

ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМИ ЭЛЕМЕНТОВ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ

Просвиркин Н. Ю.¹

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.
Королева, Самара)

Предложен комплекс взаимосвязанных критериев при организации взаимодействий интегрированных компаний, позволяющий количественно оценить издержки на товародвижение, сроки поставок, а также загрузженность оборудования, складского хозяйства и транспорта. Разработана многокритериальная модель оптимизации взаимодействий для интегрированных компаний. В модели предполагается, что на рынке может существовать неограниченное число производителей и поставщиков. Учитывается спрос на продукцию и объемы поставок каждого поставщика.

Ключевые слова: многокритериальная модель, векторная оптимизация, управление взаимодействиями элементов

Существует несколько основных организационных вариантов межфирменных взаимодействий. Разновидность вариантов связей предприятий варьирует практически от полной свободы до полной интеграции с потерей самостоятельности. Выбор конкретного вида партнерских связей определяется условиями, в которых компании осуществляют свою деятельность. Интегрированные структуры разделяют на два основных вида: вертикально и горизонтально интегрированные [3]. Вне зависимости от характера взаимодействия возникает ряд общих проблем:

- каждый участник стремится получить наибольшую прибыль;
- согласование интересов необходимо осуществлять на разных уровнях;
- взаимодействие осуществляется в условиях ограниченности информации.

При моделировании взаимодействий в интегрированных структурах во многих современных исследованиях не учитывается многофакторный характер взаимоотношений. На взгляд автора, отсутствие учета многокритериальности в теории приводит к ошибочным выводам, а на практике к потере прибыли. Поэтому для повышения эффективности деятельности необходимо отдельно рассматривать каждый вид и форму взаимодействия с целью установления исчерпывающего количества критериев. В общем случае, при взаимодействии элементов в рамках одного технологического процесса, а также при движении продукции по каналам распределения необходимо учитывать следующие основные критерии:

1. Снижение затрат на товародвижение.
2. Сокращение затрат времени на доставку продукции.
3. Учет загрузки складского хозяйства и транспорта.

В статье предложена многокритериальная модель, которая учитывает вышеперечисленные критерии. На рынке для торговой компании (либо сборочного производства) существует несколько возможных поставщиков, которые могут поставить ресурс (товар, продукцию, комплектующие) нескольких ассортиментных групп $A = \{1, \dots, a, \dots, m\}$, где a – порядковый номер продукции номенклатурной группы. $N = \{1, \dots, i, j, \dots, n\}$ – количество элементов (цеха, производства, агенты, склады и др.), которые могут участвовать во взаимодействии. Каждая производственная компания $i \in N$ может производить ресурс в объеме $0 \leq w_i \leq W_i$ и продавать товар другой компании $j \in N, j \neq i$ в объеме $0 \leq v_{ij} \leq V_{ij}$. Компания располагает ретроспективной информацией о значениях спроса на рынке за предыдущие периоды v_t . На основе информации об объеме рынка, торговая компания определяет

¹ Николай Юрьевич Просвиркин, ассистент, кандидат экономических наук (nik-prosvirkin@yandex.ru)

необходимый объем поставок v_s , который в дальнейшем подлежит реализации. Введем следующие обозначения:

v_t – объем реализации продукции за соответствующий период (строится на основе ретроспективной информации о продажах), шт.;

v_t^{pr} – прогнозный объем спроса, шт.;

v_s – требуемый объем поставок, шт.

Требуемый объем поставок определяется на основе прогнозных значений спроса:

$$(1) v_s = f(v_t; v_t^{pr}).$$

Продукция от производителя поставляется несколькими партиями через определенные периоды. Заказ на доставку очередной партии товара подается при минимальном остатке запаса у торговой структуры. Введем следующие обозначения:

Q_a – количество единиц товара ассортиментной группы a , которые заказывает торговая структура для одной поставки (размер партии заказа), шт.;

P_{ai} – цена приобретения одной единицы продукции у i -ого производителя, руб.

