

## **СТРУКТУРА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СКВОЗНОЙ (ЛОГИСТИЧЕСКОЙ) ОПТИМИЗАЦИИ МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Г.Б. Варшавьяк, к.т.н. В.Ю. Дубницкий,  
к.э.н. Л.Г. Шемаева, к.т.н. В.Н. Шемаев  
(представил д.т.н., проф. Е.В. Артеменко)

*Описана функциональная структура имитационной модели, позволяющей выбирать оптимальный объём закупленной партии материальных ресурсов, оптимизировать способы ее доставки и хранения.*

В современной теории управления предприятием принято процессы закупки, доставки и хранения товара объединять термином «логистический процесс».

Ранее в литературе по математическому программированию оптимизация каждого из этих процессов подробно рассматривалась как транспортная задача, задача управления запасами и т.п. [1]. В логистике, науке об управлении материальными потоками, все эти процессы рассматриваются совместно, как составляющие общего процесса товарно-денежного обращения.

Подобный подход потребовал разработки единой математической модели, в которой описание каждой из составляющих логистического процесса согласовано по входным и выходным переменным с моделями предшествующих и последующих этапов логистического процесса.

Предлагаемая модель состоит из пяти взаимодействующих между собой программных элементов (рис.1), перечисленных ниже.

1. Управляющая программа, имеющая служебное назначение.
2. Программа, реализующая поиск оптимального варианта закупки сырья, программа “Закупка”.
3. Программа, реализующая поиск оптимального варианта транспортировки закупленного сырья, программа “Транспорт”.
4. Программа, реализующая процесс, имитирующий хранение сырья и выбирающая оптимальную политику закупок, программа “Склад”.
5. Программа, осуществляющая векторную оптимизацию потокового процесса, оценку вариантов и выбор логистического решения.

Программа “Закупка”, располагая информацией об условиях оформления заказов и ценовой политике (т.е. о зависимости цены партии от её объёма, о зависимости стоимости оформления заказа от длительности этой процедуры) и потребностях в количестве закупаемой продукции,

выбирает набор, состоящий из количества партий и условий их закупки, обеспечивающей минимальную суммарную стоимость заказа.

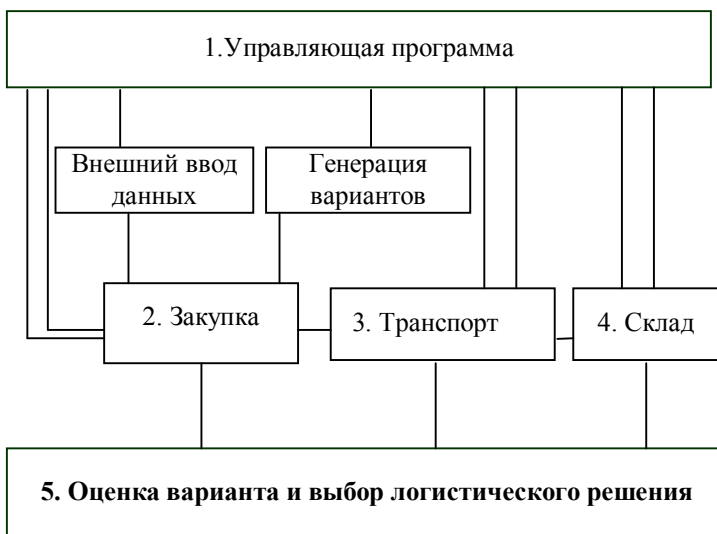


Рис. 1. Схема имитационной модели сквозной оптимизации материальных и сопутствующих им потоков на этапе снабжения предприятия

Программа “Транспорт”, располагая сведениями, полученными от программы “Закупка”, обеспечивает оптимальный выбор вида и грузоподъемности транспортных средств, минимизирующих суммарную стоимость перевозки. В данном случае рассмотрен вариант разделения перевозок между двумя видами транспорта: автомобильным и железнодорожным.

Программа “Склад” обеспечивает выбор номенклатуры складов, который минимизирует стоимость хранения закупленного сырья.

Назначение блока оценки вариантов и выбора логистического решения очевидно.

Расчёт стоимости закупленного сырья ( $C_{зак}$ ) в общем случае проводится по формуле

$$C_{зак} = Ц \times N + 3 \text{ оф}, \quad (1)$$

где  $Ц$  – цена закупаемых материальных ресурсов (МР);

$N$  – объём закупаемой партии МР;

$3 \text{ оф}$  – затраты на оформление сделки.

Согласно условиям закупки цена закупаемой партии, а следовательно, и единицы сырья зависит от объёма закупаемой партии и длительно-

сти оформления покупки. Целью задачи, решаемой на этом этапе, является составление такого варианта закупки, который бы минимизировал суммарные расходы на приобретение сырья с учётом стоимости оформления покупки.

