Секция «Экономика отраслей и рынков и конкурентная политика»

Оптимизация логистической модели транспортной компании

Научный руководитель – Рюмкин Валерий Иванович

Азарная Валерия Сергеевна

Студент (бакалавр)

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Экономический факультет, Томск, Россия

E-mail: leraza118@yandex.ru

Введение. Распределение грузовых потоков по транспортно-логистической сети (ТЛС) определяет эффективность работы транспортной компании. Это обуславливает актуальность задачи построения адекватных математических транспортно-логистических моделей [n1, n2, n3]. Целью работы транспортной компании является извлечение прибыли за счет осуществления грузоперевозок товаров клиентов при соблюдении определенного уровня и качества услуг. В данной работе представлена транспортная логистическая модель транспортной компании. Модель основана на описании структуры грузопотоков по транспортной сети с несколькими логистическими центрами (пунктами переработки грузопотоков). В модели предполагается, что на ТЛС работает несколько конкурирующих транспортных компаний, влияющих на эффективность деятельности друг друга. Для определения равновесных грузопотоков используется модифицированная модель Штакельберга с несколькими лидерами и рядом последователей.

Построение модели. В основе транспортно-логистической модели рассмотрим сеть, описывающую товарные грузопотоки и отображающую пространственную структуру, состоящую из "входных" пунктов $A = \{A_1, A_2,\dots, A_L\}$ отправления товаров $T_1, T_2,\dots, T_K$, "выходных" пунктов (пунктов назначения) $B = \{B_1, B_2,\dots, B_M\}$, также пунктов промежуточных узлов грузопереработки $U = \{U_1, U_2,\dots, U_R\}$ (объединения или разукрупнения) товаров. Обозначим через $a_1^k, a_2^k,\dots, a_L^k$ предложения источников $A_1, A_2,\dots, A_L$, а через $b_1^k, b_2^k,\dots, b_M^k$ - спрос выходов $B_1, B_2,\dots, B_M$ на товар T_K. Предположим, что на данной сети работает N независимых транспортных компаний, $G_1, G_2,\dots, G_N$, поставляющих товары из пунктов отправки $A_1, A_2,\dots, A_L$ в пункты реализации $B_1, B_2,\dots, B_M$. Обозначим через X_{ikj}^n количество товара T_k, которое агент G_n перемещает по дуге (i,j) с пропускной способностью p_{ikj}.

Тогда оптимизационная задача для компании G_1 может быть сформулирована формулами (1)-(6):

Здесь $f_{ij}(\bullet)$ означает общую функцию затрат при перемещении груза по дуге (i,j) (транспортные и складские затраты); $V(i)$ и $W(i)$ обозначают множества предшествующих и последующих узлов для i-го узла данного ориентированного графа сети; ´- множество всех дуг в ТЛС.

Задача (1)-(6) представляет собой нелинейную задачу оптимизации емкости многотоварной сетевой логистической модели или задачу оптимизации модели сетевого потока.

Каждый из логистических узлов (ЛУ) - промежуточных пунктов грузопереработки в данной модели представлен входными и выходными узлами, соединенных дугой, отображающей затраты на складские процессы грузопереработки. Таким образом, целевая функция (1) определяется формулой (7):

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 логистические узлы U^1 первого уровня и пункты получателей груза B; $\{U^2, B\}$ -

множество дуг, соединяющих логистические узлы U^2 второго уровня и пункты получателей груза B; {U^1, U^1} - множество дуг, соединяющих логистические узлы U^1 первого уровня и отображающие переработку грузопотоков в данных узлах;{U^2, U^2} - множество дуг, соединяющих логистические узлы U^2 второго уровня и отображающие переработку грузопотоков в данных узлах.

Модель (1)-(7) содержит в себе возможность решения ряда отдельных вспомогательных задач, таких как выбор расположения центрального логистического узла (ЦЛУ), закрепление поставщиков и получателей за определенными логистическими узлами, выбор транспортных средств и транспортного тарифа для доставки товаров. При этом функции $T_{ij}(\bullet)$ и $L_{ij}(\bullet)$, описывающие транспортные и складские издержки, определяются исходя из конкретных характеристик элементов ТЛС.

В рыночных условиях, для описания работы на ТЛС нескольких конкурирующих компаний, используем модифицированную модель Штакельберга [n2].

Рассмотрим игру N транспортных компаний, среди которых имеется Θ лидеров и N-Θ последователей. Игра представляется следующей двухшаговой схемой.

Шаг 1. Лидеры G_1, G_2,..., G_Θ *одновременно и независимо друг от друга выбирают свои стратегии перевозок* s^{-}_1, s^{-}_2,..., s^{-}_Θ.

