

## Имитационная модель принятия решений и оценки экономической деятельности предприятия

© 2012 М.С. Суменков, С.М. Суменков, Н.Ю. Новикова  
Уральская государственная юридическая академия, г. Екатеринбург  
E-mail: kafedra\_itemeo@mail.ru

В статье предложена методика имитационного моделирования принятия управленческих решений при распределении имеющихся в распоряжении предприятия экономических и сырьевых ресурсов между предприятием и финансово независимыми структурными подразделениями, производящими конечный продукт.

*Ключевые слова:* имитационная модель, управление, экономическая эффективность, ресурсы.

Значительные трудности, связанные с особенностями экономико-математического моделирования и алгоритмизацией вычислительных процедур, часто встречаются при рассмотрении задачи согласования управленческих решений при распределении имеющихся в распоряжении компании (Центра) экономических и сырьевых ресурсов между финансово независимыми структурными предприятиями, производящими конечный продукт.

Наиболее адекватно такие задачи моделируются с помощью двухуровневой модели оптимизации, когда управленческие функции Центра моделируются в виде подсистемы верхнего уровня (модель Центра), а подсистемы, отражающие экономическую деятельность предприятий, находятся на втором, нижерасположенном уровне (см. рисунок).

$I = \{i : i \in I\}$  - множество ресурсов, распределяемых Центром среди предприятий (включая не только финансовые показатели, но и поставки ресурсов для переработки);

$a_{ijk}, b_{ij}^k, c_{ij}^k$  - удельные показатели, соответствующие использованию  $i$ -го ресурса на  $j$ -м предприятии при производстве  $k$ -го вида ресурса, себестоимость переработки  $k$ -го вида сырья на  $j$ -м предприятии, цены реализации  $k$ -го вида ресурса на  $j$ -м предприятии ( $i \in I, j \in J, k \in K$ );

$B_j$  - максимально возможные объемы переработки исходного сырья на  $j$ -м предприятии;

$S_j^\circ$  - условно-переменные затраты, связанные с приобретением, хранением, переработкой и реализацией товарной продукции на  $j$ -м предприятии;

$H_j$  - нижняя граница рентабельности экономической деятельности предприятия;

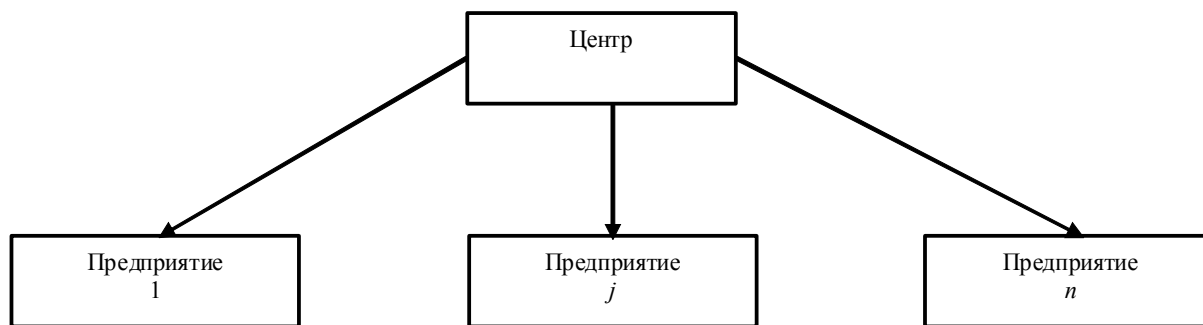


Рис. Двухуровневая модель оптимизации

Центр передает управляющие воздействия в виде выделяемых ресурсов нижестоящим подсистемам.

Построим экономико-математические модели всех подсистем, входящих в рассматриваемую задачу, на примере компании, осуществляющей переработку сырьевых (например, углеводородных) ресурсов, для чего введем следующие обозначения. Пусть  $\mathcal{J} = \{j : j \in \mathcal{J}\}$  - множество предприятий второго уровня иерархии;

$K = \{k : k \in K\}$  - множество видов сырьевых ресурсов, поставляемых на предприятие;

$D_i$  - объем  $i$ -го ресурса у Центра.

