

ПОИСК ФУНКЦИОНАЛЬНО-ПРОЦЕССНЫХ РАЗРЫВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФОВ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ХОЛАКРАТИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Я.Е. Кротов¹, *yakov.krotoff@gmail.com*, <https://orcid.org/0009-0001-5294-2396>

В.Г. Разумов², *wisewolf7778@gmail.com*

¹ Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

² Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

Аннотация. Статья посвящена проблеме поиска функционально-процессных разрывов в холакратической организационной системе. **Цель исследования.** Графовые нейронные сети являются прикладным инструментом для работы с большим массивом неструктурированных данных, в том числе представляющих описание организационных систем, позволяя упорядочивать связи бизнес-процессов и выполняемых функций в виде графов. В свою очередь, образуемые между графиками связи позволяют решать задачу поиска функциональных разрывов и аномалий в организационных системах любого типа, в том числе холакратических. **Материалы и методы.** В работе предложен подход к поиску функциональных разрывов по процессам с учетом разветвленной структуры управления в большой организационной системе. Подход базируется на данных, полученных в виде машинночитаемого текста из положений о подразделениях, приказов о распределении полномочий и должностных инструкций холакратической организации. Метод реализуется через построение дерева функций и выявление функционально-процессных разрывов, в том числе по пересекающимся ветвям. **Результаты.** Результатом исследования является математическая модель на базе графовых эмбеддингов, представленная в форме векторизации текста. Графовая нейронная сеть, разработанная на базе математической модели, позволяет перейти к управлению холакратической организационной системой через сравнение функций по нормативно-распорядительной документации для решения задачи по определению функционально-процессных разрывов. Моделирование функций холакратической организации представляется в виде дерева, а полученные при помощи графовой нейронной сети вычислительные значения позволяют идентифицировать функционально-процессные разрывы. **Заключение.** Полученные результаты позволяют инициировать циклы изменения функций в холакратической организационной системе с целью последующей оптимизации стоимости исполнения процессов. В качестве базовой рекомендации предлагается применение разработанной графовой нейронной сети в холакратических организационных системах для поиска функционально-процессных разрывов с целью последующей оптимизации как модели управления, так и отдельно взятых процессов.

Ключевые слова: управление в организационных системах, холакратические организации, математические модели, графовые эмбеддинги, графовые нейронные сети, поиск функционально-процессных разрывов

Для цитирования: Кротов Я.Е., Разумов В.Г. Поиск функционально-процессных разрывов с использованием графов нейронной сети в холакратической организационной системе // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2025. Т. 25, № 4. С. 107–121. DOI: 10.14529/ctcr250408

SEARCH FOR FUNCTIONAL-PROCESS GAPS USING A GRAPH NEURAL NETWORK IN A HOLACRATIC ORGANIZATIONAL SYSTEM

Ya.E. Krotov¹, yakov.krotoff@gmail.com
V.G. Razumov², wisewolf7778@gmail.com

¹ ITMO University, St. Petersburg, Russia

² South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

Abstract. The article is devoted to the problem of searching for functional-processual gaps in a holacratic organizational system. **The purpose of the study.** Graph neural networks are an applied tool for working with a large array of unstructured data, including those representing a description of organizational systems, allowing you to organize the connections of business processes and functions performed in the form of graphs. In turn, the connections formed between graphs allow you to solve the problem of finding functional gaps and anomalies in organizational systems of any type, including holacratic ones. **Materials and methods.** The paper proposes an approach to finding functional gaps in processes taking into account the branched management structure in a large organizational system. The approach bases on data obtained in the form of machine-readable text from regulations on departments, orders on the distribution of powers and job descriptions of a holacratic organization. The method is implemented through the construction of a tree of functions and the identification of functional-process gaps, including those along intersecting branches. **Results.** The result of the study is a mathematical model based on graph embeddings, presented in the form of text vectorization. The graph neural network developed on the basis of the mathematical model allows one to move on to managing a holacratic organizational system through a comparison of functions according to regulatory and administrative documentation to solve the problem of identifying functional and process gaps. Modeling of the functions of a holacratic organization is presented in the form of a tree, and the computational values obtained using the graph neural network allow one to identify functional and process gaps. **Conclusion.** The obtained results allow to initiate cycles of changing functions in a holacratic organizational system for the purpose of subsequent optimization of the cost of process execution. As a basic recommendation, it is proposed to use the developed graph neural network in holacratic organizational systems to search for functional-process gaps for the purpose of subsequent optimization of both the management model and individual processes.

