

УДК 621.3:681.5

Н. В. ЕРЕМЕНКО*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков***СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СБЫТА ПРОДУКЦИИ**

Ставится и решается задача структурного анализа распределенной логистической системы сбыта (РЛСС) при движении продукции потребителям с использованием методов теории перечисления. Задача решается в три этапа. На первом этапе осуществляется построение многоуровневой структуры РЛСС и описание ее с помощью групп подстановок вершин графа. На втором этапе оцениваются возможные уровни интенсивности логистических потоков и составляются возможные «состояния» элементов каждого уровня многоуровневой структуры РЛСС. На третьем этапе с использованием одной из четырех моделей перечисления осуществляется расчет количества вариантов (классов эквивалентности) возможных структур РЛСС.

Ключевые слова: дистрибуция, сбытовая логистика, оптимизация структуры сети, теория перечисления, распределенный центр дистрибуции, комбинаторно-групповой анализ.

Введение

В последнее время большое внимание уделяется логистическим процессам сбыта, которые рассматривают процесс движения материальных потоков через производство и сбыт до точки, в которой требуется конечный продукт. При этом актуальной является задача эффективного управления распределенной логистической системой сбыта с целью доставки продукта от производителя к потребителю в нужное время, в требуемом качестве и по доступной цене в условиях распределенности производств и мест хранения продукции [1-3].

Постановка задачи исследования

Основной целью предлагаемой публикации является структуризация распределенной логистической системы сбыта (РЛСС), включающей в себя производителя, множество распределительных центров дистрибуции (РЦД), а также конечных потребителей. Последовательность движения товаров от производителя к конечным потребителям через сеть РЦД определяется доступными транспортными магистралями [4, 5]. При этом возможны два варианта конфигурирования общей структуры РЛСС:

1) каждый РЦД связан с каждым конечным потребителем (такое возможно в условиях развитой транспортной сети). Такую систему можно считать идеальной, так как в ней практически отсутствует дефицит продукции на складах для отгрузки потребителям;

2) образуемая структура (РЦД – конечный потребитель) представляет собой систему с реальными транспортными связями. Оптимизация модели

управления такой системой требует учета целого ряда параметров, которые влияют на эффективность ее функционирования. В качестве таких критериев могут рассматриваться стоимость, время доставки, качество обслуживания и т.п., которые могут быть представлены в виде комплексного показателя.

В работе анализ структуры сложной РЛСС осуществляется с применением методов комбинаторики и теории перечисления.

Решение задачи структуризации предлагается осуществить в три этапа:

1) сформировать многоуровневую сетевую структуру РЛСС и представить ее в виде графа;

2) сформировать состояния РЛСС в зависимости от интенсивностей материальных потоков;

3) выполнить расчет для оценки количества возможных вариантов построения графа РЛСС с применением теории перечисления Пойа, Де Брейна [6]. Модель расчета основана на перечислении вариантов отображений множества D (условно «слева») в множество R (условно «справа»). При этом условием применимости той или иной модели является анализ мощностей множеств слева $|D|$ (равное количеству элементов каждого уровня многоуровневой структуры РЛСС) и справа $|R|$ (равное количеству «состояний», в котором могут пребывать элементы каждого уровня многоуровневой РЛСС в зависимости от выбранных критериев оптимизации):

– первая и четвертая модели перечисления – соотношение мощностей множеств слева и справа может быть произвольным;

– вторая модель: $|D| < |R|$;

– третья модель: $|D| = |R|$.

Решение задачи исследования

Этап 1. Общую структуру сложной РЛСС (рис. 1) представим в виде трехуровневой древовидной структуры, в которой верхний уровень представляет собой производителя, второй – РЦД, нижний уровень – конечные потребители (П).

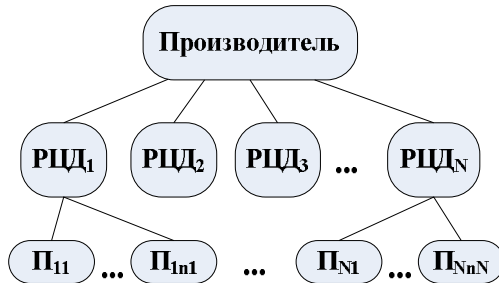


Рис. 1. Структура РЛСС

Для представленной на рис. 1 структуры может быть получена алгебраическая запись группы графа для проведения комбинаторно-группового анализа с применением моделей теории перечисления [6-8]:

$$H_{\Gamma} = E_1(1) + \sum_{i=1}^N S_1(i) + \sum_{i=1}^N S_{n_i}(1...n_i),$$

где $E_1(1)$ – тождественная группа для описания верхнего уровня структуры (производителя);

$S_1(i)$ – симметрическая группа порядка один для описания i -го РЦД (второго уровня структуры);

$S_{n_i}(1...n_i)$ – симметрическая группа порядка n_i для описания конечных потребителей продукции (нижнего уровня), общее число которых для i -го РЦД равно n_i .