Функция спроса имеет следующий вид:

$$(2) v_t^{pr} = f(P_{ai}, b_0, b),$$

где: b_0 – товарооборот в начальном периоде ($b = 0$), шт.;

b – ежегодный прирост, шт.

Торговые и производственные компании работают T^r дней в году.

T^r – количество рабочих дней в году, дн.

При перемещении товаров возникают издержки:

$c^{d,i,j}$ – затраты на доставку одной партии продукции от i -го элемента к j -му, руб.;

$c^{h,i,j}$ – издержки хранения одной партии продукции, руб.;

$C_{об}$ – общие затраты на управление запасами, руб.

Функция объема поставок имеет следующий вид:

$$(3) Q_a = f(c^{d,i,j}, c^{h,i,j}, v_s).$$

Требуется построить схему взаимодействия X производственных и торговых элементов для оптимального перемещения товаров от производителей к потребителю, если известен согласованный объем поставок v_s , цена приобретения одной единицы продукции у производителя P_{ai} , количество единиц товара, которые заказывает торговая структура для одной поставки Q_a , количество рабочих дней в году T^r . Взаимодействие элементов [1,2] представляется в виде ориентированного графа [5], состоящего из N элементов, см. рис.1.

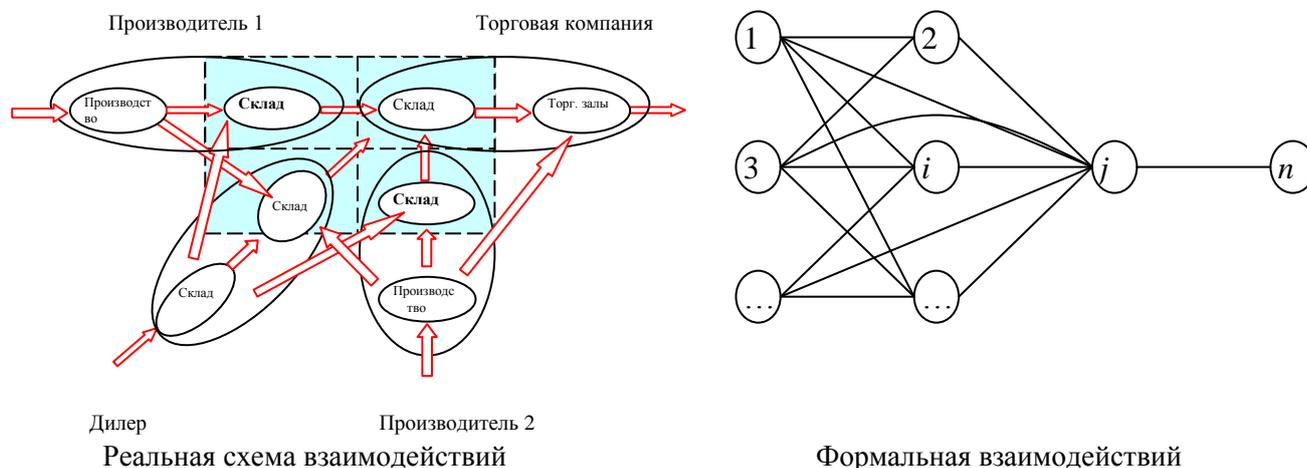


Рис. 1. Графическое представление взаимодействий элементов

Можно рассматривать несколько возможных схем взаимодействий. При выборе схемы необходимо рассчитывать выигрыш, который возникнет при оптимальной схеме, и сравнивать его с выигрышем, который получается при неоптимальной.

