

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.024](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.024)

## ОПТИМИЗАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Я.Е. Львович<sup>1</sup>, Б.А. Чернышов<sup>1</sup>, О.Н. Чопоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация*

<sup>2</sup>*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,*

*Российская Федерация*

<sup>2</sup>*e-mail: [choporov\\_oleg@mail.ru](mailto:choporov_oleg@mail.ru)*

**Резюме:** В статье рассматривается последовательность действий по формированию оптимизационной модели и алгоритма интеллектуальной поддержки процесса рейтингового управления распределением ресурсного обеспечения в организационной системе. Структура системы рейтингового управления определяется набором признаков, позволяющих установить последовательность частных задач управления, которые образуют единый цикл принятия решений. Оптимизационная модель формирует экстремальные и граничные требования при согласовании интересов управляющего центра системы и администрации входящих в нее объектов при распределении ресурсного обеспечения, которое выделено на каждое направление деятельности, способствующее изменению показателей эффективности для улучшения позиции объекта в рейтинге. Объединение формализованных требований приводит к блочной задаче линейного программирования. Алгоритм интеллектуальной поддержки основан на игровом подходе к решению блочной задачи линейного программирования. С этой целью осуществлен переход к векторно-матричной форме записи прямой и двойственной задач линейного программирования и итерационному поиску седловой точки функции Лангража с предварительным разделением матрицы коэффициентов и вектор ограничений на две части.

**Ключевые слова:** организационная система, рейтинговое управление, оптимизация, интеллектуальная поддержка, линейное блочное программирование.

**Для цитирования:** Львович Я.Е., Чернышов Б.А., Чопоров О.Н. Оптимизационная модель и алгоритм интеллектуальной поддержки процесса управления распределением ресурсного обеспечения в организационной системе. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2019;7(4). Доступно по: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/LvovichSoavtori\\_4\\_19\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/LvovichSoavtori_4_19_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.024

## OPTIMIZATION MODEL AND INTELLECTUAL SUPPORT ALGORITHM FOR MANAGEMENT THE RESOURCE MANAGEMENT DISTRIBUTION IN THE ORGANIZATIONAL SYSTEM

Y.E. Lvovich<sup>1</sup>, B.A. Chernyshov<sup>1</sup>, O.N. Choporov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation*

<sup>2</sup>*Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation*

**Abstract:** The article discusses the sequence of actions for the formation of an optimization model and an algorithm for intellectual support of the process of rating management of the distribution of resource support in the organizational system. The structure of the rating management system is determined by a set of features that make it possible to establish a sequence of particular management tasks that form a single decision-making cycle. The optimization model forms extreme and boundary requirements when coordinating the interests of the system's managing center and the administration of its facilities in the distribution of resource support, which is allocated to each area of activity, contributing to a change in performance indicators to improve the facility's position in the rating. Combining formalized

requirements leads to the block task of linear programming. The intellectual support algorithm is based on a game approach to solving the block problem of linear programming. To this end, a transition was made to the vector-matrix form for writing direct and dual linear programming problems and iteratively searching for the saddle point of the Lagrangian function with preliminary separation of the coefficient matrix and the constraint vector into two parts.

**Keywords:** organizational system, rating management, optimization, intellectual support, linear block programming.

**For citation:** Lvovich Y.E., Chernyshov B.A., Choporov O.N. Optimization model and intellectual support algorithm for management the resource management distribution in the organizational system. *Modeling, optimization and information technology*. 2019;7(4). Available by: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/LvovichSoavtori\\_4\\_19\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/LvovichSoavtori_4_19_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.024 (In Russ.).

### Введение

В условиях интенсификации процесса цифровой трансформации во всех социальных сферах созданы предпосылки для использования при управлении организационными системами различных форм рейтингового оценивания эффективности их функционирования [1].

В работе с использованием рейтинговых оценок организационных систем предлагается управлять не только эффективностью функционирования в календарные периоды  $t = \overline{1, T}$  проведения мониторингов и рейтингования организаций, но и в последующие периоды  $t_1 = \overline{T + 1, T_1}$  ее развития с выходом на более высокие позиции в рейтингах.

Рассмотрим организационную систему, в которой под административным руководством управляющего центра объединены однотипные объекты (образования, здравоохранения, банковского сектора и т. п.). Управляющий центр определяет цели эффективного функционирования на периоды  $t = \overline{1, T}$  и развития на будущие периоды  $t_1 = \overline{T + 1, T_1}$  объектов и регулирует распределение между ними ресурсного обеспечения. В последнее время распространенной оценкой эффективности функционирования объектов стали их рейтинги  $r_i, i = \overline{1, I}$  [2]. Под рейтинговым управлением  $i$ -м объектом организационной системы будем понимать процесс принятия решений управляющим центром и администрацией объекта, позволяющий обеспечить эффективность функционирования и определить условия развития на основе анализа результатов, полученных в рамках определенной системы рейтингования с дополнительным использованием данных мониторинга [3].