Keywords: management in organizational systems, holacratic organizations, mathematical models, graph embeddings, graph neural networks, search for functional-process gaps

For citation: Krotov Ya.E., Razumov V.G. Search for functional-process gaps using a graph neural network in a holacratic organizational system. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics.* 2025;25(4):107–121. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr250408

Введение

Современные организационные системы характеризуются большим набором плохо структурированных данных, которые генерируются при взаимодействии человека с человеком, человека с информационными системами и человека с агентами нейронных сетей. Кроме того, в качестве первичного источника данных могут выступать специализированные хранилища, базы данных информационных систем, цифровые копии нормативно-распорядительной документации, а также архивные документы, проходящие процедуру оцифровки. Упомянутые источники данных позволяют сформировать первичное представление о том, чем занимается организация, какие процессы ей присущи и каким образом она управляет, но не дает целостной картины об организации как системе. Отметим, что скорость обработки всех источников данных силами естественного интеллекта не позволяет оперативно определять, какой из процессов или управляющих функций организационной системы необходимо обновить или оптимизировать, исходя из тех функционально-процессных разрывов, которые есть в организации на момент обработки данных.

Для формирования актуальной функциональной структуры системы по её организационной семантике и дальнейшего поиска функционально-процессных разрывов может быть использована

математическая модель на базе теории графов. В частности, предлагается при помощи математических преобразований перевести машиночитаемый текст в набор векторов и выстроить процесс генерации знаний об организационной системе через набор графовых эмбеддингов. При таком подходе модель будет формироваться из математических структур, состоящих из векторов, образуя векторные пространства. В модели эмбеддингов для каждого отдельно взятого семантического случая каждый вектор будет представлять собой уникальный образ объекта организационной системы. Тогда векторная размерность будет определять количество координат, используемых для описания всех компонентов векторного пространства.

Зная расстояние между векторами в эмбеддингах, можно оценить положение объектов организационной системы в векторном пространстве, создавая основу для формирования дополнительного знания об организации и её функциях. Для векторизации текста используем такие математические понятия, как Евклидово расстояние и Манхэттенское расстояние. Евклидово расстояние в эмбеддингах будет вычисляться как квадратный корень из суммы квадратов разностей соответствующих компонентов нескольких векторов:

$$d(a, b) = \sqrt{\sum_i (a_i - b_i)^2}.$$

Отметим, что такое расстояние лучше всего подходит для работы с абсолютными различиями векторов. Манхэттенское расстояние в эмбеддингах будет вычисляться как сумма абсолютных разностей компонентов векторов заданного пространства:

$$d(a, b) = \sum_i |a_i - b_i|.$$

Тогда объектом сравнения будет выступать степень сходства между векторами. Этот способ наиболее релевантен для поиска степени сходства по контексту или семантике между двумя объектами векторного пространства. Также следует упомянуть применимость косинусного сходства, когда сходство векторов определяется через синус угла между ними. При небольшом угле между векторами косинус будет стремиться к единице, а значит, будет иметь место высокое сходство между сравниваемыми векторами:

$$\text{similarity}(a, b) = \frac{a \cdot b}{|a| \cdot |b|},$$

где числительное множество означает скалярное произведение векторов, а знаменательное множество по модулю – их нормы.