Цикловые индексы указанных групп определим следующим образом:

$$Z(E_1(1)) = x_1(1);$$

$$Z(S_1(i)) = x_1(i);$$

$$Z(S_{n_i}(1...n_i)) = \left(\frac{1}{n_i!}\right) \sum_j h(j) \prod_{k=1}^{n_i} s_k^j,$$

где $h(j) = \frac{n_i!}{\prod_K K^{j_k} \cdot j_k!}$ – число подстановок в группе

$S_{n_i}(1...n_i)$, разложение которых на непересекающиеся циклы определяются разбиением вектора $j = (j_1, j_2, \dots, j_{n_i})$, где j_k – число частей разбиений,

равных k ($k = \overline{1, n_i}$) и $n_i = \sum_{k=1}^{n_i} k \cdot j_k$.

Тогда для получения группы графа (РЛСС) необходимо перемножить цикловые индексы групп подстановок, входящих в общую структуру:

$$Z(H_{\Gamma}) = Z(E_1(1)) \cdot \prod_{i=1}^N Z(S_1(i)) \cdot \prod_{i=1}^N Z(S_{n_i}(1...n_i)).$$

Этап 2. Оптимизация модели управления РЛСС направлена на эффективное управление запасами в РЦД и основана на анализе интенсивностей поступления и интенсивности отгрузки товаров.

Тогда каждому уровню многоуровневой структуры поставим в соответствие соответствующие интенсивности:

1 уровень (уровень производителя) – интенсивность α (объем производства) выпуска конечного продукта;

2 уровень (уровень РЦД) – интенсивность поступления продукции на i -й РЦД λ_i , $\sum_{i=1}^N \lambda_i = \alpha$ и интенсивность отгрузки продукции конечному потре-

бителю μ , $\mu_i = \sum_{j=1}^{n_i} \mu_{ij}$, где j – порядковый номер конечного потребителя, обслуживаемого i -ым РЦД, а n_i – общее их количество для i -го РЦД;

3 уровень (уровень конечных потребителей) – «интенсивность» спроса.

Определим для каждого уровня многоуровневой структуры РЛСС «состояния», в которых могут пребывать элементы каждого уровня в зависимости от выделенных критериев оптимизации.

Для первого уровня такими состояниями будут:

$$R_1 = \{\square, \blacksquare, \equiv\}, |R_1| = 3,$$

где \square – экстенсивное расширение производства (дополнительные инвестиции в производство товаров и услуг без изменения существующего способа производства продукции), характеризуется увеличением объемов производства (α , следовательно, и увеличением α) и цен на продукцию;

\blacksquare – интенсивное расширение производства (предполагает введение нововведений, направленных на экономию затрат на производство либо на увеличение объемов производимой продукции), характеризуется увеличением объемов производства (и, следовательно, увеличением α) и снижением цен на продукцию;

\equiv – производство продукции без изменений (объемы производства и цены на произведенную продукцию стабильны).

Для каждого РЦД по каждому виду продукции в зависимости от соотношений интенсивностей поступления и отгрузки продукции возможны следующие три «состояния»:

$$R_2 = \{\bigcirc, \bullet, \ominus\}, |R_2| = 3,$$

где \bigcirc – означает, что $\lambda_i > \mu_i$ (интенсивность поступления продукции на склад больше интенсивно-

сти ее потребления), в этом случае дефицит товаров отсутствует;

● – означает, что $\lambda_i = \mu_i$ (интенсивности поступления и потребления продукции равны), в этом случае дефицит товаров возможен (в случае возникновения непредвиденных ситуаций: резкое увеличение спроса, задержки поставок товаров на склад и т.п.);

⊖ – означает, что $\lambda_i < \mu_i$ (на склад поступает продукции меньше, чем отгружается), в этом случае возникает дефицит товаров.

