

УДК 658:631.1

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.40.1.005](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.40.1.005)

Алгоритмизация процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах

Н.А. Рындин✉

*Воронежский государственный технический университет,
Воронеж, Российская Федерация
nikita.ryndin@gmail.com*

Резюме. Актуальность исследования обусловлена проблемой повышения эффективности управления в организационных системах, использующих цифровую среду для хранения и обработки информации о параметрах и характеристиках таких систем. В статье рассматриваются вопросы алгоритмизации процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах двух типов: многообъектной и автономной. Приводятся основные характеристики процесса многовариантной структуризации, формулируются оптимизационные модели для решения задач основных этапов многовариантной структуризации. Доказывается, что показатели эффективности организационной системы зависят от выбранных реализаций компонентов развивающейся цифровой среды. При этом наличие экстремальных и граничных требований приводит к задачам однокритериальной или многокритериальной оптимизации с ограничениями. Строятся оптимизационные модели распределения ресурсного обеспечения на поддержание функциональности и развитие компонентов цифровой среды. Формулируются основные алгоритмические процедуры поиска оптимальных решений и дается оценка сочетаемости вариантов структур среды. Приводится последовательность реализации этапов многовариантной структуризации в виде структурной схемы взаимодействия этих этапов. Показываются особенности использования аппарата многовариантной структуризации для оптимизации характеристик цифровизированных систем на примере организационной системы агропромышленного предприятия. Алгоритмизация процесса многовариантной структуризации позволяет реализовать этот аппарат в информационной системе управления и обеспечить выполнение заданных требований к системе.

Ключевые слова: организационные системы, цифровая среда, управление, многовариантная структуризация, оптимизация, агропредприятие.

Для цитирования: Рындин Н.А. Алгоритмизация процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2023;11(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1274> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.005

Algorithmization of the multivariate structuring process in digitalized organizational systems

N.A. Ryndin✉

*Voronezh State Technical University,
Voronezh, Russian Federation
nikita.ryndin@gmail.com*

Abstract. The relevance of the study is due to the problem of improving management efficiency in organizational systems that employ a digital environment for storing and processing information about the parameters and characteristics of such systems. The article deals with the issues of algorithmization of multivariate structuring process in digitalized organizational systems of two types: multi-object and autonomous. The main characteristics of the multivariate structuring process are given; optimization

models are formulated for solving the problems of the multivariant structuring main stages. It is shown that the performance indicators of the organizational system depend on the selected implementations of the components of the developing digital environment. At the same time, the presence of extremal and boundary requirements leads to the problems of single-objective or multi-objective optimization with restrictions. Optimization models for the distribution of resource support for maintaining the functionality and development of the components of the digital environment are being built. The main algorithmic procedures for searching the optimal solutions are formulated and an assessment of the variant compatibility of the environment structures is given. The implementation sequence of the multivariant structuring stages is given in the form of a block diagram of the interaction of these stages. The specifications of using the apparatus of multivariate structuring to optimize the characteristics of digitalized systems are demonstrated through the example of the organizational system of an agro-industrial enterprise. Algorithmization of the multivariate structuring process makes it possible to implement this apparatus in the information management system and ensure the fulfillment of the specified requirements for the system.

Keywords: organizational systems, digital environment, management, multivariate structuring, optimization, agricultural enterprises.

For citation: Ryndin N.A. Algorithmization of the multivariate structuring process in digitalized organizational systems. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(1). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1274> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.40.1.005 (In Russ.).

Введение

Дальнейшее повышение эффективности принятия управленческих решений в организационных системах за счет средств информатизации существенным образом зависит от возможностей и характеристик цифровой среды управления, объединяющей программные и аппаратные компоненты для решения определенного множества локальных задач управления. Такая цифровая среда является развивающейся, так как с течением жизненного цикла ее компонентов теряется эффективность их функционирования, опускается ниже критического уровня и требует замены. С другой стороны, возникают новые задачи управления, требующие применения новых компонентов. При этом возникает новый класс организационных систем – цифровизированные организационные системы, которые представляют собой интегрированную с развивающейся цифровой средой управления организационную систему [1, 2].

