

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2022.37.2.010](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.37.2.010)

## Алгоритмизация процесса визуально-экспертного моделирования при оптимизации управления развитием организационных систем с использованием мониторинговой информации

А.И. Львович, А.П. Преображенский✉

*Воронежский институт высоких технологий,  
Воронеж, Российская Федерация  
[app@vvt.ru](mailto:app@vvt.ru)*

**Резюме.** В статье рассматривается задача повышения эффективности процесса принятия решений при управлении ресурсным обеспечением развития организационной системы. Показано, что ориентация на управление на основе результатов мониторинга эффективности деятельности организационной системы приводит к необходимости использования больших данных. В этом случае поддержка экспертных управленческих решений с применением оптимизационного подхода не позволяет исключить выбор необоснованного варианта распределения ресурсного обеспечения, направленного на развитие системы за счет улучшения значений показателей эффективности, влияющих на достижение установленных целей. Для повышения уровня обоснованности управленческих решений предлагается использовать механизмы наглядно-образной интуиции эксперта на основе визуализации больших данных. При этом целесообразно дополнить процесс оптимизационного моделирования визуально-экспертным моделированием. Предложена структуризация этапов интегрированного процесса, обеспечивающего ресурсную поддержку целедостижения по наиболее значимым для развития организационной системы показателям эффективности. Проведена детализация предложенных этапов интегрированного процесса визуально-экспертного и оптимизационного моделирования в виде последовательности алгоритмических операций, позволяющих эксперту обоснованно установить размерность и параметры редуцированных оптимизационных моделей, а также выбрать на основе балансовой оптимизации вариант распределения ресурсного обеспечения.

**Ключевые слова:** управление, организационная система, ресурсное обеспечение, оптимизация, визуализация данных, экспертное оценивание.

**Для цитирования:** Львович А.И., Преображенский А.П. Алгоритмизация процесса визуально-экспертного моделирования при оптимизации управления развитием организационных систем с использованием мониторинговой информации. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(2). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1154>  
DOI: 10.26102/2310-6018/2022.37.2.010

## Algorithmization of visual-expert modeling process when optimizing organizational system development management using monitoring information

A.I. Lvovich, A.P. Preobrazhenskiy✉

*Voronezh Institute of High Technologies,  
Voronezh, Russian Federation  
[app@vvt.ru](mailto:app@vvt.ru)*

**Abstract.** The paper deals with the problem of increasing the efficiency of the decision-making process in the management of resource support for the development of an organizational system. It is shown that

the focus on management based on the results of monitoring the effectiveness of the organizational system causes the necessity to use big data. In this case, the support for expert management decisions with the aid of the optimization approach does not allow one to exclude the choice of an unreasonable option for the distribution of resource support aimed at developing the system by improving the values of performance indicators that affect the achievement of established goals. To increase the validity level of management decisions, it is proposed to utilize the mechanisms of an expert's visual-figurative intuition in reliance on the visualization of big data. At the same time, it is advisable to supplement the process of optimization modeling with visual-expert modeling. A structuring of the integrated process stages is given, which provides resource support for the achievement of goals in terms of the most significant performance indicators for the development of the organizational system. The suggested stages of the integrated process of visual-expert and optimization modeling are detailed in the form of a sequence of algorithmic operations that enable the expert to reasonably set the dimension and parameters of reductional optimization models as well as to choose a resource allocation option assisted by balance optimization.

**Keywords:** management, organizational systems, resource provision, optimization, data visualization, expert evaluation.

**For citation:** Lvovich A.I., Preobrazhenskiy A.P. Algorithmization of visual-expert modeling process when optimizing organizational system development management using monitoring information. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(2). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1154> DOI: 10.26102/2310-6018/2022.37.2.010 (In Russ).

## Введение

На современном этапе перехода от использования при управлении в организационных системах традиционного механизма экспертного оценивания к цифровой поддержке принятия управленческих решений на основе методов оптимизации возникает необходимость в повышении эффективности формирования оптимизационных моделей [1]. Особенно это важно, когда принимаются управленческие решения, направленные на оптимизацию использования ресурсного обеспечения по развитию организационных систем. В этом случае управление основано на анализе результатов мониторинга по множеству показателей за определенные периоды времени и направлено на выбор тех показателей, которые требуют привлечения ресурса для обеспечения развития системы.

В условиях большого объема данных, накапливаемых в процессе мониторинга, не удастся получить обоснованной оценки размерности множества оптимизируемых переменных. Данная ситуация влияет на увеличение трудоемкости решения задачи оптимизации [2]. Известно [3], что для представления данных в виде, который обеспечивает более эффективную работу человека при их изучении, используются средства визуализации данных [4]. С этой целью применяются универсальные инструменты: Google Data Studio, Power BI, Tableau и др.

В ряде работ [5-9] обосновывается эффективность использования наглядно-образных механизмов эксперта при решении оптимизационных задач, отличающихся от оптимального не более, чем на 5-10 %. Наглядное представление массивов данных ускоряет их восприятие, увеличивает вовлечение эксперта, служит формой поддержки интуитивных, эвристических процессов идентификации закономерностей в принятии управленческих решений.

Объединение процессов визуализации данных и экспертного оценивания [10] позволяет перейти к единому процессу визуально-экспертного моделирования на стадии постановки задачи оптимизации. При этом процесс визуально-экспертного моделирования необходимо структурировать таким образом, чтобы повысить

обоснованность основных характеристик оптимизационной модели при использовании большого объема данных мониторинга.

Целью работы является алгоритмизация процесса экспертно-визуального моделирования, обеспечивающего повышение эффективности принимаемых управленческих решений в организационных системах на основе оптимизационного подхода с использованием мониторинговой информации.

Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

- структуризация этапов оптимизационного моделирования с учетом возможностей объединения с процессами визуализации данных мониторинга и экспертного моделирования;
- разработка алгоритма процесса визуально-экспертного моделирования при оптимизации управления развитием организационных систем.

### **Структуризация этапов интегрированного процесса визуально-экспертного и оптимизационного моделирования**

Исходной информацией для принятия управленческих решений по ресурсной поддержке развития объектов организационной системы являются:

- результаты мониторинга эффективности деятельности объектов

$$y_j(t), j = \overline{1, J}, t = \overline{1, T}, \quad (1)$$

где  $y_j$  – количественные оценки показателей эффективности деятельности объектов оптимизационной системы;

$j = \overline{1, J}$  – нумерационное множество показателей, фиксируемых при проведении мониторинга;

$t = \overline{1, T}$  – нумерационное множество периодов фиксации результатов мониторинга, предшествующих моменту принятия управленческих решений по ресурсной поддержке развития объектов организационной системы на прогнозный подход  $t > T$ ;

- качественные характеристики целей развития организационной системы, установленные ее управляющим центром

$$F_i(t), i = \overline{1, I}, t > T, \quad (2)$$

где  $i$  – нумерационное множество целей развития организационной системы;

- объем интегрального ресурсного обеспечения, установленный управляющим центром на поддержку развития организационной системы

$$V(t), t > T. \quad (3)$$

Управленческие решения направлены на распределение интегрального объема ресурсного обеспечения (3) для поддержки улучшения значений показателей (1), обеспечивающих целедостижение (2) путем использования двух механизмов: редуционного и балансового. Первый механизм позволяет снизить размерность нумерационного множества показателей  $j = \overline{1, J}$  до уровня  $j = \overline{1, J_1}$ ,  $J_1 < J$ , достаточного для выполнения целей (2); второй – сбалансировать объем ресурсной поддержки улучшения значений показателей (1) с интегральным объемом (3):

$$\sum_{j=1}^{J_1} v_j \leq V, \quad (4)$$

где  $v_j, j = \overline{1, J_1}$  – значение объема ресурсного обеспечения, привлекаемого для улучшения  $j$ -го показателя.

В соответствии с рассмотренными механизмами принятия управленческих решений формируются два класса оптимизационных моделей.

Оптимизационные модели, соответствующие редуциционному механизму, основаны на введении следующих альтернативных оптимизируемых переменных [2]:

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{если } j - \text{й показатель включается в редуцированное множество } J_1, \\ 0, & \text{в противном случае, } j = \overline{1, J}. \end{cases} \quad (5)$$

Из (5) следует, что размерность задачи редуциционной оптимизации определяется размерностью нумерационного множества показателей, фиксируемых при проведении мониторинга, и в большинстве случаев является значительной для задач класса многоальтернативной оптимизации [2], что, в свою очередь, влияет на трудоемкость и точность их решения. Кроме указанного отрицательного эффекта от ориентации на большие данные, возникает эффект недостаточной обоснованности оценок параметров оптимизационных моделей редуциционного типа.

Рассмотрим, какие параметры необходимо оценивать при двух вариантах постановки задачи редуциционной оптимизации. При постановке первого варианта в качестве экстремального выдвигается требование минимального числа показателей включенных в редуцированное множество  $J_1$ , а граничного – количество показателей, обеспечивающих достижение  $i$ -й цели, должно быть больше порогового уровня, установленного управляющим центром:

$$\sum_{j=1}^n x_j \rightarrow \min_{x_j},$$

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} x_j \geq c_i, i = \overline{1, I}, x_j = \begin{cases} 1, & j = \overline{1, J}, \\ 0, & j = \overline{1, J}. \end{cases} \quad (6)$$

где

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } j - \text{показатель влияет на достижение } i - \text{й цели,} \\ 0, & \text{в противном случае, } i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}. \end{cases}$$

Этот вариант непосредственно не связан с оценками ресурсного обеспечения, необходимого для улучшения  $j$ -го показателя.

При постановке второго варианта задачи редуциционной оптимизации в качестве экстремального выдвигается требования максимальной значимости для целедостижения (2) показателей, включаемых в редуцированное множество  $J_1$ , а граничного – требования, учитывающие оценки управляющего центра потребности в ресурсе для улучшения  $j$ -го показателя:

$$\sum_{j=1}^{J_1} a_j x_j \rightarrow \max_{x_j},$$

$$\sum_{j=1}^{J_1} v_j^0 x_j \leq V, x_j = \begin{cases} 1, & j = \overline{1, J}, \\ 0, & j = \overline{1, J}. \end{cases} \quad (7)$$

где  $a_j$  – количественная оценка значимости  $j$ -го показателя для целедостижения (2),

$v_j^0$  – объем ресурсного обеспечения, установленный управляющим центром и характеризующий потребность в ресурсе для улучшения значений  $j$ -го показателя.

Параметры оптимизационных моделей (6), (7) устанавливаются с использованием методов экспертного оценивания [10]. Их обоснованность существенным образом зависит от размерности исходных данных мониторинга (1).

Для решения задач редуccionной оптимизации (6), (7) в [2] разработан соответствующий алгоритм рандомизированного поиска. При этом трудоемкость решения с его использованием зависит от размерности множества альтернативных переменных, а близость к оптимальному решению доминирующих вариантов при останове итерационного процесса от обоснованности параметров.

Решение задачи балансовой оптимизации основано на расчетах объема ресурсного обеспечения, привлекаемого для улучшения значения каждого показателя, вошедшего в редуccionрованное множество  $J_1$  путем сравнения результатов в соответствии с несколькими схемами распределения [1] интегрального ресурсного обеспечения  $V$  при условии (4) и прогнозируемой потребности в ресурсе  $v_j^0, j = \overline{1, J_1}$ , окончательный выбор варианта осуществляется на основе экспертного оценивания [10] в пространстве размерностью  $J_1$ .

С целью снижения влияния на принятие управленческих решений этих недостатков канонической постановки и решения задач редуccionной и балансовой оптимизации следует:

- использовать наглядное представление результатов мониторинга (1), позволяющее до начала решения сократить размерность задачи оптимизации (6), (7) и более обоснованно определить их параметры на основе экспертного оценивания (визуально-экспертное моделирование);
- установить этапность реализации оптимизационного моделирования, совмещаемого с визуально-экспертным моделированием.

Предлагается установить следующую последовательность процессов визуализации данных, экспертного оценивания и поиска оптимального решения:

1. Группирование на основе экспертного оценивания множества значений показателей, зафиксированных при проведении мониторинга по их влиянию на каждую цель развития организационной системы.
2. Визуализация исходных данных (1) в соответствии с результатом разбиения на  $I$  групп.
3. Экспертная оценка размерности и параметров оптимизационных моделей (6), (7) на основе наглядно-образного представления.
4. Визуализация начального решения организации итерационного процесса многоальтернативной оптимизации (6), (7).
5. Согласование использования начального решения на экспертном уровне.
6. Выполнение цикла итерационного процесса и получения промежуточного решения.
7. Визуализация промежуточного решения.
8. Экспертная оценка необходимости продолжения итерационного процесса.
9. В случае продолжения возвращение к п. 6, в противном случае – останов итерационного процесса и формулирование множества показателей  $J_1$ .
10. Проведение расчетов в соответствии со схемами распределения интегрального ресурса.
11. Визуализация вариантов распределения.
12. Экспертный выбор окончательного варианта распределения.

### **Алгоритмизация интегрированного процесса визуально-экспертного и оптимизационного моделирования**

Проведем детализацию перечисленных выше этапов интегрированного процесса визуально-экспертного и оптимизационного моделирования в виде последовательности алгоритмических операций.

Реализацию первого этапа организуем на основе алгоритмических операций экспертного оценивания с использованием методов дихотомии и априорного ранжирования [11].

1. Эксперт группирует нумерационное множество показателей  $j = \overline{1, J}$  по влиянию на  $i$ -ю цель путем последовательного деления этого множества на две равные части. В первую часть включаются показатели, оказывающие большее влияние на достижение  $i$ -й цели. Дихотомическое деление при больших данных продолжается до числа показателей не более 20.

2. К экспертизе подключается коллектив экспертов  $m = \overline{1, M}$ , по влиянию на достижение  $i$ -й цели. После достижения целочисленных значений рангов  $r_{jim}$  суммируются и определяются значения

$$r_{ji} = \sum_{m=1}^M r_{jim}, \quad (7)$$

3. Осуществляется визуализация значений (8) в форме ступенчатой диаграммы, имеющей неравномерное приращение между ступенями в виде некоторых скачков увеличения  $r_{ji}$  (Рисунок 1).

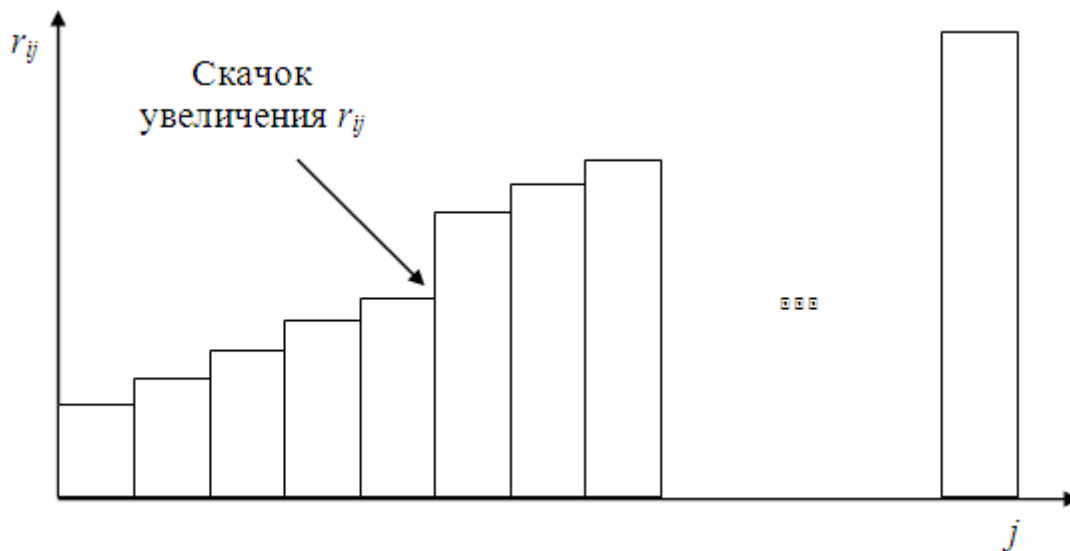


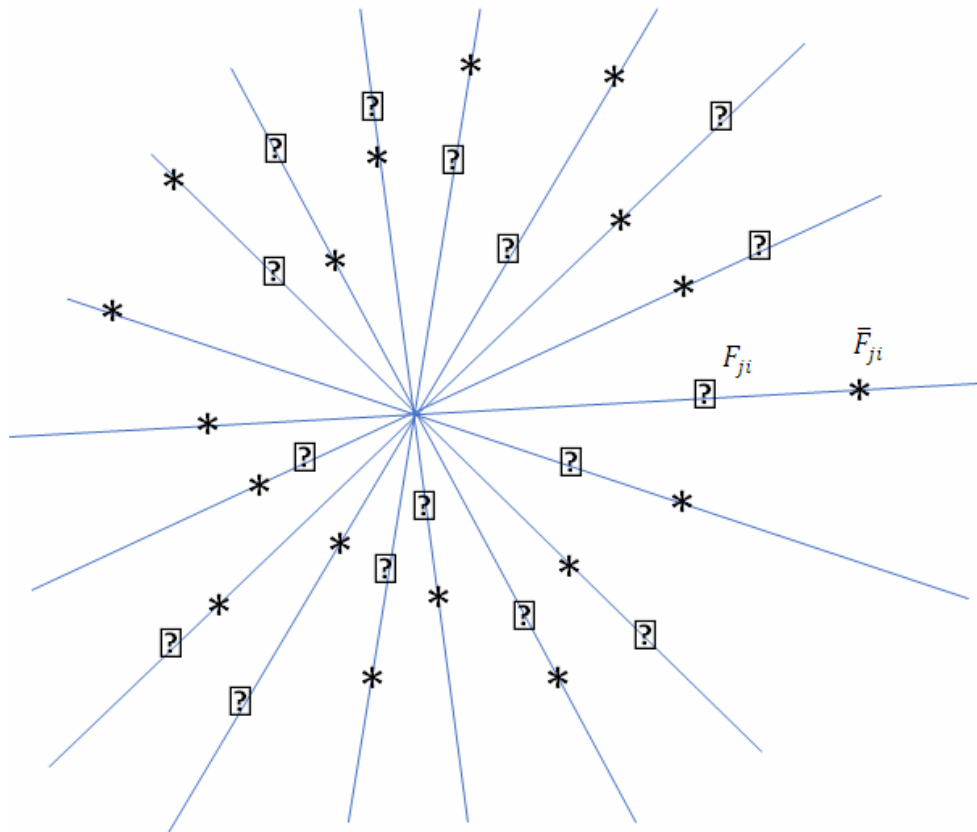
Рисунок 1– Визуализация результатов априорного ранжирования в форме ступенчатой диаграммы

Figure 1 – Visualization of priori ranking results in the form of a ladder diagram

4. Для дальнейшего анализа исходных данных эксперт на основе результатов визуализации формирует нумерационные множества показателей, оказывающих наибольшее влияние на достижение  $i$ -й цели  $j_i = \overline{1, J_i}$ , где  $J_i$  – множество показателей до первого скачка увеличения  $r_{ji}$  на ступенчатой диаграмме.

Перейдем к алгоритмизации этапов 2-5.

5. Осуществляется визуализация значений показателей  $F_{ji}$ , входящих в множества  $j_i = \overline{1, J_i}$  для каждой  $i$ -й цели, в форме радиальных диаграмм (Рисунок 2), на которых для ориентации эксперта выделяются медианные значения  $\overline{F_{j_i}}$  по некоторой группе организационных систем, характеризующихся однородными видами деятельности (образование, здравоохранение, банковский сектор, транспорт, торговля и т. д.), где  $n = \overline{1, N}$  – нумерационное множество каналов, реализуемых на определенном этапе тематические направления инновационной деятельности персонала:



О – обозначение величин  $F_{ji}, j_i = \overline{1, J_i}$  в соответствии с данными мониторинга за период времени  $T$ ;

\* – обозначение величин  $\overline{F}_{ji}, j_i = \overline{1, J_i}$  за период времени  $T$ .

Рисунок 2 – Визуализация исходных данных с учетом предварительного группирования показателей в форме радиальной диаграммы

О – designation of values  $F_{ji}, j_i = \overline{1, J_i}$  in accordance with the monitoring data for time period  $T$ ;

\* – designation of quantities  $\overline{F}_{ji}, j_i = \overline{1, J_i}$  for time period  $T$ .

Figure 2 – Visualization of initial data with consideration for the preliminary grouping of indicators in the form of a radial diagram

По запросу эксперта на диаграмму могут выводиться кроме величин  $F_{ji}(T), \overline{F}_{ji}(T)$  соответствующие величины для предшествующих периодов времени  $F_{ji}(T - 1), \dots, \overline{F}_{ji}(T - 1), \dots, j_i = \overline{1, J_i}$ .

6. На основании результатов визуализации эксперт окончательно выбирает нумерационное множество исходных данных, охватывающее значимые показатели для достижения всех  $I$  целей и определяющее размерность задач редуccionной оптимизации.

7. Для получения бинарных оценок влияния  $j$ -го показателя на достижение  $i$ -й цели, определяющих значения параметров оптимизационной модели (6)  $c_{ij}, C_i$  эксперт одновременно использует результаты визуализации в виде ступенчатых (Рисунок 1) и радиальных диаграмм (Рисунок 2).

Оценивание значений параметров  $a_j$  оптимизационной модели осуществляется с использованием значений величин  $r_{ji}$

$$a_j = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \left( 1 - \frac{r_{ji}}{\sum_{j=1}^J r_{ij}} \right). \quad (9)$$

При этом  $0 \leq a_j \leq 1$ ,  $\sum_{j=1}^J a_{ij} = 1$ .

8. Экспертная оценка объема ресурсного обеспечения, характеризующего потребность  $v_j^0, j = \overline{1, J}$ , с учетом значений параметров (9).

9. Принятие нумерационного множества показателей, сформированного в п. 6 в качестве начального решения задач редуцированной оптимизации и его визуализации в форме радиальной диаграммы.

10. Экспертное согласование в качестве начального решения, полученного в п. 9.

Далее определим алгоритмические операции для реализации этапов 6-9, связанные с организацией итеративного процесса рандомизированного поиска решения задач редуцированной оптимизации.

11. Введение на первой итерации поисковой схемы начальных значений вероятностных характеристик переменных (5) на основе значений (9):

- для выбора номера координаты поиска

$$P_j^1 = a_j, j = \overline{1, J};$$

- для выбора случайных реализаций рандомизированных переменных (5) по экспертной оценке

$P_{xj}^1 > 0,5$  – для более значимых показателей,

$P_{xj}^1 < 0,5$  – для менее значимых показателей.

12. Использование значений вероятности характеристик для вычисления на  $k$ -й итерации вариаций оптимизируемых функций задач (6), (7) при фиксированных значениях 1 или 0 выбранная по вероятности  $P_j^k$  координате и случайных значениях остальных в соответствии с вероятностями  $P_{xj}^k$  [2].

13. Определение вероятностных характеристик переменных (5) при организации итерационного цикла  $k = 1, 2, \dots, K$  на  $(k + 1)$ -й итерации [2].

14. Фиксация промежуточного значения при  $k = K$ .

15. Визуализация вероятностных характеристик  $P_{xj}^k$  в форме радиальной диаграммы с указанием значений  $p_{xj} = 1$ .

16. Экспертная оценка на основе результатов п. 14 близости значений  $p_{xj}$  к 0 или 1.

17. Оценка необходимости выполнения следующего цикла итерационного процесса рандомизированного поиска: если по мнению эксперта все значения  $p_{xj}$  близки к 0 или 1, то останов итерационного процесса; в противном случае переход к п. 12.

18. Включение в редуцированное нумерационное множество  $j = \overline{1, J_1}$  и выполнение этапов 10-12.

19. Проводится расчет распределения интегрального ресурсного обеспечения  $V$  на улучшение показателей, вошедших в редуцированное множество показателей для  $i$ -й цели  $j_i = \overline{1, J_{1i}}$ , с учетом значений  $v_j^0$  в соответствии с п. 8 и условием (4).

По следующим схемам

Параметрический

использованием значений величин  $r_{ji}$

$$v_{ji} = v_{ji}^0 - \beta(\overline{F}_{ji} - F_{ji}), j_i = \overline{1, J_{1i}}, i = \overline{1, I}, \quad (10)$$

где значения  $\overline{F}_{ji}$ ,  $F_{ji}$  показаны на рис. 2,

$\beta$  – параметр схемы распределения, который выбирается из следующего условия:



$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J_{1i}} \widehat{v}_{ji} = V,$$

$$\widehat{v}_{ji} = \begin{cases} v_{ji}, & \text{если } v_{ji} > 0, \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (10)$$

пропорциональной

$$v_{ji} = \begin{cases} v_{ji}^o, & \text{если } \sum_{i=1}^I \sum_{j_i=1}^{J_{ii}} v_{ji}^o \leq V, \\ \frac{F_{ji} v_{ji}^o}{\sum_{j_i=1}^{J_{1i}} F_{ji} v_{ji}^o} V, & \text{в противном случае, } j_i = \overline{1, J_{1i}}, i = \overline{1, I}; \end{cases} \quad (11)$$

по принципу обратных приоритетов

$$v_{ji} = \begin{cases} v_{ji}^o, & \text{если } \sum_{i=1}^I \sum_{j_i=1}^{J_{ii}} v_{ji}^o \leq V, \\ \min \left( v_{ji}^o, \frac{F_{ji}}{\sum_{j_i=1}^{J_{1i}} \frac{F_{ji}}{v_{ji}^o}} V \right), & \text{в противном случае, } j_i = \overline{1, J_{1i}}, i = \overline{1, I}; \end{cases} \quad (12)$$

Визуализация вариантов  $v_{ji}$  в соответствии с распределениями (10)-(12) путем фиксации значений  $v_{ji}$  на радиальной диаграмме.

21. Сравнение распределений (10)-(12) по результатам визуализации значений параметров (9) и принятия экспертом окончательного управленческого решения.

### Заключение

Необходимость повышения эффективности принятия решений при управлении ресурсным обеспечением развития организационных систем на основе результатов мониторинга их деятельности требует введения дополнительных к оптимизационному подходу методов анализа больших данных. Одним из таких методов является предварительная визуальная трансформация мониторинговой информации с последующим экспертным оцениванием результатов визуализации, базирующимся на возможностях механизмов наглядно-образной интуиции.

Дополнение процесса принятия управленческих решений на основе оптимизационного моделирования и оценок экспертов визуализацией больших данных приводит к необходимости проведения структуризации, ориентированной на интеграцию трех составляющих. При этом наглядное представление мониторинговой информации и экспертизу результатов визуализации целесообразно объединить в единый процесс визуально-экспертного моделирования. Тогда структура процесса принятия решений включает в качестве компонентов этапы, характеризующие чередование процедур визуализации, экспертного оценивания и оптимизации при формировании оптимизационных моделей и выборе варианта распределения ресурсного обеспечения.

Возможность формализовать задачи управления ресурсным обеспечением развития организационной системы в форме задач редуccionной и балансовой

оптимизации определяет детализацию предложенных этапов интегрированного процесса визуально-экспертного и оптимизационного моделирования как совокупность алгоритмических операций. Каждая алгоритмическая операция отражает определенные вычислительные и логические действия, связанные с диаграммой визуализацией данных мониторинга, экспертного оценивания с использованием методов априорного ранжирования и дихотомии, поиска оптимального решения на основе итерационного рандомизированного поиска.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. и др. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах: коллективная монография*. Под общ. ред. Я.Е. Львовича. Воронеж: ИПЦ «Научная книга»; 2021. 191 с.
2. Львович Я.Е. *Многоальтернативная оптимизация: теория и применение*. Воронеж: Издательский дом «Кварта»; 2006. 428 с.
3. Тьюки Дж. *Анализ результатов наблюдений: разведочный анализ*. Под ред. В.Ф. Писаренко. М. «Мир»; 1981. 693 с.
4. Паклин Н.Б., Орешков В.И. *Бизнес-аналитика. От данных к знаниям*. СПб. «Питер»; 2013:173–210.
5. Моцкус И.Б. *Многоэкстремальные задачи проектирования*. М. «Наука»; 1967. 215 с.
6. Гурова П.П. *Психологический анализ решения задач*. Воронеж. Изд-во ВГУ; 1976. 327 с.
7. Терехина А.Ю. Методы многомерного шкалирования и визуализации (обзор). *Автоматика и телемеханика*. 1973;7:80–94.
8. Шнейдеров В.С., Наушдус Ф. *Алгоритмические модели в автоматизации исследований*. М. «Наука», 1980:124-129.
9. Кривобокова С.Е., Родин В.А. Алгоритм и программа для графического выделения множества Парето в точечном массиве. *Прикладная математика & Физика*. 2021:125–131.
10. Львович Я.Е., Львович И.Я. *Принятие решений в экспертно-виртуальной среде*. Воронеж: ИПЦ «Научная книга»; 2010. 140 с.
11. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения*. Воронеж: ИПЦ «Научная книга»; 2016. 444 с.

### REFERENCES

1. L'vovich Ja.E., L'vovich I.Ja., Choporov O.N. i dr. *Optimizacija cifrovogo upravljenja v organizacionnyh sistemah: kollektivnaja monografija*. Pod obshh. red. Ja.E. L'vovicha. Voronezh: IPC «Nauchnaja kniga»; 2021. 191 p. (In Russ.)
2. L'vovich Ya.E. *Mnogoal'ternativnaya optimizaciya: teoriya i primenenie*. Voronezh: Izdatel'skij dom «Kvarta»; 2006. 428 p. (In Russ.)
3. T'yuki Dzh. *Analiz rezul'tatov nablyudenij: razvedochnyj analiz*. Pod red. V.F. Pisarenko. M. «Mir»; 1981. 693 p. (In Russ.)
4. Paklin N.B., Oreshkov V.I. *Biznes-analitika. Ot dannyh k znaniyam*. SPb. «Piter»; 2013:173–210. (In Russ.)
5. Mockus I.B. *Mnogoekstremal'nye zadachi proektirovaniya*. M. «Nauka»; 1967. 215 p.
6. Gurova P.P. *Psichologicheskij analiz resheniya zadach*. Voronezh. Izd-vo «VGU»; 1976. 327 p. (In Russ.)

7. Terekhina A.Yu. Metody mnogomernogo shkalirovaniya i vizualizacii (obzor). *Avtomatika i telemekhanika*. 1973;7:80–94. (In Russ.)
8. Shnejderov V.S., Naushdus F. *Algoritmicheskie modeli v avtomatizacii issledovanij*. М. «Наука»; 1980:124–129. (In Russ.)
9. Krivobokova S.E., Rodin V.A. Algoritm i programma dlya graficheskogo vydeleniya mnozhestva Pareto v tochechnom massive. *Prikladnaya matematika & Fizika = Applied Mathematics & Physics*. 2021:125–131. (In Russ.)
10. L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya. *Prinyatie reshenij v ekspertno-virtual'noj srede*. Voronezh: NPC «Nauchnaya kniga»; 2010. 140 p. (In Russ.)
11. L'vovich I.Ya., L'vovich Ya.E., Frolov V.N. *Informacionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizacii: kratkaya teoriya i prilozheniya*. Voronezh: NPC «Nauchnaya kniga»; 2016. 444 p. (In Russ.)

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Львович Артем Игоревич**, студент, **Artyom I. Lvovich**, Student of Voronezh Воронежский институт высоких технологий, Institute of High Technologies, Voronezh, Воронеж, Российская Федерация. Russian Federation.  
*e-mail:* [office@vvt.ru](mailto:office@vvt.ru)

**Преображенский Андрей Петрович**, доктор технических наук, профессор Воронежского **Andrey P. Preobrazhenskiy**, Doctor of Technical Sciences, Professor of Voronezh института высоких технологий, Воронеж, Institute of High Technologies, Voronezh, Российская Федерация. Russian Federation.  
*e-mail:* [app@vvt.ru](mailto:app@vvt.ru)  
ORCID: [0000-0002-6911-8053](https://orcid.org/0000-0002-6911-8053)

*Статья поступила в редакцию 09.03.2022; одобрена после рецензирования 27.04.2022; принята к публикации 17.05.2022.*

*The article was submitted 09.03.2022; approved after reviewing 27.04.2022; accepted for publication 17.05.2022.*