
УДК 621.3:681.5

О.Е. Федорович, Н.В. Еременко

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков

ПЕРЕЧИСЛЕНИЕ МНОЖЕСТВА ВАРИАНТОВ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СЕТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ СБЫТА ПРОДУКЦИИ

Проводится исследование множества возможных вариантов создания логистической сети распределительных центров дистрибуции (РЦД). Количественный анализ и формирование множества возможных вариантов сети РЦД осуществлялось с помощью теории перечисления. Анализ вариантов проводится как для существующей сети РЦД при сбыте продукции предприятия, так и для построения новой сети РЦД на мультирегиональном и региональном уровнях. Полученные результаты позволяют обосновать и выбрать рациональный вариант использования сети РЦД для сбыта продукции конечным или промежуточным потребителям.

Ключевые слова: *дистрибуция, сбытовая логистика, региональный уровень, теория перечисления, класс эквивалентности, анализ множества альтернативных вариантов.*

Введение

В корпоративном управлении, из-за глобализации производства и рынков сбыта продукции, большое внимание уделяется формированию каналов

сбыта продукции, используя при этом существующую систему сбыта или формируя (модернизируя) новую [1]. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой ставится задача и проводится исследование множества возможных вариантов фор-

мирования и использования логистической сети распределительных центров дистрибуции (РЦД) [2 – 4]. Количественный анализ и сравнение множества возможных вариантов сети РЦД позволит обосновать и выбрать рациональный вариант использования РЦД для сбыта продукции конечным или промежуточным потребителям [5].

Постановка задачи исследования

Разобьем постановку задачи исследования на два направления:

1. Перечисление вариантов использования существующей сети РЦД для сбыта продукции предприятия.

2. Перечисление возможных вариантов для построения (модернизации) новой сети РЦД на мультирегиональном и региональном уровнях.

Для перечисления вариантов будем использовать методы комбинаторики и теории перечисления Пойа, Де Брейна [6]. Кратко остановимся на основных положениях теории перечисления, которые будут использованы в данной публикации. Для решения будем использовать два множества:

- 1) множество возможных РЦД, множество А;
- 2) множество узлов транспортной сети, в которых можно размещать РЦД – В.

Множество А отображается в множество В и при этом возникает множество отображений – С. Теория перечисления Пойа, Де Брейна позволяет получить размерность множества С и, если необходимо, автоматизировано сформировать элементы множества С. При отображении могут возникать одинаковые варианты, которые входят в один класс эквивалентности (одинаковости). Поэтому задача перечисления сводится часто к задаче поиска классов эквивалентности. Вводимую эквивалентность (одинаковость) вариантов можно описать с помощью групп подстановок, которые формируются заранее (до самого процесса перечисления) [7 – 8].

Теорема 1 (теорема Пойа). Перечень классов эквивалентности (количество вариантов множества С, которые формируются путем отображения А в В (с учетом одинаковости вариантов):

$$\sum_P W(P) = Z\left(G; \sum_{b \in B} w(b), \sum_{b \in B} [w(b)]^2, \sum_{b \in B} [w(b)]^3, \dots\right), \tag{1}$$

где P – класс эквивалентности, индуцированный группой G, действующей на множестве А;

Z(G, ...) – цикловой индекс группы G;

w(b) – «вес» элемента b ∈ В.

Если «веса» равны единице (что чаще всего используется в практических расчетах), то количество классов эквивалентности (число элементов множества С):

$$K = Z(G; |B|, |B|, |B|, \dots). \tag{2}$$

Теорема 2 (Де Брейн). Число классов эквивалентности однозначных отображений множества А в В:

$$K = \left[Z\left(G; \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots\right) Z(H, 1+z_1, 1+z_2, \dots) \right]_{z_1=z_2=\dots=0}. \tag{3}$$

Здесь H – группа подстановок множества В;

$\frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots$ – дифференциальные операторы

(частные производные), действующие на Z(H; ...) при условии $z_1 = z_2 = \dots = 0$.

Теорема 3 (Де Брейн). Если |А| = |В|, т.е. отображения взаимно однозначные, то число классов эквивалентности:

$$K = \left[Z\left(G; \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots\right) Z(H, z_1, 2z_2, \dots) \right]_{z_1=z_2=\dots=0}. \tag{4}$$

Теорема 4 (Де Брейн). Общее число классов эквивалентности (эквивалентность индуцируется группами подстановок G и H множеств А и В соответственно):

$$K = \left[Z\left(G; \frac{\partial}{\partial z_1}, \frac{\partial}{\partial z_2}, \dots\right) Z(H, e^{z_1+z_2+\dots}, e^{2(z_2+z_4+\dots)}, \dots) \right]_{z_1=z_2=\dots=0}. \tag{5}$$

Проще, для практических результатов, это можно представить в виде:

$$K = |H|^{-1} \sum_{h \in H} Z\left(G; \dots, \sum_{j/i} jc_j, \dots\right), \tag{6}$$

где {c₁, c₂, ...} –т ип элемента h ∈ H .