Основной комплекс задач управления в организационной системе связан с распределением управляющим центром ресурсного обеспечения на функционирование и развитие составляющих, входящих в систему. В случае цифровизированной организационной системы часть ресурсного обеспечения выделяется на функционирование и развитие цифровой среды управления по двум направлениям:

- поддержание эффективности функционирования компонентов цифровой среды управления и увеличение длительности их жизненного цикла;
- развитие за счет применения компонентов с функциональностью, соответствующей новым задачам управления, и замена компонентов, выработавших свой жизненный цикл.

Для повышения эффективности использования ресурсного обеспечения для выполнения заданных управляющим центром требований к эффективности функционирования организационной системы используется оптимизационный подход на концептуальной основе многовариантной структуризации, представляющей собой процесс редуционного преобразования множеств альтернативных реализаций компонентов при выборе варианта их интеграции в организационное целое в

соответствии с требованиями к показателям эффективности функционирования организационной системы [3, 4].

В соответствии с этим подходом процесс взаимодействия управляющего центра и составляющих организационной системы в развивающейся цифровой среде на основе многовариантной структуризации представляет собой процесс объединения реализаций компонентов $w_g, g = \overline{1, G}$ в систему S' с целью получения варианта на множестве $S_l, l = \overline{1, L}$, отвечающего требованиям управляющего центра к показателям эффективности функционирования объектов организационной системы. Проведем формализованное описание основных этапов процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах.

Методы и алгоритмическое обеспечение процесса многовариантной структуризации

Процесс многовариантной структуризации включает в себя следующие этапы: компонентной оптимизации, интеграционной оптимизации, кластерной оптимизации, последовательной оптимизации и ресурсно-распределительной оптимизации [5]. Поскольку первые четыре этапа многовариантной структуризации основаны на процессе оптимального выбора из множества альтернативных реализаций компонентов, формализованное описание целесообразно построить с применением методов многовариантной оптимизации в следующей последовательности:

- введение альтернативных переменных задачи оптимизации;
- формирование оптимизационной модели;
- оценивание параметров и функций влияния альтернативных переменных на достижение заданного уровня показателей эффективности организационной системы;
- алгоритмизация процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах оценивание размерности задачи оптимизации.

Значения показателей эффективности организационной системы зависят от выбранных реализаций компонентов развивающейся цифровой среды и являются функциями альтернативных переменных:

$$y_j = f_j(x_m), y_j = f_j(x_{mn}), j = \overline{1, J}, \quad (1)$$

где зависимости $f_j, j = \overline{1, J}$ задаются в табличной форме; x_m – альтернативная переменная, принимающая значения 1, если m -реализация компонента является перспективной для заданного уровня показателей эффективности организационной системы, 0 в противном случае; x_{mn} – альтернативная переменная с двумя индексами, которая принимает значения 1, если m -й компонент необходимо связать с n -м для достижения заданного уровня показателя; 0 в противном случае, $m = \overline{1, M}, n = \overline{1, N}$.

Требование управляющего центра состоит в увеличении их значений до уровня, не менее, чем y_j^0 , то есть:

$$y_j = f_j(x_m) \geq y_j^0, j = \overline{1, J}, \quad (2)$$

где y_j – значения показателей эффективности функционирования организационной системы; $j = \overline{1, J}$ – нумерационное множество показателей эффективности; y_j^0 – значение показателей эффективности функционирования системы, соответствующее требованиям управляющего центра.

Кроме того, эксперты управляющего центра выделяют один или несколько наиболее значимых показателей, для которых требования (1) трансформируются в экстремальные $\psi_{j_1}(x_m) \rightarrow \min_{x_m}, j_1 = \overline{1, J_1}$ с использованием следующей функции:

$$\psi_{j_1}(x_m) = \begin{cases} y_{j_1}^{\circ} - f_{j_1}, & \text{если } y_{j_1} \geq y_{j_1}^{\circ}, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (3)$$

где $j_1 = \overline{1, J_1} \in \overline{1, J}$ – нумерационное множество показателей, к которым предъявляются экстремальные требования (2).

