

УДК 330.4

ЗАДАЧИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РОЗНИЧНОЙ СЕТИ: МОДЕЛИ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

Собко Э.О.

*Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Москва,
e-mail: mr.eddi.13@gmail.com*

В статье исследуются методы решения задач логистики предприятия розничной торговой сети. Предприятие розничной торговой сети имеет ряд особенностей, которые требуют особого подхода к оптимизации запасов, плана и маршрутов перевозки. Целью работы является изучение методов, применение которых дает более точные результаты и позволяет учитывать все наиболее значимые факторы при решении задачи оптимизации логистики предприятия указанного ранее типа. Методологическую базу исследования составили анализ и синтез как общелогические методы научного познания, а также моделирование и формализация как методы теоретического познания. В работе также использовались тренд-сезонные модели прогнозирования, формула Харриса – Уилсона и её модификации, венгерский алгоритм, а также симплекс-метод. В статье проведен обзор методов решения задач оптимизации снабжения предприятия розничной торговой сети. Изучен опыт решения подобных задач в различных условиях с применением модифицированных классических методов решений. Проведена модификация методов нахождения оптимального складского запаса применительно к предприятию розничной торговой сети.

Ключевые слова: логистика, оптимизация, методы решения, снабжение, запасы, склад, транспортировка

LOGISTIC EFFICIENCY PROBLEMS OF RETAIL COMPANY: MODELS AND MATHEMATICAL METHODS OF MAKING DECISIONS

Sobko E.O.

Russian Economic University named G.V. Plehanov, Moscow, e-mail: mr.eddi.13@gmail.com

The methods of solving the problems of enterprise logistics and retail outlets have investigated in this article. Retail chain has a number of features, which requires a special approach to optimization of inventories, planing and transportation routes. The aim of article is to study methods, the using of which gives more accurate results and allows you to take into account all of the most important factors in solving the problem of optimization of enterprises logistics previously specified. The methodological base of the research was the analysis and synthesis as general-logical methods of scientific knowledge, and modeling and formalization as methods of theoretical knowledge. The paper also used the trend-season forecasting model, the formula of Harris-Wilson, and its modifications, the Hungarian algorithm, as well as the simplex algorithm. The article provides an overview of methods for solving optimization problems enterprise supply retail chain. The experience of solving such problems in a variety of conditions using classical solutions of the modified methods were studied in article. Modification methods of finding the optimal stock level in relation to company's retail chain.

Keywords: logistics, optimization, mathematical solution methods, supply, stocks, warehouse, transportation

Необходимость применения логистики и логистических моделей в управлении розничными предприятиями уже давно ни у кого не вызывает сомнений и обуславливается непрерывным стремлением любого руководителя предприятия увеличить прибыль, снизить усложнением системы рыночных отношений.



Рис. 1. Логистика и связанные с ней области науки

В рамках концепции минимизации издержек перед службами логистики стоит задача снижения затрат на операции хране-

ния и транспортировки. В результате возникает целый комплекс математических задач, решение которых позволяет создать интегрированную логистическую систему розничного предприятия [6].

Рассмотрим бизнес-процесс, связанный с товародвижением в рамках розничного предприятия. В списке ниже представлена последовательность операций над товаром, которая обеспечивает его попадание от поставщика до полки магазина.

1. Формируется заказ на покупку (исходя из предположений о спросе).
2. Товар приходит на склад.
3. Товар принимается и оприходуется на склад.
4. Товар сортируется и помещается в ячейки хранения.
5. Товар поступает в сборку заказа на продажу.
6. Готовый заказ помещается в транспортное средство (ТС).
7. ТС отправляется в рейс.

8. Заказ доставляется покупателю.

Разберем подробно те математические задачи, которые формируются в процессе логистической деятельности розничного предприятия и её последующей оптимизации.

Определение спроса на товар

Современные концепции логистики подразумевают, что вопрос определения величины спроса на товар находится в ведении именно логистических служб предприятия, следовательно, и прогнозирование спроса можно отнести к задачам логистики [8].

