

УДК: 519.863; 658.628.011.1; 65.012.122

**Моделирование динамики и процесса оптимизации  
адаптивного управления структурой товарного  
ассортимента предприятия**

**А.Ф. Шориков, Е.С. Рассадина**

**Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
Магнитогорский государственный университет,  
Магнитогорск**

**[afshorikov@mail.ru](mailto:afshorikov@mail.ru), [lena\\_mgn@mail.ru](mailto:lena_mgn@mail.ru)**

Работа посвящена разработке методики решения многошаговой динамической задачи оптимизации адаптивного управления структурой товарного ассортимента предприятия. Предлагаемый подход основывается на решениях задачи оптимального программного терминального управления [1,2] и позволяет разрабатывать управленческие решения с учетом наличия обратной связи, направленные на формирование оптимальной структуры товарного ассортимента предприятия.

Ключевые слова: структура товарного ассортимента, оптимизация, терминальное управление.

При оптимизации структуры товарного ассортимента предприятия необходимо учитывать как внутренние возможности предприятия, так и требования внешней среды – рынков сбыта, а также капитальные вложения при возможном расширении производства. Причем все это следует рассматривать в форме долгосрочной перспективы, разбивая горизонт планирования на отдельные интервалы времени (шаги) для более детальной проработки. Существующие подходы к решению таких задач, в основном, используют аппарат стохастического моделирования. В данной статье предлагается использовать детерминированный подход для моделирования и решения исходной задачи оптимизации структуры товарного ассортимента предприятия.

Пусть на заданном целочисленном промежутке времени  $0, T = \{0, 1, \dots, T\}$ , ( $T > 0$ ) рассматривается процесс управления структурой товарного ассортимента предприятия и для его моделирования предлагается использовать динамическую систему из работы [3]:

$$\begin{cases}
x(t+1) = H(t)x(t) + u(t) - s(t), & x(0) = 0_n, \quad s(0) = s, \\
y(t+1) = R(t)y(t) + v(t) - A(t)u(t), & y(0) = b, \\
k(t+1) = \gamma(t)k(t) + \alpha \cdot \left( \langle c(t), s(t) \rangle_n - \langle q(t), l(t) \rangle_n - \right. \\
\left. - \langle z(t), x(t) \rangle_n - \langle w(t), y(t) \rangle_m \right) - \beta(t) \cdot G, & k(0) = G + G_0, \\
Z(t+1) = Z(t) + \langle q(t), l(t) \rangle_m + \langle z(t), x(t) \rangle_n + \langle w(t), y(t) \rangle_m + \beta(t)G, \\
Z(0) = \langle z(0), x(0) \rangle_n + \langle w(0), y(0) \rangle_m, & t \in \overline{0, T-1},
\end{cases} \quad (1)$$

где  $n$  – общее количество видов готовой продукции предприятия;  $m$  – общее количество типов ресурсов, из которых можно произвести данную продукцию;  $x(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор объемов остатков готовой продукции, хранящейся на складах предприятия в период времени  $t$  ( $t \in \overline{0, T-1}$ );  $y(t) \in \mathbf{R}^m$  – вектор объемов остатков производственных ресурсов, хранящихся на складах предприятия в период времени  $t$ ;  $A(t) = \|a_{ij}(t)\|_{\substack{i \in \overline{1, n} \\ j \in \overline{1, m}}}$  – матрица норм затрат ресурсов в период времени  $t$ ;  $u(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор интенсивностей производства готовой продукции в период времени  $t$ ;  $v(t) \in \mathbf{R}^m$  – вектор интенсивностей пополнения складских ресурсов в период времени  $t$ ;  $s(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор объемов спроса на готовую продукцию, выпускаемую в период времени  $t$ ;  $s \in \mathbf{R}^n$  – вектор начального объема спроса на готовую продукцию при реализации процесса управления в начальный момент времени (при  $t = 0$ );  $b \in \mathbf{R}^m$  – вектор начального объема производственных ресурсов при реализации процесса управления в начальный момент времени; если в начале периода времени  $t$  на складе имелись запасы готовой продукции в количестве  $x(t)$ , то к концу этого периода для продажи будет годна только часть, равная  $H_n(t)x(t)$ , где  $H_n(t) = \|h_{jj}(t)\|_{j \in \overline{1, n}}$  – есть диагональная матрица порядка  $n$ , характеризующая «старение» продукции за этот период; для запасов производственных ресурсов, к концу периода  $t$  для использования в производстве будет годна только их часть, равная  $R_m(t)y(t)$ , где  $R_m(t) = \|r_{ii}(t)\|_{i \in \overline{1, m}}$  – диагональная матрица порядка  $m$ , характеризующая «старение» производственных ресурсов за этот период; финансовые средства на инвестиции в расширение производства в начальный момент периода управления (при  $t=0$ ) предприятие предполагает формировать на основе банковского кредита в объеме  $G$  и собственных

