**ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг
(проблемы повышения эффективности).
Вып. 5. Ч. 2. Гомель, 2012**

УДК 656.225

А. В. БАГИМОВ
Московский государственный университета путей сообщения,

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПРИ ЭКСПОРТНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ УГЛЯ В НАПРАВЛЕНИИ МОРСКИХ ПОРТОВ

Описана методика моделирования взаимодействия транспортных и информационных потоков на базе математического анализа.

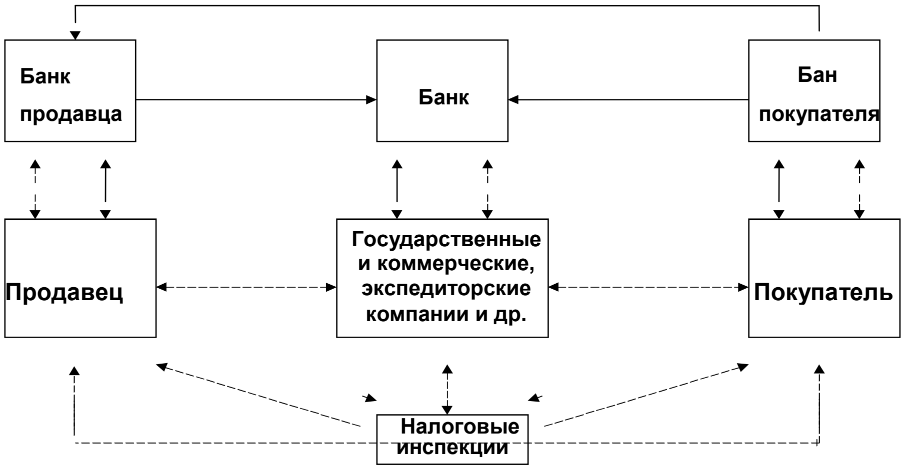
Управление перевозочным процессом может быть эффективным только при наличии полной информации о состоянии элементов (объектов управления), а также взаимодействующих с ними и друг с другом транспортных, грузовых, информационных и финансовых потоков при соответствующей нормативно-правовой базе.

Помимо комплексного, системного, или как сейчас принято называть – логистического подхода к управлению транспортными, грузовыми, информационными и финансовыми потоками должен быть учтен каждый параметр, характеризующий перемещение транспортных (вагонов, локомотивов, морских и речных судов) и грузовых единиц.

Подробный анализ взаимозависимости материальных, транспортных, грузовых, информационных и финансовых потоков, правовой базы их взаимодействия основывается на формализации структур элементов и потоков различных типов и может быть описан с использованием идей алгебраической (комбинаторной) топологии, по аналогии с моделями формирования и развития структур железнодорожных станций и узлов, описанных Жардемовым Б. Б.

Следуя методике, приведенной Атья М. в работе «Геометрия и физика узлов” [1], нами проведен топологический анализ взаимосвязи между информационными и финансовыми потоками, т.е. отношения $\lambda_y^x \in F \times Y$, схема взаимодействия между которыми, приведена на рисунке 1.

Соотношение $\lambda = \lambda_y^x$ можно представить матрицей инцидентности $A = (a_{ij})$, где $a_{ij} \in \{1, 2, \ldots, k\}$, если $(f_i, y_j) \in \lambda$, $a_{ij} = 0$, если $(f_i, y_j) \notin \lambda$, $(f_i \in F,\ y_j \in Y)$, k – число категорий, на которые делится информационный поток.



Условные обозначения: - - - - информационные потоки
——— финансовые потоки

Рисунок 1 – Схема взаимодействия финансовых и информационных потоков

Ранжирование разновидностей информационных связей по категориям носит лишь субъективный и рекомендательный характер, поэтому, он не учитывается.

Таким образом, матрица инцидентности *A* будет представлять собой (0,1)-матрицу, изучение которой может производиться комбинаторными методами.

Согласно методике, приведенной Ю. Г. Борисовичем в работе “Введение в топологию” [2], с топологической точки зрения отношение λ представляет собой симплициальный комплекс, обозначаемый через K_Y.

При этом под каждым симплексом понимается взаимодействие между транспортными и информационными потоками (рисунок 2).