Постоянные модели представлены в виде матриц затрат:

$$(4) C = \{c_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\},$$

нормативов времени доставки продукции от производителей к потребителю из расчета на одну партию продукции:

$$(5) T = \{t_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\},$$

и коэффициентов загрузки:

$$(6) K = \{k_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\}.$$

Затраты включают в себя транспортно – заготовительные издержки:

$$(7) C = \{c_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}; i \neq j\},$$

а также издержки по хранению:

$$(8) C = \{c_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}; i = j\}.$$

Затраты рассчитываются на основании смет расходов и в свою очередь состоят из ряда издержек. Смета транспортно-заготовительных расходов (в расчете на один заказ) включает в себя следующие виды затрат:

а) g_1 – затраты, связанные с оформлением договора поставки, т.е. расходы на возможные командировки, представительские расходы на проведение переговоров, расходы, связанные с необходимостью осуществления контроля за процессом поставок, и т. п.;

б) g_2 – затраты на охрану груза в процессе перевозки;

в) g_3 – затраты на страхование;

г) g_4 – затраты на транспортирование;

д) g_5 – прочие расходы, связанные с исполнением заказа.

Следует иметь в виду, что затраты g_2 , g_3 , и g_4 включаются в состав транспортно-заготовительных расходов только в той степени, в какой это предусмотрено условиями франкировки груза (Франко-пункт на пути движения товара от поставщика к потребителю, стоимость продвижения до которого входит в стоимость товара).

Суммарные транспортно-заготовительные расходы определяются по формуле:

$$(9) c^h_{i,j} = \frac{\sum_{b=1}^l g_b}{l},$$

где l – количество заказов, размещенных и выполненных за определенный период;

b – порядковый номер издержек.

Издержки по хранению за период T , также включают в себя ряд статей:

а) r_1 – проценты за кредит;

б) r_2 – заработная плата персонала, связанного с содержанием запасов;

в) r_3 – административные расходы и коммунальные услуги;

г) r_4 – амортизация зданий и оборудования, используемых для хранения запасов;

д) r_5 – охрана, потери и прочие текущие расходы, связанные с содержанием запасов.

Доля, которую составляют издержки по хранению за период T , определяется по формуле:

$$(10) c^d_{i,j} = \frac{\sum_{b=1}^l r_b}{l}$$

В качестве критериев оптимизации принимаются три параметра. Критерий оптимизации издержек:

$$(11) F_1(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{i,j} \cdot x_{i,j} \longrightarrow \min .$$

Критерий оптимизации сроков поставок:

$$(12) F_2(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{i,j} \cdot x_{i,j} \longrightarrow \min .$$

Критерий оптимизации коэффициентов загрузки:

$$(13) \quad F_3(X) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{i,j} \cdot x_{i,j} \longrightarrow \max .$$

При функционировании организационно- экономической системы возникает ряд ограничений. Введем следующую систему ограничений:

$$(14) \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{i,j} \cdot x_{i,j} < v_s \cdot P_a .$$

Экономическая интерпретация ограничения состоит в том, что элементы системы начинают взаимодействовать между собой только тогда, когда в результате такого взаимодействия возникает экономическая выгода для производителя, то есть его затраты не превышают выручку.

Второе ограничение представляет собой минимально необходимое количество связей между элементами системы, которое не может быть меньше количества поставок за весь период:

$$(15) \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{i,j} > \frac{v_s}{Q_a} .$$

Третье неравенство накладывает на производителя обязательства по соблюдению сроков поставки продукции, которые задает потребитель в условиях превышения предложения над спросом:

$$(16) \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{Q_a \cdot T^r}{v_s} .$$

Ограничение по коэффициентам загрузки определяется следующим образом:

$$(17) \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{2v_s}{Q_a} + 1 .$$

Каждый элемент системы стремится приблизить $k_{i,j}$ к единице (загрузить на 100% свои мощности), причем $k_{i,j} \in [0;1]$.

