

УДК 004.023:658.78

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ТОВАРА НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ ЦЕНТРЕ С АДРЕСНОЙ СИСТЕМОЙ ХРАНЕНИЯ

В.Н. Тюльменков, Ю.П. Ехлаков, О.М. Замятина*

Томский университет систем управления и радиоэлектроники

*Томский политехнический университет

E-mail: tulmenkov@inbox.ru

Разработана математическая модель и эвристический алгоритм решения задачи оптимизации размещения товаров на распределительном центре с адресной системой хранения. Проведено экспериментальное исследование предложенного алгоритма на распределительном центре группы компаний «Лама», г. Томск, выполнена оценка точности разработанного алгоритма методом оценки нижней границы.

Ключевые слова:

Задача размещения, оптимизация, алгоритм, распределительный центр.

Введение

Эффективное размещение товаров по местам хранения позволяет значительно оптимизировать: количество перемещений работников распределительного центра (РЦ) при выполнении последующих складских операций; время, затрачиваемое на проведение складских операций; сохранение потребительских свойств товара (за счет учета условий хранения конкретного товара); эффективность использования складского оборудования; эффективность использования складских площадей и объемов.

В современной литературе по логистике приводятся общие рекомендации и принципы по организации размещения товаров [1–4]. Описанные рекомендации позволяют осуществить более рациональное размещение товаров при отсутствии автоматизированной системы управления складом. В складских комплексах, для управления которыми используется автоматизированная система управления складом, при размещении товаров используются различные правила и алгоритмы, среди которых можно выделить размещение в свободные ячейки, в фиксированные ячейки, в соответствии с АВС-классификацией, в занятые ячейки к идентичному или схожему товару, в занятые ячейки к любому товару.

Алгоритмы, используемые в системах управления складом, являются, как правило, «know how» фирм-разработчиков данных систем и соответственно получить информацию о их реализации не представляется возможным. В литературе представлен лишь алгоритм размещения товаров, основанный на применении метода АВС-классификации [3]. Анализ данного алгоритма показал следующие недостатки: при размещении не учитываются весогабаритные характеристики товарных позиций и ограничения ячеек; не рассматривается случай размещения нескольких товарных позиций в одной ячейке.

Постановка задачи

Анализ источников [1–4] позволил сформулировать следующие основные требования к размещению товара на РЦ:

1. товары из схожих номенклатурных групп с одинаковыми условиями хранения размещают в определенной зоне РЦ;
2. при размещении товаров необходимо учитывать объем и грузоподъемность ячеек.

Для реализации первого требования РЦ разделяют на области, области объединяют в зоны, с указанием индекса области внутри зоны. Каждой товарной группе ставится в соответствие зона хранения, и поиск подходящих ячеек происходит в каждой области в порядке возрастания индекса.

Для реализации второго требования необходимо задать объем и грузоподъемность ячеек и учитывать эти ограничения при размещении товаров.

Во время выполнения операции приемки товара распределительным центром, его разделяют по зонам хранения в соответствии с признаком номенклатурной группы. После завершения операции приемки товар необходимо разместить в зонах хранения так, чтобы общее расстояние последующей грузопереработки товара (отгрузки, либо перемещения) было минимальным.

Рассмотрим следующую модель товарооборота множества товаров $G=\{g_1, g_2, \dots, g_n\}$ в некоторой зоне хранения на горизонте планирования T . Пусть каждая товарная позиция g_i описывается кортежем $\langle KP_{g_i}, P_{g_i}, KS_{g_i}, V_{g_i}, W_{g_i} \rangle$, где KP_{g_i} – количество товара i , поступающего за одну поставку на горизонте планирования T ; P_{g_i} – количество поставок товара i на горизонте планирования T ; KS_{g_i} – количество товара i , отгружаемого за одну отгрузку на горизонте планирования T ; V_{g_i} – объем складской единицы товара; W_{g_i} – вес складской единицы товара.

Примем, что:

1. количество поступающего товара не больше (меньше, либо равно) количеству отгружаемого товара;

2. товар отгружается равными партиями.

РЦ с адресной системой хранения описывается как множество областей хранения $S = \bigcup_{r=1}^q O_r$. Зона хранения описывается как подмножество областей $Z_p = \bigcup_{r=1}^k O_r$. Каждая область состоит из множества ячеек $O_r = \{c_{r1}, c_{r2}, \dots, c_{rm}\}$. Ячейка c_{rj} области r описывается кортежем $\langle Vc_{rj}, Wc_{rj} \rangle$, где Vc_{rj} – объем ячейки; Wc_{rj} – максимальная грузоподъемность ячейки.

В качестве критерия оптимальности будем использовать минимум расстояния грузопереработки при выполнении складских операций с товаром в зоне хранения. Суммарное расстояние грузопереработки при выполнении складских операций (размещение, изъятие) с товаром g_i определяются частотой обращения к j -ой ячейке области r и расстоянием до этой ячейки:

$$R = \sum_i \sum_r \sum_j x_{irj} \times l_{rj} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где x_{irj} – количество обращений к ячейке j области r для товара i на горизонте планирования T ; l_{rj} – расстояние до ячейки j области r .

Так как величина x_{irj} зависит от того, какого товара и сколько будет размещено в ячейке j области r , для дальнейшей формализации введем переменную Z_{irj} – количество товара i , для которого резервируется место в ячейке j области r . Тогда величину x_{irj} можно определить, разделив количество товара в ячейке Z_{irj} на количество товара в отгрузке KSg_i , округлив полученное значение в большую сторону и умножить полученное число на количество поставок P_i товара i на горизонте планирования T .

С учетом введенных преобразований выражение (1) примет следующий вид:

$$R = \sum_i \sum_r \sum_j \text{round}(Z_{irj} / KSg_i) \times P_i \times l_{rj} \rightarrow \min. \quad (2)$$

Функция round округляет значение в большую сторону.

Ограничения задачи сформулируем следующим образом:

1. Объем ячеек не должен быть превышен

$$\sum_i \sum_r \sum_j Vg_i \times Z_{irj} \leq Vc_{rj}. \quad (3)$$

2. Грузоподъемность ячеек не должна быть превышена

$$\sum_i \sum_r \sum_j Wg_i \times Z_{irj} \leq Wc_{rj}. \quad (4)$$

3. Количество товара, для которого зарезервировано место в ячейках, не больше (меньше, либо равно) количества товара в поставке

$$\sum_i \sum_r \sum_j Z_{irj} \leq Kp_i. \quad (5)$$

Здесь Z_{irj} – целые числа, $i=1, n$; $r=1, k$; $j=1, m$. (6)

Таким образом, задача (2)–(6) состоит в резервировании мест в ячейках зоны хранения $\{c_{rj}\}$ для

размещения товаров $\{g_i\}$ с целью минимизации расстояния грузопереработки на горизонте планирования T , согласно совершенных закупок у поставщика и заявок клиентов.

Представленная математическая модель (2)–(6) относится к классу задач целочисленного программирования. В настоящее время для решения таких задач используют три основных подхода [5]: методы отсекающих плоскостей, методы возврата, эвристические методы.

Методы отсекающих плоскостей и возвратов не подходят для решения задачи по следующим причинам:

1. большая размерность задачи (более тысячи переменных, несколько сотен ограничений) и следовательно большая размерность дерева;
2. сложность нахождения оценок частных решений для методов возврата.

Для решения поставленной задачи будем использовать эвристические методы, которые сводятся к нахождению и применению некоторых правил, основанных на рациональных соображениях и учитывающих специфику задачи.

Алгоритм решения задачи

Выбор и обоснование правил выбора ячеек размещения

Для решения задачи, будем использовать правила выбора ячеек размещения товаров, основанные на следующих показателях:

- частота встречаемости товара в заказах клиента;
- количество обращений к ячейке среднего размера с товаром.

Основная идея предложенных правил заключается в том, что товар, который имеет наибольший показатель, характеризующий оборот позиции на горизонте планирования T , размещается как можно ближе к точке входа/выхода из зоны хранения.

Для размещения товаров в соответствии с предложенными правилами первоначально необходимо вычислить:

- значения показателя для каждой товарной позиции и упорядочить товарные позиции в порядке уменьшения значения показателя;
- расстояние до каждой ячейки и упорядочить ячейки в порядке увеличения расстояния до ячейки.

Для вычисления показателя «Частота встречаемости товара в заказах клиента» необходимо определить количество заказов, в которых встретится товар i на горизонте планирования T .

Для вычисления показателя «Количество обращений к ячейке среднего размера с товаром» необходимо воспользоваться выражением:

$$U_i = \sum_i \text{round}((\text{avg } V/V_i) / KSg_i) \times P_i,$$

где $\text{avg} V = \sum V_{ij} / M$, M – общее количество ячеек в зоне хранения.

Для ранжирования товарных позиций в соответствии с предложенными показателями необходимо:

1. выполнить расчет значения показателя $Q(i)$ для каждой номенклатурной позиции;
2. проранжировать полученные показатели в убывающей последовательности: $Q(a) \geq Q(b) \geq \dots Q(i) \geq \dots \geq Q(m)$;
3. присвоить индекс j для каждого товара i $Q(i)$. Для номенклатурной позиции a индекс $j=1$, для b индекс $j=2$, ..., для m индекс $j=N$, где N – общее количество номенклатуры, т. е.

$$Q(a) \geq Q(b) \geq \dots Q(i) \geq \dots \geq Q(m)_N.$$

Для ранжирования ячеек в соответствии с состоянием до входа/выхода из зоны хранения и учетом приоритета областей необходимо:

1. для каждой ячейки задать координаты x, y, z относительно некоторой начальной точки зоны хранения (входа/выхода из зоны хранения) с координатами $x=0, y=0, z=0$;
2. вычислить расстояние до каждой ячейки с помощью формулы: $L(rj) = x_{rj} + y_{rj} + z_{rj}$, где x_{rj}, y_{rj}, z_{rj} – координаты x, y, z ячейки j области r относительно начальной точки;
3. проранжировать полученные показатели внутри каждой области r в возрастающей последовательности: $L(ra) \geq L(rb) \geq \dots L(rj) \geq \dots \geq L(rs)$;
4. присвоить индексы для каждой ячейки rj $L(rj)_u$, где для ячейки ra $u=r1$, для rb $u=r2$, ..., для rs $u=rM$, где M – общее количество ячеек в области хранения r .

После того, как товары упорядочены в соответствии с уменьшением значения показателя товарооборота, а ячейки в порядке увеличения расстояния и значения индекса области хранения, размещение товара происходит в соответствии со следующим правилом:

1. в упорядоченном списке выбирается товар g_i ;
2. в списке выбирается либо частично заполненная, либо пустая ячейка c_{ij} ;
3. выбранная ячейка c_{ij} заполняется товаром g_i до тех пор, пока ячейка не будет полностью заполнена, либо не будет достигнут максимум грузоподъемности ячейки, либо все количество товара будет размещено;
4. если текущая ячейка полностью заполнена, либо достигнута максимальная грузоподъемность ячейки, переходим к шагу 2;
5. если все количество товара g_i размещено, то переходим к шагу 1.

Работа алгоритма завершается, когда весь товар размещен по ячейкам.

Оценка точности алгоритма

Важным вопросом при решении задач эвристическими методами является оценка точности (оптимальности) полученного результата.

На практике для оценки точности алгоритмов решения комбинаторных задач используют три основных метода [6]: решение тестовых задач, оценка алгоритмов по нижней границе, статистические методы оценки точности.

Для оценки точности правил размещения товаров воспользуемся методом оценки нижней границы. Суть метода сводится к поиску некоторого аналитического выражения, которое бы при подстановке исходных параметров давало искомое численное значение функции критерия.

В основу определения нижней границы положим следующее положение: товар с наибольшим количеством обращений к ячейке, размещается в ближайшую свободную ячейку. Таким образом, если в первую очередь в ближайших ячейках будет расположен товар с наибольшей частотой обращений, то целевая функция примет минимальное значение.

Для вычисления нижней границы будем использовать следующее аналитическое выражение:

$$G = \sum_i \text{round}(K P g_i / K S g_i) \times P_i \times \min(l_{ij}).$$

Выражение имеет следующий смысл: вычисляется количество обращений к товару i на горизонте планирования T и умножается на расстояние до ближайшей ячейки зоны хранения с учетом уже размещенного товара. Результаты произведения суммируются по всем товарам. Значение нижней границы G будет меньше, либо равно значению целевой функции R для любых значений Z_{ij} .

Экспериментальное исследование алгоритма

Экспериментальное исследование работы алгоритма размещения в соответствии с показателями «Частота встречаемости товара в заказах клиента» и «Количество обращений к ячейке среднего размера с товаром» проводилось на РЦ группы компаний «Лама», г. Томск, в период с 01.01.2008 по 30.06.2008.

Результаты исследования работы алгоритма в течение 6 мес. показали, что:

1. Размещение в соответствии с показателем «Количество обращений к ячейке среднего размера с товаром» позволяет получить более точное решение задачи в сравнении с показателем «Частота встречаемости товара в заказах клиента».
2. Среднее отклонение расстояния при размещении в соответствии с показателем «Количество обращений к ячейке среднего размера с товаром» от нижней границы равно 12 %, что свидетельствует о достаточной точности разработанного алгоритма.

Выводы

1. Разработана математическая модель задачи оптимизации размещения товара на распределительном центре с адресной системой хранения и эвристический алгоритм ее решения с помощью правил, основанных на показателях «Частота встречаемости товара в заказах клиента» и «Количество обращений к ячейке среднего размера с товаром».

2. Проведено экспериментальное исследование и выполнена оценка точности предложенных правил на примере распределительного центра группы компаний «Лама», г. Томск. Для размещения товаров на распределительном центре с адресной системой хранения выбрано правило, основанное на показателе «Количество обращений к ячейке среднего размера с товаром», как наиболее точное.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаджинский А.М. Современный склад. Организация, Технологии, управление и логистика. – М.: Проспект, 2005. – 176 с.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на профессионалов / Под ред. В.И. Сергеева. – М.: ИНФРА-М, 2005. – 976 с.
3. Модели и методы теории логистики / Под ред. В.С. Лукинско-го. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
4. Шрайбфедер Д. Эффективное управление запасами. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 304 с.

5. Вагнер Г. Основы исследования операций. Том 2. – М.: Мир, 1973. – 478 с.
6. Ехлаков Ю.П. Теоретические основы автоматизированного управления. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2001. – 337 с.

Поступила 15.09.2008 г.

УДК 519.81

ПРАКТИЧЕСКОЕ ОСВОЕНИЕ ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СТУДЕНТАМИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

С.В. Микони, Д.П. Бураков, М.И. Гарина

Петербургский государственный университет путей сообщения

E-mail: miconi@pgups.ru

Рассматриваются этапы развития теории принятия решений. Отмечаются особенности современного состояния этого научного направления. Они учитываются при задании целей и формировании содержания лабораторных работ для практического освоения теории принятия решений студентами информационных специальностей. В качестве среды для выполнения работ используется разработанная авторами учебная версия системы СВIRb.

Ключевые слова:

Модель выбора, векторная оптимизация, скалярная оптимизация, Парето-доминирование, функция полезности, многокритериальная классификация, приоритет сущности.

Введение

Хорошо известно, что знание только тогда становится активным, когда теоретические сведения закрепляются практическими занятиями. Их эффективность зависит не только от функциональных возможностей лабораторного оборудования и методики проведения занятий, но и от мотивации обучаемого. Практическое освоение теории принятия решений благоприятно для повышения мотивации студентов в том смысле, что они получают возможность решать интересующие их практические задачи с привлечением научного знания, ибо проблема выбора встаёт перед каждым человеком. Это способствует лучшему освоению теоретических знаний и осознанному применению их в практической деятельности. В настоящей работе излагается содержа-

ние и методика проведения лабораторных работ, а также рассматривается инструментальная среда, используемая для их выполнения.

1. Постановка задачи

В настоящее время теория принятия решений (ТПР) является востребованной дисциплиной. Её методы и средства используются при разработке систем поддержки принятия решений (СППР) и систем автоматизированного проектирования (САПР). Трудность преподавания этой дисциплины в рамках семестрового курса заключается в её всеохватности. Действительно, все дисциплины, связанные с проектированием новых систем и анализом действующих систем, затрагивают в той или иной степени проблему выбора.