Решение задачи исследования

1. Перечисление вариантов для существующей сети РЦД при сбыте продукции предприятием.

В этом случае предполагается, что существует множество РЦД, которые расположены в узлах транспортной сети. Для сбыта продукции можно использовать или не использовать РЦД, расположенный в j-м транспортном узле существующей сети РЦД. Введем целочисленную булеву переменную, которая принимает значения $x_j \in \{0, 1\}$, $x_j = 0$, когда j-й РЦД не будет использован при сбыте продукции предприятием, $x_j = 1$ – будет использован, $j = \overline{1, N}$, где N – максимальное количество используемых РЦД. Так как x_j принимает два значения, то количество вариантов использования РЦД для сбыта продукции в существующей сети сбыта:

$$K = 2^N.$$

Для формирования всего множества возможных вариантов использования РЦД в существующей сети сбыта можно использовать значения двоичного счетчика.

Например, можно использовать три РЦД, каждый из которых расположен в конкретном узле транспортной сети доставки грузов. Тогда значения двоичного счетчика с тремя позициями, каждая из которых относится к j -му узлу, будут равны: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, что соответствует полному множеству вариантов. Далее, путем сравнения вариантов и оценки значений заданных показателей дистрибуций можно выбрать конкретный вариант использования РЦД в существующей сети сбыта продукции.

2. Перечисление возможных вариантов для построения (модернизации) новой сети РЦД на мультирегиональном и региональном уровнях.

2.1. Перечисление вариантов для построения сети РЦД на региональном уровне.

2.1.1. В случае одинаковости (однотипности по структуре и составу) РЦД задача перечисления сводится к использованию или не использованию l -го узла транспортной сети, в котором может быть размещен РЦД, $l = \overline{1, M}$, где M – количество узлов региональной транспортной сети.

Введем булеву переменную $x_l \in \{0, 1\}$, где $x_l = 0$, когда l -й транспортный узел не используется для размещения РЦД и $x_l = 1$ – если используется.

Тогда количество вариантов:

$$K = 2^M.$$

2.1.2. Рассмотрим случай с наличием различных типов РЦД.

Например, имеется три типа РЦД, в которых осуществляется:

- 1) хранение грузов;
- 2) консолидация грузов;
- 3) консолидация и хранение грузов.

Введем целочисленную переменную $x_j \in \{0, 1, 2, 3, \dots\}$, где $x_j = 0$ означает, что в j -й узел транспортной сети не будет помещен РЦД; $x_j = 1$ означает, что в j -й узел транспортной сети будет помещен РЦД первого типа; $x_j = 2$ означает, что в j -й узел транспортной сети будет помещен РЦД второго типа и т.д. В этом случае количество возможных вариантов размещения РЦД в узлах региональной транспортной сети будет равно:

$$K = L^M,$$

где L – число типов РЦД;

M – количество узлов региональной транспортной сети.

Пусть имеется два узла региональной транспортной сети ($M = 2$) и три возможных типа РЦД ($L = 3$), тогда:

$$K = 3^2 = 9.$$

Для формирования возможных составов РЦД региональной транспортной сети можно использовать L -ичный счетчик. Для примера это будет троичный счетчик, тогда множество вариантов: 00, 01, 02, 10, 11, 12, 20, 21, 22.

2.2. Перечисление вариантов построения (модернизации) новой сети РЦД на мультирегиональном уровне. В этом случае воспользуемся приведенными выше выражениями теории перечисления (формулы 1 – 6).

2.2.1. Рассмотрим случай формирования мультирегиональной сети сбыта с использованием однотипных (одинаковых) РЦД.

Обозначим количество РЦД, которые будут использованы, через n . Из-за однотипности РЦД возможна любая их перестановка в множестве A . Поэтому на исходном множестве A действует симметрическая группа $H_A = S_n$.

Множество РЦД отобразим в множество регионов сбыта продукции V , $|V| = v$. Так как нас интересует только количество РЦД, которые попадут в каждый из рассмотренных регионов, то на множестве регионов также действует симметрическая группа S_v . Необходимо найти все возможные варианты размещения РЦД на мультирегиональном уровне. Эта задача эквивалентна разбиению числа n на v частей ($v \leq n$ и v изменяется от 1 до n). Используя (6), получим:

$$K = |H_V|^{-1} \sum_{h \in H_V} Z \left(H_A; \dots, \sum_{j/i} j c_j, \dots \right) = \\ = \frac{1}{v!} \sum_{h \in S_v} Z \left(S_n; \dots, \sum_{j/i} j c_j, \dots \right).$$

Если зафиксируем количество регионов v , то в этом случае отображение A в V можно заменить отображением V в множество $M = \{1, 2, \dots\}$ с ограничениями $\sum_{k \in V} Y(k) = n$, где $Y(k)$ показывает,

сколько РЦД попало в g -й регион (но не меньше одного). Придадим элементам множества M веса: w^1, w^2, w^3, \dots , и будем искать классы эквивалентности с весом w^v :

$$Z(S_v; w + w^2 + w^3 + \dots, w^2 + w^4 + w^6 + \dots, \dots).$$

Коэффициент при w^v будет соответствовать количеству вариантов размещения РЦД.