Абстрактный симплициальный комплекс *K* определяется как пара $K=(V,S)$, состоящая из множества вершин *V* и множества симплексов *S*, т.е. непустых конечных подмножеств множества *V*, при выполнении условий:

а) любое множество из одной вершины является симплексом;

б) любое непустое подмножество симплексов является симплексом.

Симплекс, содержащий $q+1$ вершину, называется q-мерным симплексом. Гранью симплекса $s \in S$ называется всякий симплекс s' такой что $s' \subseteq s$; причем s' – собственная грань, если $s' \neq s$.

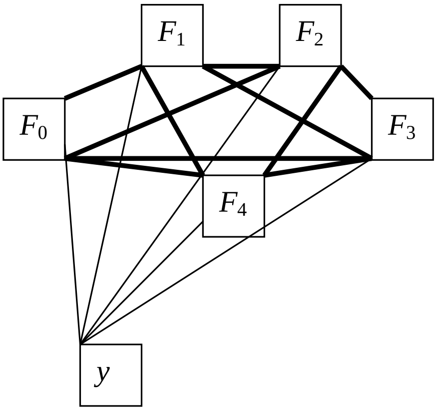


Рисунок 2 – Четырехмерный симплекс с вершинами f_i (i=0,…,4)

Размерностью симплициального комплекса называется число $\dim K=n$, если K содержит хотя бы один n-мерный симплекс, но не содержит $(n+1)$-мерных симплексов.

Простейшим примером симплициального комплекса служит $K_1 = (Z,S)$, где Z-множество целых чисел, $S = \{ \langle n \rangle \mid r\in Z \} \cup \{\{n, n+1\} \mid n\in Z \}$. Размерность симплициального комплекса K_1 равна 1. Рассмотрим также симплициальный комплекс $K_{1,m} = (Z_m,S)$, где $Z_m =\{1, 2, \ldots, m\}$, а S определяется аналогично (рисунок 3).

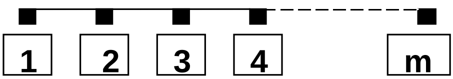


Рисунок 3 – Геометрическая реализация комплекса $K_{1,m}$.

Будем называть симплициальный комплекс K абсолютно упорядоченным, если выполнены следующие условия:

а) множество вершин комплекса K линейно упорядочено;

б) все вершины любого симплекса образуют отрезок относительно данного линейного упорядочения;

в) любые два симплекса s_1 и s_2, не вложенные один в другой, но имеющие общую грань $s = s_1 \cap s_2$, связанных упорядочением своих вершин формулой:

$$v_1 < v < v_2, \ (v_1 \in s_1 \setminus s, \ \ v \in s, \ \ v_2 \in s_2 \setminus s).$$

Множество симплексов $\{s_1, \ldots, s_r\}$ симплициального комплекса K будем называть базисным, если любой симплекс s комплекса K является гранью хотя бы одного из s_i (i=1, ..., r).

Вернемся к обозначению симплициального комплекса K в виде $K_Y(F; \lambda)$, и будем предполагать, что:

а) множество Y индексирует базисное множество симплексов комплекса K;

б) отношение $\lambda \in F \times Y$ является соответствующим бинарным отношением между множеством вершин F комплекса K и множеством Y, отождествляемым с базисным множеством симплексов;

в) комплекс K абсолютно упорядочен.

Сопряженным комплексом называется комплекс $K_F(Y; \lambda^{1})$, в котором Y является множеством вершин, а F – базисным множеством симплексов.

Q-анализ комплекса $KY(F; \lambda)$ и сопряженного к нему проводился в работах Борисовича Ю. Г. “Введение в топологию”, Жардемова Б. Б. “Формирование и развитие структур железнодорожных станций и узлов (методы исследования и оценки)”, Тараканова В. Е. “Комбинаторные задачи и (0,1)-матрицы, где изучались понятия q-связанности, меры сложности и эксцентриситета.

Матрицы инцидентности A и At комплекса $KY(F;\lambda)$ и сопряженного к нему обладают свойствами:

а) в любой строке (в любом столбце) существует единственный блок, состоящий из единиц;

б) в каждой последующей строке блок единиц не может начинаться и кончаться левее соответственно начала и конца блока в предыдущей строке.