Наличие экстремальных и граничных требований приводит к задачам однокритериальной или многокритериальной оптимизации с ограничениями. Влияние альтернативных переменных на выполнение условий (2) оценивается в нескольких формах:

– двоичной:

$$c_{mj} = \begin{cases} 1, & \text{если реализация компонента соответствующая} \\ & m\text{-й альтернативной переменной способствует} \\ & \text{выполнению условий (1), (2),} \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (4)$$

$$m = \overline{1, M}, j = \overline{1, J};$$

– ранговой:

$$a_{mj} = 1 - \frac{\rho_{mj}}{\sum_{j=1}^J \rho_{mj}}, m = \overline{1, M}, j = \overline{1, J}, \quad (5)$$

– функциональной (1).

Значения параметров (4), (5) определяются с использованием методов экспертного оценивания, а функциональные зависимости (3) – либо путем использования табличных данных, либо путем обработки статистических данных методами регрессионного анализа, нейросетевого моделирования, имитационного моделирования систем массового обслуживания, ситуационного моделирования [6].

При реализации этапа ресурсно-распределительной оптимизации оптимальный выбор осуществляется на множествах значений ресурсов, распределенных по временным периодам:

– на стадии функционирования:

$$v(t), t = \overline{1, T}, \sum_{t=1}^T v(t) \leq V; \quad (6)$$

– на стадии развития:

$$u(t_1), t_1 = \overline{1, T_1}, \sum_{t_1=1}^{T_1} u(t_1) \leq U^p. \quad (7)$$

В этом случае оптимизационная модель представляет собой семейство формализованных описаний задач оптимизации, связанных при распределении ресурсного обеспечения по временным интервалам с ограничениями (6), (7).

Оценивание влияния альтернативных вариантов выполнения условий (6), (7) на достижения заданного уровня показателей эффективности организационной системы осуществляется с использованием функций:

$$y_j = f_j(u(t)), j = \overline{1, J}, t = \overline{1, T}; \quad (8)$$

$$y_j = f_j(u^p(t_1)), j = \overline{1, J}, t_1 = \overline{1, T_1}. \quad (9)$$

где $u(t)$ – объем ресурсного обеспечения, выделенный из объема V , на функционирование цифровой среды управления; $u^p(t_1)$ – объем ресурсного обеспечения, выделенный из объема V^p , на развитие цифровой среды управления. Желаемые изменения функции (8), (9) задаются экспертным путем [7].

При алгоритмизации поиска оптимального варианта функционирования организационной системы в развивающейся цифровой среде следует обеспечить гибкость и адаптируемость оптимизируемой функции, объединяющей экстремальные и граничные требования в оптимизационных задачах многовариантной структуризации.

В качестве характеристик, за счет варьирования, которыми обеспечивается гибкость оптимизируемой функции, рассмотрим следующие:

1) декомпозиционную, определяющую разделение нумерационного множества $j = \overline{1, J}$ показателей эффективности функционирования организационной системы на два нумерационных подмножества:

– $j_1 = \overline{1, J_1}$ – нумерационное подмножество показателей, к которым предъявляются экстремальные требования (2);

$j_2 = \overline{1, J_2}$ – нумерационное подмножество показателей, к которым предъявляются граничные требования (1) при условии

$$\overline{1, J_1} \cup \overline{1, J_2} = \overline{1, J};$$

2) интегральную, определяющую структуру и параметры объединения локальных экстремальных требований $j_1 = \overline{1, J_1}$ в единое глобальное, которые отражаются в функциональной зависимости от оптимизируемых переменных

$$F(x_m) = F(\omega, \alpha; f_{j_1} = (x_m); j_1 = \overline{1, J_1}), \quad (10)$$

где ω – множество структур интегральной функции; α – множество параметров интегральной функции.

Предполагается использовать при решении оптимизационных задач многовариантной структуризации следующие модификации интегральной функции [8]: аддитивную, среднестепенную, среднегеометрическую и мультипликативную;

3) штрафную, определяющую степень влияния граничных требований (1) на достижение экстремальных функций (2)

$$\phi(x_m) = \sum_{j_2=1}^{J_2} \lambda_{j_2} \phi_{j_2}(x_m), \quad (11)$$

где $\lambda_{j_2} \geq 0$ – штрафные коэффициенты, играющие роль параметров; $\phi_{j_2}(x_m)$ – функции, оценивающие степень приближения значения функции $f_{j_2}(x_m)$ к граничному значению $\phi_{j_2}^\circ$.

