

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.43.4.004](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.004)

Структуризация многофункциональной цифровизированной системы и управление ею на основе оптимизационных моделей дезагрегации ресурсов и объемов деятельности

П.Ю. Гусев^{1✉}, Я.Е. Львович^{1,2}

¹Воронежский государственный технический университет, Воронеж,
Российская Федерация

²Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация

Резюме. Статья посвящена применению структурно-функционального и оптимизационного подхода для решения задач управления дезагрегацией ресурсов и объемов деятельности в многофункциональной цифровизированной организационной системе (МФЦОС). Дано определение МФЦОС с позиций интеграции управляющей, ресурсной, многофункциональной цифровой, деятельностной и мониторинговой сфер. Показано, что структура взаимодействия управляющего центра и деятельностных компонентов определяется особенностями исследуемого класса организационных систем: многослойностью, разнообразием компонентов каждого слоя, характером требований управляющего центра, системообразующим характером функциональных направлений цифровой среды, распределительным характером использования ресурсного обеспечения и выполнения объемов деятельности. Предложен комплекс задач, направленных на дезагрегацию ресурсов и объемов деятельности МФЦОС, и обоснован их оптимизационный характер. Показано, что задача дезагрегации планового объема ресурсного обеспечения формализуется в виде оптимизационной модели линейного программирования с варьируемыми граничными требованиями, что позволяет для ее решения совместить переход к двойственной задаче и на ее основе осуществить многоальтернативную оптимизацию. Формализованная постановка задач дезагрегации ресурсов с учетом их видов, привлечения для реализации деятельности по функциональным направлениям цифровой среды и дезагрегации планового объема деятельности приводит к оптимизационной модели блочного линейного программирования. Для решения этих задач предлагается разработка проблемно-ориентированного алгоритма, основанного на сочетании итерационных методов решения задач блочного программирования. Решение задачи выбора на компонентном уровне требует предварительной идентификации зависимостей характеристик процесса дезагрегации от способов реализации и параметров компонентов. Алгоритмы принятия решений на основе перечисленных задач являются основой интеллектуальной поддержки экспертов в предложенной структурной схеме управления МФЦОС.

Ключевые слова: организационная система, многофункциональная цифровая среда, управление, структуризация, оптимизация, экспертное оценивание.

Для цитирования: Гусев П.Ю., Львович Я.Е. Структуризация многофункциональной цифровизированной системы и управление ею на основе оптимизационных моделей дезагрегации ресурсов и объемов деятельности. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1441> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.004

Structuring of a multifunctional digitalized system and managing it using optimization models of disaggregation of resources and volumes of activity

P.Yu. Gusev^{1✉}, Ya.E. Lvovich^{1,2}

¹*Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation*
²*Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation*

Abstract. The paper discusses the application of a structural-functional and optimization approach for solving the problems of managing the disaggregation of resources and volumes of activities in a multifunctional digitalized organizational system (MDOS). The definition of MDOS is given from the standpoint of integrating management, resource, multifunctional digital and activity monitoring fields. It is shown that the structure of interaction between the control center and the activities of the components is determined by the features of the organizational system class which is being investigated: multi-layeredness, a variety of components for each layer, the nature of control center requirements, the system-forming nature of the functional areas of the digital environment, the distributive nature of resource support use and the implementation of volumes of activity. A set of tasks aimed at disaggregation of resources and volumes of MDOS activities is proposed and their optimization nature is substantiated. It is demonstrated that the problem of disaggregation of resource provision planned volume is formalized as an optimization model of linear programming with variable boundary requirements, which makes it possible to solve it by combining the transition to the dual problem and, on its basis, to carry out multi-alternative optimization. The formalized statement of resource disaggregation problem accounting for their types and involvement in the implementation of activities in the functional areas of the digital environment and disaggregation of the planned volume of activity leads to an optimization model of block linear programming. To solve these problems, it is proposed to develop a problem-oriented algorithm based on a combination of iterative methods for solving block programming problems. Solving the selection problem at the component level requires preliminary identification of the dependences of disaggregation process characteristics on the methods of implementation and parameters of the components. Decision-making algorithms based on the tasks listed above are the basis for the intellectual support of experts in the proposed structural scheme for managing the MDOS.

Keywords: organizational system, multifunctional digital environment, management, structuring, optimization, expert evaluation.

For citation: Gusev P.Yu., Lvovich Ya.E. Structuring of a multifunctional digitalized system and managing it using optimization models of disaggregation of resources and volumes of activity. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(4). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1441> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.43.4.004 (In Russ.).

Введение

Традиционно организационная система рассматривается как совокупность объектов, характеризующихся однородными видами деятельности, которые объединены в организационное целое для выполнения целей и требований, заданных управляющим центром [1, 2]. На современном этапе цифровизации во всех отраслях цифровые средства становятся органической составляющей организационных систем [3, 4]. Для учета взаимодействия цифровой и деятельностной составляющей в [5] введено понятие цифровизированной организационной системы. Отдельное место в исследованиях занимают цифровые способы управления [6], реализуемые на основе универсальных платформ [7], и цифровая логистика [8]. При этом акцент в этих работах делается на структурно-компонентный анализ и синтез цифровизированных организационных систем.

В то же время взаимодействие цифровой и управленческой сред требует проведения исследований на структурно-функциональном уровне. При этом каждое функциональное направление, реализуемое в цифровой среде, связывает между собой управленческую и деятельностные среды за счет распределения ресурсного обеспечения и объемов деятельности.

Повышение эффективности управления с использованием цифровых средств основано на использовании оптимизационного подхода [9], который включает в себя формирование экстремальных и граничных требований к оптимизируемым переменным и алгоритмизацию принятия управленческих решений с использованием экспертного оценивания и методов оптимизации [10]. При этом управление связывают с оптимизируемыми переменными, характеризующими распределение ресурсного обеспечения, интегральный объем которого определен управляющим центром [11]. Деагрегация ресурсов проводится с учетом выполнения требований к показателям эффективности деятельности организационной системы. С другой стороны, оптимизация объемов деятельности связывается только с выполнением ресурсных требований.

Предлагается объединить в едином цикле принятия управленческих решений на основе требований к показателям эффективности, ресурсам и объемам деятельности организационной системы. При этом деагрегацию ресурсов и объемов деятельности следует связать с системообразующим характером функциональных направлений, реализуемых в цифровой среде. В этом случае интеграционный механизм достижения требований и заданий на структурно-функциональном уровне приводит к необходимости исследования многофункциональных цифровизированных организационных систем.

Исходя из изложенного, целью статьи является разработка структуры МФЦОС с учетом особенностей ее функционирования и связанной с ней структуры управления на основе оптимизационных моделей дезинтеграции ресурсов и объемов деятельности.

Для достижения цели в работе решаются следующие задачи:

- анализ особенностей МФЦОС и ее представление на структурно-функциональном уровне;
- формирование структуры управления МФЦОС на основе оптимизационных моделей деагрегации ресурсов и объемов деятельности.

Анализ особенностей МФЦОС и ее представление на структурно-функциональном уровне

Под МФЦОС будем понимать организационную систему, интегрированную с цифровой средой по ряду функциональных направлений для эффективной реализации определенных видов деятельности.

Рассматриваемый класс организационных систем (ОС) характеризуется рядом особенностей.

1. Многослойность.

Первый слой – управленческая среда, в рамках которой согласовываются требования управляющего центра, экспертные оценки и результаты формализованных процедур оптимизации, и на этой основе вырабатываются решения по деагрегации ресурсов и объемов деятельности ОС.

Второй слой – ресурсная среда. Это среда объединяет различные виды ресурсного обеспечения деятельности ОС. Деагрегация ресурсов осуществляется в процессе взаимодействия всех слоев МФЦОС.

Третий слой – цифровая среда, обеспечивающая цифровое управление по ряду функциональных направлений в соответствии с видами деятельности ОС. Каждому функциональному направлению соответствует определенный цифровой сервис.

Четвертый слой – деятельностьная среда. В этой среде реализуется ряд видов деятельности, интегрированных с функциональными направлениями цифровой среды. При этом эффективность каждого вида деятельности зависит от обеспеченности

ресурсами и возможностью выполнения определенного объема работ. Деятельностная среда является человеко-машинной.

Пятый слой – мониторинговая среда, в рамках которой с определенной периодичностью фиксируются значения ресурсов, объемов деятельности и достигнутый уровень показателей эффективности. Результаты мониторинга позволяют организовать обратную связь в системе управления МФЦОС и при необходимости в управленческой среде принимать корректирующие решения.

2. Разнообразие компонентов каждого слоя МФЦОС.

Компонентами ресурсной среды являются виды ресурсов, определяемые нумерационным множеством $n = \overline{1, N}$; цифровой сферы – функциональные направления $i = \overline{1, I}$; деятельностной сферы – виды деятельности $m = \overline{1, M}$.

3. Формирование управляющим центром исходных данных для принятия и реализации управленческих решений. К таким данным относятся:

V^0 – плановый интегральный объем ресурсного обеспечения;

X^0 – плановый интегральный объем деятельности ОС.

4. Системообразующий характер функциональных направлений цифровой среды.

Функциональные направления, реализуемые цифровыми сервисами, играют роль межслойного интегратора управленческих решений по интенсивности использования ресурсов $V_i, i = \overline{1, I}$ и объемов деятельности $X_m, m = \overline{1, M}$, и их согласованию с плановыми интегральными характеристиками и требованиями к показателям эффективности деятельности.

Требования к $j = \overline{1, J}$ показателям эффективности деятельности МФЦОС:

$$f_j \geq f_j^0, j = \overline{1, J}, \quad (1)$$

где f_j^0 – заданный управляющим центром уровень j -го показателя.

5. Распределительный характер использования ресурсного обеспечения и выполнения объемов деятельности МФЦОС.

Распределительный характер приводит к необходимости организовать несколько этапов деагрегации интегральных объемов:

$$V^0 \text{ на } V_n^0, n = \overline{1, N},$$

где V^0 – плановый объем n -го вида ресурса;

$$V_n^0 \text{ на } V_n^{0i}, i = \overline{1, I},$$

где V_n^{0i} – плановый объем n -го вида ресурса, привлекаемый через i -о функциональное направление;

$$V_n^{0i} \text{ на } V_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I},$$

где V_{mn}^i – объем n -го вида ресурса, привлекаемого через i -е функциональное направление для реализации m -го вида деятельности;

$$X^0 \text{ на } X_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N},$$

где X_{mn}^i – объем m -го вида деятельности, выполняемого за счет n -го вида ресурса, привлекаемого через i -е функциональное направление.

С учетом перечисленных особенностей предлагается следующая структура многофункциональной цифровизированной организационной системы, приведенная на Рисунке 1.

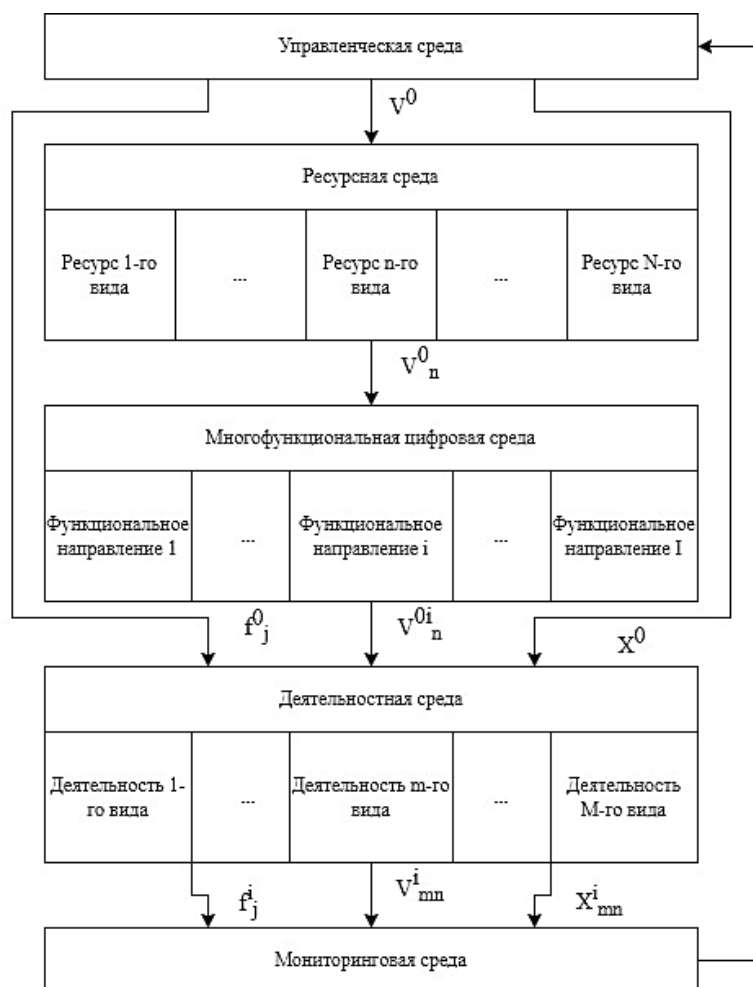


Рисунок 1 – Структурная схема многофункциональной организационной системы
Figure 1 – Block diagram of a multifunctional organizational system