### Структура системы рейтингового управления.

Реализация процессов рейтингового управления зависит от ряда классификационных признаков систем рейтингования и управления, влияющих на возможности интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.

Систему рейтингования охарактеризуем следующим набором признаков.

1. Организатор рейтингования: управляющий центр, внешняя организация (рейтинговое агентство).
2. Учет направлений (нумерационное множество  $l = \overline{1, L}$ ) функционирования и развития объектов рейтингового оценивания: глобальная рейтинговая оценка ( $r_i$ ), тематические рейтинговые оценки ( $r_{il}$ ).
3. Механизм формирования рейтинговой последовательности объектов: по максимальному значению интегральной оценки, с учетом весомости каждого

детализированного показателя, соразмерности детализированных показателей при сопоставлении объектов, экспертных приоритетов, отклонений базовых значений.

4. Для системы рейтингового управления будем учитывать следующие классификационные признаки.
5. Форма реализации процесса принятия управленческих решений: административная, с элементами интеллектуальной поддержки.
6. Характер ресурсного обеспечения: основной деятельности, развития.
7. Вид управляющего воздействия на показатели эффективности функционирования: распределение ресурсного обеспечения между режимами основной деятельности и развития, распределение ресурсного обеспечения между действиями по изменению условий развития.
8. Количество систем рейтингования, используемое для оценивания эффективности: монорейтинговое, мультирейтинговое.
9. Источник информационного обеспечения: рейтинговое оценивание  $(r_i)$ ,  $(r_{il})$ , мониторинговое оценивание  $(y_{ijl}, j_l = \overline{1, J_l})$  – нумерационное множество детализированных показателей по  $l$  – му направлению).
10. Количество периодов рейтингования при формировании информационного обеспечения: многопериодное, с ограниченным числом периодов.

Определение последовательности частных задач управления, образующих единый процесс принятия решений при рейтинговом управлении, осуществляется в соответствии с последовательным выделением доминирующих признаков либо некоторых комбинаций признаков. Первым доминирующим признаком является признак 6, приводящий к двум задачам: управление ресурсным обеспечением, управление условиями развития. С учетом признака 5 первая задача разделяется на: управление ресурсным обеспечением основной деятельности  $(V_i^o)$  и ресурсным обеспечением развития  $(V_i^p)$ . С учетом признака 2 вторая задача разделяется на: управление условиями развития на основе глобальной рейтинговой оценки, управление условиями развития на основе тематических рейтинговых оценок  $(V_{il}^p)$ . Остальные признаки определяют дополнительные особенности перечисленных задач управления, взаимодействие которых показано на структурной схеме (Рисунок).

Непосредственно процесс принятия управленческих решений согласно пункту 4 реализуется либо на основе экспертных оценок администрации управляющего центра и объектов организационной системы, либо на основе сочетания экспертных оценок и формализованных оценок интеллектуальной поддержки [4]. Предлагается в качестве основных методов обеспечения интеллектуальной поддержки административных управленческих решений использовать информационные технологии моделирования и оптимизации [5].

### Оптимизационная модель интеллектуальной поддержки.

Обратимся к формированию оптимизационной модели интеллектуальной поддержки управления распределением ресурсного обеспечения управляющего центра  $V$  между режимами функционирования и развития  $i = \overline{1, I}$  объектов, входящих в организационную систему. При этом целью управления для системы будем считать минимизацию суммарных затрат на реализацию  $n = \overline{1, N}$  направлений основной деятельности с объемной характеристикой результатов этой деятельности для  $i$  –го объекта  $-x_{in} \geq 0$  и стоимостью каждого такого результата  $-c_{in}$ :

$$\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in} x_{in} \rightarrow \min \quad (1)$$



Рисунок – Структурная схема рейтингового управления функционированием и развитием организационной системы

Figure – Block diagram of the rating management of the functioning and development of the organizational system

Достижение этой цели должно соответствовать в первую очередь граничным требованиям ресурсного обеспечения на уровне системы по  $n$ -му направлению деятельности. Управляющий центр планирует, что к ресурсному обеспечению  $V_n, n = \overline{1, N}$ , полученному при распределении предварительного интегрального ресурса  $V$ , возможно привлечение дополнительных средств по программам развития. Поэтому устанавливает объектам организационной системы право превысить уровень  $V_n, n = \overline{1, N}$ .