Примем, что имеется  $(n + 1)$  возможный объём партии, причём каждая покупаемая партия, кроме последней, имеющей градацию  $(n + 1)$ , имеет ограничения как сверху, так и снизу. Последняя  $(n + 1)$  градация ограничена только снизу.

Тогда  $i$ -я партия ограничена условием

$$A_{i-1} \leq N_{ci} \leq A_i, \quad (2)$$

где  $N_{ci}$  - объём закупаемого товара в партии данной градации;

$A_{i-1}$ ,  $A_i$  - границы градации.

Количество закупаемых партий ресурсов при выборе  $i$ -го объёма закупки составит

$$G_i = \begin{cases} \frac{N_i}{d_i}, & \text{если } \left\{ \frac{N_i}{d_i} \right\} = 0; \\ \left[ \frac{N_i}{d_i} + 1 \right], & \text{если } \left\{ \frac{N_i}{d_i} \right\} \neq 0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $G_i$  – количество закупаемых партий при выборе  $i$ -го объёма закупки;

$N_i$  – объём закупаемой партии, принадлежащей типу  $i$  ( $i = \overline{1, n+1}$ );

$d_i$  – минимальный объём закупок в партии  $i$ -го объёма;

$[A]$  – целая часть числа  $A$ ;

$\{A\}$  – дробная часть числа  $A$ .

Стоимость выбранной, но не оформленной партии составит

$$C_{зак i} = C_{\Pi i} G_i, \quad (4)$$

где  $C_{зак i}$  – цена закупки минимально допустимой партии  $i$ -го объёма, в свою очередь равная

$$C_{\Pi i} = d_i C_{ci}, \quad (5)$$

где  $d_i$  - минимальный объём закупки в партии  $i$ -го типа по объёму;

$C_{\Pi i}$  - стоимость закупки минимально допустимой партии  $i$ -го объёма;

$C_{ci}$  - стоимость одного элемента в партии  $i$ -го типа по объёму.

Стоимость оформления партии в зависимости от её объёма и срочности заказа представим в виде

$$C_{оф j} = C_{зак i} \alpha_j, \quad (j = \overline{1, m+1}), \quad (6)$$

где  $\alpha_j$  - коэффициент, характеризующий длительность оформления закупки (тем больший, чем меньше времени уходит на оформление сделки).

Общая стоимость заказа будет равна

$$C_{\text{заказ}} = \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{i=1}^{n+1} \Pi_{ni} G_i (1 + \alpha_i). \quad (7)$$

Так как цель этой стадии операции состоит в оптимизации по стоимости объема закупок, то задача формулируется следующим образом.

Требуется найти

$$\Delta = B - \sum_{j=1}^{m+1} \sum_{i=1}^{n+1} \Pi_{ni} G_i (1 + \alpha_i) \rightarrow \max, \quad (8)$$

где **B** - бюджетное ограничение по стоимости закупаемого сырья при следующих условиях:

а) полного финансирования, означающего, что стоимость сырья не должна выходить за пределы бюджетных ограничений, т.е.  $\Delta \geq 0$ ;

б) количество закупаемого сырья должно обеспечивать приобретение достаточного его количества, т.е.

$$\sum_{i=1}^{n+1} G_i d_i \geq N. \quad (9)$$

Расчет варианта доставки сырья может выполняться для каждой закупленной партии или нескольких партий, если их объем или масса превосходят вместимость единичного средства транспортировки. Расчет оптимальной стоимости доставки груза ( $C_{\text{ТР}}$ ) проводят по формуле

$$C_{\text{ТР}} = L_a \sum_{a_i=a_1}^{a_i=a_n} g_{ai} \Pi_{ai} + L_{nc} \sum_{b_i=b_1}^{b_i=b_n} g_{bi} \Pi_{bi} \rightarrow \min \quad (10)$$

при условиях:

$$\sum_{a_i=a_1}^{a_i=a_n} g_{ai} = \alpha \mu (i + k_\alpha); \quad (11)$$

$$\sum_{b_i=b_1}^{b_i=b_n} g_{bi} = (1 - \alpha) \mu (1 + k_b); \quad (12)$$

$$g_{ai} = n_{ai} y_{ai}; \quad (13)$$

$$g_{bi} = n_{bi} y_{bi}; \quad (14)$$

где  $L_a, L_{nc}$  - дальность доставки автомобильным или железнодорожным транспортом (км);

$\Pi_{ai}, \Pi_{bi}$  - цена перевозки одной единицы груза на 1 км автомобильным или железнодорожным транспортом;

$\alpha$  - доля груза, перевозимого автомобильным транспортом:  $0 \leq \alpha \leq 1$ ;

$M$  - общее количество закупленного груза, подлежащего перевозке в единицах массы или объема;

$g_{ai}$  - количество груза, перевозимого автотранспортом типа  $a_i$ ;

$g_{bi}$  - соответственно по железной дороге транспортом типа  $b_i$ ;

$\kappa_a, \kappa_b$  – допустимый коэффициент превышения расчетного количества груза из-за целочисленности средств доставки;

$n_{ai}$  - количество средств автомобильного транспорта типа  $a_i$ ;

$n_{bi}$  – то же для железнодорожного;

$Y_{ai}, Y_{bi}$  – грузоподъемность единицы транспортного средства типа  $a_i$  и  $b_i$  соответственно.

