

Построение и оптимизация транспортной логистической модели ритейлера

Научный руководитель – Рюмкин Валерий Иванович

Голов Владимир Александрович

Студент (бакалавр)

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Экономический факультет, Томск, Россия

E-mail: golovv98@gmail.com

Введение. Целью ритейлера является извлечение прибыли за счет продажи товаров, поставляемых на рынок посредством транспортных перевозок. Организация грузовых перевозок ритейлера требует эффективного использования существующей транспортной сети и созданию для него оптимальной логистической системы. В данной работе предлагается и оптимизируется транспортно-логистическая модель ритейлера, работающего в условиях конкуренции со стороны других участников ритейла.

Построение модели. Предположим, что ритейлер работает на транспортной сети, состоящей из «входных» пунктов $A = \{A_1, A_2, \dots, A_L\}$ поставщиков товаров T_1, T_2, \dots, T_K , «выходных» пунктов реализации $B = \{B_1, B_2, \dots, B_M\}$ и пунктов промежуточных узлов грузопереработки $U = \{U_1, U_2, \dots, U_R\}$ (объединения или разукрупнения) партий товаров. Предположим, что на данной транспортной сети работает N независимых ритейлеров, G_1, G_2, \dots, G_N , перевозящих (самостоятельно или при участии транспортных компаний) товары в пункты реализации B_1, B_2, \dots, B_M . Обозначим через p_{ik} цену товара T_k , которую ритейлер платит поставщику в пункте A_i , и через E_{ikj} - общие издержки, вызванные перемещением единицы товара T_k от пункта поставки A_i к пункту продажи B_j (транспортные и все прочие издержки). Обозначим через X_{ikj}^n количество T_k , которое агент G_n доставляет от A_i к пункту продажи B_j . Тогда общее количество X_{kj} товара T_k в пункте B_j определится выражением (1).

Предположим, что рыночная цена товара T_k в пункте реализации B_j , по которой ритейлер продает этот товар, является линейной функцией общего предложения этого товара на рынке (2).

Тогда общий выигрыш H_n для n -го игрока H_n может быть вычислен по формуле (3); $H_n(kj)$ - его выигрыш на k -м продукте T_k , полученный в пункте продажи B_j (4).

Таким образом, формула (4) определяет стратегическую игру для N лиц, в которой стратегии каждого n -го игрока G_n есть числовые массивы X_{ikj}^n с неотрицательными элементами, ограниченными значениями числовых параметров α_{kj} . Обозначим через Ω множество всех дуг на транспортной сети. При этом каждый из логистических узлов (ЛУ) - промежуточных пунктов грузопереработки в данной модели представлен представляется рядом входных и выходных узлов, соединенных дугами, отображающими затраты на складские процессы грузопереработки.

Тогда оптимизационная задача ритейлера G_n может быть сформулирована следующим образом (5), (6), (7).

Здесь $V(i)$ и $W(i)$ обозначают количества предшествующих и последующих узлов для i -го узла графа сети; $f_{ij}(\bullet)$ - функция общих затрат при перемещении груза по дуге (i, j) с учетом всех конкурентов.

Задача (5)-(7) представляет собой нелинейную задачу оптимизации многотоварной сетевой логистической модели ритейлера, в которой в качестве функций затрат выступают транспортные и складские издержки логистической системы.

Таким образом, функция общих транспортных и складских затрат для k -го товара принимает вид (8),

где $T_{ij}(\bullet)$ и $L_{ij}(\bullet)$ - транспортные и складские затраты при перемещении груза по дуге (i, j) ; $\{A, U^1\}$ - множество дуг, соединяющих непосредственно поставщиков товаров и логистические узлы первого уровня U^1 ; $\{U^1, U^2\}$ - множество дуг, соединяющих логистические узлы первого U^1 и второго уровня U^2 ; $\{U^1, B\}$ - множество дуг, соединяющих U^1 и пункты получателей груза B ; $\{U^2, B\}$ - множество дуг, соединяющих U^2 и B ; $\{U^1, U^1\}$ - множество дуг, соединяющих элементы U^1 и отображающие переработку грузопотоков в узлах первого уровня; $\{U^2, U^2\}$ - то же для узлов переработки грузопотоков второго уровня.

Модель (4)-(8) может быть использована для решения ряда отдельных задач, таких как выбор расположения центрального логистического узла, закрепление поставщиков пунктов реализации за определенными логистическими узлами, выбор транспортных средств и транспортных тарифов для доставки товаров.

Для описания работы на ТЛС нескольких ритейлеров, используем модифицированную модель Штакельберга [2]. Данная модель представляется следующей двухшаговой схемой.

Шаг 1. Лидеры $G_1, G_2, \dots, G_\Theta$ одновременно и независимо друг от друга выбирают свои стратегии перевозок $\acute{s}_1, \acute{s}_2, \dots, \acute{s}_\Theta$.

Шаг 2. Последователи $G_{\Theta+1}, G_{\Theta+2}, \dots, G_N$ анализируют $\acute{s}_1, \acute{s}_2, \dots, \acute{s}_\Theta$ и выбирают свои стратегии перевозок $\hat{s}_{\Theta+1}, \hat{s}_{\Theta+2}, \dots, \hat{s}_N$, разыгрывая между собой равновесие Нэша.