Пятое ограничение показывает, что объемы поставок должны совпадать с суммарным объемом спроса. Длительность отрезка времени между поставками совпадает с суммарной длительностью ряда идущих последовательно периодов, а объем поставки должен совпадать с совокупным объемом спроса за этот отрезок:

$$(18) \quad \sum_{a=1}^m Q_a \leq \sum_{r=0}^q \frac{b_r}{r!} \cdot P_a^r .$$

Матрица переменных модели представляет собой матрицу инцидентий. Матрицей инцидентий графа называется квадратная $|N| \times |N|$ матрица, элемент x_{ij} которой равен единице в том случае, если в графе X имеется дуга ij , и нулю в противном случае. Матрица инцидентий определяет структуру взаимодействия элементов системы при перемещении одной партии продукции:

$$(19) \quad X = \{x_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\} .$$

Матрица инцидентий является отображением графа схем поставок, состоящего из множества вершин $X = \{X_i\}$. Индексы матрицы схем поставок N представляют собой количество хозяйствующих субъектов в системе. Матрица переменных модели (матрица инцидентий) принадлежит пространству N - мерных векторов $X \in R^N$ (пространству переменных модели).

Формулировка критериев эффективности и системы ограничений позволяет подойти к постановке проблемы формирования схемы взаимодействий, которая состоит в следующем: требуется построить матрицу ориентированного графа X , представляющего структуру поставок продукции, содержащую в своем составе n - вершин и связанных между собой так, чтобы выбранные критерии эффективности достигали оптимальных значений с учетом ограничений. Поиск оптимального взаимодействия производится с помощью принципов решения, которые основаны на вычислении многокритериальных задач оптимизации с неоднородными равнозначными критериями [3]. Критерии задачи не однородны, так как часть критериев оптимизации стремится к минимальному значению, а один – к максимальному. Методика оптимизации системы поставок и товародвижения предполагает выбор схемы поставок на основе графа Парето – оптимальных управлений [3,6]. Приведенные критерии оптимизации находятся в существенном экономическом противоречии, так

как с сокращением сроков поставки товара от производителя к потребителю возрастают транспортно – заготовительные издержки и затраты организации, связанные с хранением. Транспортно – заготовительные издержки элементов системы возрастают при сокращении сроков поставки, так как в этом случае необходимо использовать более мобильный транспорт для доставки груза g_4 , существенно возрастают сопутствующие расходы g_1, g_2, g_3 . Затраты на хранение груза также возрастают, что связано, прежде всего, с необходимостью поддержания большого количества продукции на складах r_1, r_2, r_3 . Кроме того, каждый элемент системы заинтересован в повышении коэффициентов загрузки. Однако при увеличении коэффициентов загрузки возрастает время доставки продукции до потребителя.

Сложность проблем противоречивости критериев обусловила появление ряда математических моделей, которые могут адекватно отобразить решаемую проблему и ее многоцелевой характер [4,7]. Существует ряд методов решения многокритериальных задач, описанных в [3,8,9]. К основным из них относятся: метод уступок, метод идеальной точки, метод свертывания, метод ограничений, метод анализа иерархий. Указанные методы носят общий характер и необходимо выбрать и адаптировать для решения поставленной задачи конкретный метод. При решении сформулированной задачи, на взгляд автора, целесообразно применять модели многокритериальной оптимизации. В таком случае возникает вопрос о выборе комплексного критерия оптимальности, включающего в себя все три критерия. Сформулируем задачу векторной оптимизации взаимодействия в общем виде.

$$(20) \quad optf(X) = \left\{ \begin{array}{l} \max f_1(X) = \{F_3(X), k = 1, K^+\} \\ \min f_2(X) = \{F_1(X), F_2(X), k = 1, K^-\} \end{array} \right\},$$

при следующих ограничениях:

$$(20) \quad \left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{i,j} \cdot x_{i,j} < v_s \cdot P_a \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_{i,j} > \frac{v_s}{Q_a} \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N t_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{Q_a \cdot T^r}{v_s}, \\ \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N k_{i,j} \cdot x_{i,j} < \frac{2v_s}{Q_a} + 1 \\ \sum_{a=1}^m Q_a \leq \sum_{r=0}^q \frac{r_j}{r!} \cdot P_a^r \end{array} \right.$$

где $X = \{x_{i,j}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N}\}$ - матрица переменных;

$f_1(X)$ - векторный критерий, компонент которого направлен на максимизацию;

$f_2(X)$ - векторный критерий, каждый компонент которого направлен на минимизацию;

$K^+ \cup K^- = K$ - множество индексов компонентов критериев максимизации и минимизации.