В качестве неизвестных в рассматриваемой постановке задачи будут выступать:

$X_{jk}$  - объемы переработки  $i$ -го ресурса  $k$ -го вида сырья на  $j$ -м предприятии;

$Y_{ij}$  - объемы выделяемого Центром  $i$ -го ресурса для  $j$ -го предприятия.

Тогда экономико-математическую модель экономической деятельности  $j$ -го предприятия можно выразить следующим образом. Найти

$$\max \left( \sum_{k \in K} C_{jk} X_{jk} - S_j \right) \quad (1)$$

при условиях:

$$\sum_{k \in K} X_{jk} \leq B_j, j \in \mathcal{F}; \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} a_{ijk} X_{jk} \leq y_{ij}, i \in I, j \in \mathcal{F}; \quad (3)$$

$$\sum_{k \in K} (b_{jk} X_{jk}) + S_j^0 = S_j, j \in \mathcal{F}; \quad (4)$$

$$\frac{\left( \sum_{k \in K} C_{jk} X_{jk} - S_j \right)}{\sum_{k \in K} C_{jk} X_{jk}} \geq H_j, j \in \mathcal{F}; \quad (5)$$

$$X_{jk}, Y_{ijk} \geq 0, i \in I, j \in \mathcal{F}, k \in K. \quad (6)$$

Здесь в качестве функции цели выступает суммарная величина прибыли от экономической деятельности  $j$ -го предприятия при фиксированных ценах на готовую продукцию. Ограничения (2) определяют возможные границы производства продуктов, ограничения (3) устанавливают связь между предприятием и Центром, ограничения (4) определяют суммарную себестоимость продукции предприятия, а условия (5) гарантируют, что рентабельность предприятия не опустится ниже заданного уровня.

Экономико-математическую модель Центра по распределению имеющихся у него ресурсов можно выразить следующим образом. Найти

$$\max \left\{ \sum_{j \in \mathcal{F}} \left( \sum_{k \in K} c_{jk} X_{jk} - S_j \right) \right\} \quad (7)$$

при условиях:

$$\sum_{j \in \mathcal{F}} Y_{ij} \leq D_i, i \in I \quad (8)$$

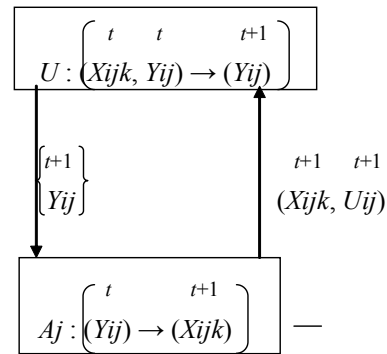
$$Y_{ij} \geq 0, i \in I, j \in \mathcal{F}. \quad (9)$$

Несмотря на кажущуюся простоту сформулированных оптимизационных задач, к настоящему времени не разработано достаточно эффективных (по сравнению, например, с симплекс-методом) алгоритмов согласования их решений.

Среди алгоритмов решения подобного рода задач, разработанных к настоящему времени<sup>1</sup>, наиболее приемлемым, по мнению авторов, является итерационный алгоритм, предложенный в<sup>2</sup>. Этот алгоритм исходит из того факта, что по смыслу самой постановки задачи ее решение должно носить децентрализованный характер и основываться на организации некоторой итерационной процедуры обмена информацией между блоками разных уровней системы. Каждый шаг должен быть сопряжен с пересмотром парамет-

ров  $Y_{ij}$  и передачей некоторой информации от задачи верхнего уровня задачам нижнего уровня, и наоборот.

