

УДК 658.7

А.Ю. Тюрин, профессор, д-р экон. наук
(КузГТУ, г. Кемерово)
Tyurin A.Yu., professor, D.Sc. (Economy)
(KuzSTU, Kemerovo)

КОМПЛЕКСНЫЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ, ЗАПАСАМИ И ТРАНСПОРТИРОВКОЙ

COMPLEX PROBLEMS OF PRODUCTION MANAGEMENT, STOCKS AND TRANSPORTATION

В статье рассматриваются вопросы решения комплексных задач в интегрированных цепях поставок. Показывается необходимость согласования производственных, транспортных и складских процессов. Оцениваются различные методы решения данных задач, сложность принятия решения и варианты реализации решений на практике.

In article the complex problems decision questions in the integrated chains of deliveries are considered. Necessity the industrial, transport and warehouse processes coordination is shown. Various methods the given problems decision, complexity of decision-making and decisions realisation variants in practice are estimated.

В типичной цепочке поставок, состоящей из последовательных операций по производству, хранению и распределению, каждый отдельный процесс часто планируется и оптимизируется с использованием заранее определенных решений, принятых в ходе предыдущих операций [1]. Например, специалист по планированию производства принимает решения о размере партии продукции, чтобы минимизировать затраты на производство и складские запасы на производственном предприятии [2]. Запланированные решения о размере партии затем используются в качестве исходных данных на последующих этапах планирования распределения. Поскольку принимаемые решения ограничены планом предыдущего процесса, преимущества координации в процессе планирования остались позади. Интегрированная система оперативного планирования цепочки поставок – это инструмент, который используется для совместной оптимизации нескольких решений по планированию, что позволяет получить дополнительные преимущества от координации между последовательными действиями в цепочке [3]. В последние годы многие компании внедрили интегрированные системы планирования и добились большой экономии средств. Ключом к успеху является приложение, которое не только способно создавать решения с минимальными затратами, но и может быть ис-

пользовано эффективно и своевременно. Задача совместного управления производством и маршрутизацией (PRP) – это интегрированное приложение для оперативного планирования, которое совместно оптимизирует решения по производству, запасам, распределению и маршрутизации. Это имеет практическое значение в рамках подхода, основанного на управлении запасами поставщиком (VMI), при котором поставщик отслеживает запасы в розничных сетях, а также принимает решение о политике пополнения запасов для каждого розничного продавца. Поставщик выступает в качестве центрального органа, принимающего решения, который решает задачу комплексного планирования цепочки поставок. Преимущество политики VMI по сравнению с традиционной системой управления запасами розничной торговли заключается в более эффективном использовании ресурсов в целом. PRP объединяет две хорошо известные задачи, а именно задачу определения размера партии (LSP) и задачу маршрутизации транспортных средств (VRP), для получения оптимального решения с учетом общей стоимости системы. PRP также является обобщением задачи определения размера партии при прямой отгрузке и задачи совместного управления запасами и маршрутизацией (IRP). Решение PRP становится сложной задачей, поскольку оно представляет собой комбинированную версию LSP и VRP и включает в себя ограничения, присущие этим двум сложным задачам. Сетевые представления трех интегрированных задач, рассмотренных выше, в случае одного предприятия-поставщика и нескольких потребителей в течение ограниченного периода времени $t=1, \dots, n$ представлены на рисунке. Предприятие-поставщик может быть предприятием с затратами на наладку и принятие производственных решений или складом с фиксированными затратами на заказ и принятием решений о заказе. В каждый период t на предприятии-поставщике может быть доступно одно или несколько изделий, и они доставляются клиентам для удовлетворения спроса. Продукция может храниться на заводе или у клиентов, что приводит к затратам на хранение запасов.

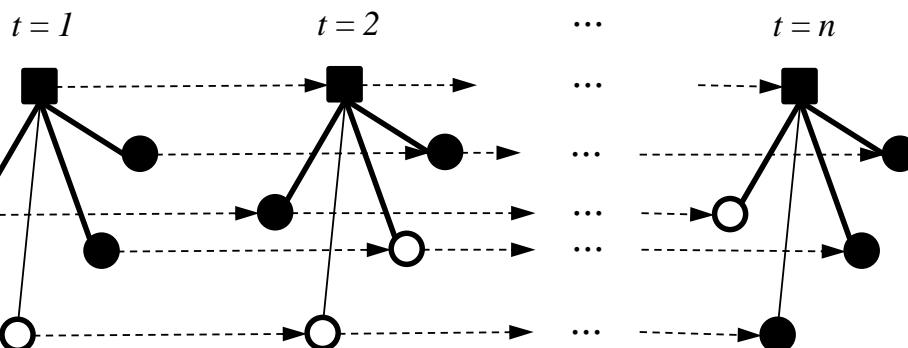
Рассмотрим отмеченные на рисунке задачи подробнее.

1. Комплексное определение размера партии с прямой доставкой.