Под блоком, состоящим из единиц, понимается наибольшая последовательность из единиц в данной строке (в данном столбце).

Будем называть матрицу A, удовлетворяющую этим условиям**,** p-матрицей**.** Очевидно, что если A является p-матрицей, то и транспонированная к ней матрица A^t – также является p-матрицей. В частности, матрица инцидентности, соответствующая комплексу $K_{1,\,m}$, будет иметь следующий вид, представленный на рисунке 4.

1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	1	1

Рисунок 4 – Матрица инцидентности

Пусть $s_1, \ldots, s_r$ – базисные симплексы комплекса K, причем вершины двух соседних симплексов s_i, s_{i+1} удовлетворяют приведенной выше формуле. Тогда последовательность чисел $d_1, \ldots, d_r$, где $d_i = \dim s_i$, назовем d-последовательностью.

Зачастую известны лишь размерности симплексов, а не вся структура комплекса. Поэтому весьма важна задача восстановления комплекса K по размерностям базисных симплексов комплекса K и сопряженного к нему. Более точно задача восстановления формулируется следующим образом.

Пусть заданы две последовательности чисел $d_1, \ldots, d_n$ и $d'_1, \ldots, d'_m$. Требуется построить комплекс $K_Y(F;\ \lambda)$ такой, что эти последовательности являются d-последовательностями для комплекса $K_Y(F;\ \lambda)$ и сопряженного к нему комплекса $K_F(Y;\ \lambda^1)$.

Проведем анализ задачи восстановления в терминах p-матрицы A (матрицы инцидентности). Введем ряд определений.

Обозначим символом Q множество конечных последовательностей целых чисел, в которых не учитываются крайние нули, т.е. элемент этого множества $q \in Q$ имеет вид $q = (q_1, q_2, \ldots, q_k)$, где $k \geq 0$ – длина последовательности q. Будем называть последовательность q неотрицательной, если $q_i \geq 0$ для всех i, и смешанной, если $q_i < 0$ хотя бы для одного i. Рассмотрим всевозможные пары последовательностей $(a,b) \in Q \times Q$, удовлетворяющие условию $a_1 + a_2 + \ldots + a_n = b_1 + b_2 + \ldots + b_m$. Пара (a,b) называется двойной композицией числа $N = a_1 + \ldots + a_n = b_1 + \ldots + b_m$. Производной парой от неотрицательной пары (a,b) назовем пару вида:

$$(a, \cdots b)' = \left((a_2 - 1, \ldots, a_{b_1} - 1, a_{b_1+1}, \ldots, a_n), (b_2 - 1, \ldots, b_{a_1} - 1, b_{a_1+1}, \ldots, b_m)\right), \text{ т.е.}$$

$$a_i' = \begin{cases} a_{i+1} - 1, & i \leq b_1 - 1; \\ a_{i+1}, & i > b_1 - 1; \end{cases} \qquad b_j' = \begin{cases} b_{j+1} - 1, & j \leq a_1 - 1; \\ b_{j+1}, & j > a_1 - 1. \end{cases}$$

Если производная $b_1 > n$ либо $a_1 > m$, то в качестве недостающих элементов приписываем справа к последовательности a либо b соответственно нули.

Производная от двойной композиции также является двойной композицией (по построению).

Последовательность производных пар образует производный ряд:

$$(a, b), (a, b)', (a, b)'', \ldots, (a, b)^{(r)} = \left(a^{(r)}, b^{(r)}\right),$$

где $(a, b)^{(k)} = \left((a, \cdots b)^{(k-1)}\right)'$, при этом a,b неотрицательны. Ряд обрывается на r-м члене, если последовательность $a^{(r)}$ или $b^{(r)}$ является смешанной или пустой. Очевидно, что $r \leq \min(n,m)$. Назовем ряд правильным, если последняя пара состоит из пустых последовательностей. Двойная композиция (a, b) называется разрешимой, если ее ряд правильный, и согласованной, если для нее существует p-матрица $A = (a_{ij})$ размера $n \times m$, где в i-й строке длина блока из единиц равна a_i, а в j-м столбце длина блока из единиц равна b_j для любых $i \in [1,n]$, $j \in [1,m]$.

