

Использование алгоритма Форда-Фалкерсона для повышения интегрированности действий звеньев логистической сети поставок.

Преимущества цепей поставок в логистических системах определяются потенциалом возможности приращения ценности реализуемого продукта для конечного потребителя. В этой связи стратегические приоритеты развития сети распределения играют чрезвычайно большое значение. Популярный пропорциональный метод распределения товара в сети, зачастую, не имеет возможности привести в соответствие располагаемые мощности поставщика, транспортной организации, центра распределения и ценностные стратегические приоритеты развития сети. Предлагаемый алгоритм может быть использован как инструмент интеграции усилия звеньев сети распределения, учитывающий названные современные особенности процесса управления логистическими системами.

Рассмотрим производителя, имеющего два филиала, располагающих складами. Форма собственности склада не имеет для данной задачи принципиального значения. Производитель обслуживает склады филиалов с помощью привлекаемого перевозчика. Региональные оптовые потребители имеют возможность получать товар со склада производителя или со склада филиала. Доставка товаров потребителям (оптовым и розничным) в регионы проводится как на основе самовывоза, так и при привлечении перевозчиков. На рис. 1 представлена логистическая система распределения продукции производителя. В связи с наличием альтернативы транспортировки и для избежания повторов изложения методики планирования насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками в цепях «Производитель» – «Дистрибьюторы», «Производитель» – «Оптовые покупатели» и «Филиалы» – «Розничные точки» звеном «Перевозчик» пренебрежем.

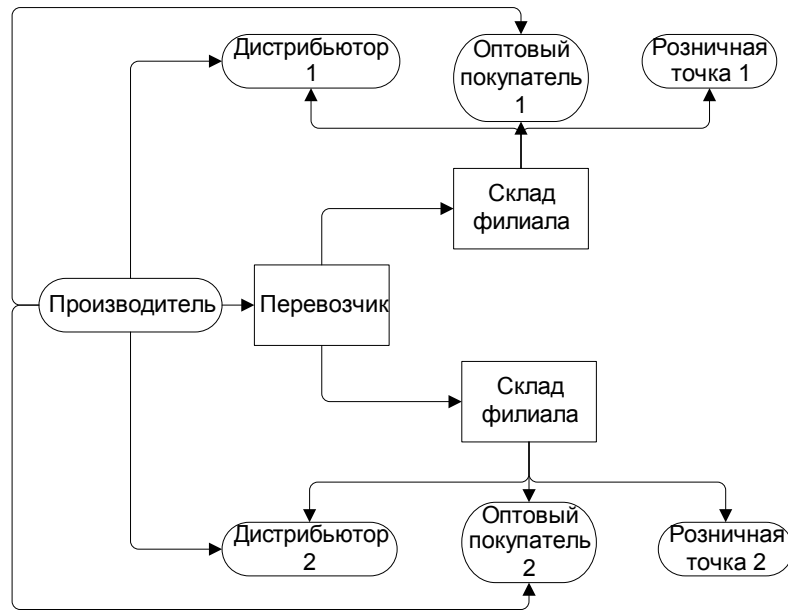


Рисунок 1. Логистическая система распределения продукции производителя.

На основе схемы логистической системы распределения продукции (рис. 1) построен оргграф движения грузопотоков (см. рис. 2). Каждый из вершин оргграфа получает буквенное обозначение (a, b, c, d, e, f, g, h, l, m). Качественное описание оргграфа приведено в табл. 1, численные характеристики ветвей оргграфа представлены в табл. 2.

При описании оргграфа табл. 1 и 2 введена вершина z, соответствующая конечному потреблению. Следует обратить внимание, что в предлагаемой методике пропускная способность вершин не рассматривается вне привязки к пропускной способности ребер. На основе проведенного описания оргграфа можно построить оргграф логистической системы, как графическую иллюстрацию проводимых далее расчетов (см. рис. 3). Цифрами в скобках на рис. 3 обозначена пропускная способность ребер.

Для принятия решения о распределения грузопотока по возможным грузополучателям в условиях, когда пропускная способность потока выше возможной его величины, необходимо определить приоритеты входа вершин оргграфа в логистическую систему распределения товара. Формально, это решение можно отобразить в матрице предпочтения (см. табл. 3).