Формирование структуры управления МФЦОС на основе оптимизированных моделей дезинтеграции ресурсов и объемов деятельности

Структуру управления МФЦОС сформируем на основе оптимизационных методов интеллектуальной поддержки принятия решений, согласованных с требованиями и заданиями управляющего центра и экспертных оценок. Эти методы свяжем с рядом задач, которые определяются характером взаимодействия слоев в рамках структуры МФЦОС, представленной на Рисунке 1.

Задача 1. Дезагрегация планового объема ресурсного обеспечения V^0 . Она складывается из двух задач:

- дезагрегация V^0 по видам ресурсного обеспечения $V_n^0, n = \overline{1, N}$;
- дезагрегация V_n^0 на объемы ресурсов, привлекаемых через i -е функциональное направление для реализации деятельности ОС $V_n^{0i}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$.

Для постановки и решения первой подзадачи необходимо на экспертном уровне оценить потребности в n -м виде ресурсного обеспечения $V_n, n = \overline{1, N}$. Для постановки и решения второй подзадачи – определить значимость ресурса, привлекаемого через i -е функциональное направление по $X_n^i, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$.

Задача 2. Деагрегация ресурсов V_n^{0i} по видам деятельности $V_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$, обеспечивающих влияние на показатели $f_j, j = \overline{1, J}$ по достижению ими заданных требований $f_j^0, j = \overline{1, J}$.

Для постановки и решения этой задачи необходима следующая исходная информация:

- статистическая информация для вычисления значений удельных операционных затрат на привлечение n -го вида ресурсного обеспечения через i -е функциональное направление для реализации m -го вида деятельности $C_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$;
- экспертная информация для оценки коэффициентов влияния ресурсов, привлекаемых через i -е функциональное направление для реализации m -го вида деятельности, на изменение j -го показателя $O_{mj}^i, m = \overline{1, M}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}$.

Задача 3. Деагрегация планового объема деятельности X^0 по видам деятельности с учетом n -го вида ресурсного обеспечения, привлекаемого через i -е функциональное направление $X_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$.

Для решения третьей задачи необходима следующая информация:

- статистическая информация для вычисления производительности процесса реализации m -го вида деятельности на основе n -го вида ресурсного обеспечения, привлекаемого через i -е функциональное направление $d_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$;
- экспертная информация для оценки коэффициентов потребности n -го вида ресурсного обеспечения, привлекаемого через i -е функциональное направление, на единицу объема m -го вида деятельности $e_{mn}^i, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}$;
- экспертная информация, позволяющая распределить X^0 по $\overline{1, N}$ видам ресурсного обеспечения X_n^0 .

Задача 4. Выбор реализаций или характеристик компонентов многофункциональной цифровой среды, обеспечивающих снижение удельных затрат C_{mn}^i и увеличение производительности d_{mn}^i .

Для решения этой задачи используется статистическая информация, позволяющая идентифицировать зависимость C_{mn}^i, d_{mn}^i от характеристик y_{lr} компонентов цифровой или деятельностной среды

$$C_{mn}^i = \varphi_1(y_{lr}), d_{mn}^i = \varphi_2(y_{lr}), \quad (2)$$

где

$r = \overline{1, R}$ – нумерационное множество компонентов цифровой среды;

$l_r = \overline{1, L_r}$ – нумерационное множество характеристик r -го компонента цифровой или деятельностной среды;

$g_r = \overline{1, G_r}$ – нумерационное множество альтернативных переменных Z_{gr} , определяющих выбор реализации r -го компонента.

Рассмотрим оптимизационные модели и подходы к решению перечисленных задач.

Задача 1.

Для решения первой подзадачи предлагается осуществить экспертный выбор одного из вариантов деагрегации V^0 на $V_n^0, n = \overline{1, N}$ [11]: пропорциональный потребностям; по принципу обратных приоритетов; параметрического распределения. Чтобы использовать последние два варианта проводится ранжирование [9] потребностей в каждом виде ресурса.

Решение второй подзадачи осуществляется на основе оптимизационной модели, в которой в качестве экстремального требования рассматривается максимизация

значимости привлекаемых ресурсов, а в качестве граничного – выполнение ограничений планового объема ресурсного обеспечения $V_n^0, n = \overline{1, N}$:

$$\begin{aligned} & \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I X_n^i V_n^{0i} \rightarrow \max, \\ & \sum_{i=1}^I V_n^{0i} \leq V_n^0, \quad n = \overline{1, N}, \\ & V_n^{0i} \geq 0, \quad n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}. \end{aligned} \quad (3)$$

Задача оптимизации (3) является задачей линейного программирования, но, учитывая многовариантность V_n^0 ее решения, получаем за счет введения альтернативных переменных, характеризующих варианты V_n^0 в целевую функцию, двойственной к (3) задаче линейного программирования [10].

Задача 2.

Постановку задачи осуществим в векторно-матричной форме. Для этого введем следующие обозначения:

$$C_m = \begin{Bmatrix} C_{m1} \\ \dots \\ C_{mn}^i \\ \dots \\ C_{mN}^i \end{Bmatrix} - \text{вектор-столбец удельных операционных затрат};$$

$$V_m^i = \{V_{m1}^i, \dots, V_{mn}^i, \dots, V_{mN}^i\} - \text{вектор-строка объемов ресурсного обеспечения};$$

$A^i = \|a_{mj}^i\|$ – матрица коэффициентов влияния ресурса на показатель эффективности;

$f^0 = \{f_1^0, \dots, f_j^0, \dots, f_J^0\}$ – вектор-строка требований к показателям эффективности;

$V^{0i} = \{V_1^{0i}, \dots, V_n^{0i}, \dots, V_N^{0i}\}$ – вектор-строка плановых объемов ресурсного обеспечения.

В качестве экстремального требования принимаем минимизацию операционных затрат при реализации деятельности МФЦОС, а граничных – требование (1) и ограничения плановых объемов ресурсного обеспечения. Тогда имеем следующую оптимизационную модель:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M C_m^i V_m^i \rightarrow \min, \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M A^i V_m^i \geq f^0, \\ & \sum_{m=1}^M V_m^i \leq V^{0i}, \quad i = \overline{1, I}, \\ & V_m^i \geq 0, \quad m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}. \end{aligned} \quad (4)$$

Задача оптимизации (4) относится к задачам блочного линейного программирования, и для ее решения следует модифицировать с учетом особенностей граничных требований один из алгоритмов, приведенных в [12].

Задача 3.

Аналогично задаче 2 перейдем к векторно-матричной постановке, введя следующие обозначения:

$d_m^i = \begin{Bmatrix} d_{m1}^i \\ \dots \\ d_{mn}^i \\ \dots \\ d_{mN}^i \end{Bmatrix}$ – вектор-столбец значений производительности;

$X_m^i = \{X_{m1}^i, \dots, X_{mn}^i, \dots, X_{mN}^i\}$ – вектор-строка объемов деятельности;

$X^0 = \{X_1^0, \dots, X_n^0, \dots, X_N^0\}$ – вектор-строка плановых объемов деятельности;

$E^i = \|e_{mn}^i\|$ – матрица коэффициентов потребности в ресурсах при реализации деятельности МФЦОС, где e_m^i – m -й столбец матрицы E .

В задаче 3 экстремальное требование – максимизация производительности МФЦОС, граничные связаны с ограничением плановых объемов деятельности и ресурсов. Эти требования формализуются в оптимизационной модели следующим образом:

$$\begin{aligned} & \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M d_m^i X_m^i \rightarrow \max, \\ & \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M X_m^i \geq X^0, \\ & \sum_{i=1}^I e_m^i X_m^i \leq V^{0i}, i = \overline{1, I}, \\ & X_{mn}^i \geq 0, m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, I}. \end{aligned} \quad (5)$$

Задача (5) так же, как и задача (4), относится к задачам блочного линейного программирования, и ее решение основано на алгоритмах, приведенных в [12].

Задача 4.

В случае альтернативных переменных $Z_{gr} = \begin{Bmatrix} 1 \\ 0 \end{Bmatrix}$ задача 4 формулируется и решается с использованием методов многоальтернативной оптимизации [10], в случае непрерывных переменных y_{lr} – методов нелинейного программирования [9]. Экстремальные и граничные требования формируются исходя из зависимостей (2) и оценки влияния значений C_{mn}^i на результаты решения задачи (4), а d_{mn}^i – на результаты решения задачи (5).

На основе характеристики задач 1–4, определяющих интеллектуальную поддержку принятия управленческих решений, предлагается структурная схема управления МФЦОС, представленная на Рисунке 2. При этом через индекс i в оптимизационных моделях осуществляется взаимодействие алгоритмов управления деагрегацией ресурсов и объемов деятельности МФЦОС.

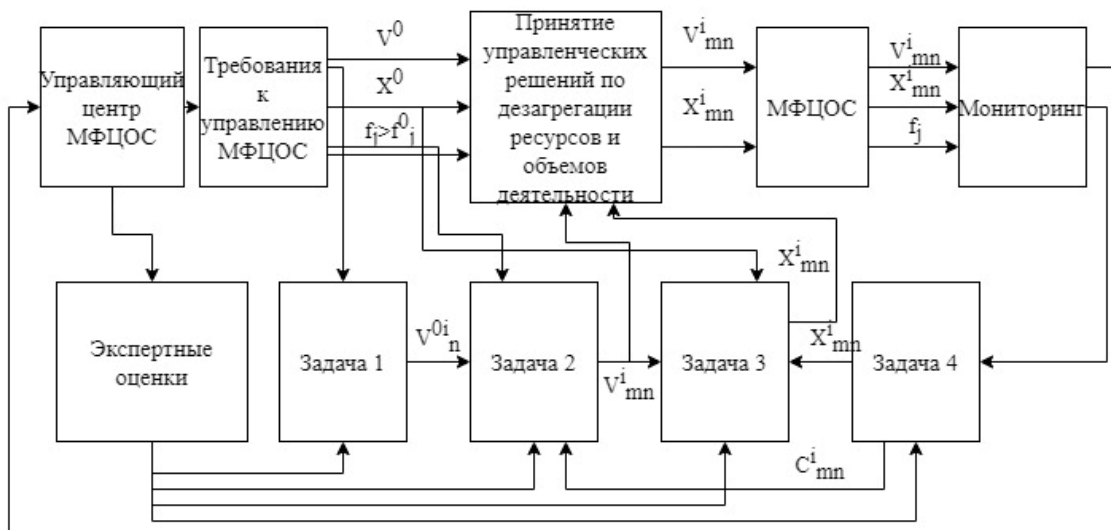


Рисунок 2 – Структурная схема управления МФЦОС
Figure 2 – Block diagram of MDOS management

Заключение

МФЦОС относятся к отдельному классу организационных систем, в которых управление деятельностной средой интегрировано с функциональными направлениями, реализуемыми цифровыми сервисами, и позволяет через них осуществлять дезагрегацию плановых уровней ресурсов и объемов деятельности с целью выполнения требований к показателям эффективности, установленным управляющим центром.

Структуризация МФОС осуществляется с учетом системообразующего характера функциональных направлений цифровой среды и служит основой для формирования комплекса оптимизационных задач, направленных на интеллектуальную поддержку принятых управленческих решений.

Оптимизационные модели дезагрегации ресурсов и объемов деятельности относятся к различным классам математического программирования. Решение задач оптимизации целесообразно организовать путем проблемной ориентации методов одновременного решения прямой и двойственной задач линейного программирования, блочного линейного программирования, нелинейного программирования и многоальтернативной оптимизации.

Структура системы управления МФЦОС позволяет объединить в едином цикле принятия решений по дезагрегации ресурсов и объемов деятельности, согласованных с плановыми показателями и требованиями к показателям эффективности, экспертные оценки и результаты решения оптимизационных задач.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бурков В.Н., Ириков В.А. *Модели и методы управления организационными системами*. М.: Наука; 1994. 270 с.
2. Бурков В.Н., Новиков Д.А. *Теория активных систем: состояние и перспективы*. М.: Синтег; 1999. 128 с.
3. Вайл П., Ворнер С. *Цифровая трансформация бизнеса: Изменение бизнес-модели для организации нового поколения*. М.: Альпина Паблишер; 2019. 260 с.
4. Мрочковский Н.С., Ляндау Ю.В., Пушкин И.С., Кривоногов Е.А. Основные тенденции цифровой трансформации бизнеса. *Экономика и предпринимательство*. 2019;4:89–91.