Тогда в формализованном виде ограничение запишется

$$\sum_{i=1}^I v_{in} x_{in} \geq V_n, n = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где  $v_{in}$  – пересчетный коэффициент расходования  $i$  –м объектом  $n$  –го ресурса на единицу  $i$  –го результата деятельности.

Во-вторых, каждый  $i$  –й объект оценивает потребность в ресурсном обеспечении  $\hat{V}_i$  и стремится создать условия для экономии его расходования при реализации  $n = \overline{1, N}$  направлений деятельности.

В формализованном виде это означает необходимость выполнения следующего ограничения

$$\sum_{n=1}^N v_{in} x_{in} \leq \hat{V}_i, i = \overline{1, I}. \quad (3)$$

Объединяя критерий (1) и ограничениями (2), (3), получаем оптимизационную модель блочного линейного программирования [6]

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N c_{in} x_{in} \rightarrow \min, \\ & \sum_{i=1}^I v_{in} x_{in} \geq V_n, n = \overline{1, N}, \\ & \sum_{n=1}^N v_{in} x_{in} \leq \hat{V}_i, i = \overline{1, I}. \end{aligned} \quad (4)$$

После получения решения блочной задачи программирования (4) [6]  $x_{in}^*, i = \overline{1, I}, n = \overline{1, N}$  управляющий центр определяет ресурсное обеспечение на реализацию основной деятельности и развитие для каждого  $i$  –го объекта

$$V_i^0 = \sum_{n=1}^N c_{in} x_{in}^*, i = \overline{1, I}. \quad (5)$$

$$V_i^p = \left( \hat{V}_i - \sum_{n=1}^N v_{in} x_{in}^* \right) + V_i^g, \quad (6)$$

где  $V_i^g$  – дополнительный ресурс, выделяемый управляющим центром  $i$  –му объекту в случае его участия в программе развития системы.

### Алгоритм интеллектуальной поддержки процесса рейтингового управления

Предлагается реализовать интеллектуальную поддержку процесса рейтингового управления с использованием игрового алгоритма решения блочной задачи линейного программирования (4) [6]. С этой целью сформируем игру, эквивалентную оптимизационной задаче (4), на основе способа сведения пары прямой и двойственной задач линейного программирования к игре двух лиц с нулевой суммой. Перейдем к векторно-матричной форме записи оптимизационной задачи с целевой функцией (1) и ограничениями (2), (3) при неотрицательных значениях вектора оптимизируемых переменных прямой ( $x$ ) и двойственной ( $y$ ) задач

$$x = \begin{pmatrix} x_{11} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{1N} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{i1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{iN} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{I1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{IN} \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} y_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_i \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_I \end{pmatrix}.$$

Прямая задача

$$c^T x \rightarrow \max, v_x \leq V, x \geq 0, \tag{7}$$

двойственная задача

$$V^T y \rightarrow \min, v^T y \geq c, y \geq 0, \tag{8}$$

где  $v$  – матрица, элементами которой являются коэффициенты  $v_{in}$ ,

$V$  – вектор ограничений с координатами  $V_n, V_i$ ;

$c^T, V^T, v^T$  – транспонированные векторы и матрица.

Зададим дополнительные ограничения на множестве допустимых решений задачи (7)

$$X = \{x_{in} | 0 \leq x_{in} \leq h'_{in}\}, \tag{9}$$

задачи (8)

$$Y = \{y_i | 0 \leq y_i \leq h''_{in}\}, \tag{10}$$

где  $h'_{in}, h''_{in}$  – достаточно большие компоненты векторов  $x$  и  $y$ .

Рассмотрим решения задач (7), (8) как решение игры с платежной функцией (функцией Лангража [5])

$$L(x, y) = c^T x + V^T y - yvx \tag{11}$$

и множествами стратегий  $X$  и  $Y$ .

Преобразуем функцию (11), разделив матрицу  $v$  и вектор  $V$  в соответствии с ограничениями (2), (3) на две части:

$$v = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}, V = \begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix}.$$

Платежная функция эквивалентной игры имеет вид

$$L(x, y) = c^T x + V_1^T y - yv_1 x, \quad (12)$$

а множество стратегий

$$X = \{x_{in} | 0 \leq x_{in} \leq h'_{in}, v_2 x \leq V_2\} \quad (13)$$

$$Y = \{y_i | 0 \leq y_i \leq h''_i\}. \quad (14)$$

Поскольку область  $v_2 x \leq V_2$  ограничена, множество стратегий первого игрока точно соответствует (12).