Шаг 2. Последователи $G_{\Theta+1}$, $G_{\Theta+2}$,..., G_N *анализируют* s^{-}_1, s^{-}_2,..., s^{-}_Θ *и выбирают свои стратегии перевозок* $s^{[U+2053]}{}_{\Theta+1}$,$s^{[U+2053]}{}_{\Theta+2}$,..., $s^{[U+2053]}{}_{N}$, *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 [n2,n3], сформируем 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 единтсвенное равновесие Штакельберга в модифицированной модели и равновесные значения поставок лидеров, последователей и соответсвующие цены определяются формулами (8)-(9):

где α_{kj}, β_{kj} - некоторые константы, задающие равновесную стоимость $P_{kj}(X_{kj})=(1-X_{kj}/\alpha_{kj})\beta_{kj}$ доставки единицы товара T_k в пункт B_j ; $\psi^{n}{}_{kj}$ - общие (траснпортные и все прочие) средние издержки, связанные перемещением игроком G_n единицы товара T_k к пункту продажи B_j.

Заключение. В данной работе представлена логистическая модель транспортной компании. Модель основана на описании структруры грузопотоков по транспортной сети с несколькими логистическими узлами. Предполагается, что на данной сети работает ряд конкурирующих между собой грузоперевозчиков. Получен ряд оптимизационных задач, позволяющих построить прототип оптимальной транспортно-логистической системы компании. Проведено моделирование ТЛС транспортной компании для Западно-Сибирского региона.

Источники и литература

1) Петров А.В., Гашкова Л.В. Поддержка принятия управленческих решений при формировании логистических сетей. //Транспорт Урала. - 2008. - №2 (17). - С.16-21

2) V. Azarnaya, V.Golov, V.Ryumkin. Game Models of Competition in the Gardo Transportation Market// Global Econoics 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

$$F = \sum_{k=1}^{K} \sum_{(i,j)\in\Omega} f_{ij}\left(X_{ikj}^{1} \middle| \sum_{n=2}^{N} X_{ikj}^{n} \right) \to \min: \qquad (1)$$

$$\begin{cases} \sum\limits_{h\in V(i)} X_{hkj}^{n} - \sum\limits_{j\in W(i)} X_{ikj}^{n} = -a_{ik}^{n}, \quad i\in A,\ k=\overline{1,K},\ \ n=\overline{1,N}, & (2) \\ \sum\limits_{h\in V(i)} X_{hkj}^{n} - \sum\limits_{j\in W(i)} X_{ikj}^{n} = 0, \quad i\in U,\ k=\overline{1,K},\ \ n=\overline{1,N}, & (3) \\ \sum\limits_{h\in V(i)} X_{hkj}^{n} - \sum\limits_{j\in W(i)} X_{ikj}^{n} = b_{ik}^{n}, \quad i\in B,\ k=\overline{1,K},\ \ n=\overline{1,N}, & (4) \\ 0 \le X_{ikj} \le \rho_{ikj}, \quad (i,j)\in\Omega,\ k=\overline{1,K}. & (5) \\ \sum\limits_{i\in A} a_{ik}^{n} = \sum\limits_{i\in B} b_{ik}^{n}, \quad k=\overline{1,K}, \quad n=\overline{1,N}. & (6) \end{cases}$$

Рис. 1. Рис.1. Формулы, применяемые в исследовании

$$\sum_{(i,j)\in\Omega} f_{ij}\left(X_{ikj}^{1} \middle| \sum_{n=2}^{N} X_{ikj}^{n} \right) = \sum_{\substack{(i,j)\in\{A,U^1\},\\ (i,j)\in\{U^1,U^2\},\\ (i,j)\in\{U^1,B\},\\ (i,j)\in\{U^2,B\}}} T_{ij}\left(X_{ikj}^{1} \middle| \sum_{n=2}^{N} X_{ikj}^{n} \right) + \sum_{\substack{(i,j)\in\{U^1,U^1\},\\ (i,j)\in\{U^2,U^2\}}} L_{ij}\left(X_{ikj}^{1} \middle| \sum_{n=2}^{N} X_{ikj}^{n} \right), \qquad (7)$$

$$\tilde{\tilde{X}}_{kj}^{n} = \frac{1}{\Theta+1}\frac{\alpha_{kj}}{\beta_{kj}}\left(\beta_{kj} - \psi_{kj}^{n}\right), n=\overline{1,\ \Theta}; \quad \tilde{\tilde{X}}_{kj}^{n} = \frac{1}{(N-\Theta+1)(\Theta+1)}\frac{\alpha_{kj}}{\beta_{kj}}\left(\beta_{kj} - \psi_{kj}^{n}\right),\ n=\overline{\Theta+1,N}, \qquad (8)$$

$$\tilde{\tilde{P}}_{kj} = \left(\beta_{kj} - \left(\beta_{kj} - \psi_{kj}^{n}\right)\frac{N\Theta+N-\Theta^2}{(N+\Theta+1)(\Theta+1)}\right), \qquad (9)$$

Рис. 2. Рис.2. Формулы, применяемые в исследовании