Таким образом, целевая модель формируется от низких размерностей до многомерных эмбеддингов, представляя узлы графов в виде векторов. Накапливая массив данных об объектах векторных пространств отдельно взятых функциональных направлений организационной системы в виде графовых связей, можно перейти к анализу графовых структур (рис. 1). Анализ связей осуществляется путем извлечения сущностей и их взаимосвязей из изначальных нормативно-распорядительных документов. В результате формируется граф знаний об отдельно взятой функции или процессе, который связан через вершины и ребра. Такой подход дает возможность перейти в парадигму поиска функционально-процессных разрывов при помощи графовой нейронной сети.

Физический смысл сводится к созданию множества M независимых ребер графа $G = (V, E)$. В таком случае каждая вершина из множества $U \subseteq V$ инцидентна некоему ребру паросочетания M , следовательно, M покрывает множество U . Тогда вершины из U будут называться покрытыми, а все оставшиеся – непокрытыми. Проблемы вычислений в таких графах хорошо описывают специфику сложных процессов, например, холакратическую организационную систему с большим количеством взаимосвязанных функций. Сформируем задачи исследования.

Постановка задач исследования. Необходимо доказать, что устранение функционально-процессных разрывов с использованием графовой нейронной сети в холакратической организационной системе является эффективным средством управления таким типом организации.

Первая задача исследования – апробировать математическую модель на базе теории графов для холакратической организационной системы.

Вторая задача исследования – в короткий промежуток времени понять, чем занимается холакратическая организация через установление структуры по имеющимся нормативно-распорядительным документам и вспомогательным наборам данных путем проведения эксперимента. При решении задачи важно учесть возможность построения дерева функций холакратической организации по всему массиву доступных данных, а также учесть дублирование функций.