финансовых ресурсов  $G_0$ , отчисляемых от чистой прибыли и направляемых на расширение производства;  $k(t)$  – количество доступных финансовых средств, имеющихся к началу периода  $t$ ;  $\gamma(t)$  – числовой коэффициент ( $0 \leq \gamma(t) \leq 1$ ), характеризующий «непредвиденные издержки» финансовых ресурсов за период  $t$ ;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий долю налоговых отчислений от прибыли;  $\beta(t) = r/100 + \beta_o(t)$ , здесь  $r$  – годовая процентная ставка за пользование кредитом,  $\beta_o(t)$  – доля возвращаемого кредита в период  $t$ ;  $c(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор реальных закупочных цен на реализованную продукцию, произведенную предприятием в период времени  $t$ ;  $q(t) \in \mathbf{R}^m$  – вектор реальных цен на производственные ресурсы, необходимые предприятию для производства продукции в период времени  $t$ ;  $z(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор затрат предприятия на хранение на складе остатков готовой продукции в период времени  $t$ ;  $w(t) \in \mathbf{R}^m$  – вектор затрат предприятия на хранение на складе остатков производственных ресурсов в период времени  $t$ ; вектор  $l(t) = (\langle a_1^{(1)}(t), u(t) \rangle_n, \langle a_2^{(1)}(t), u(t) \rangle_n, \dots, \langle a_m^{(1)}(t), u(t) \rangle_n)' \in \mathbf{R}^m$ ; здесь и далее, для  $k \in \mathbf{N}$  символом  $\langle a, b \rangle_k$  будем обозначать скалярное произведение векторов  $a$  и  $b$  в пространстве  $\mathbf{R}^k$  ( $k \in \mathbf{N}$ ); вектор  $a_i^{(1)}(t) = (a_{i1}(t), a_{i2}(t), \dots, a_{im}(t))' \in \mathbf{R}^n$  ( $i \in \overline{1, m}$ );  $Z(t)$  – общие суммарные издержки предприятия за  $t$  периодов времени.

Введенные выше векторы  $u(t) \in \mathbf{R}^n$  интенсивностей производства готовой продукции и  $v(t) \in \mathbf{R}^m$  интенсивностей пополнения производственных ресурсов в период времени  $t$  есть управляющие воздействия в системе и такие, что каждая пара  $(u(t), v(t))$  должна удовлетворять следующему заданному ограничению:

$$(u(t), v(t)) \in UV(t) = \{(u(t), v(t)) : u(t) \in \mathbf{R}^n, v(t) \in \mathbf{R}^m,$$

$$S_{\min}(t) \leq u(t) \leq S_{\max}(t)\}, \langle q(t), v(t) \rangle_m \leq k(t), A(t)u(t) \leq y(t) + v(t)\}, \quad (2)$$

где  $S_{\min}(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор минимально приемлемого объема производства готовой продукции;  $S_{\max}(t) \in \mathbf{R}^n$  – вектор верхнего предела выпуска продукции.

