

# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ТОВАРООБОРОТА ПРЕДПРИЯТИЯ

*ГВОЗДИНСКИЙ А.Н., ОВЕРЧУК Ю.А.*

Исследуется проблема выбора решения в задачах оптимизации плана товарооборота, разрабатываются и предлагаются для него математические модели и методы ее решения. Анализируется результат, полученный при помощи модели, делаются соответствующие выводы. Рассматриваются положительные и отрицательные стороны данного подхода и приведены соответствующие рекомендации для улучшения. Рассмотрены также возможности использования эволюционных методов для решения исследуемой задачи.

## Введение

В данное время исследуется проблема принятия решения в маркетинговой деятельности предприятия на примере задачи оптимизации плана товарооборота. Товарооборотом называют объем продажи товаров, и оказания услуг в денежном выражении за определенный период времени. Также было разработано оптимальный план товарооборота, путем составления для него математической модели и ее решения.

## 1. Анализ задач исследования

Известно, что товарооборот является важнейшим показателем не только для торгующей организации, но и для национальной экономики. Во внутрифирменном значении этот показатель отражает успех организации, спрос покупателей на реализуемые товары.

Сам анализ товарооборота позволяет оценить соответствие имеющихся товаров спросу населения для принятия мер по оптимизации структуры товарооборота, увеличению объемов реализации, ускорению товарооборота, ритмичности и равномерности продаж. Товарооборот продукции отечественного производства отражает уровень ее востребованности на рынках. В этом смысле торговля является двигателем промышленности. Поэтому оптимизация плана товарооборота – одна из главных задач в экономике, от которой зависят очень многие показатели.

При постановке задачи оптимизации предполагается существование конкурирующих свойств процесса, например:

количество продукции – расход сырья;

количество продукции – качество продукции.

Выбор компромиссного варианта для указанных свойств и представляет собой процедуру решения оптимизационной задачи.

Обычно оптимизируемая величина связана с экономической работой рассматриваемого объекта (аппарат, цех, завод). Оптимизируемый вариант работы объекта должен оцениваться какой-то количественной мерой – критерием оптимальности.

В зависимости от своей постановки любая из задач оптимизации может решаться различными методами, и наоборот – любой метод может применяться для решения многих задач. Методы оптимизации могут быть скалярными (оптимизация проводится по одному критерию), векторными (оптимизация проводится по многим критериям), поисковыми (включает методы регулярного и методы случайного поиска), аналитическими (методы дифференциального исчисления, вариационного исчисления и др.), вычислительными (основаны на математическом программировании, которое может быть линейным, нелинейным, дискретным, динамическим, стохастическим, эвристическим и др.), теоретико-вероятностными, теоретико-игровыми и др. В последнее время особую актуальность приобрели эволюционные методы оптимизации, позволяющие достаточно точно и с использованием современных информационных технологий найти решения задачи.

Исследованные и предложенные в данной работе принципы оптимизации имеют научную инновацию, а также практическое значение. Результаты были опробованы в системах принятия оптимальных решений с использованием многих критериев.

## 2. Постановка задачи

*Целью* работы является исследование методов выбора и принятия решений, анализ их возможностей, а также рассмотрение конкретного примера оптимизации плана товарооборота и изучение различных подходов к выбору оптимальных решений в задачах оптимизации плана товарооборота. В качестве принятия решений в системах оптимизации плана товарооборота использовались методы многокритериальной и эволюционной оптимизации [1].

В данной работе задача оптимизации товарооборота рассматривается как многокритериальная оптимизационная задача с использованием ряда локальных примеров, характеризующих качество производственного процесса. Рассмотрим основные из них:

1. Величина прибыли, получаемой предприятием, определяется с помощью соотношения:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n C_j^{(1)} x_j \rightarrow \max, x_j \in Q = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (1)$$

где  $Q$  – множество ассортимента продукции, которое выпускает предприятие.

2. Показатель качества выпускаемой продукции задается соотношением:

$$F_2(x) = \sum_{i=1}^S P_i * X_i \rightarrow \max. \quad (2)$$

Для конкретного примера значение функции цели имеют вид:

$$F_2(x) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \rightarrow \max.$$

3. Минимизация себестоимости:

$$F_3(x) = \sum_{i=1}^5 C_i * X_i \rightarrow \min. \quad (3)$$

4. Минимизация производственного времени:

$$F_4(x) = \sum_{i=1}^5 T_i * X_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

Таким образом, задача исследования может быть сформулирована следующим образом.