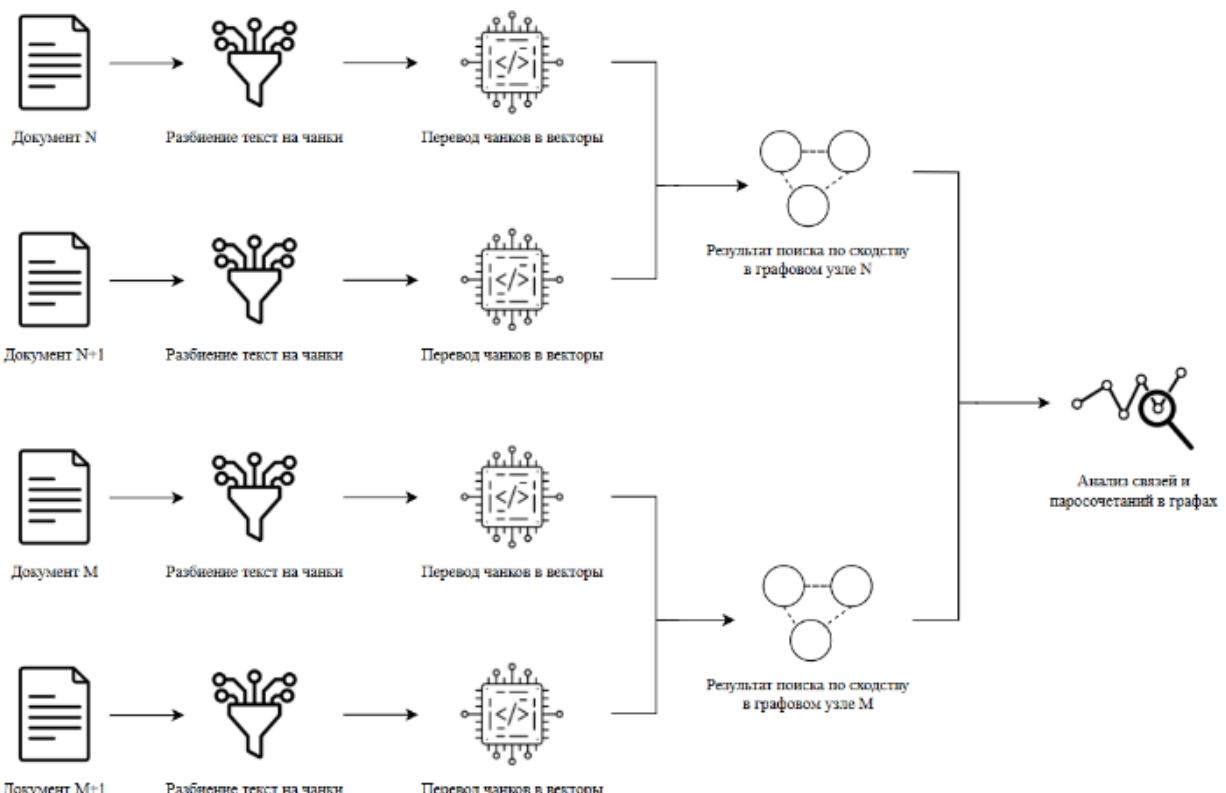


Рис. 1. Переход анализа эмбеддингов в модель анализа графовых связей и паросочетаний
Fig. 1. Embedding analysis transfer into graph relations and matchings analysis model

Третья задача исследования – установить эффективность работы холакратической организационной системы управления и её функций от верхнего уровня до отдельно взятых сотрудников на основе найденных функционально-процессных разрывов.

Необходимость решения поставленных задач обусловлена научной новизной исследования, которая заключается в том, что применение графовых нейронных сетей для холакратических организаций ранее не было представлено в теории и практике управления организационными системами.

Анализ предметной области

Рассмотрим анализ предметной области в части применения графовых нейронных сетей для классических организационных систем – каскадных, матричных и гибридных. Отметим, что ранее графовые нейронные сети не использовались для поиска функционально-процессных разрывов в холакратических организационных системах, соответственно необходимо выявить известные проблемы для других типов организационных систем, а также описать известные способы их решений. Таким образом, объектом настоящего исследования станут процессы холакратической организационной системы, а предметом – её модель управления.

Установим понятийный аппарат. Под графовой нейронной сетью понимаем такой тип нейронной сети, которая предназначена для работы с большим массивом неструктурированных данных, упорядоченных в виде графов [21, с. 46]. Важно учесть ограничения и допущения, о которых писал И. Рудко [12, с. 2342]. Ограничением проектирования графовой нейронной сети для каскадной организационной системы становится унификация данных с целью установления структуры бизнес-процессов с последующей привязкой к модели управления. Проблемной точкой предметной области исследования является отсутствие достоверных источников для анализа функций на уровне всей организации, а также отсутствие вспомогательного инструментария для работы с прогнозированием вариаций в конкретный момент времени.

Одним из актуальных вопросов проектирования графовой нейронной сети становится унификация данных с целью последующего установления структуры бизнес-процессов по дереву функций с привязкой к модели организационной системы. При таком подходе графовые связи

позволяют решать задачу поиска разрывов и аномалий, обосновывая критерии эффективности бизнес-функций в холакратических организационных системах на основе высокоточных векторных значений. Однако это не решает проблемы определения критериев эффективности за пределами работы графовой нейронной сети.

Характерной чертой современной организационной системы, вне зависимости от модели управления, является нарастающее по экспоненте число данных. Эти данные пронизывают все процессы организации, тем самым становятся одним из основных факторов, способствующих появлению вариаций в модели поведения организационной системы [2, с. 56]. Исследованию влияния данных на организационную систему матричного типа посвящена работа Б. Мохсен [10, с. 72]. Критика исследования заключается в отсутствии вычислений по альтернативным типам организационных систем, что свидетельствует о потребности в сегментации подходов к работе с данными в зависимости от модели управления организацией. Представленное исследование не может решить вышеописанные задачи исследования для холакратической организационной системы.