Согласно данной модели лидеры находятся в привилегированном положении, поскольку могут просчитать наилучшие ответы последователей на каждый профиль лидерских стратегий и реализовать такой совместный лидерский профиль, который максимизирует их прибыль.

Следуя методологии и результатам, полученным в [2] и [3], сформулируем следующее утверждение.

Утверждение. Пусть товары взаимно независимы между собой в том смысле, что стоимость доставки товаров одного типа не влияет на стоимость доставки товаров другого типа.

Тогда существует единственное равновесие Штакельберга в модифицированной модели и равновесные значения поставок лидеров, последователей и соответствующие цены определяются формулами (9)-(10),

где ψ^n_{kj} - общие (транспортные и все прочие) средние издержки, связанные перемещением игроком G_n единицы товара T_k к пункту продажи B_j , определяемые согласно (8).

Заключение. В данной работе представлена транспортно-логистическая модель ритейлера. Модель имеет сетевую структуру с несколькими логистическими узлами. Предполагается, что на данной сети работает ряд конкурирующих между собой ритейлеров. Получен ряд оптимизационных задач, позволяющих построить прототип оптимальной транспортно-логистической системы компании. Проведено моделирование ТЛС ритейлера для Западно-Сибирского региона.

Источники и литература

- 1) Muradian A.: Development of the concept of game approach to coordination of cargo delivery management with transfer in general transport nodes // Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 6(3), 17-24 (2015)
- 2) V. Azarnaya, V. Golov, V. Ryumkin. Game Models of Competition in the Cargo Transportation Market // Global Economics and Management: Transition to Economy 4.0, Springer Proceedings in Business and Economics, pp 45-56. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26284-6_5

- 3) Sivushina A., Kombu A., Ryumkin V. Modeling of geographical pricing: A game analysis of siberian fuel costs // AIP Conference Proceedings 1899, 060013 (2017) – <https://doi.org/10.1063/1.5009884>

Иллюстрации

$$X_{ij} = \sum_{n=1}^N X_{ij}^n, \quad X_{ij}^n = \sum_{i=1}^L X_{ij}^n \quad (1)$$

$$P_{ij}(X_{ij}) = (1 - X_{ij} / \alpha_{ij}) \beta_{ij}; \quad X_{ij} \in [0, \alpha_{ij}], \quad \alpha_{ij}, \beta_{ij} > 0 \quad (2)$$

$$H_n = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^K H_n(kj) \quad (3)$$

$$H_n(kj) = X_{ij}^n (1 - X_{ij} / \alpha_{ij}) \beta_{ij} - \sum_{i=1}^L X_{ij}^n (\xi_{ikj} + p_{ik}), \quad X_{ij} \in [0, \alpha_{ij}] \quad (4)$$

$$F_n = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^M X_{ij}^n (1 - X_{ij} / \alpha_{ij}) \beta_{ij} - \sum_{i=1}^L X_{ij}^n p_{ik} - \sum_{k=1}^K \sum_{(i,j) \in \Omega} f_{ij} \left(X_{ij}^n \left| \sum_{p=1}^N X_{ij}^p \right. \right) \rightarrow \max \quad (5)$$

$$\sum_{h \in V(i)} X_{hkj}^n - \sum_{j \in W(i)} X_{ikj}^n = 0, \quad i \in U, k = \overline{1, K}, n = \overline{1, N} \quad (6)$$

$$0 \leq X_{ikj} \leq \rho_{ikj}, \quad (i, j) \in \Omega, k = \overline{1, K} \quad (7)$$

$$\psi_{ij}^n = \sum_{(i,j) \in \Omega} f_{ij} \left(X_{ij}^n \left| \sum_{p=1}^N X_{ij}^p \right. \right) = \sum_{\substack{(i,j) \in \{A, U^1\}, \\ (i,j) \in \{U^1, U^2\}, \\ (i,j) \in \{U^1, B\}, \\ (i,j) \in \{U^2, B\}}} T_{ij} \left(X_{ij}^n \left| \sum_{p=1}^N X_{ij}^p \right. \right) + \sum_{\substack{(i,j) \in \{U^1, U^1\}, \\ (i,j) \in \{U^2, U^2\}}} L_{ij} \left(X_{ij}^n \left| \sum_{p=1}^N X_{ij}^p \right. \right) \quad (8)$$

$$\tilde{X}_{ij}^n = \frac{1}{\Theta + 1} \frac{\alpha_{ij}}{\beta_{ij}} (\beta_{ij} - \psi_{ij}^n), \quad n = \overline{1, \Theta}; \quad \tilde{X}_{ij}^n = \frac{1}{(N - \Theta + 1)(\Theta + 1)} \frac{\alpha_{ij}}{\beta_{ij}} (\beta_{ij} - \psi_{ij}^n), \quad n = \overline{\Theta + 1, N} \quad (9)$$

$$\tilde{P}_{ij} = \left(\beta_{ij} - (\beta_{ij} - \psi_{ij}^n) \frac{N\Theta + N - \Theta^2}{(N + \Theta + 1)(\Theta + 1)} \right) \quad (10)$$

Рис. 1. Формулы, используемые в исследовании