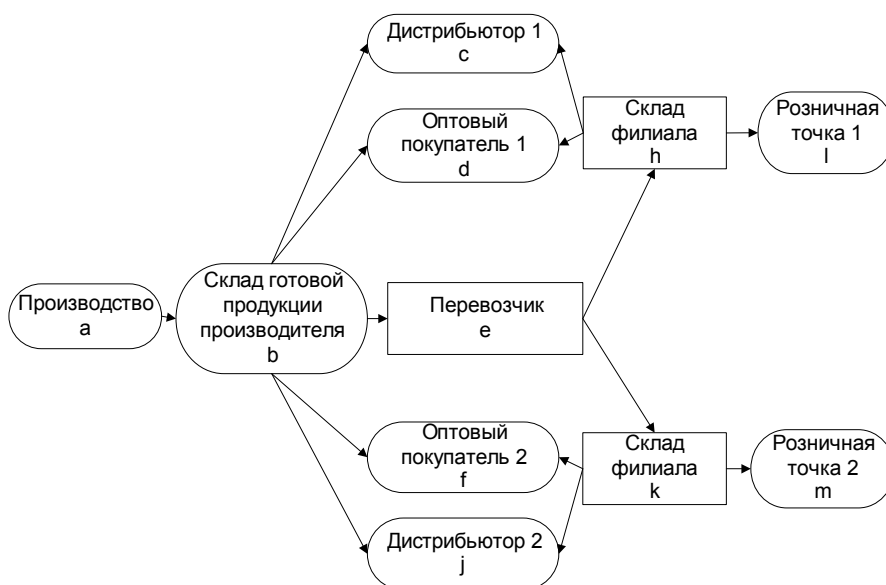


Рисунок 2. Орграф, соответствующий логистической системе распределения продукции производителя.

Матрица предпочтения связывает пары вершин следующим образом.

Если вершина, записанная в столбце, имеет последующую вершину, записанную в строке, то на пересечении соответствующих строки и столбца проставляется число без знака. Если вершина, записанная в столбце, имеет предшествующую вершину, записанную в строке, то на пересечении соответствующих строки и столбца проставляется «-1». Знак «-» показывает, что связь по строке противоположна движению потока. Если вершина по строке не связана с вершиной в столбце, на пересечении соответствующих строки и столбца ставится знак «-».

Таблица 1

Описание орграфа распределения продукции за единичный плановый период

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
обозначение	описание вершины	пропускная способность	ребро	пропускная способность	ребро
a	Производство	-	-	Объем плановой производственной мощности	(a,b)
b	Склад готовой продукции	Объем плановой производственной мощности	(a,b)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(b,c)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(b,d)
				Плановая потребность складов филиалов	(b,e)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(b,f)
				Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(b,g)
c	Дистрибьютор 1	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(b,c)	Емкость рынка конечного потребления	(c,z)
		Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(h,c)		

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
обозначение	описание вершины	пропускная способность	ребро	пропускная способность	ребро
d	Оптовый покупатель 1	Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(b,d)	Емкость рынка конечного потребления	(d,z)
		Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(h,d)		
e	Перевозчик	Плановая потребность складов филиалов	(b,e)	Плановая потребность склада филиала 1	(e,h)
				Плановая потребность склада филиала 2	(e,k)
f	Оптовый покупатель 2	Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(b,f)	Емкость рынка конечного потребления	(f,z)
		Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(k,f)		
g	Дистрибьютор 2	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(b,g)	Емкость рынка конечного потребления	(g,z)
		Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(k,g)		
h	Склад филиала 1	Плановая потребность склада филиала 1	(e,h)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 1	(h,c)
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 1	(h,d)
				Плановая потребность, заявленная розничной точкой 1	(h,l)
k	Склад филиала 2	Плановая потребность склада филиала 2	(e,k)	Плановая потребность, заявленная дистрибьютором 2	(k,g)

Вершина		Входной поток		Выходной поток	
обозначение	описание вершины	пропускная способность	ребро	пропускная способность	ребро
				Плановая потребность, заявленная оптовым покупателем 2	(k,f)
				Плановая потребность, заявленная розничной точкой 2	(k,m)
l	Розничная точка 1	Плановая потребность, заявленная розничной точкой 1	(h,l)	Емкость рынка конечного потребления	(l,z)
m	Розничная точка 2	Плановая потребность, заявленная розничной точкой 2	(k,m)	Емкость рынка конечного потребления	(m,z)
z	Конечное потребление	Емкость рынка конечного потребления	(c,z)	-	-
		Емкость рынка конечного потребления	(d,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(f,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(g,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(l,z)		
		Емкость рынка конечного потребления	(m,z)		

*Описание орграфа распределения продукции за единичный плановый период,
условные единицы за единицу планового периода*

Вершина обозначение	Входной поток		Выходной поток	
	пропускная способность	ребро	пропускная способность	ребро
a	-	-	20	(a,b)
b	20	(a,b)	10	(b,c)
			2	(b,d)
			14	(b,e)
			3	(b,f)
			5	(b,g)
c	10	(b,c)	∞	(c,z)
d	2	(b,d)	∞	(d,z)
	3	(h,d)		
e	14	(b,e)	10	(e,h)
			7	(e,k)
f	3	(b,f)	∞	(f,z)
	2	(k,f)		
g	5	(b,g)	∞	(g,z)
	3	(k,g)		
h	10	(e,h)	7	(h,c)
			3	(h,d)
			4	(h,l)
k	7	(e,k)	3	(k,g)
			2	(k,f)
			2	(k,m)
l	4	(h,l)	∞	(l,z)
m	2	(k,m)	∞	(m,z)
z	∞	(c,z)	-	-
	∞	(d,z)		
	∞	(f,z)		
	∞	(g,z)		
	∞	(l,z)		
	∞	(m,z)		

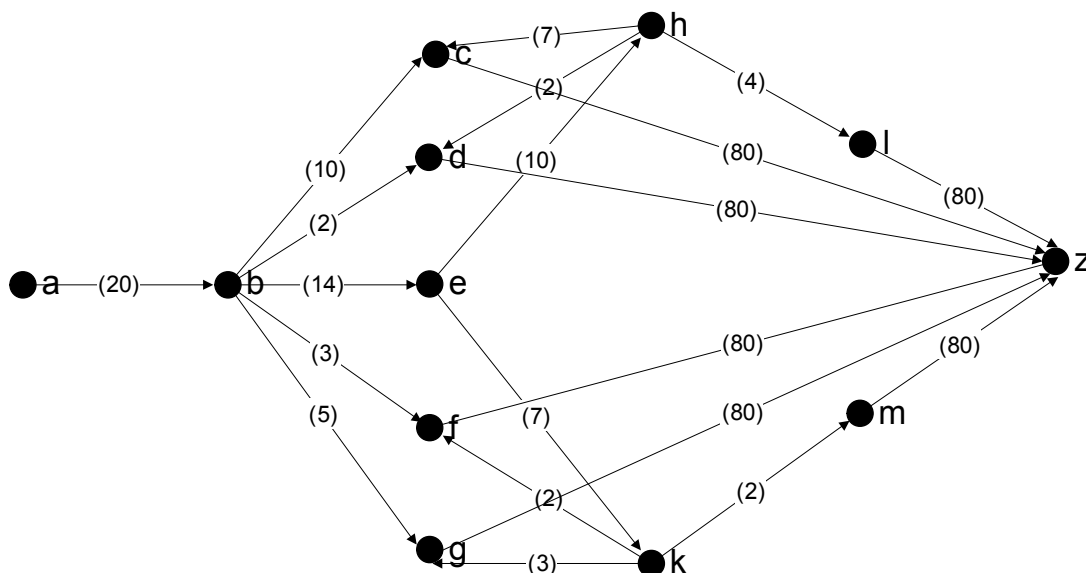


Рисунок 3. Орграф системы распределения продукции.

Таблица 3

Матрица предпочтений

	a	b	c	d	e	f	g	h	k	l	m	z	Количество связанных по потоку вершин
a	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
b	-1	-	4	2	5	1	3	-	-	-	-	-	5
c	-	-1	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
d	-	-1	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
e	-	-1	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	2
f	-	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
g	-	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
h	-	-	2	1	-1	-	-	-	-	3	-	-	3
k	-	-	-	-	-1	1	2	-	-	-	3	-	3
l	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	-	1	1
m	-	-	-	-	-	-	-	-	-1	-	-	1	1
z	-	-	-1	-1	-	-1	-1	-	-	-1	-1	-	-

Приоритет связи по строке проставляется положительными натуральными числами в значении от «1» и далее. Чем больше число, тем выше приоритет связи вершин.

Количество связанных по потоку вершин равно количеству присутствующих в строке матрицы положительных чисел. Это количество равно зна-

чению максимального приоритета связи в соответствующей строке. В случае если несколько вершин одного уровня имеют одинаковые приоритеты, требуется выделение дополнительных приоритетов, имеющих стратегическое, экономическое, организационное, техническое, технологическое и пр. обоснование.

Для определения возможности удовлетворения потребностей возможных грузополучателей и для получения конкретных показателей плановых объемов перевозки воспользуемся идеей алгоритма Форда-Фалкерсона нахождения максимального потока в сети¹. В описании алгоритма методики планирования насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками используются следующие понятия.