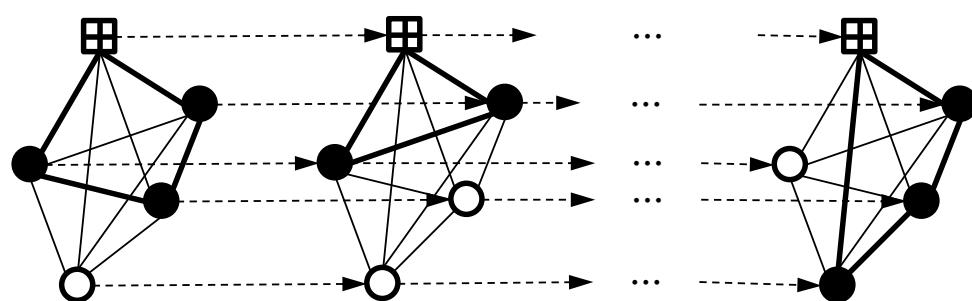
В этом случае продукция доставляется непосредственно с завода-изготовителя потребителям. Затраты на производство, наладку, хранение запасов и прямую отгрузку сводятся к минимуму на горизонте планирования. Эта задача обычно включает в себя различные производственные аспекты, например, затраты на наладку производства и/или время наладки, и включает в себя решения о дистрибуции, когда фиксированные и удельные затраты на доставку зависят от конкретного клиента.

Интегрированное планирование производства и прямых поставок было изучено несколькими исследователями. В большинстве исследований затраты на дистрибуцию рассматривались как постоянные затраты или комплексная функция затрат.

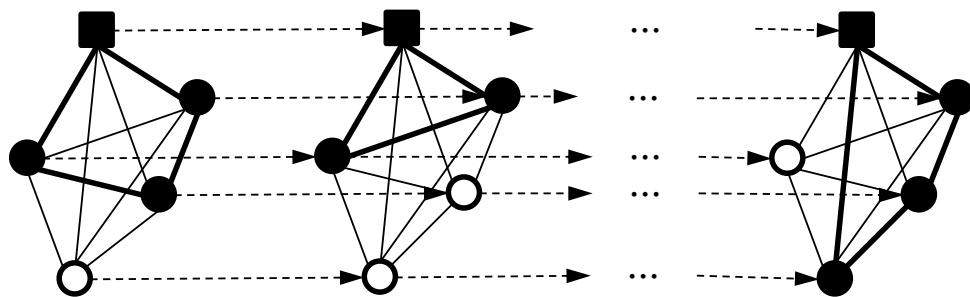
Определение размера партии груза с прямой доставкой



Задача совместного управления запасами и маршрутизацией



Задача совместного управления производством и маршрутизацией



- Производство
 - Склад
 - Посещаемые в момент t потребители
 - Непосещаемые в момент t потребители
 - Транспортная сеть
 - Маршрут
 - Поток запасов продукта

Рисунок – Сетевые представления интегрированных задач

В работе [4] была изучена задача определения размера партии с кусочно-линейной функцией транспортных затрат, когда у поставщика есть возможность осуществлять прямые поставки полностью загруженными грузовыми автомобилями (TL) или осуществлять сборные перевозки (LTL).

Был разработан подход для решения задачи создания одного продукта и одного клиента с помощью метода динамического программирования. Более общая линейная функция затрат на транспортировку, рассчитанная по частям, была рассмотрена в работе [5]. В ней была разделена интегрированная задача на не зависящие от объема партии и времени подзадачи и применен метод лагранжевой релаксации для получения нижних оценок затрат. В более общем случае с несколькими клиентами был разработан алгоритм динамического программирования для решения задачи, при которой допускается задержка. Также были рассмотрены задачи с раздельной доставкой в условиях ограничения временного окна, задачи определения размера партии при перевозке грузовиками, когда разрешены перегрузки между клиентами.

2. Задача совместного управления запасами и маршрутизацией (IRP)

Когда учитывается аспект маршрутизации, а аспект производства игнорируется, задача превращается в задачу совместного управления запасами и маршрутизацией (IRP). В IRP отправной точкой является склад, на котором не принимается решение о производстве, поскольку обычно задаются объемы производства, доступные в течение каждого периода. Транспортное средство может посетить более одного клиента, двигаясь по своему маршруту. В качестве обобщения задачи VRP, которая включает в себя решения о количестве поставок и маршрутах для обслуживания клиентов, IRP также включает в себя сроки удовлетворения потребностей клиентов. Это значительно усложняет задачу по сравнению с классической задачей VRP из-за сложных периодических решений о маршрутизации и управлении запасами. Очевидно, что IRP является сложной задачей, поскольку содержит VRP как частный случай. Задача была решена с использованием метода лагранжевой релаксации и была разложена по периодам времени и транспортным средствам. В [6] были предложены эффективные эвристические процедуры при разделении задачи IRP на задачу распределения (AP) и задачу маршрутизации транспортных средств (VRP). Поскольку IRP представляет собой сложную комбинаторную задачу, используется несколько метаэвристик, например, поиск запретами, генетический алгоритм, жадная процедура рандомизированного адаптивного поиска (GRASP) и адаптивный поиск в больших окрестностях.