Пусть розничная сеть продает n товаров. В распоряжении аналитиков имеются данные об объемах запасов товара i в период времени $t - S_t^i$. Необходимо построить прогноз спроса на следующие 2–6 месяцев. Величина спроса D_t^i на i -ый товар в период времени t существенно отличается от объема запасов S_t^i . D_t^i можно найти следующим образом [4]:

$$D_{t+1}^i = S_{t+1}^i - S_t^i + O_t^i = \Delta S_{t+1}^i + O_{t-1}^i, \quad (1)$$

$$S^i(t) = \left[f(T, W, C, \varepsilon) + S^i(t-1) * \frac{K_t - K_{t-1}}{K_{t-1}} \right] * \frac{\bar{\rho}_t}{\rho_{t-1}}, \quad (3)$$

где K_t и K_{t-1} – количество точек сбыта в момент времени t и $t - 1$. $\bar{\rho}_t$ и ρ_{t-1} – средняя плотность населения в обслуживаемых точками продаж областях.

Задача оптимального запаса

Как известно, вместимость склада величина постоянная, а количество хранимых запасов на нем – величина переменная. Разумеется, данное утверждение справедливо с определенной долей условности. Так, например, предполагается, что площадь склада нельзя увеличить, либо это нецелесообразно, либо принимается в виде условности с целью упрощения модели.

Запасы на складе могут теоретически колебаться от 0 до полной загрузки V , однако на предприятиях для каждого склада, как правило, устанавливается «страховой запас» – $K_{стр}$.

Очевидно, объем запасов зависит от:

- Потоков груза на склад (OF);
- Потоков грузов со склада (D).

$$S_{t+1}^i = S_t^i + OF_{t+1}^i - D_{t+1}^i, \quad (4)$$

где S_{t+1}^i и S_t^i – объемы запасов товара i на складе в периодах времени t и $t + 1$. OF_{t+1}^i – фактическое количество товара i ,

где O_{t-1}^i – объем заказа i -го товара в периоде времени $t - 1$. Исходя из того, что заказ на доставку товара в периоде t делается в предыдущем периоде – $(t - 1)$. ΔS_{t+1}^i представляет собой разность уровней временного ряда, значение которых в общем виде имеет вид

$$S^i(t) = f(T, W, C, \varepsilon), \quad (2)$$

где T – трендовая компонента, W – сезонная компонента, C – циклическая компонента, ε – случайное отклонение [5]. Однако спрогнозированное значение будет точным при условии неизменности количества точек сбыта. Если учесть в рассматриваемой задаче следующие параметры:

- K – количество точек сбыта в период времени t ;
- ρ_t^k – плотность населения в прилегающей к точке сбыта зоне – l метров;
- τ_t^k – часы работы точки сбыта k в период t ;
- и др.,

то получится следующий прогноз спроса для предприятия розничной торговой сети:

пришедшее от поставщика в период $t + 1$. D_{t+1}^i – Поток грузов со склада на магазины (принимается равным спросу ввиду наличия страхового запаса) [6].

Фактический объем товара i , приходящего в период времени $t - OF_{t+1}^i$ является величиной стохастической и зависит от объема заказа следующим образом:

$$OF_{t+1}^i = P * O_{t+1}^i. \quad (5)$$

Страховой запас, представленный в формуле 6, должен быть не меньше разности между максимальной величиной спроса и минимальным объемом заказа:

$$K^i = \max\{D^i\} - \min\{OF^i\}, \quad (6)$$

t – срок хранения грузов на складе
 T – время работы склада (сутки / год)
 h – оборачиваемость грузов на складе (ед./год)
 V – вместимость склада,

$$h = \frac{T}{t}. \quad (7)$$

Задача оптимального размера заказа

Кроме определения вопроса оптимального размера запаса, не менее актуальна задача определения размера заказа и частоты

его осуществления. Собственно, перед менеджером по закупкам стоит задача определения этих двух величин.

На этот вопрос можно получить ответ решая задачу поиска экономического размера заказа *Economic Order Quantity* – *EOQ* [2]. В традиционной модели общий объем годовых затрат C_r равен

$$C_r = C_r(q) = C_0 \frac{D}{q} + C_h \frac{q}{2} + C_n D. \quad (8)$$

Для максимизации q берется производная

$$\frac{dC_r}{dq} = 0. \quad (9)$$

В результате решения получим формулу Харриса – Уилсона.

$$q_{EOQ}^* = \sqrt{\frac{2C_0 D}{C_h}} \quad (10)$$

где C_0 – накладные расходы на каждую поставку;

D – годовое потребление продукции;

C_h – затраты на хранение единицы продукции в год.

С учетом поправок на неопределенность и процессы естественной убыли [1]:

$$\Pr = \alpha \left[C_s - C_s \left(\varepsilon_n + \Delta \varepsilon \frac{q}{2D} \right) \right] D - \left(C_0 \frac{D}{q} + C_h \frac{q}{2} + C_n D \right). \quad (11)$$

где C_n – стоимость единицы товара (у.е.);
 r – годовая процентная ставка, характеризующая преобразование оборотного капитала в прибыль для соответствующей цепи поставок;

d_n – дисконтирующий множитель, который равен

$$d_n = \frac{1}{1 + r \Delta_n}. \quad (15)$$

P_n – прибыль от реализации единицы товара (у.е.);

T – период времени между поставками, который связан с показателем объема заказа ($T = q / D$) и является оптимизируемой величиной.

Таким образом оптимальный заказ и оптимальное значение интервала времени для следующего заказа найдется по формулам

При этом оптимальный размер заказа находится по формуле 12 и равен

$$q^*(C_{s(mod)}) = \sqrt{\frac{2C_0 D}{C_h + \alpha C_s \Delta \varepsilon}}. \quad (12)$$

В то же время при условии наличия статистических данных с точки зрения спроса задачу нельзя классифицировать как задачу в условиях неопределенности. И, подставляя прогнозное значение величины спроса в условие задачи, получим следующее выражение для оптимального объема заказа, представленное в формуле:

$$q^*(C_{s(mod)}) = \sqrt{\frac{2C_0 f(T, S, C, \varepsilon)}{C_h + \alpha C_s \Delta \varepsilon}}. \quad (13)$$

Периодичность заказа при этом исходя из классической задачи определяется остатками товара на складах [3].

Кроме поправок на неопределенность и процессы естественной убыли менеджер, принимающий решение о необходимости формирования нового заказа и его объеме, может учитывать временную ценность денег. Это в свою очередь позволяет принимать во внимание специфику денежных потоков в цепи поставок предприятия и оптимизировать данный сегмент логистической деятельности с учетом обозначенного фактора.

С учетом приведения денежных потоков к одному моменту времени, а также используя формулу начисления простых процентов задача максимизации интенсивности потока доходов приводится к следующему виду:

$$\frac{1}{T} [q(C_n + P_n - L_n - C_h T) - (1 + rT)(C_0 + d_n q C_n)] \quad (14)$$

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{C_0 D}{C_h + r d_n C_n}} \quad (16)$$

и

$$T_{opt} = \sqrt{\frac{C_0}{D(C_h + r d_n C_n)}}. \quad (17)$$

Задача формирования плана перевозок от группы поставщиков группе покупателей

Поставщиками применительно к предприятию розничной торговой сети являются склады предприятия, а потребителями – магазины.

Критерий транспортной задачи:

$$c_{11}x_{11} + \dots + c_{ij}x_{ij} + \dots + c_{mn}x_{mn} \rightarrow \min, \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \tag{19}$$

где $i=1,2,\dots,m$, а $j=1,2,\dots,n$.