5. Рынди́н Н.А. *Многовариативная структуризация цифровой среды управления в организационных системах*. Воронеж: Издательство «Научная книга»; 2023. 172 с.
6. Масленников В.В., Ляндау Ю.В., Калинина И.А. Формирование системы цифрового управления организацией. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*. 2019;108(6):116–123. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-6-116-123.
7. Гретченко А.И., Горохова И.В. Цифровая платформа: новая бизнес-модель в экономике России. *Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова*. 2019;103(1):62–72.
8. Муха В.В. Оптимизация цифровой нити логистических цепочек в практике управления организационными системами. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1132>. DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.027.
9. Львович И.Я., Львович Я.Е., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения*. Воронеж: Издательство «Научная книга»; 2016. 444 с.
10. Львович И.Я. *Принятие решений на основе оптимизационных моделей и экспертной информации*. Воронеж: Издательство «Научная книга»; 2023. 232 с.
11. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. [и др.]; под общ. ред. Я.Е. Львовича. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах: коллективная монография*. Воронеж: Издательство «Научная книга»; 2021. 191 с.

REFERENCES

1. Burkov V.N., Irikov V.A. *Models and methods of organizational system management*. Moscow, Nauka; 1994. 270 p. (In Russ.).
2. Burkov V.N., Novikov D.A. *Theory of active systems: state and perspectives*. Moscow, Sinteg; 1999. 128 p. (In Russ.).
3. Weill P., Woerner S. *Digital transformation of business. Changing the business model for the next-generation enterprise*. Moscow, Alpina Publisher; 2019. 257 p. (In Russ.).
4. Mrochkovskii N.S., Lyandau Y.V., Pushkin I.S., Krivonogov E.A. Main trends of business digital transformation. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and entrepreneurship*. 2019;4:89–91. (In Russ.).
5. Ryndin N.A. *Multi-alternative structuring of digital management environment in organizational systems*. Voronezh, IPTs “Nauchnaya kniga”; 2023. 172 p. (In Russ.).
6. Maslennikov V.V., Lyandau Y.V., Kalinina I.A. Developing the system of digital management of organization. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova = Plekhanov Russian University of Economics*. 2019;108(6):116–123. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-6-116-123. (In Russ.).
7. Gretchenko A.I., Gorohova I.V. Digital platform: a new business model in the Russian economy. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta im. G.V. Plekhanova = Plekhanov Russian University of Economics*. 2019;103(1):62–72. DOI: 10.21686/2413-2829-2019-1-62-72. (In Russ.).
8. Mukha V.V. Optimization of a supply chain digital thread in the practice of managing organizational systems. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(1). <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1132>. DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.027. (In Russ.).
9. Lvovich I.Ya, Lvovich Ya.E., Frolov V.N. *Information technologies of modeling and optimization: a brief theory and applications*. Voronezh, IPTs “Nauchnaya kniga”; 2016. 444 p. (In Russ.).

10. Lvovich I.Ya. *Decision-making based on optimization models and expert information*. Voronezh, IPTs “Nauchnaya kniga”; 2023. 232 p. (In Russ.).
11. Lvovich I.Ya, Lvovich Ya.E., Choporov O.N., et al. *Optimization of digital management in organizational systems*. Voronezh, IPTs “Nauchnaya kniga”; 2021. 191 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Гусев Павел Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования и информационных систем, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

e-mail: gusevpvl@gmail.com

ORCID: [0000-0002-3752-0152](https://orcid.org/0000-0002-3752-0152)

Pavel Yu. Gusev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Computer-Aided Design and Information Systems, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

Львович Яков Евсеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры систем автоматизированного проектирования и информационных систем, Воронежский государственный технический университет, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Российская Федерация.

ORCID: [0000-0002-7051-3763](https://orcid.org/0000-0002-7051-3763)

Yakov E. Lvovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Computer-Aided Design and Information Systems, Voronezh State Technical University, Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, the Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 19.09.2023; одобрена после рецензирования 04.10.2023; принята к публикации 12.10.2023.

The article was submitted 19.09.2023; approved after reviewing 04.10.2023; accepted for publication 12.10.2023.