2.2.2. Рассмотрим случай формирования мультирегиональной сети сбыта с использованием разнотипных (разнородных) РЦД. Имеется μ типов РЦД, $\mu = \overline{1, l}$. При этом:

$$n = \sum_{\mu=1}^l p_{\mu},$$

где p_{μ} – количество РЦД μ -го типа.

Тогда на множестве A , связанном с РЦД, действует сумма симметрических групп:

$$H_A = S_{p_1} + S_{p_2} + \dots + S_{p_l},$$

а на множестве регионов, как и для п. 2.2.1, действует симметрическая группа S_v .

Необходимо оценить множество возможных вариантов формирования мультирегиональной сети РЦД.

Используя (6) можно подсчитать количество вариантов для v и меньше регионов (от v до одного региона):

$$K = |H_V|^{-1} \sum_{h \in H_V} Z \left(H_A; \dots, \sum_{j/i} j c_j, \dots \right) = \\ = \frac{1}{v!} \sum_{h \in S_v} Z \left(S_{p_1} + S_{p_2} + \dots + S_{p_l}; \dots, \sum_{j/i} j c_j, \dots \right).$$

Если же взять не v , а $v-1$ регионов, то подсчет количества вариантов будет осуществляться для $v-1, v-2, \dots, 1$ регионов.

Поэтому для фиксированного количества регионов v определение числа вариантов связано с разностью:

$$K = K_v - K_{v-1} = \\ = \frac{1}{v!} \sum_{h \in S_v} Z \left(S_{p_1} + S_{p_2} + \dots + S_{p_l}; \dots, \sum_{j/i} j c_j, \dots \right) - \\ - \frac{1}{(v-1)!} \sum_{h \in S_{v-1}} Z \left(S_{p_1} + S_{p_2} + \dots + S_{p_l}; \dots, \sum_{j/i} j c_j, \dots \right).$$

Заключение

Предлагаемый подход целесообразно использовать на начальных этапах для формирования сети РЦД регионального и мультирегионального уровней, а также в задачах обоснования и выбора рационального варианта сети РЦД для сбыта продукции предприятия.

Список литературы

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. Игнашеников // *Логистика*. – 2013. – № 3. – С. 24-31.
5. Геопространственные производственные системы. Часть 1. Анализ, моделирование, проектирование: моногр. [Текст] / В.М. Илюшко, О.Е. Федорович, О.Н. Замирец, Л.Д. Греков. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харк. авиаци. 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 редколлегию 16.10.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.В. Шостак, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

ПЕРЕЛІК МНОЖИНИ ВАРІАНТІВ ЛОГІСТИЧНОЇ МЕРЕЖІ РОЗПОДІЛЬЧИХ ЦЕНТРІВ ЗБУТУ ПРОДУКЦІЇ

О.Є. Федорович, Н.В. Єременко

Проводиться дослідження множини можливих варіантів створення логістичної мережі розподільчих центрів дистрибуції (РЦД). Кількісний аналіз і формування множини можливих варіантів мережі РЦД здійснювалося за допомогою теорії перерахування. Аналіз варіантів проводиться як для існуючої мережі РЦД при збуті продукції підприємства, так і для побудови нової мережі РЦД на мультирегіональному та регіональному рівнях. Отримані результати дозволяють обґрунтувати і вибрати раціональний варіант використання мережі РЦД для збуту продукції кінцевим або проміжним споживачам.

Ключові слова: дистрибуція, збутова логістика, регіональний рівень, теорія перерахування, клас еквівалентності, аналіз множини альтернативних варіантів.

LISTING NUMEROUS OPTIONS LOGISTICS NETWORK PRODUCT DISTRIBUTION CENTERS

O.E. Fedorovich, N.V. Eremenko

The task of study the many possible options for establishing a logistics network of distribution centers (DC) is carried out. Quantitative analysis and formation of many possible network DC carried out using the theory of enumeration. Enumeration of options held for the existing network of DC in marketing of enterprise, and to build new network DC on multiregional and regional levels. The results obtained allow to justify and choose a rational use of the DC option to sell their products to end consumers or intermediate.

Keywords: distribution, sales logistics, regional level, enumeration theory, equivalence class analysis of multiple alternatives.