Ограничения

$$\begin{cases} x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{in} = a_i \text{ или } \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \\ x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{mj} = b_j \text{ или } \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \end{cases} \tag{20}$$

Кроме того, при решении классической задачи о назначениях накладывается условие, что одну перевозку может совершать одно транспортное средство (применительно к рассматриваемой задаче). Эти условия имеют вид

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1.$$

На рис. 2 представлен обзор методов решения задачи маршрутизации или задачи о назначениях [7].

Классические методы решения задачи оптимизации плана развозки накладывают ограничения, которые не позволяют решать практические задачи. Количество складов, используемых транспортных средств и то-

чек доставки в большинстве случаев не совпадает. Кроме того, не все транспортные средства может понадобиться использовать, равно как и доставка может осуществляться не во все магазины.

Задачу составления оптимального плана доставки следует решать в следующем порядке:

- Задача размещения подготовленных заказов в транспортных средствах. Ограничениями в данной задаче являются тоннажность ТС и их палето-вместимость.
- Задачу закрепления ТС за точками доставки.

Актуальная проблема состоит в том, как решить эти две задачи одновременно с учетом того, что результат одной зависит от решения, другой и наоборот.

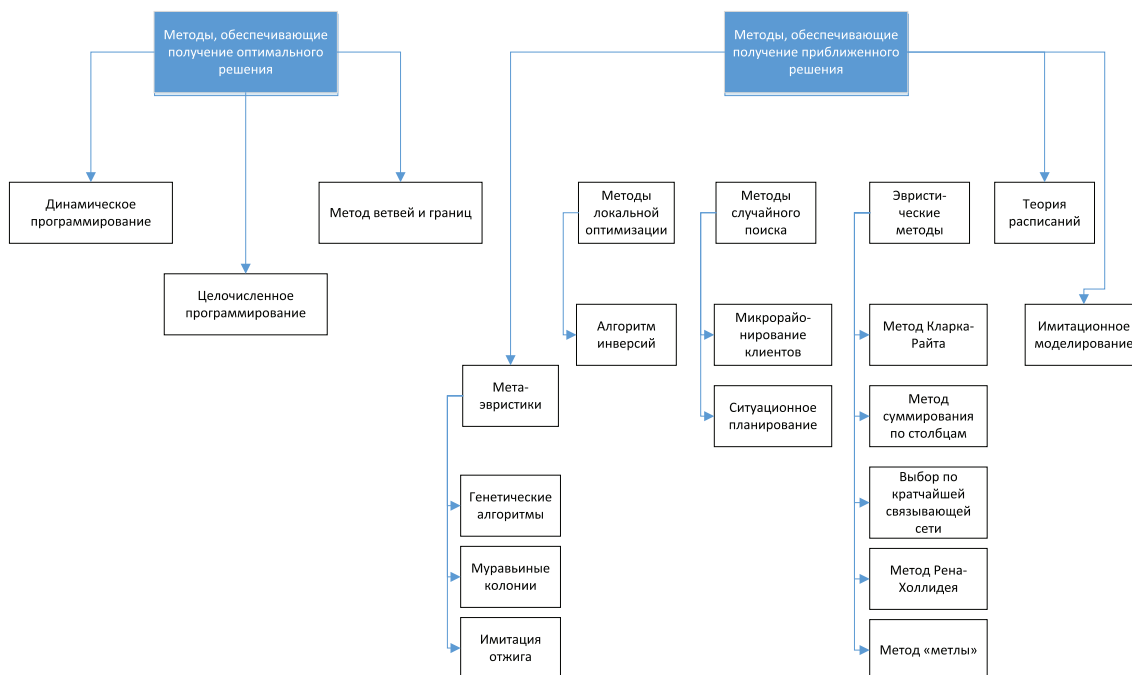


Рис. 2. Методы решения задачи маршрутизации или задачи о назначениях

Если же данную задачу решить не удастся, то следует прибегнуть к методам, представленным на рис. 2, обеспечивающим приближенные решения.