О важности работы с данными в контексте эффективного управления процессами на основе вспомогательных и экспертных систем писала О.В. Семёнова. В частности, был представлен подход по применению прогнозной аналитики для гибридных организационных систем. При таком подходе создается возможность обработки текстов на естественном языке для поиска заранее заданных аномалий в данных, но не в процессах [3, с. 156]. Однако при такой постановке невозможно измерить эффективность отдельно взятой функции организационной системы. Важно отметить, что при разработке математической модели и алгоритмов для решения задачи исследования по поиску функционально-процессных разрывов будет являться ключевым аспектом при оценке эффективности в холакратической организации. При таком подходе точность определения функционально-процессных разрывов будет являться ключевым фактором использования графовых нейронных сетей.

Методам и технологиям поиска функционально-процессных разрывов на базе графовых нейронных сетей посвящена работа Б. Хеймани с соавт. Коллектив авторов рассматривал в том числе такие типы нейронных сетей, которые предоставляют результат на базе машиночитаемого текста для простых матричных организационных систем [9, с. 5]. Ценностью данного исследования является подтверждение принципиальной возможности развития графовых нейронных сетей для решения сложных задач оптимизации в большой организации. Критика заключается в отсутствии математических моделей и представленных измеримых результатов для каскадных и гибридных организационных систем.

Аспект цифровизации процессов в гибридных организационных системах детально исследовала С.А. Чернявская с соавт. Исследование предлагает применение стратегии управления каскадной организационной системой по структурированному набору критериев. Суть предложения заключается в использовании общедоступных нейронных сетей для прогнозного моделирования параметров повышения эффективности функций и процессов с учетом большого количества данных и их вариаций ещё до реального воплощения в жизненном цикле организационной системы [4, с. 340]. Представленное исследование не дает вводные об опыте применения технологий управления вариациями и не закрывает прикладную задачу по моделированию процессов при заданных параметрах в холакратической организационной системе, таким образом, исследование носит исключительно теоретический аспект.

О вызовах для графовых нейронных сетей в разрезе функционального анализа процессов и структуры организации писала С. Бхуван. В частности, описывались способы интеграции нейронных сетей в системы оперативного управления организацией для поддержания её конкурентоспособности [6, с. 1792]. Исследование не позволило установить, что алгоритмы могут быстро выявлять закономерности, тенденции и аномалии в больших массивах данных. Коллектив зарубежных исследователей предлагал аналогичные инструменты предиктивной аналитики для прогнозирования тенденций продаж и поведения внутренних процессов [11]. Это исследование не затронуло предиктивный анализ устойчивости матричных и холакратических организационных систем с учетом постоянного изменения входных параметров в процессах.

Аналогичных результатов достиг М. Солеймани с коллективом соавторов [13, с. 5]. В качестве критики исследования можно отметить, что при таком подходе не будут снижаться коэффициенты потери полезной работы процессов холакратической организации как системы, поскольку

большинство процессов являются сквозными и найти параметры оптимизации или изменения становится сложным ввиду большого числа данных для анализа параметров изменения даже при помощи графовых нейронных сетей.

О глубоком анализе функций каскадных и гибридных организационных систем писал коллектив авторов во главе с Ч. Яprasертом [16]. Расчеты оказались недостаточными с точки зрения управления стоимостью процессов в организации. Результаты исследования не учитывают сопоставление функциональных разрывов по процессам с учетом вариаций, например, сколько разработчиков потребуется, чтобы ускорить запуск нового программного продукта. Аналогичное исследование для матричных организационных систем проводил Х. Эльмоузалами [7]. Результаты не удалось спроектировать для холакратической организации как на уровне применимости модели, так и на уровне адаптации алгоритмов. Аналогичные исследования проводили С. Бэнкинс с соавт. [5, с. 165], но их результаты нельзя применить для высокотехнологичных организаций, занимающихся разработкой программных продуктов. Поиск функционально-процессных разрывов в гибридной модели управления исследовал Ф. Франке [8, с. 2241].