Разнообразие штрафных функций (11) определяется структурой функций $\phi_{j_2}(x_m)$, $j_2 = \overline{1, J_2}$ и значениями параметров λ_{j_2} , $j_2 = \overline{1, J_2}$.

Предлагается использовать следующие структуры функции $\lambda_{j_2}(x_m)$: линейная, степенная, обратная, логарифмическая. Возможны и другие структуры функций $\phi_{j_2}(x_m)$ [6].

С использованием перечисленных характеристик формулируется оптимизируемая функция, эквивалентная оптимизационной задаче многовариантной структуризации:

$$\psi(x_m) = F(x_m) - \sum_{j_2=1}^{J_2} \hat{\lambda}_{j_2} \hat{\phi}_{j_2}(x_m) \rightarrow \min_{x_m}, \quad (12)$$

где ϕ_{j_2} – нормированные значения штрафной функции, λ_j – нормированные значения штрафных коэффициентов $0 \leq \lambda_j \leq 1$.

Гибкость (11) определяется разнообразием вариантов разделения нумерационного множества показателей эффективности на два подмножества, числом сочетаний вариантов интегральной и штрафной функций, варьированностью их параметров.

Нумерационное множество вариантов разделения $b_1 = \overline{1, B_1}$ формируется на основе экспертного оценивания, нумерационное множество сочетаний $b_2 = \overline{1, B_2}$ определяется количеством используемых структур интегральной и штрафной функций.

Адаптируемость оптимизируемой функции (12) к особенностям решаемой комбинаторной оптимизационной задачи многовариантной структуризации достигается за счет рандомизации нумерационных множеств $b_1 = \overline{1, B_1}$, $b_2 = \overline{1, B_2}$ и настройки в рамках итерационного процесса поиска решения оптимизационной задачи вероятностных характеристик.

Результаты алгоритмизации процесса многовариантной структуризации

На основе проведенной формализации можно выделить следующие основные этапы процесса многовариантной структуризации в цифровизированных организационных системах.

Этап 1. Характеризация механизмов и показателей эффективности взаимодействия управляющего центра и объектов организационной системы.

Анализируются виды деятельности, реализуемые составляющими организационной системы, структура и механизм их взаимодействия с управляющим центром при объединении в организационное целое по однородным видам деятельности. Характеризуются показатели эффективности деятельности объектов y_{ij} , $i = \overline{1, I}$, $j = \overline{1, J}$ и приводятся значения показателей, соответствующие требованиям управляющего центра y_{ij}^0 , $i = \overline{1, I}$, $j = \overline{1, J}$. Для автономной организационной системы дается описание показателей и требований, определяющих эффективность выполнения задач деятельности Z_i , $i = \overline{1, I}$. Перечисляются группы исполнительных эргатических элементов I_n , $n = \overline{1, N}$, характеризуются показатели эффективности их деятельности U_{nj} и влияние этих показателей на выполнение задач y_{ij} .

При анализе механизмов взаимодействия указываются роль ресурсного обеспечения на стадиях функционирования V и развития V^P организационной системы и уровень влияния на показатели эффективности с целью достижения установленных требований. Все множество требований $j = \overline{1, J}$ экспертным путем разделяется на два подмножества: экстремальные $j_1 = \overline{1, J_1}$ и граничные $j_2 = \overline{1, J_2}$. Предлагается несколько вариантов разделения $b_1 = \overline{1, B_1}$.

Этап 2. Формирование множеств задач управления и управленческих решений.

Исходя из анализа видов деятельности, механизмов взаимодействия управляющего центра с объектами и исполнительными элементами, характеристик показателей эффективности и экспертных оценок устанавливаются задачи управления. Задачи управления относятся либо к каждому виду деятельности, либо к функционированию системы в целом. С другой стороны, задачи управления направлены на достижение заданного уровня либо одним показателем, либо совокупностью показателей. Для каждой задачи управления определяется множество управленческих решений, которые влияют на их изменение. Кроме того, задачи разделяются на первоочередные и перспективные.

Этап 3. Оценивание вариативности решения задач управления с использованием цифровых средств.

Ориентируясь на характер задачи управления и соответствующие ей управленческие решения оценивают разнообразие формализованных методов достижения этих решений и формы реализации цифрового управления.

Этап 4. Структуризация множества реализаций компонентов цифровой среды управления.