Для решения игры (12) – (14) используем итерационную процедуру поиска седловой точки функции Лагранжа  $x^*, y^*$  с номерами шагов  $k = 1, 2, \dots$  [5]

$$\begin{aligned} x^{k+1} &= (1 - \lambda^{k+1})x^{k+1} + \lambda^{k+1}\bar{x}(y), \\ y^{k+1} &= (1 - \lambda^{k+1})y^{k+1} + \lambda^{k+1}\bar{y}(x), \end{aligned} \quad (15)$$

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \lambda^k \rightarrow 0, \sum_{k=1}^{\infty} \lambda^k = \infty, 0 \leq \lambda^k \leq 1, \quad (16)$$

где условиям (16) для выбора величины  $\lambda^k$  соответствует гармонический числовой ряд, то есть  $\lambda^k \sim \frac{1}{k}$ :

составляющие  $\bar{x}_n, n = \overline{1, N}$  оптимального ответа первого игрока  $\bar{x}(y)$  вычисляются по формуле

$$\bar{x}_n(y) = \begin{cases} x_n^*: \max[(yv_1 - c)x | v_2 x \leq V_2] \text{ при } (yv_1 - c)_n > 0, \\ 0 & \text{при } (yv_1 - c)_n \leq 0, \end{cases} \quad n = \overline{1, N}; \quad (17)$$

составляющие  $\bar{y}_i, i = \overline{1, I}$  оптимального ответа второго игрока вычисляются по формуле

$$\bar{y}_n(x) = \begin{cases} h''_i \text{ при } (V_1 - v_1 x)_i > 0, \\ 0 \text{ при } (V_1 - v_1 x)_i \leq 0, \end{cases} \quad i = \overline{1, I}. \quad (18)$$

### Заключение

Учет классификационных признаков рейтингового управления объектами организационной системы позволяет выделить в структуре управления ряд задач, связанных с распределением ресурсного обеспечения, которые требуют интеллектуальной поддержки принятия решений на основе оптимизационного подхода. Одной из таких задач является задача распределения ресурсного обеспечения, выделяемого управляющим центром организационной системы, между режимами функционирования и развития объектов по основным видам деятельности. В качестве оптимизационной модели, адекватной постановке задачи, рассматривается формализация в виде блочной задачи линейного программирования. Такая модель позволяет при одном критерии оптимизации осуществить интеллектуальную поддержку принятия решений по согласованию за счет ограничений интересов управляющего центра и объектов организационной системы. Эффективным алгоритмом определения оптимального решения является итерационная процедура поиска седловой точки функции Лагранжа, которая рассматривается в виде платежной функции игры, эквивалентной сформированной модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Физматлит, 2007:584.
2. Витминский В.В. Анализ, оценка и моделирование экономического рейтинга. К.: ДЕМИУР. 2006:216.
3. Дуканич В.В. Рейтинговое управление экономическими системами и процессами: концепция и некоторые результаты применения. Экономический вестник Ростовского госуниверситета. 2005;3(3):83-91.
4. Львович Я.Е. Принятие решений в экспертно-виртуальной среде. Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2010.
5. Львович И.Я. Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения. Воронеж: ИПЦ «Научная книга». 2016:444.
6. Юдин Д.Б. Экстремальные модели в экономике. Экономика. 1979:288.

## REFERENCES

1. Novikov D.A. Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami. 2-ye izd. M.: Fizmatlit, 2007: 584.
2. Vitminskiy V.V. Analiz, otsenka i modelirovaniye ekonomicheskogo reytinga. K.: DEMIUR. 2006:216.
3. Dukanich V.V. Reytingovoye upravleniye ekonomicheskimi sistemami i protsessami: kontseptsiya i nekotoryye rezul'taty primeneniya. Ekonomicheskiy vestnik Rostovskogo gosuniversiteta. 2005;3(3):83-91.
4. L'vovich YA.Ye. Prinyatiye resheniy v ekspertno-virtual'noy srede. Voronezh: IPTS «Nauchnaya kniga», 2010
5. L'vovich I.YA. Informatsionnyye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya. Voronezh: IPTS «Nauchnaya kniga». 2016:444.
6. Yudin D.B. Ekstremal'nyye modeli v ekonomike. Ekonomika. 1979:288.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Львович Яков Евсеевич**, доктор техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.  
ORCID: [0000-0002-7051-3763](https://orcid.org/0000-0002-7051-3763)

**Yakov E. Lvovich**, Prof. Dr. Tech. Sc., Honored Scientist of Russia, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

**Чернышов Борис Александрович**, аспирант, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.

**Boris A. Chernyshov**, P.G., Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russian Federation.

**Чопоров Олег Николаевич**, доктор техн. наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.  
ORCID: [0000-0002-3176-499X](https://orcid.org/0000-0002-3176-499X)

**Oleg N. Choporov**, Prof. Dr. Tech. Sc., Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation.