

Львович Яков Евсеевич

доктор технических наук, профессор, президент Воронежского института высоких технологий, город Воронеж. SPIN-код: 9029-3251, Author ID: 100464

Электронный адрес: ylvovich@icloud.com

Yakov E. L'vovich

Doctor of Technical Sciences, Full Professor, President of the Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh. SPIN-code: 9029-3251, Author ID: 100464

E-mail address: ylvovich@icloud.com

Шевырева Елена Александровна

аспирант, Воронежский институт высоких технологий, город Воронеж. SPIN-код: 2677-6828, Author ID: 1296424

Электронный адрес: koluch_ledi@mail.ru

Elena A. Shevyreva

Postgraduate, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh. SPIN-code: 2677-6828, Author ID: 1296424

E-mail address: koluch_ledi@mail.ru

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ПОСТАВКАМИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРТНО-ОПТИМИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. Статья посвящена разработке алгоритмического обеспечения для интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе экспертно-оптимизационного моделирования. Показано, что необходимая исходная информация для процесса управления определяется количественными характеристиками связей при взаимодействии управляющего центра с объектами организационной системы в рамках структурной модели. Охарактеризована проблемно-ориентированная направленность экспертно-оптимизационного моделирования с учетом особенностей исследуемой сложной системы. Предложено формировать процесс интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений путем алгоритмизации последовательности действий экспертов и формализованных процедур. Первый этап этих действий направлен на структуризацию исходной информации для возможности ее эффективного использования при экспертном оценивании и поиске оптимального решения. Обоснована целесообразность получения экспертных оценок и организации поиска в рамках требований задачи оптимизации с использованием комбинированных процедур. Рассмотрены алгоритмические действия при проведении индивидуального и группового экспертного анализа исходной информации с целью получения параметров граничных и экстремальных требований в задачах многоальтернативной оптимизации. Предложена алгоритмическая схема комбинации направленного рандомизированного поиска на множестве альтернативных оптимизируемых переменных и генетического алгоритма, определяющая условия чередования поисковых циклов итерационного процесса оптимизации с переходом после выполнения условия останова к трансформации результатов в управленческое решение по определению для каждого объекта лучших поставщиков.

Ключевые слова: организационная система, управление, принятие управленческих решений, экспертное оценивание, многоальтернативная оптимизация, генетические алгоритмы.

Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе экспертно-оптимизационного моделирования

Для цитирования: Львович Я.Е., Шевырева Е.А. Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе экспертно-оптимизационного моделирования // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ, управление. 2025. № 4. С. 54 – 65. DOI: 10.18137/RNUV9187.25.04.P.54

ALGORITHMIZATION OF MANAGERIAL DECISION-MAKING IN AN ORGANIZATIONAL SYSTEM WITH ALTERNATIVE SUPPLIERS BASED ON EXPERT-OPTIMIZATION MODELING

Abstract. The article addresses the development of algorithmic software for the intelligent support of managerial decision-making in an organizational system with alternative supplies, based on expert-optimization modeling. It is shown that the necessary initial information for the management process is determined by the quantitative characteristics of the connections in the interaction between the management center and the objects of the organizational system within the structural model. The problem-oriented focus of expert-optimization modeling, considering the features of the complex system under study, is characterized. It is proposed to form the process of intelligent support for managerial decision-making by algorithmizing the sequence of expert actions and formalized procedures. The first stage of these actions is aimed at structuring the initial information to enable its effective use in expert evaluation and the search for an optimal solution. The expediency of obtaining expert assessments and organizing the search within the requirements of the optimization problem using combined procedures is substantiated. The article considers algorithmic actions for conducting individual and group expert analysis of the initial information with the aim to obtain parameters for boundary and extreme requirements in multi-alternative optimization problems. An algorithmic scheme combining directed randomized search on the set of alternative optimized variables and a genetic algorithm is proposed. This scheme defines the conditions for alternating the search cycles of the iterative optimization process, with a transition – after meeting the stopping condition – to transforming the results into a managerial decision for determining the best suppliers for each object.

Keywords: organizational system, management, managerial decision-making, expert evaluation, multi-alternative optimization, genetic algorithms.