Применительно к конкретным условиям процедура согласования управленческих решений может быть отражена в следующей схеме:



Организуется итерационная вычислительная процедура;  $t$  - номер итерации; последовательно решаются задачи Центра и предприятий по формированию управленческих решений; происходит обмен информацией, причем существенную роль

играют двойственные оценки  $\left\{ U_{ij}^t \right\}$ , получаемые

при решении задач второго уровня и указывающие направления изменения  $Y_{ij}$  в задаче Центра. Подобные вычислительные процедуры характеризуются медленной сходимостью и большими объемами вычислений. Вместе с тем следует отметить, что данная постановка задачи существенно опирается на следующие два предположения:

- 1) все ограничения в задаче линейные;
- 2) цены на готовую продукцию  $C_{ij}$  являются фиксированными.

Оба указанных предположения не всегда справедливы; чем больше временной интервал, характеризующий охват выработки управленческих решений, тем больше расхождения между модельным представлением и реальностью. Например, удельная себестоимость переработки существенно зависит от объемов переработки и используемых ресурсов

$$b_{jk} = f_{jk}(X_{j,k}, y_{ij}), S_j^0 = f_j^0(X_{jk}, Y_{ij}).$$

Вычислительные трудности, связанные с получением оптимальных решений, и необходимость достижения адекватности при построении экономико-математических моделей вынуждают, наряду с оптимизационными процедурами, использовать другой принцип моделирования - имитационное моделирование, которое в настоящее время достаточно широко применяется<sup>3</sup>.

Таким образом, можно утверждать, что для выработки оптимальных управляющих решений необходимо использовать как оптимизационные, так и имитационные процедуры, согласовывая их решения. Каждая из этих процедур обладает как своими достоинствами, так и своими недостатками, которые необходимо четко сформулировать и полностью учитывать при интерпретации результатов решений в каждом конкретном случае<sup>4</sup>.

Для рассматриваемой задачи основными достоинствами экономико-математического моделирования с использованием процедуры оптимизации являются:

1) возможность в рамках сформированных моделей оценить всю совокупность рассматриваемых решений по обоснованию управленческих процедур и выбрать среди них наилучший вариант;

2) с помощью аппарата двойственных оценок выявление (без пересчета задач) тенденции изменения экономических показателей, оцениваемых принимаемые управленческие решения, при вариации основных технико-экономических параметров предприятия в определенных границах;

3) обоснованность оптимальности значений некоторых основных параметров производства (например, объемы приобретения различных видов сырья для переработки, прикрепление поставщиков к потребителям и др.) без использования методики оценки вариантов;

4) возможность осуществления анализа управляющих решений в условиях вариации внешних и внутренних факторов без изменения структуры экономико-математических моделей (например, включение в рассмотрение новых поставщиков сырья).

Однако методика экономико-математического моделирования на основе использования методов оптимизации имеет и ряд существенных недостатков, к которым следует отнести следующее:

1) неформализуемость в рамках достаточно простых моделей некоторых технологических и экономических особенностей функционирования предприятий;

2) оперирование в основном усредненными экономическими и производственными показателями, что иногда может приводить к невозможности реализации вырабатываемых моделей управленческих решений;

3) для моделей рассматриваемого класса (многоуровневые модели оптимизации) трудоемкость процедуры получения оптимальных решений, требующей еще разработки эффективных вычислительных алгоритмов.

К достоинствам имитационного моделирования экономической деятельности предприятия можно отнести следующие:

1) достаточно полный учет реально существующих производственных и экономических особенностей функционирования данного предприятия<sup>5</sup>;

2) достаточно простой и более точный подсчет основных технико-экономических показателей, оценивающих количество и качество выпускаемой продукции непрерывно, по мере временного функционирования предприятия;

3) оперирование более достоверной исходной технико-экономической информацией;

4) возможность достаточно просто учитывать эвристические предложения по формированию управляющих решений на всех стадиях процесса управления экономической и производственной деятельностью предприятия.

