен обслуживать 6 потенциальных потребителей. В примере потребитель 1 имеет нулевой спрос и в то время при стратегии В этот пункт обслуживания игнорируется, при стратегии А необходимо посещение всех 6 потребителей. То есть эти два метода различаются в том, что при стратегии А спрос становится известным, когда транспортное средство прибывает к клиентам, в то время как для стратегии В фактический спрос известен до того, как автомобиль прибывает к клиенту.

Таким образом, на выбор маршрутов перевозок продукции влияет информация о параметрах доставки и скорость ее поступления в планирующий орган. В общем виде SVRP – это двухэтапные задачи с регрессом. На первом этапе проектируется запланированный или априорный маршрут, а затем на втором этапе используется регресс для решения таких проблем, как, например, превышение пропускной способности.

Обычно регресс порождает затраты или экономию, которые следует учитывать при разработке решения на первом этапе. В [9] иллюстрируется двухэтапная методология, рассматривая VRP со стохастическими требованиями. Решение первого этапа состоит из m маршрутов транспортных средств, посещающих каждого клиента ровно один раз. После того как решение первой стадии было разработано, фактические требования раскрываются. Рас-

крытие информации подразумевает, что решение первой стадии становится неосуществимым, поскольку общие требования клиентов могут превышать вместимость транспортного средства. В этом случае простая политика второго этапа состояла бы в том, чтобы обслуживать оставшихся потребителей на маршрутах, а затем вернуться на склад для пополнения запасов и завершить оставшуюся часть маршрутов для потребителей, которые изначально не были обслужены.

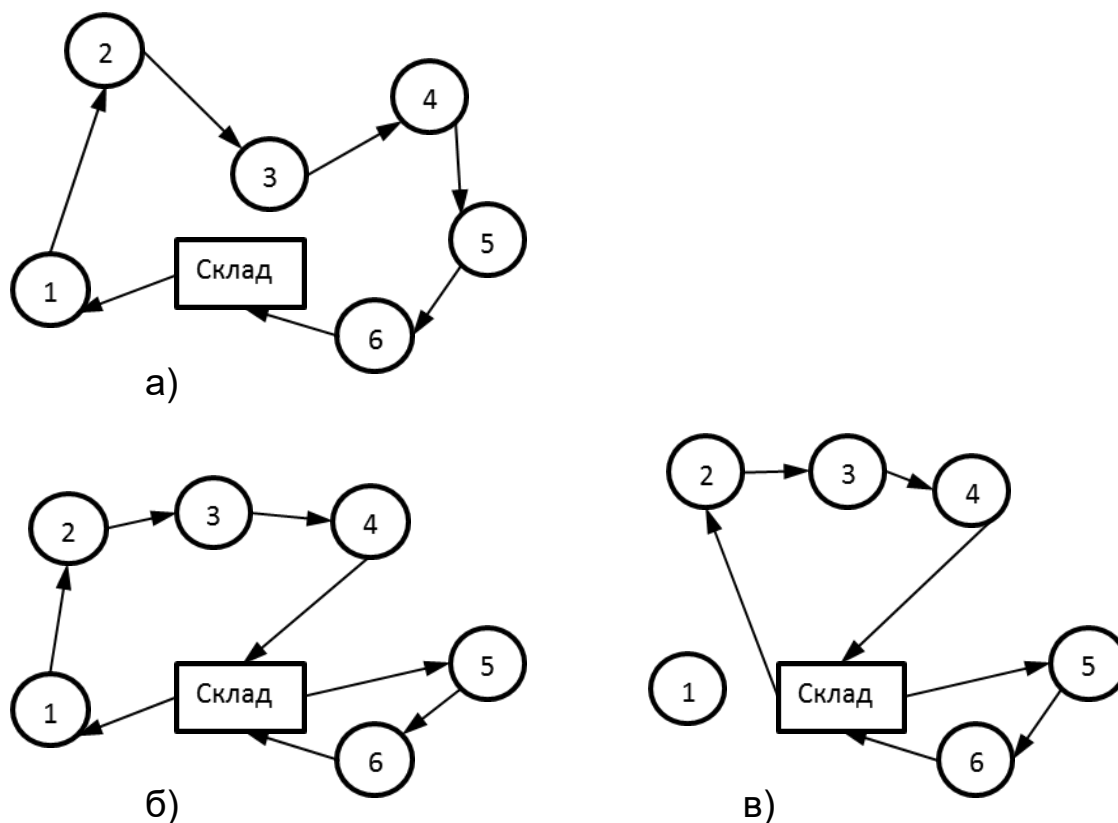


Рисунок 2 – Маршруты доставки товаров:

- а) априорный маршрут;
- б) фактические маршруты при использовании стратегии А;
- в) фактические маршруты при использовании стратегии В.

Подводя итог, можно отметить, что решение задач маршрутизации со случайными данными является трудоемким процессом, связанным со сбором необходимых данных, определением закона распределения случайных величин, учета дополнительных параметров функционирования транспорта в логистических системах. В связи с этим существует большое разнообразие алгоритмов и методов решения таких задач, выбор которых зависит, в первую очередь, от размерности задачи, количества ограничений, сложности получения и обработки вероятностных характеристик.

Список литературы:

1. Тюрин А.Ю. Модели транспортного обслуживания в цепях поставок пищевой промышленности // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2011. – №4. – С.89-92.
2. Тюрин А.Ю. Управление транспортировкой в цепях поставок пищевой промышленности: Монография. – М.: Креативная экономика, 2011. – 280 с.
3. Тюрин А.Ю. Транспортно-логистическое обслуживание цепей поставок пищевой промышленности: автореф. дис. ... докт. экон. наук. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 45 с.
4. Тюрин А.Ю. Транспортно-логистическое обслуживание цепей поставок пищевой промышленности: дис. ... докт. экон. наук. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 340 с.
5. Тюрин А.Ю. Методика планирования маршрутов доставки грузов мелкими партиями на большой сети обслуживания // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2010. – №3. – С.133-136.
6. Bertsimas D. A Vehicle Routing Problem with Stochastic Demand // Oper. Res. – 1992. – 40(3). – P. 574-585.
7. Dror M. Modeling vehicle routing with uncertain demand as a stochastic program: Properties of the corresponding solution // European Journal of Oper. Res. – 1993. – 64. – P. 432-441.
8. Bent R., Hentenryck P. Scenario-based planning for partially dynamic vehicle routing with stochastic customers // Oper. Res. – 2004. – 52(6). – P. 977-987.
9. Gendreau M., Laporte G., Seguin R. An exact algorithm for the vehicle routing problem with stochastic demands and customers // Transp. Sci. – 1996. – 29 (2). – P. 143-155.
10. Laporte G. The vehicle routing problem: an overview of exact and approximate algorithms // European Journal of Oper. Res. – 1992. – 59(3). – P. 345-358.
11. Тюрин А.Ю. Тактико-оперативное планирование работы автотранспорта в логистических системах // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №3. – С.156-162.