For citation: L'vovich Ya.E., Shevyreva E.A. (2025) Algorithmization of managerial decision-making in an organizational system with alternative suppliers based on expert-optimization modeling. *Vestnik of Russian New University. Series: Complex Systems: Models, analysis, management.* No. 4. Pp. 54– 65. DOI: 10.18137/RNUV9187.25.04.P.54 (In Russian).

Введение

Функционирование целого ряда организационных систем включает в себя процесс передачи результатов деятельности внешних систем, что требует при управлении согласования межсистемных действий [1]. Эффективность управления существенно повышается, если взаимодействие осуществляется на уровне цифровых данных о продуктах [2]. Указанный процесс передачи результатов составляет главную особенность некоторого класса организационных систем с альтернативными поставками [3]. Одним из типичных представителей такого класса являются организации строительного профиля [4], управление которыми осуществляется на базе платформ автоматизации [5]. Такие платформы представляют собой первый этап цифровой трансформации организаций нового поколения [6].

В условиях активной цифровизации управление в организационных системах на основе цифровых технологий [7] обеспечивает возможность перехода от традиционного использования данных о функционировании организации для принятия экспертных решений управляющим центром к интегрированному механизму экспертного оценивания и алгоритмических действий на основе формализованных моделей. В работе [8] показано, что такой механизм целесообразно реализовать на основе экспертно-оптимизационного моделирования. Разнообразие интеграционных процедур алгоритмизации принятия управлеченческих решений рассмотрено в [9]. Однако предложенные алгоритмические схемы имеют инвариантный характер для различных классов сложных систем и не учитывают ряд особенностей организационных систем с альтернативными поставками, влияющих на выбор конкретной процедуры либо их комбинаций: разнообразие цифровых данных, многокритериальность оценок, группирование объектов по однородным составляющим поставок, структурная связанность основной и внешних организационных систем.

Цель исследования – разработка проблемно-ориентированных алгоритмических процедур, обеспечивающих интеграцию исходных цифровых данных и комбинированных реализаций экспертных оценок и поисковых схем на основе оптимизационных моделей в едином цикле принятия управлеченческих решений.

Для достижения поставленной цели в статье решены следующие задачи:

- разработка комбинированной процедуры экспертного оценивания при формировании оптимизационных моделей;
- разработка алгоритмической процедуры принятия управлеченческого решения на основе комбинированной схемы поиска в соответствии с оптимизационной моделью.

Формирование комбинированной процедуры экспертного оценивания

Интеграция исходных данных о характеристиках объектов организационной системы с альтернативными поставками, экспертных оценок путем их отражения в экстремальных и граничных требованиях задачи оптимизации управления выполняется в процессе формирования оптимизационной модели.

Влияние исходных данных на процесс принятия управлеченческих решений оценивается на основе структурной модели исследуемой системы, приведенной на Рисунке 1.

В структурной модели использованы следующие обозначения для характеристики взаимодействия управляющего центра с объектами организационной системы с альтернативными поставками:

Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе эксперто-оптимизационного моделирования

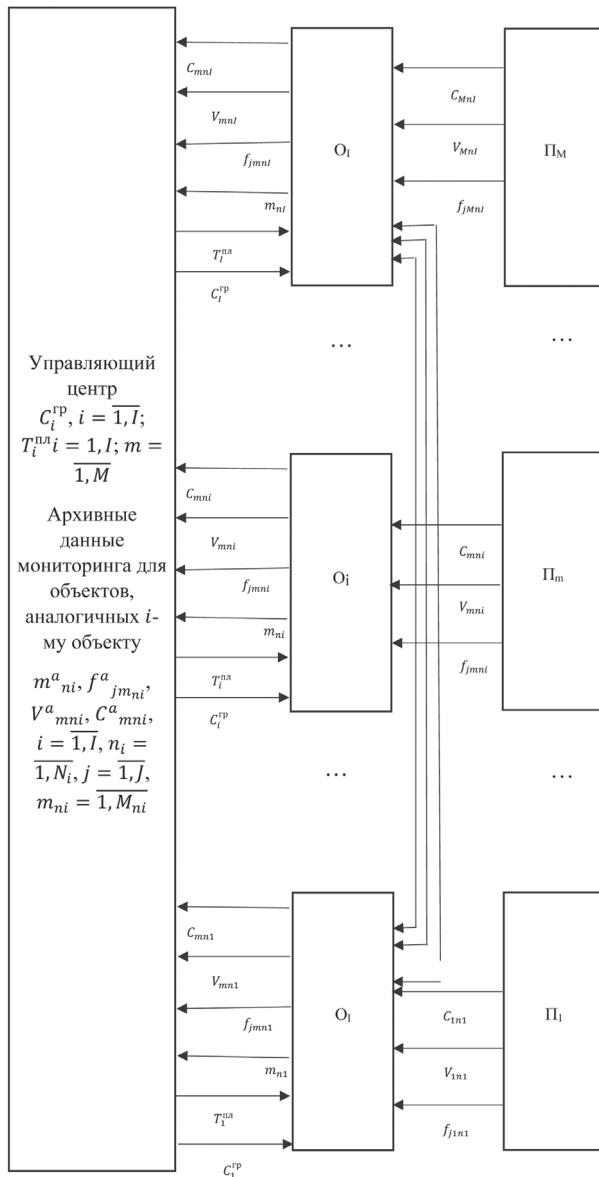


Рисунок 1. Структурная модель взаимодействия управляющего центра с объектами организационной системы

Источник: здесь и далее рисунки выполнены авторами.

О – обозначение объекта основной системы;

П – обозначение объекта-поставщика;

$i = \overline{1, I}$ – нумерационное множество основных объектов;

$m = \overline{1, M}$ – нумерационное множество основных объектов-поставщиков;

$n = \overline{1, N}$ – нумерационное множество основных номенклатурных единиц, определяющее поставки в основную систему;

$n_i = \overline{1, N_i}$ – нумерационное множество номенклатурных единиц, необходимое для функционирования деятельности среды i -го объекта; $\bigcup_{i=1}^I \overline{1, N_i} = \overline{1, N}$;

$m_{ni} = \overline{1, M_{ni}}$ – нумерационное множество альтернативных поставщиков, обеспечивающих n -ю номенклатурную единицу i -му объекту;

$j = \overline{1, J}$ – нумерационное множество показателей, характеризующее эффективность поставок;

f_{jmn} – значение j -го показателя при поставке n -й номенклатурной единицы в деятельность среду i -го объекта m -м поставщиком;

V_{mni} – объем поставки i -му объекту m -м поставщиком n -й номенклатурной единицы;

C_{mni} – стоимость поставки i -му объекту n -й номенклатурной единицы m -м поставщиком.

Управляющий центр задает требования для каждого объекта O_i , $i = \overline{1, I}$ – интегральные затраты C_i^{sp} , сроки выполнения T_i^{pl} – и структурирует архивные данные для объектов, аналогичных i -му объекту, в предыдущие плановые периоды выполнения работ в деятельности среде.

Охарактеризованная исходная информация используется для организации предварительных этапов выбора и окончательного принятия управленческого решения. Предварительные этапы направлены на сокращение размерности множества альтернативных вариантов: редуцированное множество, множество доминирующих решений и др. Для оценивания исходной информации и промежуточной информации на предварительных и окончательном этапах принятия решения предполагается сформировать комбинированную процедуру экспертного анализа.

Первый шаг этой процедуры связан с редукционной оптимизационной моделью

$$\begin{aligned} & \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N z_{mn} \rightarrow \min, \\ & \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N b_{mj} z_{mn} \geq m_j^o, j = \overline{1, J}, \\ & z_{mn} = \begin{cases} 1, & m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}. \\ 0 & \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

В этой модели:

$$z_{mn} = \begin{cases} 1, & \text{если поставка } m \text{-го поставщика включается в редукционное множество} \\ & \text{для } n\text{-ой номенклатурной единицы,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$b_{mj} = \begin{cases} 1, & \text{если поставка } m \text{-го поставщика включается в редукционное множество} \\ & \text{для } j\text{-ой номенклатурной единицы,} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

m_j^o – минимальное количество поставщиков в рамках редукционного множества, для которых выполняются требования управляющего центра по j -му показателю.

Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе эксперто-оптимизационного моделирования

Оценки b_{mj} и m_j^o в модели (1) являются экспертными. Для их получения управляющий центр формирует группу $d = \overline{1, D}$ экспертов. Каждый из них задает свои значения элементов матрицы b_{mjd} и m_j^o . Согласованный вариант вырабатывается путем организации переговорного процесса с использованием цифровой технологии [10].

Второй шаг комбинированной экспертной процедуры направлен на выполнение второго предварительного этапа – формирования доминирующего множества на базе редукционного множества вариантов с использованием следующей оптимизационной модели:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{j=2}^6 a_j \Phi_{ji} (f_j(x_{m_i})) \rightarrow \max, \quad j = \overline{1, J}, \\ & \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_{mn} x_{mn_i} \leq C_i^{op}, \quad i = \overline{1, I}, \\ & \sum_{\substack{m_i=1}}^{M_i} x_{mn_i} = 1, \quad n_i = \overline{1, N_i}, \\ & x_{m_i} = \begin{cases} 1, & i = \overline{1, I}, \quad n = \overline{1, N}, \quad m = \overline{1, M}, \\ 0, & \end{cases} \end{aligned} \tag{2}$$

где a_j – весовые коэффициенты средневзвешенной свертки,

$$0 \leq a_j \leq 1, \quad j = \overline{1, J}, \quad \sum_{j=1}^J a_j = 1.$$

Определение весовых коэффициентов для модели (2) осуществляется на втором шаге на основе комбинации двух экспертных методов: априорного ранжирования [9] и логического упорядочения Черчмена – Акоффа [11]. Комбинацию этих методов предлагается осуществить следующим образом, учитывая, что первый метод реализуется группой $d = \overline{1, D}$ экспертов, а второй требует индивидуальных решений каждого эксперта. Поэтому каждый d -й эксперт устанавливает свою ранговую последовательность значимости каждого критерия. Первоначально он выбирает некоторую числовую шкалу $[0, \hat{M}]$ и на ней указывает значения $\overset{o}{g}_{jd}$, $j = \overline{1, J}$, характеризующие его мнения о значимости показателей эффективности поставок. Начальные предпочтения эксперта являются базисом для последующего логического упорядочения показателей в соответствии с итеративным процессом коррекции $\overset{o}{g}_{jd}$, $j = \overline{1, J}$ на основе последовательности таблиц парных предпочтений. Полученные на последней итерации значения $\overset{ck}{g}_{jd}$ служат основой для установления ранговой последовательности по возрастанию значений g_{jd} , $j = \overline{1, J}$, $d = \overline{1, D}$ в матрице ранжирования группы экспертов в соответствии с методом априорного ранжирования. С использованием этой матрицы проверяется согласованность экспертов по статистическому критерию Пирсона и вычисляются суммы $g_j = \sum_{d=1}^D g_{jd}$. По величинам g_j окончательно устанавливается ранговая последовательность показателей ρ_j : $\rho(j = 1)$

соответствует $\min_{j=1, J} \sum_{d=1}^D g_{jd}, \dots, \rho(j=J)$ соответствует $\max_{j=1, J} \sum_{d=1}^D g_{jd}$. С использованием значений ρ_j вычисляются весовые коэффициенты:

$$a_j = \frac{\frac{1}{\rho_j}}{\sum_{j=1}^J \frac{1}{\rho_j}}, \quad j = \overline{1, J}. \quad (3)$$

На основе решения задачи оптимизации (2) редуцированное множество вариантов сокращается до ограниченного множества доминирующих вариантов, что на третьем этапе позволяет группе экспертов принять окончательное управляемое решение, используя голосование и принцип большинства. Таким образом, интеграция исходной информации и экспертных оценок позволяет сформировать оптимизационную модель (2), позволяющую построить комбинированную схему поиска и на ее основе алгоритмическую процедуру принятия управляемого решения.

Алгоритмизация принятия управляемого решения

Процедура принятия управляемого решения при определении поставщика на множестве альтернатив базируется на поиске решения оптимизационной задачи (2). Оптимальное решение представляет собой следующий многокомпонентный вектор:

$$X^* = (X_1^*, \dots, X_m^*, \dots, X_M^*), \quad (4)$$

где

$$X_m^* = (x_{m1}^* = 0, \dots, x_{mni}^* = 1, \dots, x_{mNi}^* = 0). \quad (5)$$

Управляемое решение принимается исходя из значений координат каждого m -го вектора (5): в качестве поставщика n -й номенклатурной единицы i -го объекта выбирается m -й поставщик.

Поиск (4), (5) предлагается осуществлять на основе комбинированной процедуры, представляющей собой чередование первого итерационного процесса алгоритма много-критериальной оптимизации [9] и второго итерационного процесса с использованием генетического алгоритма [12].

Первый итерационный процесс (k_1) представляет собой поиск вероятностных характеристик компонентов вектора:

$$\tilde{X} = (\tilde{x}_{m1}, \dots, \tilde{x}_{mni}, \dots, \tilde{x}_{mNi}), \quad (6)$$

где

$$\tilde{x}_{mni} = \begin{cases} 1 & \text{для } m_n \text{ если } \sum_{m=1}^M \rho_{mn_i} \leq \xi, \\ & \text{в противном случае;} \\ 0 & \rho_{mn_i} = P(\tilde{m}_{ni} = m_{ni}), ni = \overline{1, N_i}, i = \overline{1, I}, \sum_{m_{ni}=1}^{M_{ni}} \rho_{mn_i} = 1; \end{cases} \quad (7)$$

$P(\cdot)$ – обозначение величины вероятности случайного дискретного числа $\tilde{m}_{ni} = 1, M_{ni}$, ξ – генерируемая последовательность псевдослучайных чисел, равномерно распределенных на интервале $[0, 1]$.

Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе эксперто-оптимизационного моделирования

Итерационный процесс k_1 начинается с равномерного распределения (7):

$$\rho_{mn_i}^1 = \frac{1}{M_{ni}}, m_{ni} = \overline{1, M_{ni}}, ni = \overline{1, N_i}, i = \overline{1, I}. \quad (8)$$

После итерации $k_1 = 1$ осуществляется настройка распределения (7) на итерации $k_1 = 2, k_1 = 3, \dots, k_1, k_1 + 1, \dots$, с использованием случайных значений вариаций оптимизируемой функции до значения $k_1 = K_1$, которое задается в качестве начальных данных:

$$F(x_{m_{ni}}, y_i) = \max_{x_{m_{ni}}} \min_{y \geq 0} \left[\sum_{i=1}^I \sum_{j=2}^6 a_j \varphi_{ji} (f_j(x_{m_{ni}})) + \right. \\ \left. + \sum_{i=1}^I y_i \left(C_i^{op} - \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_{mni} x_{m_{ni}} \right) \right],$$

где $y_i \geq 0, i = \overline{1, I}$ – коэффициенты, регулирующие соблюдение граничных требований при поиске оптимального решения, а условие (12) учитывается алгоритмически.

Случайные значения вариаций вычисляются следующим образом:

$$\Delta F = F(x_{m'_{ni}}) - F(x_{m''_{ni}}), \quad (9)$$

где $x_{m'_{ni}} = 1$, если $\sum_{m=1}^{m'_{ni}} \tilde{n}_{mn_i}^k \leq \tilde{\xi}$, $x_{m''_{ni}} = 0$, $m_{ni} = \overline{1, M_{ni}}$, $m_{ni} \neq m'_{ni}$, $x_{m''_{ni}} = 1$, если $\sum_{m=1}^{m''_{ni}} \tilde{n}_{mn_i}^k \leq \tilde{\xi}$, $x_{m''_{ni}} = 0$, $m_{ni} = \overline{1, M_{ni}}$, $m_{ni} \neq m''_{ni}$.

Начиная с $k_1 = 2$, использование вариации (9) для вычисления $\tilde{n}_{mn_i}^{k_1+1}$ чередуется при $k_1 = K_1$ применением генетического алгоритма. С этой целью на основе распределения $\rho_{mn_i}^{K_1}$ генерируется множество $I = \overline{1, L}$ векторов (4) – X_I , из которых случайным образом выбирается родительская пара с расстоянием Хэмминга между особями, не равным 1. Далее по выбранной схеме скрещивания в множество векторов X_I включаются родители и потомки, для которых вычисляются функции принадлежности

$$(X_I) = F(X_I), \quad (10)$$

что позволяет по величине (10) осуществить выбор варианта в качестве исходного для следующего цикла первого итерационного процесса.

Особенностью организационной системы с альтернативными поставками является различное число поставщиков M_{ni} . Поэтому требуется сформированное случайным образом множество скорректировать для применения генетического алгоритма: каждый блок (9) должен иметь одинаковую длину. Выбирается блок с $M_{ni}' = \max_{n_i=1, N_i} M_{ni}$ при $M_{ni} < M_{ni}'$, а в блоки на свободные места добавляются фиктивные значения переменных, равные нулю.

После каждого цикла $r = 1, 2, \dots$ рандомизированного поиска проверяется выполнение условия

$$\left| F_r \left(x_{m_{ni}}^{K_{1r}}, y_i^{K_{1r}} \right) - F_{r-1} \left(x_{m_{ni}}^{K_{1(r-1)}}, y_i^{K_{1(r-1)}} \right) \right| \leq \varepsilon, \quad (11)$$

где $\varepsilon > 0$ – малое число.

При выполнении условия (11) с номером цикла $r = R$ осуществляется останов поисковой процедуры и определяется исходный вариант для принятия управленческого решения по векторам (4), (5).

Структурная схема алгоритмической процедуры принятия управленческого решения в организационной системе с альтернативными поставками приведена на Рисунке 2.

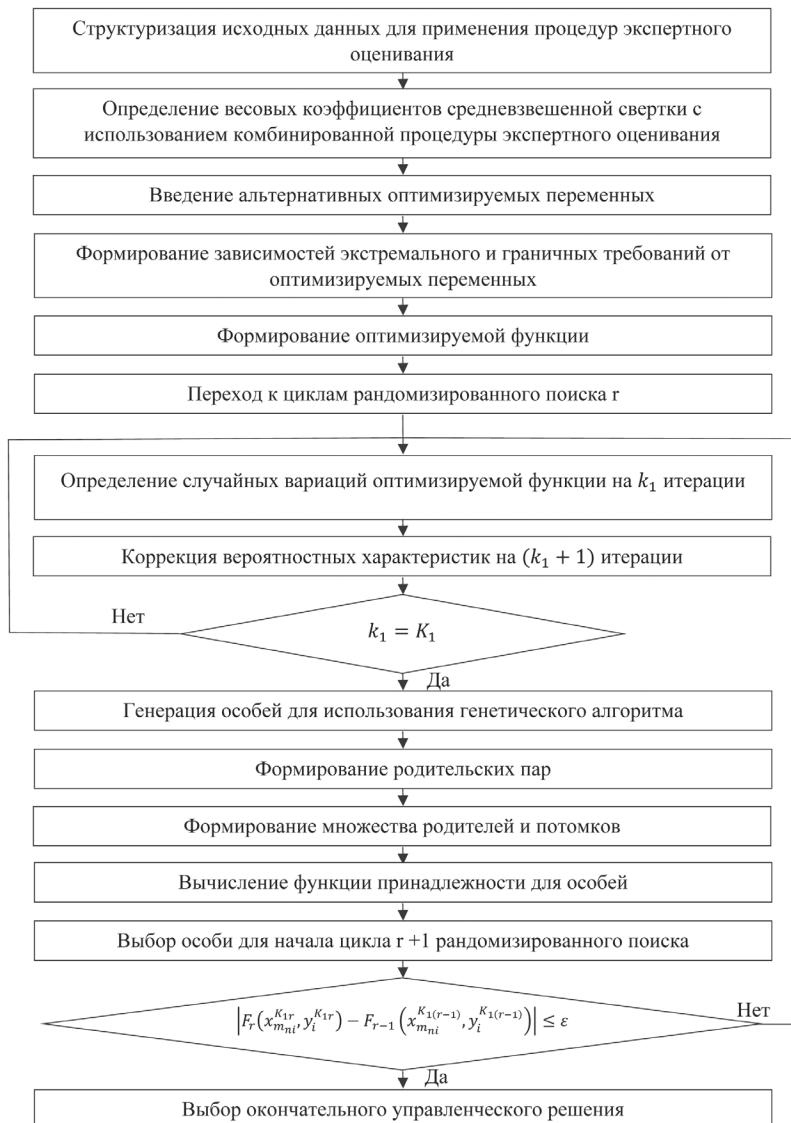


Рисунок 2. Структурная схема алгоритмической процедуры принятия управленческого решения в организационной системе с альтернативными поставками

Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе экспертно-оптимизационного моделирования

Заключение

Повышение эффективности управления в организационных системах с альтернативными поставками достигается за счет организации интеллектуальной поддержки принятия решений управляющим центром с использованием экспертно-оптимизационного моделирования.

Алгоритмизация принятия управленческих решений в случае организации процесса интеллектуальной поддержки обеспечивается на основе интеграции в едином цикле комбинированных процедур получения экспертных оценок параметров оптимизационных моделей и поисковых алгоритмических схем выбора наилучшего варианта.

Предпосылки для построения интегрированной процедуры принятия решений определяются структурной моделью, характеризующей связи и их количественные оценки при взаимодействии управляющего центра с объектами организационной системы с альтернативными поставками.

С целью повышения эффективности получения экспертных оценок целесообразно использовать комбинированные варианты согласованных индивидуальных и групповых решений экспертов: при оценке граничных условий сочетание принципа большинства и компьютерного переговорного процесса; при оценке весовых коэффициентов экстремальных требований последовательное применение метода логического упорядочения и априорного ранжирования.

Для организации поискового процесса решения задачи оптимизации и его трансформации в управленческое решение приемлема комбинация, основанная на чередовании циклов алгоритма многоальтернативной агрегации и генетического алгоритма.

Литература

1. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 4-е изд. М. : Ленанд, 2022. 500 с. ISBN 978-5-9710-9459-3.
2. Шеффер Э. Индустрія Х.0. Преимущества цифровых технологий для производства / Пер. с англ. К. Ахметова. М. : Точка, 2019. 320 с. ISBN 978-5-6041396-8-4.
3. Львович Я.Е., Шевырева Е.А. Оптимизация управления в организационной системе с альтернативными поставками на основе модели и алгоритма многовариантного выбора // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. Т. 12. № 4 (47). DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.018. EDN LOHJUZ.
4. Сокольников В.В. Оперативное управление строительными процессами и их ресурсным обеспечением в строительно-монтажном предприятии // Вестник гражданских инженеров. 2017. № 1 (60). С. 147–152. EDN YGRWXH.
5. Сокольников В.В., Колчеданцев Л.М. Обоснование и платформы автоматизации системы оперативного планирования и управления в строительном предприятии // Жилищное строительство. 2015. № 4. С. 38–42. EDN TRKJVN.
6. Вайл П., Ворнер С. Цифровая трансформация бизнеса. Изменение бизнес-модели для организаций нового поколения / Пер. с англ. И. Окунькова М. : Альпина Паблишер, 2019. 264 с. ISBN 978-5-9614-2184-2.
7. Корчагин С.Г., Рындин А.А., Рындин Н.А. Управление в организационных системах на основе цифровых технологий. Воронеж : Научная книга, 2025. 248 с. ISBN 978-5-907328-38-9. EDN QUACJS.

Вестник Российского нового университета
Серия «Сложные системы: модели, анализ и управление». 2025. № 4

8. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. Оптимизация цифрового управления в организационных системах. Воронеж : Издательско-полиграфический центр, 2021. 191 с. ISBN 978-5-4446-1550-8. EDN RYDLUX.
9. Львович И.Я. Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации. Воронеж : Научная книга, 2023. 232 с. ISBN 978-5-4446-1788-5.
10. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия согласованных групповых решений. М. : Машиностроение, Новые технологии, 2002. 24 с.
11. Батищев Д.И., Львович Я.Е., Фролов В.Н. Оптимизация в САПР. Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 1997. 416 с. ISBN 5-7455-0812-4. EDN UEOFPV.
12. Батищев Д.И., Костюков В.Е., Нейпарк Е.А., Старостин Н.В. Решение дискретных задач с помощью эволюционно-генетических алгоритмов. Нижний Новгород : Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского, 2011. 190 с. ISBN 978-5-91326-119-9. EDN TRMXTP.