Следует упомянуть группу исследователей [14, с. 12; 15, с. 5; 17; 18, с. 438; 19, с. 57; 20, с. 474], которые искали пути решения имеющихся проблем в работе с разрозненными источниками данных для применения графовых нейронных сетей под задачу поиска функционально-процессных разрывов в организационных системах. Достигнутые результаты не позволяют сформировать модель управления для холакратической организации с развитой административной структурой в условиях постоянных внешних и внутренних изменений.

С учетом исследований, ранее проведенных одним из авторов, имеет место подтверждение отсутствия эталонных методов и моделей для управления холакратическими организационными системами как на уровне методики, так и на уровне инструментария [1, с. 53]. Формирование универсального решения для всех типов организационных систем невозможно на инженерном уровне ввиду наличия функционально-процессных разрывов между существующими системами, а также особенностями функционирования таких систем.

Последствия отсутствия эталонной модели управления для организационной системы представляются в форме временных и финансовых издержек на тестирование новых процессов и вариаций их поведения без возможности унификации данных и работы с прогнозами в режиме реального времени.

Доказательство эффективности устранения функционально-процессных разрывов с использованием разработанной модели на базе графовой нейронной сети для холакратической организационной системы достигается путем проведения эксперимента в рамках реально действующих процессов.

Апробация модели и проведение эксперимента

Для решения задачи по определению функционально-процессных разрывов в холакратической организации на примере подразделений АО «Банк «Точка» была разработана схема идентификации функционально-процессных разрывов, представленная на рис. 2.

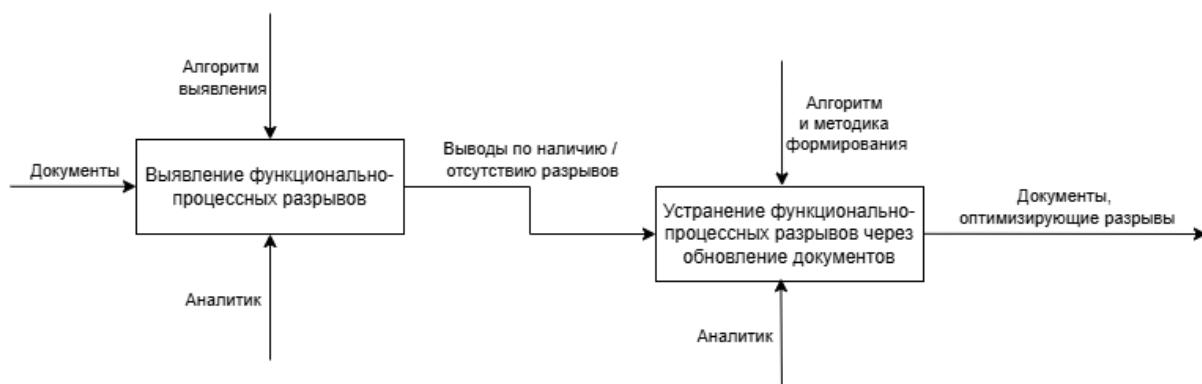


Рис. 2. Процесс обработки данных для обнаружения функционально-процессных разрывов в холакратической организационной системе

Fig. 2. Data processing process for detecting functional-process gaps in a holacratic organizational system

Модель призвана упростить процесс оптимизации внутри разветвленной холакратической организационной системы. Известно, что начальная структура организации задается при помощи метода определения управляющих органов и выпуску первичной нормативно-распорядительной документации, однако по мере развития организационной системы происходит естественный дисбаланс ввиду того, что положения о подразделениях, должностные инструкции и приказы о распределении полномочий меняются без синхронизации со структурой организации.

Для актуализации организационной структуры холакратической системы управления с точки зрения её соответствия собственным нормативно-распорядительным документам необходимо синхронизировать реальную структуру системы по документам при помощи графовой нейронной сети. Такой подход позволяет оперативно и достоверно определить, кто является владельцем процесса с последующим построением дерева функций и сравнением результатов с организационной структурой. В качестве вводных для анализа выступает окружение функции и их переплетение. Рассмотрим структуру данных и подход к их обработке на схеме (рис. 3).