Определить оптимальный план  $X^{(0)} \in Q$  производства продукции, удовлетворяющий указанным критериям (1) – (4).

Ограничениями на выпуск продукции различных видов служат производственные ресурсы  $b_1, b_2, \dots, b_m$ . С учётом норм затрат ресурсов на единицу каждого типа продукции указанные ограничения можно записать в виде:

$$AB \leq B^T, \quad (5)$$

$$x \geq 0, \quad (6)$$

$$B^T = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}, \quad (7)$$

$A = \{a_{ij}\}, i = 1, m, j = 1, n$  – матрица норм затрат ресурсов на единицу каждого типа продукции.

Выражение (5) описывает условия, которые необходимо учесть в годовой производственной программе. Строке матрицы  $A$  соответствуют все виды ресурсов (группы машин, запасы материалов) рассматриваемых задачах. Соответствующим строкам матрицы  $A$  компоненты вектора  $B$  указывают ограничения видов ресурсов или объемов производства, которые установлены для годовой производственной программы предприятия. Неравенство (5) представляет собой обычные условия неотрицательности, вытекающие из смысла задачи.

Общая постановка задачи формулируется следующим образом: требуется определить вектор  $X^{(0)}$ , обеспечивающий компромисс между величиной прибыли (1), валовым объемом (2) и минимальной себестоимостью (3), который удовлетворяет ограничениям минимизации производственного времени (4).

Один из возможных методов решения состоит в том, что вначале находится три оптимальных вектора производства  $x^{(i)}, i = 1; 4$ , каждый из которых соответствует одному из локальных критериев (1) – (4). Затем определяется выпуклая линейная комбинация  $X^{(0)}$ , представляющая собой оптимальную (компромиссную) программу относительно указанных критериев:

$$X^{(0)} = v_1 x^{(1)} + v_2 x^{(2)} + v_3 x^{(3)}, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^3 v_i = 1, v_i \geq 0. \quad (9)$$

Для решения задачи такого типа, с учетом всех особенностей поставленной задачи, строим математическую модель, используя [5], где  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  – количество единиц изделий вида  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5$  соответственно. На основе этого составим целевую функцию:

$$P(x) = 40x_1 + 15x_2 + 10x_3 + 35x_4 + 70x_5 \rightarrow \max$$

при условиях:

$$19x_1 + 13x_2 + 8x_3 + 5x_4 + 11x_5 < 6000000,$$

$$75x_1 + 70x_2 + 25x_3 + 40x_4 + 35x_5 < 400000,$$

$$15x_1 + 21x_2 + 15x_3 + 10x_4 + 10x_5 < 900000,$$

$$85x_1 + 115x_2 + 140x_3 + 60x_4 + 68x_5 < 600000,$$

$$100x_1 + 75x_2 + 85x_3 + 25x_4 + 75x_5 < 300000,$$

$$x_1 > 600, x_2 > 750, x_3 > 500, x \geq 0 \geq 1.5.$$

У нас имеются ограничения по двум параметрам: по объему ресурсов (нельзя использовать больше ресурсов, чем у нас есть) и по минимальному плану товарооборота по группе товаров (вероятно, что при меньшем товарообороте мы понесем убытки). Если решать задачу «вручную», то необходимо привести систему ограничений к каноническому виду, т.е. представить в виде управлений:

$$19x_1 + 13x_2 + 8x_3 + 5x_4 + 11x_5 + x_6 < 6000000,$$

$$75x_1 + 70x_2 + 25x_3 + 40x_4 + 35x_5 + x_7 < 400000,$$

$$15x_1 + 21x_2 + 15x_3 + 10x_4 + 10x_5 + x_8 < 900000,$$

$$85x_1 + 115x_2 + 140x_3 + 60x_4 + 68x_5 + x_9 < 600000,$$

$$100x_1 + 75x_2 + 85x_3 + 25x_4 + 75x_5 + x_{10} < 300000,$$

$$x_1 - x_{11} = 600, x_2 - x_{12} = 750, x_3 - x_{13} = 500,$$

$$x \geq 0 \geq 1.3.$$

Для решения этой задачи воспользуемся симплекс-методом [2]. По данной системе составляем симплекс-таблицу и решаем ее. Но в силу того, что наша модель будет рассчитана с помощью программной реализации, то систему ограничений в каноническом виде и симплекс-таблицу строить не надо, так как программа построит их сама.

### 3. Наследование методов решения

Для анализа результатов исследуемой задачи воспользуемся методами эволюционной и методами многокритериальной оптимизации [4].