Решение задачи восстановления может быть получено благодаря следующему утверждению: двойная композиция согласованна тогда и только тогда, когда она является разрешимой.

Таким образом, можно сделать вывод, о том, что топологическое моделирование взаимодействия транспортных и информационных потоков позволяет выбрать при помощи эксцентриситетов наиболее значимые симплексы, т.е. точки (наиболее важные станции) взаимодействия транспортных и информационных потоков, при управлении экспортными перевозками угля через морские порты.

Данный алгоритм можно также применять при выборе форм расчетов за услуги, оказываемые при выполнении договоров купли-продажи при определенном информационном взаимодействии между задействованными субъектами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Атья, М.** Геометрия и физика узлов / М. Атья. – М. : Мир, 1995. – 197 с.

2 Введение в топологию / Ю. Г. Борисович [и др.]. – М. : Наука, 1995. – 416 с.

3 **Жардемов, Б. Б.** Формирование и развитие структур железнодорожных станций и узлов (методы исследования и оценки) / Б. Б. Жардемов. – М. : МИИТ, 1999. – 150 с.

4 **Котляренко, А. Ф.** Логистизация информационных технологий на транспортных стыках (в морских портах и погранпереходах) / А. Ф. Котляренко, П. В. Куренков // Транспорт. Экспедирование и логистика. – 2002. – № 3. – С.11–22.

5 **Котляренко, А. Ф.** Моделирование взаимодействия различных типов элементов, потоков и правовой базы в СДВТГ / А. Ф. Котляренко, П. В. Куренков // Бизнес и логистика – 2000: Сб. материалов II Московского Международного логистического форума (ММЛФ-2000), Москва, 1–4 февраля 2000 г. / под общ. ред. Л. Б. Миротина, Ы. Э. Ташбаева, Н. С. Журавлевой. – М. : Брандес, 2000. – С. 252–257.

6 Повышение качества транспортного обслуживания народного хозяйства / А. В. Комаров [и др.]; под ред. А. В. Комарова и В. С. Кравченко. – М. : Транспорт, 1988. – 205 с.

7 **Пуанкаре, А.** Избранные труды / А. Пуанкаре. В 3 т. Т.III. – М. : Наука, 1974. – 772 с.

8 **Тараканов, В. Е.** Комбинаторные задачи и (0,1)-матрицы / В. Е. Тараканов. – М. : Наука,1985. – 192 с.

9 **Хилтон, П.**. Теория гомологий / П. Хилтон, С. Уайли. – М. : Мир, 1966. – 452 с.

10 **Эткин, Р. Х.** Городская структура / Р. Х. Эткин // Математическое моделирование. – 1989. – С. 235–247.

A. BAGIMOV
Moscow State University of Railway Engineering

SIMULATION OF THE INTERACTION OF TRANSPORT AND INFORMATION FLOWS IN EXPORT COAL SHIPMENTS TOWARDS SEA PORT

A technique for modeling the interaction of transport and informa-tion flows on the basis of mathematical analysis.

Получено 12.10.2012

ISSN 2225-6741. Рынок транспортных услуг (проблемы повышения эффективности). Вып. 5. Ч. 2. Гомель, 2012

УДК 656.225.073.4

А. В. БАГИМОВ
Г.И. БУХАЛО, канд. техн. наук, доцент
Московский государственный университет путей сообщения

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СУБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОГО РЫНКА ПРИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ УГЛЯ НА ЭКСПОРТ ЧЕРЕЗ МОРСКИЕ ПОРТЫ

Описаны подходы к математическому моделированию взаимодействия субъектов транспортного рынка

В настоящее время экспорт угля является важной транспортно-экономической проблемой, о чем свидетельствует наличие многочисленных ежедневных справок, подаваемых в секретариат Департамента управления перевозками ОАО «РЖД», а именно:

– о погрузке угля на экспорт через порт Восточный;

– работе порта Восточный по выгрузке вагонов с углем;

– работе портов Северо-Кавказской железной дороги с экспортными углями;