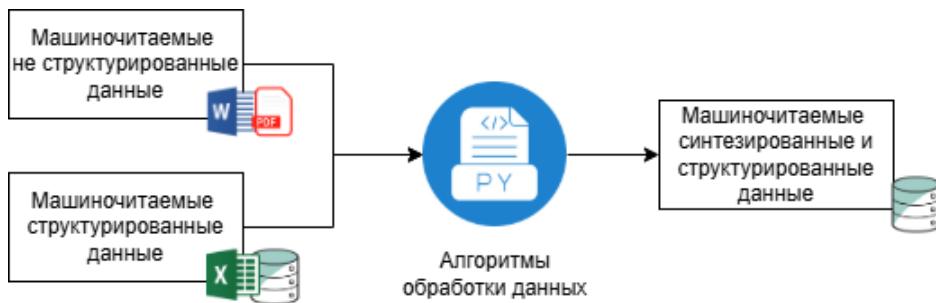


Рис. 3. Структура и подход к обработке данных
Fig. 3. Structure and approach for data processing

Алгоритмы обработки данных нацелены на обучение оптического распознавания символов в документах. Отметим, что источниками первичных данных выступают утвержденные положения о подразделениях, должностные инструкции и приказы о распределении обязанностей в форматах doc, pdf, xls, а также базы данных на PostgreSQL. Оптическое распознавание символов происходит по заранее подготовленной модели эмбеддингов, описанной во введении настоящего исследования. В рамках эксперимента были выбраны следующие структурные подразделения АО «Банк «Точка» (табл. 1).

Входные данные для эксперимента
Input data for the experiment

Таблица 1

Table 1

Название документа	Подразделение / Количество документов	
	Управление банковской инфраструктурой	Управление информационных технологий
Положение о подразделении	1 304	401
Должностные инструкции	358	185
Приказы о распределении обязанностей	36	5

Результатом анализа стало формирование маркеров по блокам управления холакратической организационной системой. Маркерами являются конкретные процессы или действия в рамках функции, например, маркирование запроса «ведет делопроизводство» и «осуществляет ведение делопроизводства».

Таким образом, можно установить связность функций при помощи маркеров со схожими векторными значениями. Установление связей между графиками при помощи разработанной нейронной сети позволило сформировать дерево функций холакратической организационной системы через паросочетания – от уровня линейного исполнителя до высших уровней корпоративного управления по выделенным направлениям. Отметим принципы поиска (табл. 2).

Таблица 2

Принципы поиска функционально-процессных разрывов

Table 2

Principles of searching for functional-process gaps

№	Задача	Принцип поиска
1	Поиск функционально-процессных разрывов	
1.1	Обнаружение разрывов в каскаде функций	Выявление разрыва в каскадировании функций
1.2	Обнаружение потери функции	Функция прописана на более высоких уровнях, но не обнаружена на более низких и наоборот
1.3	Обнаружение «тупиковых» функций	Выявляются функции, которые прописаны только на более высоких уровнях и не каскадируются вниз
2	Выявление несвойственного функционала	Сравнение различных документов идентифицирует, что в положении о подразделении функции нет, а в должностных инструкциях есть
3	Уровень полномочий	Функция, закрепленная за подразделением в документах, соответствует или не соответствует уровню управления
4	Дублирование функций	Сравнение документов обнаруживает дублирование функций в разных подразделениях
5	Сравнение с эталоном	Анализ положения о подразделении на пример его соответствие эталону по выделенным критериям
6	Выявление ключевых функций	Определение ключевых и обеспечивающих функций по положению о подразделении

Далее рассмотрим процесс построения дерева функций при помощи графовой нейронной сети на схеме (рис. 4).