Основным и наиболее существенным недостатком методов имитационного моделирования является нереальность оценки всей гипотетической совокупности возможных решений, так как в основе этих методов лежит вариантный способ поиска наилучших решений. Можно предложить процедуру направленного перебора вариантов, но в силу многообразия возможных комбинаций взаимодействия основных технико-экономических факторов, определяющих особенности функционирования предприятия, нет уверенности в том, что в конечном счете будет достигнут абсолютный оптимум. Поэтому целесообразно использование данных двух наиболее разработанных методов экономико-математического моделирования с согласованием их решений, что компенсирует их недостатки и позволяет в конечном счете получать практические реализуемые оптимальные управленческие решения в реальном масштабе времени.

Как одна для реализации имитационной модели выработки управляющих решений данной задачи может быть использована следующая форма: модель  $j$ -го предприятия:

$$P_j = \sum_{k \in K} C_{jk} X_{jk} - S_j, \quad j \in \mathcal{E}; \quad (10)$$

$$\sum_{k \in K} X_{jk} \leq B_j, \quad j \in \mathcal{E}; \quad (11)$$

$$\sum_{k \in K} a_{ijk} X_{jk} \leq y_{ij}, \quad i \in I, \quad j \in \mathcal{E}; \quad (12)$$

$$\sum_{k \in K} (b_{jk} X_{jk}) + S_j^p = S_j, \quad j \in \mathcal{E}; \quad (13)$$

$$\left( \frac{\sum_{k \in K} C_{jk} X_{jk} - S_j}{\sum_{k \in K} C_{jk} X_{jk}} \right) \geq H_j, \quad j \in \mathcal{E}; \quad (14)$$

$$X_{jk}, y_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J, k \in K. \quad (15)$$

Имитационная модель принятия управленческих решений и оценки экономической деятельности предприятия в целом (Центра) выглядит следующим образом:

$$\sum_{j \in J} P_j = P; \quad (16)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} \leq D_i, i \in I; \quad (17)$$

$$y_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J. \quad (18)$$

При использовании данных имитационных моделей отсутствует процедура оптимизации.

В качестве процедуры оценки результатов принятия конкретных вариантов управленческих решений использовались имитационные экономико-математические модели с элементами локальной оптимизации. Результатом решения по такой модели будет одно или ряд значений основных экономических параметров, оценивающих экономическую деятельность предприятия, например, величина прибыли, получаемая предприятием при реализации конкретного варианта управленческих решений в конкретных условиях.

Подобные задачи, как правило, необходимо решать с использованием компьютерных советующих систем оценки управленческих решений. В состав советующих систем, кроме систем, предназначенных для поддержки принятия управленческих решений, входят также и системы поддержки исполнения решений, необходимые для реализации этапа исследования эффективности

принимаемого варианта управленческих решений. Их основными задачами являются следующие:

1) формирование перечня конкретных действий, необходимых для реализации конкретных рекомендаций, выработанных системой поддержки принятия решений;

2) прогнозирование поведения предприятия в зонах неопределенности вариации существенных параметров, обуславливающих эффективность его функционирования;

3) оценка степени риска достижения поставленных экономических целей при реализации принятых управленческих решений, что в определенной степени будет характеризовать адекватность системы формирования управленческих решений реальному процессу экономического функционирования предприятия.

Информационное поле принятия решений обычно включает как информацию о внешней среде, так и внутреннюю, функционирующую в системе поддержки принятия решений.

<sup>1</sup> Багриновский К.А., Егорова Н.Е. Имитационные системы в планировании экономических объектов. М., 1980.

<sup>2</sup> Килдишев Г.С., Френкель А.А. Анализ временных рядов и прогнозирование. М., 1973.

<sup>3</sup> Шеннон Р. Имитационное моделирование систем - искусство и наука. М., 1978.

<sup>4</sup> Алтатова Л.А. Факторные и дискриминантные модели для диагностики экономического состояния предприятия // Экон. науки. 2010. № 12. С. 389 - 397.

<sup>5</sup> Там же.

Поступила в редакцию 04.02.2012 г.