Резерв вершины – величина, на которую можно увеличить каждый из выходных потоков, если ориентация ребра совпадает с направлением рассматриваемой цепи, или уменьшить поток, если ориентация ребра не совпадает с направлением рассматриваемой цепи.

Отмеченная вершина – вершина орграфа, которой поставлена в соответствие пара элементов. Первый элемент – обозначение предшествующей вершины, отличное от «-«. Второй элемент – резерв вершины, отличный от «-«.

Отметки вершин – пара элементов: первый элемент - обозначение предшествующей вершины. Второй элемент – резерв вершины.

Введем обозначения:

a – начальная вершина орграфа;

z – конечная вершина орграфа;

v, w – вершины орграфа;

(v, w) – ребро орграфа;

$f((v, w))$ – величина поток, проходящий через ребро (v, w) ;

$c((v, w))$ – пропускная способность ребра (v, w) ;

S – множество вершин орграфа, подлежащих рассмотрению.

Rv – резерв вершины v орграфа;

Rw – резерв вершины v орграфа.

Предлагаемый алгоритм определения возможности насыщения ветвей логистических каналов грузопотоками состоит в следующем.

1. Установить значения отметок всех вершин орграфа, за исключением a , равными «-«.
2. Установить резерв вершины a равным ∞ .
3. Включить a в S : $S=\{a\}$.
4. Если S – пустое множество, идти к 28, иначе – идти к шагу 5.
5. Если S – не является пустым множеством, выбрать элемент множества S , имеющий максимальный приоритет в матрице предпочтений.
6. Обозначить выбранный элемент v .
7. Удалить выбранный элемент из множества S .
8. Если у v есть не отмеченные последующие вершины, идти к шагу 9, иначе идти к шагу 17.
9. Выбрать последующую v неотмеченную вершину, имеющую максимальный приоритет в матрице предпочтений.
10. Обозначить выбранную вершину w .
11. Если $f((v,w)) < c((v,w))$, идти к шагу это плюс 1, иначе идти к шагу 16.
12. Рассчитать резерв вершины w : $Rw = \min \{ c((v,w)) - f((v,w)); Rv \}$.
13. Обозначить предшествующую w вершину.
14. Если $w \neq z$, идти к шагу 15, иначе идти к шагу 25.
15. Добавить w в S .
16. Все последующие v неотмеченные вершины рассмотрены? Если да, идти к 17, иначе идти к шагу 9.
17. Если у вершины v есть неотмеченные предшествующие вершины, идти к 18, иначе идти к шагу 4.
18. Выбрать предшествующую v неотмеченную и ранее не просмотренную вершину, имеющую максимальный приоритет в матрице предпочтений.

19. Обозначить выбранную вершину w .
20. Если $f((v,w)) > 0$ идти к шагу 21, иначе идти к шагу 24.
21. Рассчитать резерв вершины w : $Rw = \min \{ f((v,w)); Rv \}$.
22. Обозначить предшествующую w вершину.
23. Добавить w в S .
24. Все предшествующие v неотмеченные вершины рассмотрены?

Если да, идти к 4, иначе идти к шагу 18.

25. Используя отметки предшествующих вершин, построить цепь от z к a .

26. Для построенной цепи от z к a увеличить величину потока каждого ребра, ориентированного по направлению от a к z , на резерв вершины z и уменьшить величину потока каждого ребра, ориентированного по направлению от z к a , на резерв вершины z .

27. Идти к шагу 1.

28. Конец.

В результате применения предлагаемого алгоритма к рассматриваемому примеру получены параметры орграфа, отмеченные на рис. 4. Пары цифр в скобках, показанные на ребрах орграфа, означают максимальную пропускную способность ребра и рекомендуемый объем грузоперевозок, увязанный с пропускной способностью и насыщением предыдущих ребер.

В результате расчетов выявлено, что в рассматриваемом примере при учете пропускной способности привлекаемого перевозчика и объемов заявленной потребности оптовых и розничных потребителей, а также значений приоритетов вершин (звеньев логистической цепи) при принятии решения об отгрузке, могут быть обеспечены не все потребности грузополучателей.