Список литературы

1. Бродецкий Г.Л. Экономика-математические методы и модели в логистике: процедуры оптимизации: учебник для студ. учреждений высш. образования / Г.Л. Бродецкий, Д.А. Гусев. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 288 с. – (Сер. Бакалавриат).
2. Бродецкий Г.Л. Новый формат EOQ–моделей оптимизации запасов с отсрочками оплаты заказов при аренде мест хранения // Логистика сегодня. – 2016. – № 3. – С. 162–175.
3. Бродецкий Г.Л., Гусев Д.А. Специальные алгоритмы многокритериальной оптимизации в цепях поставок (на примере задач выбора маршрута) // Логистика сегодня. – 2011. – № 6. – С. 346–361.
4. Бродецкий Г.Л., Перепечина Б.В. Многономенклатурная оптимизация запасов: проблема выбора при учете рентабельности // Логистика сегодня. – 2012. – № 4. – С. 204–221.
5. Дуброва Т.А. Прогнозирование социально-экономических процессов: учеб. пособие / Т.А. Дуброва. – 2-е изд. Испр. и доп. – М.: Маркет ДС, 2010. – 192 с. (Университетская серия).
6. Лубенцова В.С. Математические модели и методы в логистике: учеб. пособ. / В.С. Лубенцова. Под редакцией В.П. Радченко. – Самара. самар. гос. техн. Ун-т, 2008: ил.
7. Никоноров В.М. Оптимизация логистических показателей мелкопартионных перевозок на автомобильном транспорте.: дис. канд. экон. наук. – С-П., 2013. – С. 51.
8. Сергеев В.И. Логистика снабжения: учебник для бакалавриата и магистратуры / В.И. Сергеев, И.П. Эльяшевич;

под общ. ред. В.И. Сергеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство «Юрайт», 2016. – 398 с. – Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс.

References

1. Brodeckij G.L. Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli v logistike: procedury optimizacii: uchebnik dlja stud. uchrezhdenij vyssh. obrazovanija / G.L. Brodeckij, D.A. Gusev. 2-e izd., ster. M.: Izdatelskij centr «Akademija», 2014. 288 p. (Ser. Bakalavriat).
2. Brodeckij G.L. Novyj format EOQ–modelej optimizacii zapasov s otsrochkami oplaty zakazov pri arende mest hranenija // Logistika segodnja. 2016. no. 3. pp. 162–175.
3. Brodeckij G.L., Gusev D.A. Specialnye algoritmy mnogokriterialnoj optimizacii v cepjah postavok (na primere zadach vybora marshruta) // Logistika segodnja. 2011. no. 6. pp. 346–361.
4. Brodeckij G.L., Perepechina B.V. Mnogonomenklaturnaja optimizacija zapasov: problema vybora pri uchete rentabelnosti // Logistika segodnja. 2012. no. 4. pp. 204–221.
5. Dubrova T.A. Prognozirovanie socialno-jekonomicheskikh processov: ucheb. posobie / T.A. Dubrova. 2-e izd. Ispr. I dop. M.: Market DS, 2010. 192 p. (Universitetskaja serija).
6. Lubencova V.S. Matematicheskie modeli i metody v logistike: ucheb. posob. / V.S. Lubencova. Pod redakciej V.P. Radchenko. Samara. samar. gos. tehn. Un-t, 2008: il.
7. Nikonorov V.M. Optimizacija logisticheskikh pokazatelej melkopartionnyh perevozok na avtomobilnom transporte.: dis. kand. jekon. nauk. S-P., 2013. pp. 51.
8. Sergeev V.I. Logistika snabzhenija: uchebnik dlja bakalavriata i magistratury / V.I. Sergeev, I.P. Jeljashevich; pod obshh. red. V.I. Sergeeva. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Izdatelstvo «Jurajt», 2016. 398 p. Serija: Bakalavr i magistr. Akademicheskij kurs.