Для третьего уровня (уровень потребителей) введем следующие возможные «состояния»:

$$R_3 = \{\Delta, \blacktriangle, \triangleleft\}, |R_3| = 3,$$

где Δ – означает устойчивый спрос потребителей (заранее обдуманый спрос, предъявляемый на определенный товар и не допускающий его замены каким-либо другим, даже однородным товаром);

\blacktriangle – означает альтернативный (неустойчивый) спрос (допускает взаимозаменяемость товаров в пределах одной товарной группы или подгруппы);

\triangleleft – означает импульсный (спонтанный) спрос (предъявляемый потребителем без предварительного обдумывания; чаще всего это спрос на малоизвестные или новые товары).

Этап 3. Для получения количества классов эквивалентности $K_{КЭ}$ многоуровневой структуры будем использовать первую модель перечисления Пойа, для которой достаточно известных мощностей групп справа без указания циклового индекса структуры, в которой осуществляется отображение:

$$K_{КЭ} = 3^{N+1} \cdot \prod_{i=1}^N \left(\frac{1}{n_i!} \sum_{(j)} h(j) \prod_{k=1}^{n_i} 3^j \right),$$

так как $|R_1| = |R_2| = |R_3| = 3$.

Например, пусть многоуровневая структура РЛСС состоит из производителя, трех РЦД и семи потребителей продукции (рис. 2).

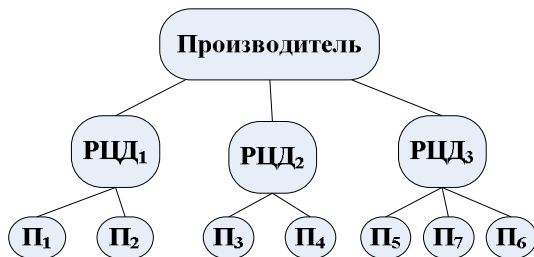


Рис. 2. Трехуровневая структура РЛСС

Тогда группа графа:

$$H_{\Gamma} = E_1(\text{Производитель}) + S_1(\text{РЦД}_1) + S_1(\text{РЦД}_2) + S_1(\text{РЦД}_3) + S_2(\text{П}_1, \text{П}_2) + S_2(\text{П}_3, \text{П}_4) + S_3(\text{П}_5, \text{П}_6, \text{П}_7).$$

Цикловой индекс древовидной структуры на рис. 2 будет равен:

$$Z(H_{\Gamma}) = x_1(\text{Производитель}) \cdot x_1(\text{РЦД}_1) \cdot x_1(\text{РЦД}_2) \times x_1(\text{РЦД}_3) \cdot \frac{1}{2!} (x_1^2(\text{П}_1, \text{П}_2) + x_2(\text{П}_1, \text{П}_2)) \times \frac{1}{2!} (x_1^2(\text{П}_3, \text{П}_4) + x_2(\text{П}_3, \text{П}_4)) \times \frac{1}{3!} (x_1^3(\text{П}_5, \text{П}_6, \text{П}_7) + 3x_1x_2(\text{П}_5, \text{П}_6, \text{П}_7) + 2x_3(\text{П}_5, \text{П}_6, \text{П}_7));$$

$$Z(H_{\Gamma}) = \frac{1}{24} x_1^4 \cdot (x_1^2 + x_2)^2 \cdot (x_1^3 + 3x_1x_2 + 2x_3).$$

Так как мощности множеств справа по всем трем уровням равны, и равны трем, то для получения количества классов эквивалентности по первой модели перечисления достаточно в выражение для циклового индекса группы графа вместо переменных x_i подставить $x_i = 3$:

$$K_{КЭ} = \frac{1}{24} 3^4 \cdot (3^2 + 3)^2 \cdot (3^3 + 3 \cdot 3 \cdot 3 + 2 \cdot 3) = 29160.$$

Приведем начало каталога для графической генерации различных вариантов структур в зависимости от выделенных «состояний», входящих в ее состав элементов (рис. 3).

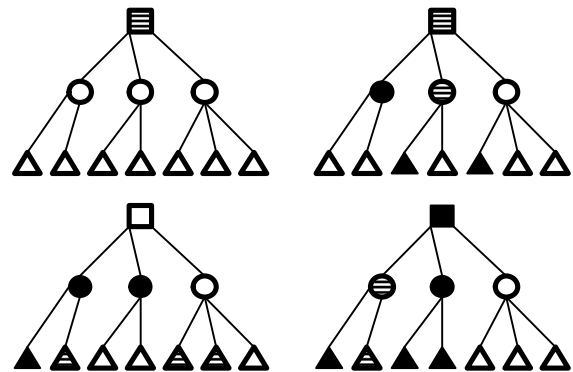


Рис. 3. Начало каталога

Полученное большое количество различных вариантов архитектуры в зависимости от введенных состояний функционирования свидетельствует о необходимости использования средств информационной поддержки (а также различных методов, например, целочисленного программирования и др.) при формировании моделей РЛСС с целью совершенствования механизмов управления.