В программе «Транспорт» и программе «Склад» величины  $n, i, \alpha$  и т.д. обозначают показатели, соответствующие своему этапу, если иного не оговорено. Подобные допущения приняты ввиду независимости переменных величин, принятых на этих этапах.

Расчёт оптимального варианта хранения (программа «Склад») достигается решением следующей задачи: пусть каждый склад характеризуется двумя типами индексов

$$i = \overline{1, w}; \quad j = \overline{1, v}, \quad (15)$$

где  $i - i$  - й владелец склада;  $j - j$  - я вместимость склада.

Стоимость хранения у  $i$ -го владельца на складе  $j$ -го типа ( $C_{xp\ ij}$ ):

$$C_{xp\ ij} = X_{ij} \cdot \Pi \cdot K_{xp\ ij} \cdot V_{скл\ ij} \cdot 0,3(T_{xp} - 1), \quad (16)$$

где  $\Pi$  - стоимость тонны закупленного товара;

$K_{xp\ ij}$  – ставка (% от стоимости закупки) у  $i$ -го владельца за эксплуатацию  $j$ -го склада;

$V_{ij}$  – объем  $j$ -го склада у  $i$ -го владельца;

$T_{xp}$  – длительность хранения в месяцах;

$X_{ij}$  – объём хранения в складе  $j$ -го типа,  $i$ -го владельца;

$0,3$  – коэффициент, учитывающий длительность хранения продукции на складе в днях.

Общая стоимость хранения равна:

$$\sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^v C_{xp\ ij} \rightarrow \min; \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^w \sum_{j=1}^v X_{ij} = M, \quad (18)$$

где  $M$  – объем (вес) закупленного товара;

$$\sum_i \sum_j V_{ij} \leq M(1 + \alpha), \quad (19)$$

где  $\alpha$  - допустимые коэффициенты перерасхода бюджета.

Таким образом, задача на этом этапе сводится к выбору такого набора складов и их владельцев, чтобы сумма платы за хранение была минимальной при ограничении оплаты за излишний объем.

Задачи минимизации стоимости закупки, доставки и хранения решаются при помощи поиска оптимального решения в множестве решений Парето ( $\Pi$ ). Для каждой из трех задач случайным образом генерируется подмножество решений, состоящее из определенного числа наборов параметров, составляющих допустимый вариант закупки  $X$  (транспортировки, хранения).

Оптимальное решение в каждой из задач выбирается по минимуму критериальной функции  $\Phi(X)$  – минимальному значению стоимости соответственно по формулам (7), (10), (16):

$$\Phi(X) \rightarrow \min, X \in \Pi. \quad (20)$$

Окончательное решение задачи осуществляется решением на основе векторной оптимизации, причём компонентами векторной целевой функции служат результаты решения задач «Закупка», «Транспорт», «Склад».

**Выводы.** 1. Предложена модель логистической операции, состоящая из трех, согласованных по входным и выходным переменным линейных целочисленных задач условной минимизации. Последовательно решаются три задачи:

- а) объема закупаемых партий и условия их оформления;
- б) выбора вида транспорта, доставляющего закупленный материал;
- в) выбор оптимального способа складирования.

2. Критерием оптимизации является минимум суммарных затрат при условии различного срока оборачиваемости капитала.

## ЛИТЕРАТУРА

1. П.М. Коюда, Ю.І. Ларіонов. *Математичне програмування*. – Харків : ХДТУРЕ, 1997. – 162 с.

Поступила 04.01.2002

**ВАРШАВЬЯК Геннадий Борисович**, ведущий инженер центра САD/САМ/САЕ ХАИ. В 1997 году окончил Харьковский авиационный институт. Область научных интересов – оптимизация эскизного проектирования.

**ДУБНИЦКИЙ Валерий Юрьевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры высшей математики Харьковского филиала УАБС. В 1975 г. окончил Харьковский институт радиотехники. Область научных интересов – исследование операций в финансовых системах.

**ШЕМАЕВА Людмила Викторовна**, канд. экон. наук, преподаватель кафедры менеджмента и маркетинга Харьковского Государственного экономического университета. В 1998 г. окончила Харьковский Государственный экономический университет. Область научных интересов – логистика, оптимизация логистических решений.

**ШЕМАЕВ Владимир Николаевич**, канд. техн. наук, доцент кафедры экономической теории Харьковского военного университета. В 1993 г. окончил ХВУ. Область научных интересов – оптимизация информационных потоков.

---