При этом для всех  $t \in \overline{0, T}$  должны также выполняться следующие заданные фазовые ограничения:

$$\begin{cases} x_j(t) \geq 0, & (j \in \overline{1, n}), \\ y_i(t) \geq 0, & (i \in \overline{1, m}), \\ k(t) \geq 0, & Z(t) \geq 0. \end{cases} \quad (3)$$

Отметим, что параметры:  $A(t), H(t), R(t), s(t), s, c(t), q(t), z(t), \overline{w(t)}, \alpha, \beta(t), \gamma(t), b, G, G_0, S_{min}(t), S_{max}(t)$  в системе (1) – (3), для всех  $t \in \overline{0, T-1}$  должны быть известны заранее.

Нетрудно показать [3], что сформированная выше экономико-математическая модель (1) – (3) относится к классу линейных дискретных управляемых динамических систем. Поэтому разработанную динамическую экономико-математическую модель оптимизации комплексного управления структурой товарного ассортимента производственного предприятия предлагается формулировать и решать как задачу оптимального терминального программного и адаптивного управления в классе линейных дискретных динамических систем.

Для организации оптимального адаптивного терминального управления в выбранном классе допустимых стратегий адаптивного управления, предлагается рекуррентный алгоритм [1], который сводит исходную многошаговую задачу к реализации конечной последовательности задач оптимального программного терминального управления. В свою очередь, решение каждой из задач оптимального программного терминального управления сводится к реализации конечной последовательности только одношаговых операций в форме решения задач линейного и выпуклого математического программирования [3]. Таким образом, можно утверждать, что решение рассматриваемой задачи оптимального терминального адаптивного управления, а в свою очередь и решение дискретной динамической экономико-математической модели оптимизации комплексного управления структурой товарного ассортимента производственного предприятия, свелось к реализации решения конечной последовательности задач линейного и выпуклого математического программирования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 11-06-00044-а).

### Библиографический список

1. Шориков А.Ф. Алгоритм решения задачи оптимального терминального управления в линейных дискретных динамических системах // Информационные технологии в экономике: теория, модели

и методы: Сб. научн. тр. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2005. – С.119-138.

2. Шориков А.Ф. Минимаксное оценивание и управление в дискретных динамических системах // Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 1997.

3. Шориков А.Ф., Рассадина Е.С. Динамическая оптимизация комплексного программного управления структурой товарного ассортимента предприятия // Региональная экономика, Научный информационно-аналитический экономический журнал. – 2012. – № 3(31). – С. 261-271.

# **Modeling of dynamics and process of optimization of adaptive management of the commodity of structure range of the enterprise**

**A.F. Shorikov,**  
**Ural federal university, Ekaterinburg, afshorikov@mail.ru**  
**E.S. Rassadina, Magnitogorsk state university, Magnitogorsk,**  
**lena\_mgn@mail.ru**

The article is devoted to development of a technique of the solution of a multistep dynamic problem of optimization of adaptive management of structure of the commodity range of the enterprise. The offered approach is based on solutions of a problem of optimum program terminal control and allows to develop the administrative decisions taking into account existence of feedback directed on formation of optimum structure of the commodity range of the enterprise.

Keywords: structure of the commodity range, optimization, terminal management.

## **References**

1. Shorikov A.F. *Algoritm resheniya zadachi optimal'nogo terminal'nogo upravleniya v lineynych diskretnych dinamicheskich sistemach*. Informatsionnye tehnologii v ekonomike: teoriya, modeli i metody. Sbornik nauchn. trudov [Algorithm of the Solution of a Problem of Optimum Terminal Control in llinear Discrete Dynamic Systems]. Materials of Sc. Works. Information Technologies in Economy: Theory, Models and Methods, Ekaterinburg, Ural State Ec.Ins. Publ., 2005. pp. 119–138.
2. Shorikov A.F. *Minimaksnoe otsenivanie i upravlenie v diskretnych dinamicheskich sistemach* [Minimax Estimation and Control in Discrete Dynamic Systems]. Ekaterinburg, Ural Un. Publ., 1997.
3. Shorikov A.F., Rassadina E.S. [Dynamic Optimization of Integrated Program Control of the Structure of the Commodity Range of the Enterprise] . *Regional Economy, Scientific Information and Analytical Economic Journal*, 2012, № 3(31), pp. 261–271. (in Russ.)