С учетом вариативности решений задач управления устанавливают нумерационное множество реализаций цифровых компонентов, ориентированных на каждую задачу, сформированную на этапе 2. Для каждого элемента этого множества фиксируются значения показателей, достигаемых в случае использования этого средства при цифровом управлении в организационной системе.

Этап 5. Реализация принципа компонентной оптимизации.

Вводятся альтернативные переменные, соответствующие нумерационным множествам, полученным на этапе 4, и устанавливается размерность задачи, оценивается степень влияния каждого альтернативного элемента на выполнение экстремальных и граничных требований к функционированию организационной системы. Экстремальные и граничные требования записываются в формализованном виде и объединяются в модель компонентной оптимизации. На основе оптимизационной модели формируется оптимизационная функция и организуется итерационный процесс поиска решений.

Этап 6. Характеризация механизма агрегации компонентов в развивающуюся цифровую среду управления.

Выбирается механизм агрегации при объединении компонентов в развивающуюся цифровую среду управления с учетом разделения задач управления на первоочередные и перспективные. Выделяются два механизма:

- агрегации в организационное целое цифровых средств, поддерживающих первоочередные задачи управления;
- расширение агрегированной среды путем включения перспективных задач управления.

Этап 7. Реализация принципа интеграционной оптимизации.

Вводятся результаты этапов 5,6, позволяющие установить редуцированные множества $\widehat{w}_g = \overline{1, \widehat{W}_g}$, $g = \overline{1, G}$ и механизм их агрегации в варианты S_l , $l = \overline{1, L}$ цифровой среды управления. Устанавливается форма влияния сочетаний альтернативных переменных при интеграции компонентов на значения показателей y_j , $j = \overline{1, J}$. При наличии статистических выборок для разных вариантов этих сочетаний осуществляется машинное обучение регрессионной модели, отражающей функциональную зависимость (1). Формируется оптимизационная модель, объединяющая экстремальные и граничные требования, выраженные через альтернативные переменные, осуществляется переход к эквивалентной оптимизируемой функции и на основе сочетания итерационного поиска по принципам 6, 7 с экспертным оцениванием при выборе окончательного варианта интеграции S^* . В случае, если такой вариант не удастся выбрать, возвращаемся к этапам 5, 6.

Этап 8. Реализация принципа кластерной оптимизации.

Формируется матрица кластерной упорядоченности компонентов, элементы которой характеризуют степень влияния m -го компонента, вошедшего в вариант S^* , на достижение установленного требования к j -му показателю эффективности деятельности объектов O , либо выполнения задач деятельности Z_i при его принадлежности к n_1 -му кластеру, $n_1 = \overline{1, N}$. Вводятся альтернативные переменные, характеризующие

принадлежность m -го компонента в n_1 -й кластер, $n_1 = \overline{1, N_1}$. С использованием матричного описания формируется экстремальное требование. Граничные требования связаны с тем, что каждый компонент может входить только в один кластер, а каждый кластер содержит m -й компонент только один раз. На основе оптимизационной модели осуществляется переход к оптимизируемой функции и организуется итерационный поиск решений по принципам 6, 7.

Этап 9. Реализация принципа последовательной оптимизации.

Для формирования последовательности переходов между использованием компонентов цифровой среды, входящих в n_1 -й кластер, необходимо ввести некоторую нумерацию $n_2 = \overline{1, N_2}$ позиций этой последовательности и альтернативные переменные, определяющие m -й компонент в n_2 -ю позицию. Так же, как для этапа 8, строится матрица последовательностной упорядоченности, характеризующая степень влияния m -го компонента на достижение требования по j -му показателю эффективности деятельности объектов O , либо выполнения задач деятельности Z_i при его размещении в n_2 -ю позицию. С использованием этой матрицы формируется экстремальное требование последовательностной оптимизации. Граничные требования определяются размещением только каждого компонента в определенную позицию, и каждая позиция соответствует определенному компоненту. Формируется оптимизационная модель, осуществляется переход к эквивалентной оптимизируемой функции и организуется итерационный поиск решения по принципам 6, 7.

Этап 10. Реализация принципа ресурсно-распределенной оптимизации.

На этом этапе на основе объемов ресурсного обеспечения, установленных управляющим центром на реализацию стадии функционирования с временным периодом $T - V$ и стадии развития цифровизированной организационной системы с временным периодом $T_j - U^p$. Кроме того, определяются потребности в ресурсном обеспечении функционирования и развития v_i^o, u_i^o , необходимые для деятельности объектов O_i или выполнения задач Z_i ; потребности в ресурсном обеспечении функционирования и развития компонентов цифровой среды v_g^o, u_g^o ; нумерационное множество первоочередных и перспективных задач управления, принятие решений в рамках которых реализуется цифровыми средствами; характеристики изменения функциональности компонентов цифровой среды; временной интервал, в течение которого целесообразно перейти от стадии функционирования к стадии развития цифровой среды.

С использованием перечисленных исходных данных на основе принципа 5 многовариантной структуризации формируются оптимизационные модели для решения следующих задач:

- определения допустимого уровня ресурсного обеспечения функционирования и развития цифровой среды, исходя из установленных объемов интегрального ресурсного обеспечения функционирования и развития организационной системы;
- распределения ресурсного обеспечения, предназначенного для обеспечения деятельности объектов $O_i, i = \overline{1, I}$ или выполнения задач $Z_i, i = \overline{1, I}$;
- распределения ресурсного обеспечения для поддержания функциональности компонентов цифровой среды управления на стадии функционирования;
- распределения ресурсного обеспечения на стадии развития цифровой среды управления;
- синхронизации распределения ресурсного обеспечения на стадиях функционирования и развития цифровой среды управления.

Осуществляется многовариантная структуризация ресурсно-распределительного механизма с использованием перечисленных оптимизационных моделей, многошаговых и итерационных алгоритмических схем.

Этап 11. Оценка эффективности результатов многовариантной структуризации.

Рассматривается использование предложенной концептуальной основы в практике цифрового управления многообъектными и автономными организационными системами. Для оценки эффективности осуществляется сравнение показателей, достигнутых в эксплуатируемых цифровизированных организационных системах и расчетных показателей, полученных на основе проведения вычислительного эксперимента с использованием принципов многовариантной структуризации.

Целостная последовательность реализации этапов многовариантной структуризации приведена в виде структурной схемы на Рисунке 1.