Также для решения IRP было предложено несколько точных алгоритмов из-за его сложности. Заметные исключения включают процедуры ветвления и сокращения для решения IRP с помощью транспортного средства с одинаковой вместимостью. Для таких задач было введено несколько

допустимых неравенств для решения задачи в рамках трех различных политик пополнения запасов. В рамках первой политики, называемой «повышение уровня заказа», посещаемый клиент получает ровно ту сумму, которая позволяет довести его запасы до заранее определенного целевого уровня. Вторая политика, называемая «максимальный уровень», допускает, что количество поставляемых товаров может быть любым положительным значением, но запасы у каждого клиента не могут превышать максимальный уровень запасов. Третья политика аналогична предыдущей политике, но в ней не предусмотрен максимальный уровень запасов для клиентов.

3. Задача совместного управления производством и маршрутизацией (PRP)

Каждая из двух комплексных задач, рассмотренных выше, не учитывает один важный аспект процесса оперативного планирования цепочки поставок, т.е. комплексная задача определения размера партии при прямой отгрузке не включает решения о маршрутизации, в то время как IRP игнорирует производственную часть. В рамках PRP предприятие должно в течение каждого периода принимать решение о том, производить продукт или нет, и определять соответствующий размер партии. Если производство все же осуществляется, этот процесс требует фиксированных затрат на установку, а также затрат на единицу продукции. Кроме того, размер партии не может превышать производственные мощности. Поставки с завода в розничную сеть осуществляются ограниченным количеством транспортных средств, что сопряжено с расходами на транспортировку. Если продукция хранится на заводе или в розничной сети, также возникают затраты на хранение единицы продукции.

В последние годы PRP привлекает все больше внимания. Преимущества координации в рамках PRP впервые были рассмотрены в работе [7]. В ней было показано, что при решении PRP может быть достигнута экономия средств на 3-20% по сравнению с последовательным решением отдельных задач.

Из-за сложности задачи в немногих исследованиях были представлены точные алгоритмы или методы для вычисления строгих нижних границ затрат. В [8] был разработан лагранжев релаксационный подход для получения нижних оценок затрат, основанный на формулировке потока с несколькими товарами. В работе [9] были исследованы различные варианты изменения размера партии для PRP с неограниченным производством и одним неограниченным транспортным средством, а также для PRP с неограниченным производством и транспортным средством ограниченной вместимости. В [10] была исследована задача PRP с несколькими транспортными средствами и предложено два подхода, основанных на различных схемах разработки, для решения задачи.

Подводя итог, можно отметить, что различные комплексные задачи

управления производством, запасами и транспортировкой имеют сложную структуру, требуют согласования решений между производственными, транспортными и складскими процессами и отличаются между собой подходами при получении оптимальных результатов различными математическими методами.

Список литературы

1. Тюрин, А.Ю. Транспортно-логистическое обслуживание цепей по-ставок пищевой промышленности: дис. ... докт. экон. наук. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 2013. – 340 с.
2. Тюрин А.Ю. Скорость поставок и оборот капитала // Российское предпринимательство. – 2010. - № 1 (выпуск 2). – С. 69-75.
3. Тюрин А.Ю. Особенности решения задач многоуровневой системы доставки товаров // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №1. – С.130-135.
4. Li C-L, Hsu VN, Xiao W-Q. Dynamic lot sizing with batch ordering and truckload discounts // Oper Res. – 2004. – 52(4). – P. 639-654.
5. Rizk N, Martel A, Ramudhin A. A Lagrangean relaxation algorithm for multi-item lot-sizing problems with joint piecewise linear resource costs // Int J Prod Econ. – 2006. – 102(2). – P. 344-357.
6. Carter M, Farvolden J, Laporte G, Xu J. Solving an integrated logistics problem arising in grocery distribution // INFOR J. – 1996. – 34. – P. 290-306.
7. Chandra P, Fisher M. Coordination of production and distribution planning // Eur J Oper Res. – 1994. – 72(3). – P. 503-517.
8. Fumero F, Vercellis C. Synchronized development of production, inventory and distribution schedules // Transp Sci. – 1999. – 33(3). – P. 330-340.
9. Archetti C, Bertazzi L, Paletta G, Speranza MG. Analysis of the maximum level policy in a production-distribution system // Comput Oper Res. – 2011. – 38 (12). – P. 1731-1746.
10. Adulyasak Y, Cordeau JF, Jans R. Formulations and branch and cut algorithms for multi-vehicle production and inventory routing problems // INF J Comput. – 2014. – 26(1). – P.103-120.