References

1. Novikov D.A. (2022) *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami* [Theory of Control in Organizations]. 4th edition. Moscow : Lenand Publ. 500 p. ISBN 978-5-9710-9459-3. (In Russian).
2. Schaeffer E. (2019) *Industry X.0 – Realising Digital Value in Industrial Sector*. Kogan Page. 192 p. ISBN 0749481463. (Russian edition: transl. by K. Akhmetov. Moscow : Tochka Publ. 320 p.).
3. L'vovich Ya.E., Shevyreva E.A. (2024) Optimization of management in an organizational system with alternative supplies based on a multivariate choice model and algorithm. *Modeling, optimization, and information technology*. Vol. 12. No. 4. DOI: 10.26102/2310-6018/2024.47.4.018 (In Russian).
4. Sokol'nikov V.V. (2017) Operational management of construction processes and the resources procurement in the construction and installation company. *Bulletin of Civil Engineers*. No. 1 (60). Pp. 147–152. (In Russian).
5. Sokol'nikov V.V., Kolchedantsev L.M. (2015) Substantiation of Platform of Automation of Operative Planning and Management System of Construction Company. *Housing Construction*. No. 4. Pp. 38–42. (In Russian).
6. Weill R., Woerner S. (2018) *What's your digital business model? Six Questions to Help You Build the Next-Generation Enterprise*. Boston, Massachusetts : Harvard Business Review Press. 230 p. ISBN 163369271X. (Russian edition: transl. by I. Okun'kov. Moscow : Editorial Alpina Publisher. 264 p.).
7. Korchagin S.G., Ryndin A.A., Ryndin N.A. (2025) *Upravlenie v organizatsionnykh sistemakh na osnove tsifrovych tekhnologiy* [Management in Organizational Systems Based on Digital Technologies]. Voronezh : Nauchnaya kniga Publ. 248 p. ISBN 978-5-907328-38-9. (In Russian).
8. L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya., Choporov O.N. (2021) *Optimizatsiya tsifrovogo upravleniya v organizatsionnykh sistemakh* [Optimization of Digital Management in Organizational Systems]. Voronezh : Publishing and printing center. 191 p. ISBN 978-5-4446-1550-8. (In Russian).
9. L'vovich I.Ya. (2023) *Prinyatie resheniy na osnove optimizatsionnykh modeley i ekspertnoy informatsii* [Decision Making Based on Optimization Models and Expert Information]. Voronezh : Nauchnaya kniga Publ. 232 p. ISBN 978-5-4446-1788-5. (In Russian).
10. Trakhtengerz E.A. (2002) *Komp'yuternaya podderzhka prinyatiya soglasovannykh gruppovykh reshenii* [Computer Support for Making Coordinated Group Decisions]. Moscow : Mashinostroenie, Novye tekhnologii Publ. 24 p. (In Russian).
11. Batishchev D.I., Lvovich Ya.E., Frolov V.N. (1997) *Optimizatsiya v SAPR* [Optimization in CAD]. Voronezh : Voronezh State Technical University. 416 p. ISBN 5-7455-0812-4. (In Russian).

Алгоритмизация принятия управленческих решений в организационной системе с альтернативными поставками на основе эксперто-оптимизационного моделирования

12. Batishchev D.I., Kostyukov V.E., Neipark E.A., Starostin N.V. (2011) *Resheniya diskretnykh zadach s pomoshch'yu evolyutsionno-geneticheskikh algoritmov* [Solving Discrete Problems Using Evolutionary Genetic Algorithms]. Nizhny Novgorod : Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod Publ. 190 p. ISBN 978-5-91326-119-9. (In Russian).

Поступила в редакцию: 19.09.2025

Received: 19.09.2025

Поступила после рецензирования: 16.10.2025

Revised: 16.10.2025

Принята к публикации: 31.10.2025

Accepted: 31.10.2025