Методы многокритериальной оптимизации. Поиск оптимального взаимодействия производится с помощью принципов решения многокритериальных задач. Критерии задачи не однородны, так как часть критериев оптимизации стремится к минимальному значению, а один – к максимальному. Приведенные критерии оптимизации находятся в существенном экономическом противоречии, так как с сокращением сро-

ков поставки товара от производителя к потребителю возрастают транспортно-заготовительные издержки и затраты организации, связанные с хранением.

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

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N c_{ij} x_j \rightarrow \min. \quad (10)$$

Критерий оптимизации сроков поставок:

$$F_2(x) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N t_{ij} x_j \rightarrow \min. \quad (11)$$

Критерий оптимизации коэффициентов загрузки:

$$F_3(x) = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N k_{if} x_j \rightarrow \min. \quad (12)$$

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.

Используется многокритериальная модель, которая учитывает перечисленные выше критерии. Рассматривается вертикальная интеграция без вступления в какие-либо альянсы. Взаимодействие начинается лишь при условии, что оно выгодно финальному звену – торговой компании. На практике отдельные звенья товаропроводящей сети имеют свои интересы, однако в критериях или ограничениях они не учитывались, так как рассматривается движение сквозного материального потока. Теперь перейдем к рассмотрению решения задачи, используя методы эволюционной оптимизации:

1) *Максимизация прибыли.* Расчет показателей качества продукции относится к задачам линейной оптимизации. В общем виде ее можно записать так:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^S (P_j - C_j) X_j \rightarrow \max. \quad (13)$$

Эту задачу обычно считают симплекс-методом [2].

Идея симплекс-метода состоит в последовательном продвижении по базисам опорных планов вплоть до получения оптимального решения или доказательства неразрешимости задачи. При этом значение целевой функции должно увеличиваться.

2) *Определение валового объема выпускаемой продукции.* Для решения этой задачи с использованием генетического алгоритма (ГА) в качестве общей математической модели применяют формулу:

$$F_2(x) = \sum_{j=1}^S P_j X_j \rightarrow \max. \quad (14)$$

Для конкретных значений функция цели примет вид:

$$F_2(x) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \rightarrow \max.$$

3) Третьей функцией цели представим минимизацию себестоимости, которая имеет общий вид:

$$F_3(x) = \sum_{j=1}^S T_j X_j \rightarrow \max. \quad (15)$$

Запишем эту функцию с конкретными значениями:

$$F_3(x) = 3x_1 + 4x_2 + 4x_3 + 2x_4 + x_5 \rightarrow \max.$$

4) В роли четвертой функции цели будет выступать минимизация производственного времени:

$$F_4(x) = \sum_{j=1}^S T_j X_j \rightarrow \max, \quad (16)$$

или в виде:

$$F_4(x) = 2x_1 + 2x_2 + x_3 + x_4 + 3x_5 \rightarrow \max.$$

Чтобы достичь поставленной цели, мы должны найти оптимальное решение для каждой ее функции. Для этого будем использовать вместо традиционных методов оптимизации, таких как математическое программирование, методы эволюционной оптимизации.

Остановимся на применении генетических алгоритмов следующих видов.

Для решения задачи, представленной моделями (1) – (2), используем ГА типа метода муравьиных колоний [3].

Основу поведения муравьев составляет самоорганизация, механизмы которой обеспечивают теоретически оптимальное поведение. Принципы его состоят в достижении системой некоторой глобальной цели в результате низкоуровневого взаимодействия ее элементов.

Муравьиный алгоритм применяется следующим образом: в начальный момент времени, в который входит эта функция базы знаний, находится количество муравьев, равное числу кластеров, куда входит эта функция. При этом каждый муравей имеет строгую принадлежность тому кластеру, из которого он начал свое движение. Принадлежность кластеру проявляется в том, что муравей более восприимчив к феромону, оставленному муравьями из «своего» кластера:

$$F_1(x) = \sum_{j=1}^n C_j^{(1)} x_j \rightarrow \max, x_j \in Q = \{1, 2, \dots, n\}, \quad (17)$$

где Q – множество видов продукции, выпускаемых предприятием.

Для конкретных значений функция примет вид:

$$F_2(x) = 10x_1 + 12x_2 + 8x_3 + 16x_4 + 11x_5 \rightarrow \max.$$

Муравьиный алгоритм применяется на двух этапах анализа знаний системы. Вначале он запускается на пространственной (многомерной) модели базы, после чего на основании его работы делаются первоначальные выводы. Затем модель упрощается: удаляются некоторые связи между функциями, отдельные функции объединяются в более крупные структуры единицы, структура знаний отображается на двумерное пространство. После этого 1 алгоритм запускается на упрощенной плоской модели знаний.

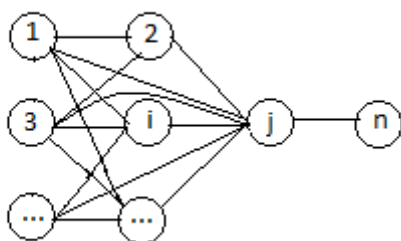
Для решения задач, представленных моделями (3) – (4), воспользуемся генетическими алгоритмами [4].

Генетические алгоритмы имитируют процесс естественного отбора в природе. Решение задачи, более оптимальное с точки зрения некоторого критерия, описывается набором чисел или величин нечисловой природы. Поиск оптимального решения похож на эволюцию популяции и видов, которые представлены набором их хромосом. В этой эволюции (рисунок) можно выделить следующие механизмы:

отбор сильнейших наборов хромосом, которым соответствуют наиболее оптимальные решения;

скрещивание – получение новых индивидов при помощи смешивания хромосом наборов, отобранных индивидом;

мутации – преобразование хромосомы, случайное изменение одного или нескольких генов (чаще – одного).



Графическое представление взаимодействия элементов

В результате смены поколений вырабатывается такое решение поставленной задачи, которое уже нельзя дальше улучшать.

Для рассмотрения данной задачи используем минимизацию себестоимости:

$$\sum_{j=1}^s C_j^* X_j \rightarrow \max.$$

#### 4. Выводы

Изучена задача по оптимизации плана товарооборота в системах принятия решений. Также была детально проработана типичная модель этого вида задач. Рассмотрена детерминированная задача. Построена модель оптимального плана товарооборота. Для решения применялся симплекс-метод с искусственным базисом.

Можно сказать, что линейное программирование применимо для построения математических моделей тех

процессов, в основу которых может быть положена гипотеза линейного представления реального мира: экономических задач, задач управления и планирования, оптимального размещения оборудования и пр. Симплекс-метод линейного программирования отлично подошел для решения задачи оптимизации товарооборота в маркетинговой деятельности предприятия.

Новизной проведенных исследований является решение оптимизационной задачи в системах принятия решений при планировании товарооборота с применением методов эволюционной и многокритериальной оптимизации, а также использование генетических алгоритмов в управлении запасами.

Практическая значимость заключается в применении предложенных методов для нахождения оптимальных показателей в системах принятия решений при планировании товарооборота в маркетинговой деятельности предприятия.

**Литература:** 1. Гвоздинський А.М. Методи оптимізації в системах прийняття рішень: навч. посібник / А.М. Гвоздинський, Н.А. Якімова, В.О. Губін. Харків: ХНУРЕ, 2006. 327 с. 2. Бондаренко М.Ф. Оптимізаційні задачі в системах прийняття рішень: підручник / М.Ф. Бондаренко, А.М. Гвоздинський. Харків: ХТУРЕ, 1998. 216 с. 3. Гвоздинский А.Н. Применение генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач / А.Н. Гвоздинский, Е.Г. Климно. Харьков: Радиоэлектроника и информатика. 2001. №2. С. 109 – 113. 4. Гвоздинский А.Н. Применение методов эволюционной оптимизации для решения задач производственного планирования / А.Н. Гвоздинский, В.А. Малышкин, С.В. Ткачев / АСУ и ПА. 2011. №154. С. 97-102. 5. Гвоздинский А.Н. Исследование методов оптимизации в системах принятия решений при планировании товарооборота / А.Н. Гвоздинский, С.В. Бушков / АСУ и приборы автоматики. 2011. №157. С. 95 – 102.

Поступила в редколлегию 07.12.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Кузмин А. Я.

**Гвоздинский Анатолий Николаевич**, канд. техн. наук, профессор кафедры искусственного интеллекта ХНУРЭ. Научные интересы: оптимизация процедур принятия решения в сложных системах управления. Адрес: Украина, 61166, Харьков, ул. Академика Ляпунова 7, кв. 9, тел. 702-38-23.

**Оверчук Юрий Александрович**, студент ХНУРЭ. Научные интересы: методы принятия решений в системах искусственного интеллекта. Адрес: Украина, 61051, Харьков, ул. Целиноградская, 36, ком. 409, тел. 050-475-95-83