Заключение

В статье предложен способ получения различных вариантов возможных моделей управления РЛСС с применением теории перечисления. При этом ключевым фактором при расчете количества классов эквивалентности является выделение воз-

можних «состояний» функціонування окремих елементів, входять в загальну структуру. Отримане кількість класів еквівалентності є необхідним параметром при автоматизації методів отримання оптимальних моделей управління з урахуванням виділених критеріїв ефективності функціонування. Предлаганий підхід цілеспрямовано використовувати на початкових етапах моделювання.

Литература

1. Меламедов, Б. Комплексное управление складом, дистрибуцией и торговлей [Текст] / Б. Меламедов // *Логистика*. – 2013. – №1. – С. 24-25.
2. Дыбская, В. В. Управление складированием в цепях поставок [Текст] / В. В. Дыбская. – М. : Издательство «Альфа-Пресс», 2009. – 720 с.
3. Теклин, Б. Зонирование регионального дистрибуционного центра автозапчастей [Текст] / Б. Теклин // *Логистика*. – 2012. – № 2. – С. 24-26.

4. Бродецкий, Г. Выбор способа организации работы распределительного центра торговой компании при многих критериях в условиях риска [Текст] / Г. Бродецкий, К. Игнашенок // *Логистика*. – 2013. – № 3. – С. 24-31.

5. Геопространственные производственные системы. Часть I. Анализ, моделирование, проектирование [Текст] : моногр. / В. М. Илюшко, О. Е. Федорович, О. Н. Замирец, Л. Д. Греков. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харк. авиац. ин-т», 2011. – 250 с.

6. Харари, Ф. Теория графов [Текст] / Ф. Харари. – М. : Мир, 1973. – 300 с.

7. Калаба, Р. Прикладная комбинаторная математика [Текст] / Р. Калаба, М. Холл, Г. Вейль. – М. : Мир, 1968. – 362 с.

8. Рейнгольц, Э. Комбинаторные алгоритмы, теория и практика [Текст] / Э. Рейнгольц, Б. Нивергельт, Н. Доон. – М. : Мир, 1980. – 476 с.

Поступила в редакцию 14.11.2014, рассмотрена на редколлегии 20.03.2015

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ РОЗПОДІЛЕНОЇ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗБУТУ ПРОДУКЦІЇ

Н. В. Єременко

Ставиться і вирішується завдання структурного аналізу розподіленої логістичної системи дистрибуції (РЛСС) при русі продукції споживачам з використанням методів теорії перерахування. Задача вирішується в три етапи. На першому етапі здійснюється побудова багаторівневої структури РЛСС і опис її за допомогою груп підстановок вершин графа. На другому етапі оцінюються можливі рівні інтенсивності логістичних потоків і складаються можливі «стани» елементів кожного рівня багаторівневої структури РЛСС. На третьому етапі з використанням однієї з чотирьох моделей перерахування здійснюється розрахунок кількості варіантів (класів еквівалентності) можливих структур РЛСС.

Ключові слова: дистрибуція, збутова логістика, оптимізація структури мережі, теорія перерахування, розподілений центр дистрибуції, комбінаторно-груповий аналіз.

STRUCTURAL ANALYSIS OF THE DISTRIBUTION LOGISTICS SYSTEM OF PRODUCT SALES

N. V. Eremenko

The structural analysis problems of an allocated logistics distribution system (ALDS) while moving products to consumers using the methods of the enumeration theory are formulated and solved. The problem is solved in three steps. On the first stage, the construction of multi-level structure and description of its ALDS using groups of graph vertices substitution. On the second stage the possible levels of logistics flows intensity are evaluated and possible "states" of each level of ALDS multilevel structure elements are added. On the third step, using one of the four models we calculate the amount of choices (equivalence classes) of ALDS possible structures.

Keywords: distribution, marketing logistics, network structure optimization, enumeration theory of allocated distribution center, combinatorial-group analysis.

Єременко Наталія Валентиновна – молодший науковий співробітник кафедри інформаційних управлюючих систем, Національний аерокосмічний університет ім. Н. Е. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна, e-mail: khai302@ukr.net.