Анализ предложенной модели позволяет сделать несколько выводов. Во-первых, модель имеет сетевой характер взаимодействия элементов и приводит к классу многокритериальных задач векторной оптимизации. Во-вторых, при формировании оптимального взаимодействия целесообразно использовать методы, основанные на выборе компромиссного решения. В-третьих, формирование системы происходит в условиях ограниченности сроков поставок, объемов поставок при одновременном выполнении требований к минимальному экономическому эффекту, минимально необходимому количеству связей между элементами и максимальной загрузке оборудования, складского хозяйства и транспорта. И наконец, решением компромиссной задачи поиска оптимального взаимодействия является поиск такого количества связей между элементами системы и их взаимного расположения, при котором система является наименее затратной по издержкам и времени поставок и наиболее загруженной по использованию оборудования, складского хозяйства и транспорта.

Литература

1. БУРКОВ, В.Н. *Теория графов в управлении организационными системами* / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, Д.А. Новиков. – М.: Синтег, 2001. – 52 с.
2. ГЕРАСЬКИН, М.И. *Согласование экономических интересов в корпоративных структурах* / М.И. Гераськин. – М.: ИПУ РАН. Анко, 2005. – 293 с.
3. ГЕРАСЬКИН, М.И. *Алгоритм решения многокритериальных задач управления* / М.И. Гераськин, Ю.Н. Лазарев // Известия СНЦ Российской академии наук. - 2001. Т.3.- №1.- С.80–85.
4. ГОРОДНОВ, В.П. *Математическое моделирование, оценка эффективности и синтез организационных структур предприятий* / В. П. Городнов., О. В. Фык. – Х.: НУА, 2005. – 192 с.
5. ЗЫКОВА, А.А. *Основы теории графов* / А.А. Зыкова. – М.: Наука, 1987. – 344 с.
6. НОГИН, В.Д. *Парето- оптимальные решения многокритериальных задач* / В.Д. Ногин, В.В. Поджовский. – М.: Наука, 1982.
7. НОВИКОВ, Д.А. *Сетевые структуры и организационные системы.* / Д.А. Новиков. – М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.
8. ПРОСВИРКИН, Н. Ю. *Алгоритм согласования взаимных интересов производственных и торговых структур как элементов организационно- экономической системы “производитель- потребитель”* / Н. Ю. Просvirkin // Корпоративное управление в России: состояние, проблемы, развитие: Сб. науч. тр., вып. 4. – Самара: МАКУ, ПДЗ, СГАУ, 2007. - С. 43–48.
9. ШИКИН, Е. В. *Исследование операций* : учеб. пособие / Е. В. Шикин, Г. Е. Шикина. – М.: Проспект, 2006. –280 с.

MATHEMATICAL ECONOMIC MULTI-OBJECTIVE MODEL OF INTERACTION IN INTAGRATED SYSTEMS

Nikolay Prosvirkin, Samara State Aerospace University, Samara, Candidate of Economic Science, assistant (nik-prosvirkin@yandex.ru)

Abstract: A list of interconnected criteria for interaction of intagrated companies is developed. It allows to evaluate quantitevly costs of physical distribution, delivery period and utilized capacity.

A multi-objective optimization model of interactions for intagrated companies is developed. It is suggested in the model that there is unlimited amount of producers and supplies. Also production demand is taken into accont as well as amount of suppliers' delivery.

Keywords: a multi-objective model, vector optimization, management of elements interaction.