При учете более высокого приоритета дистрибьюторов в работе как производителя, так и филиалов, приоритета розничных отгрузок над оптовыми, а так же приоритета развития первого филиала над вторым филиалом в рассматриваемом примере со склада производителя планируется отправка грузов только в адрес филиалов и Дистрибьютора 1 (см. ребра $b-c$ и $b-e$). При

этом полностью реализуются только заявки первого филиала (см. ребро $e-h$). Заявленный объем потребности второго филиала может быть реализован только на 57% (см. ребро $e-k$). Первый филиал полностью покрывает потребность обслуживаемой розничной сети (см. ребро $h-l$) и потребность Дистрибьютора 1 на 86% (см. ребро $h-c$). Обслуживание оптовых закупщиков при заданных пропускных способностях ребер не представляется возможным ни для Филиала 1, ни для Филиала 2 так же, как и со склада производителя (см. ребра $(b-d, h-d, b-f, k-f)$). Второй филиал в полной мере удовлетворяет потребность своей розничной сети (см. ребро $k-m$) и потребность Дистрибьютора 2 на 67% (см. ребро $k-g$). Пропускная способность ребер, связанных с конечным потреблением достаточно велика, так что можно считать, что розничные торговые точки и дистрибьюторы полностью используют свои мощности (см. ребра $c-z, l-z, g-z, m-z$).

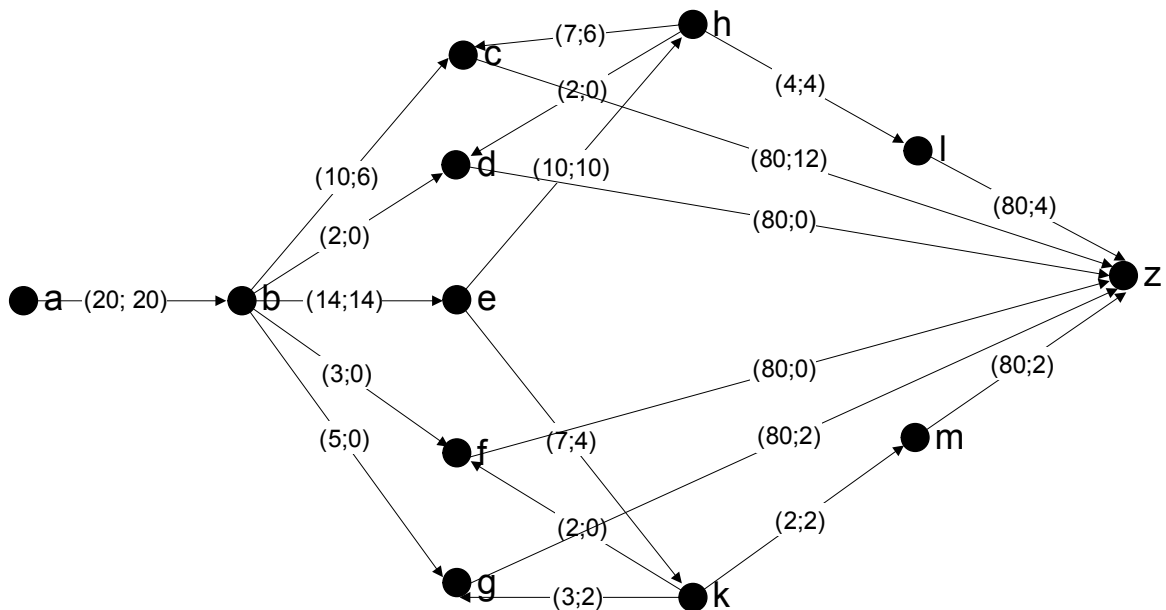


Рисунок 4. Результат расчета максимального потока при распределении продукции производителем.

В результате расчета планового объема грузопотока в сети распределения рассматриваемого производителя можно сделать вывод о том, что тре-

буется увеличение мощности производства и склада готовой продукции, привлечение дополнительного перевозчика или расширение пропускной способности используемого перевозчика для обслуживания работы филиалов, постепенное увеличение мощности складов филиалов для обслуживания дистрибьюторов и оптовых покупателей. Кроме того, получены данные для планирования движения намеченных грузопотоков.

В целом, представляемая методика позволяет получить результаты, которые в дальнейшем могут быть использованы при решении следующих задач управления системой распределения.

- Уточнение стратегических приоритетов работы с различными грузополучателями.
- Планирование требуемой стратегией развития предприятия мощности производства, складов готовой продукции производителя и региональной складской сети.
- Планирование мощности собственного транспортного парка, задействованного в движении грузопотоков в логистической сети.
- Обоснование необходимости привлечения перевозчика.
- Уточнение требуемой пропускной способности перевозчика.
- Планирование работы транспортной службы предприятия.
- Укрепление связей звеньев по цепи поставок в связи с наличием оценок возможностей взаимодействия по материальному потоку, в том числе обеспечение календарного планирования деятельности привлекаемой транспортной организации.

¹ Андерсон Дж. Дискретная математика и комбинаторика. – М.: «Вильямс», 2003. - С. 699-707.