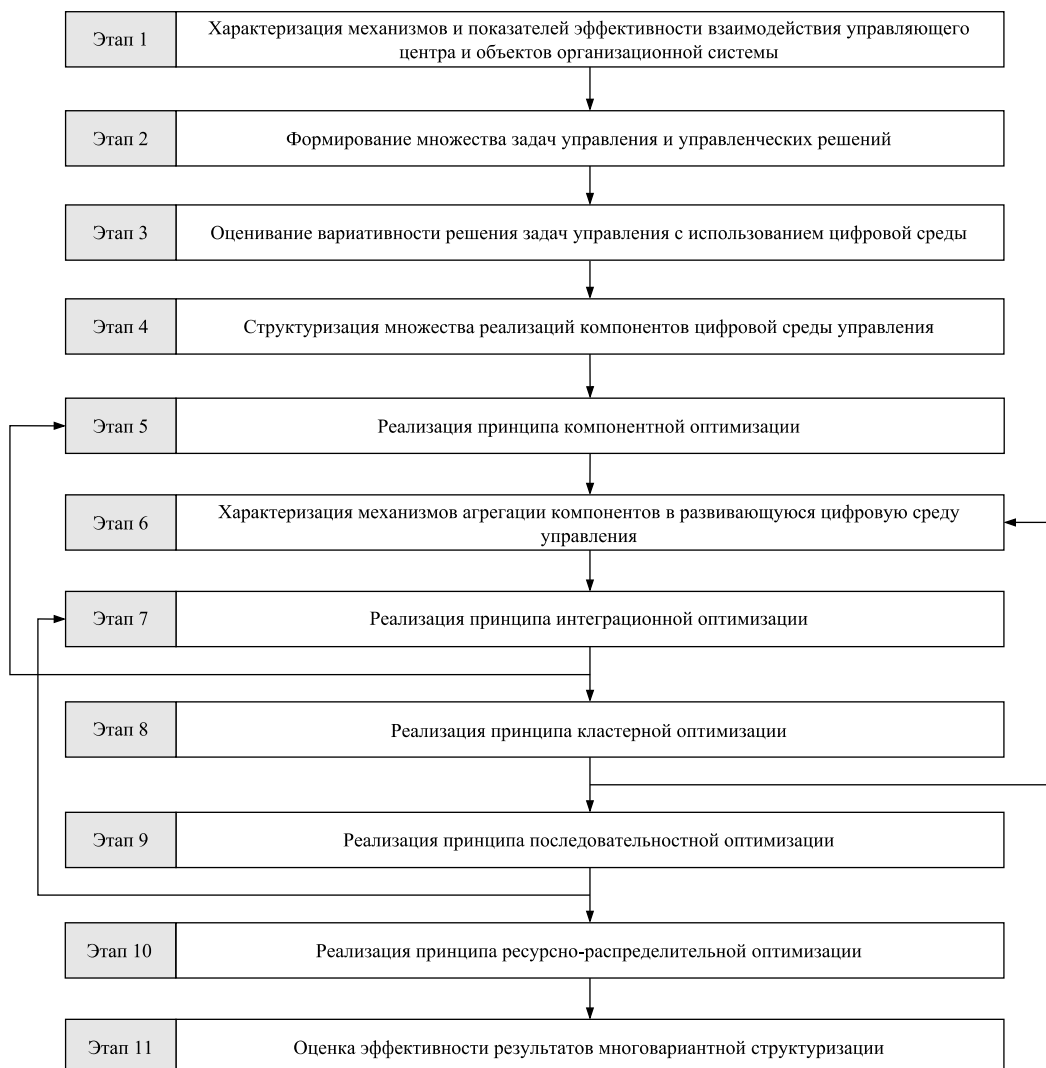


Рисунок 1 – Последовательность реализации этапов многовариантной структуризации

Figure 1 – Implementation sequence of the multivariate structuring stages

Заключение

Разработанный аппарат многовариантной оптимизации реализован в виде подсистемы информационной системы управления организационной структурой агропромышленного предприятия «Агрополе» [9].

Система позволяет решать общие задачи управления производственными процессами предприятия, накапливать данные об основных параметрах работы предприятия (урожайности культур по каждому полю, производственной себестоимости выращивания этих культур, прибыли предприятия по статьям бюджета, эффективности работы менеджеров и механизаторов в виде результатов выполнения KPI, связанных с параметрами технологических процессов), данные технологических карт возделывания культур [10].

Использование предложенного аппарата многовариантной структуризации в организационной системе агропромышленного предприятия показало высокую эффективность методов и средств оптимизации и принятия решений для повышения эффективности работы предприятия за счет изменения самой организационной структуры, выбора оптимальных технологических процессов, сокращения затрат на функционирование и развитие цифровой среды предприятия. Структура предприятия была изменена, сокращены два подразделения, функции которых были перераспределены между другими структурными единицами (сокращено бюро первичного учета продукции, уменьшилось число диспетчеров с 4 до 2). Проведена оптимизация технологических карт посевных культур, с точки зрения минимизации затрат на посевную и получение большей урожайности с использованием модулей системы «Агрополе», что позволило снизить затраты с 422 млн. руб. до 386 млн. руб. на посевную. Затраты на функционирование и развитие цифровой среды «Агрополе» также удалось снизить на 220 тыс. руб. в год за счет выбора рациональной платформы и стека технологий разработки, выбора новой структуры системы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков Д.А. *Теория управления организационными системами*. 2-е изд. М.: Физматлит; 2007. 584 с.
2. Львович Я.Е., Львович И.Я., Чопоров О.Н. *Оптимизация цифрового управления в организационных системах*. Коллективная монография. Под общ. ред. Я.Е. Львовича. Воронеж: ИПЦ «Научная книга»; 2021. 191 с.
3. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. *Механизмы функционирования организационных систем*. М.: Наука; 1981. 383 с.
4. Львович Я.Е., Рындин Н.А., Сахаров Ю. С. Оптимизация распределения ресурсного обеспечения развития цифровой среды управления в организационных системах. *Вестник российского нового университета. «Сложные системы: модели, анализ, управление»*. 2021;4;46–53.
5. Львович Я.Е., Рындин Н.А. Оптимизация распределения ресурсного обеспечения на стадиях развития и функционирования цифровизированных организационных систем. *Информационные технологии*, 2022;28(6):294–301.
6. Львович Я.Е., Львович И.Я., Фролов В.Н. *Информационные технологии моделирования и оптимизации: краткая теория и приложения*. Воронеж: ИПЦ «Научная книга»; 2016. 191 с.
7. Литвак Б.Г. *Экспертная информация. Методы получения и анализа*. М.: Радио и связь; 1982. 184 с.
8. Подиновский В.В., Ногин В.Д. *Парето-оптимальные решения многокритериальных задач*. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы; 1982. 256 с.
9. Рындин Н.А., Скворцов Ю.С., Тишуков Б.Н. *Цифровизация управления в организационных системах агропромышленных предприятий: монография*. Под общ. ред. А. А. Рындиной. Воронеж: Издательское-полиграфический центр «Научная книга»; 2022. 148 с.

10. Евдокимов А.В., Скворцов Ю.С., Рындин Н.А. Система цифровизации управления агропромышленным предприятием. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021666399, 13.10.2021. Заявка № 2021665082 от 27.09.2021 г.

REFERENCES

1. Novikov D.A. *Teoriya upravleniya organizatsionnymi sistemami*. 2nd ed. Fizmatlit; 2007. 584 p. (In Russ.).
2. L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya., Choporov O.N. *Optimizatsiya tsifrovogo upravleniya v organizatsionnykh sistemakh. Kollektivnaya monografiya*. Pod obshch. red. Ya.E. L'vovicha. IPTs «Nauchnaya kniga»; 2021. 191 p. (In Russ.).
3. Burkov V.N., Kondrat'ev V.V. *Mekhanizmy funktsionirovaniya organizatsionnykh sistem*. Nauka; 1981. 383 p. (In Russ.).
4. L'vovich Ya.E., Ryndin N.A., Sakharov Yu. S. Optimizatsiya raspredeleniya resursnogo obespecheniya razvitiya tsifrovoi sredy upravleniya v organizatsionnykh sistemakh. *Vestnik rossiiskogo novogo universiteta. «Slozhnye sistemy: modeli, analiz, upravlenie» = Bulletin of the Russian New University*. 2021;4:46–53. (In Russ.).
5. L'vovich Ya.E., Ryndin N.A. Optimizatsiya raspredeleniya resursnogo obespecheniya na stadiyakh razvitiya i funktsionirovaniya tsifrovizirovannykh organizatsionnykh sistem. *Informatsionnye tekhnologii = Information Technology*, 2022;28(6):294–301. (In Russ.).
6. L'vovich Ya.E., L'vovich I.Ya., Frolov V.N. *Informatsionnye tekhnologii modelirovaniya i optimizatsii: kratkaya teoriya i prilozheniya*. IPTs «Nauchnaya kniga»; 2016. 191 p. (In Russ.).
7. Litvak B.G. *Ekspertnaya informatsiya. Metody polucheniya i analiza*. Radio i svyaz'; 1982. 184 p. (In Russ.).
8. Podinovskii V.V., Nogin V. D. *Pareto-optimal'nye resheniya mnogokriterial'nykh zadach*. Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoi literatury; 1982. 256 p. (In Russ.).
9. Ryndin N.A., Skvortsov Yu.S., Tishukov B.N. *Tsifrovizatsiya upravleniya v organizatsionnykh sistemakh agropromyshlennykh predpriyatii: monografiya*. Pod obshch. red. A.A. Ryndina. Izdatel'skoe-poligraficheskii tsentr «Nauchnaya kniga»; 2022. 148 p. (In Russ.).
10. Evdokimov A.V., Skvortsov Yu.S., Ryndin N.A. Sistema tsifrovizatsii upravleniya agropromyshlennym predpriatiem. Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM 2021666399, 13.10.2021. Zayavka № 2021665082 ot 27.09.2021 g.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Рындин Никита Александрович, кандидат технических наук, доцент, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.
e-mail: nikita.ryndin@gmail.com
ORCID: [0000-0002-0774-2352](https://orcid.org/0000-0002-0774-2352)

Nikita A. Ryndin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 21.11.2022; одобрена после рецензирования 13.12.2022; принята к публикации 23.01.2023.

The article was submitted 21.11.2022; approved after reviewing 13.12.2022; accepted for publication 23.01.2023.