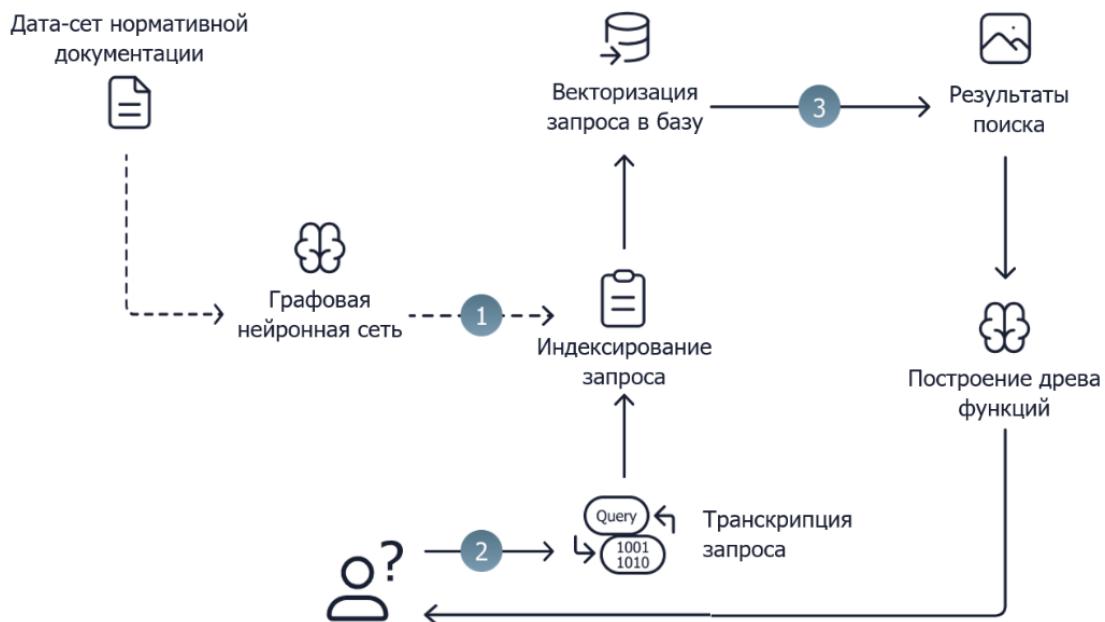


Рис. 4. Процесс построения дерева функций холакратической организационной системы
Fig. 4. Process of tree of functions development for holacratic organizational system

Рассмотрим результаты эксперимента по поиску функционально-процессных разрывов на примере нескольких подразделений АО «Банк «Точка» с использованием имеющихся нормативно-распорядительных документов. На основании входных данных графовая нейронная сеть обучалась и определяла атрибуты для построения дерева функций по заданным параметрам (табл. 3).

Таблица 3

Результаты эксперимента

Table 3

Results of the experiment

№	Атрибут функции	Срок обучения, ч	Точность, %
1	Тип документа	164	96
2	Функциональное направление деятельности	208	96
3	Функция	125	90
4	Тип функции	186	86
5	Класс функции	160	85
6	Уровень управления	229	80
7	Регион	184	86
8	Класс функции	121	81

Достигнутые результаты позволяют определить функционально-процессные разрывы в холакратической организации по заданным атрибутам функции через установление структуры по имеющимся нормативно-распорядительным документам на достаточно высоком уровне точности. Ряд значений ниже 85 % свидетельствует о необходимости дополнительного обучения графовой нейронной сети при помощи вспомогательных данных и дополнительных документов из ранее неучтенных источников данных.

Следует упомянуть, что разработанная графовая нейронная сеть позволяет определить иерархию функций по всем уровням управления холакратической организации. Проведенный эксперимент показывает установление взаимосвязи функций по всем уровням управления в рамках подразделений, взятых в качестве объектов апробации. Взаимосвязи помогают установить, насколько уровень нормативно-распорядительной документации устарел по отношению к последнему корпоративному обновлению структуры АО «Банк «Точка».

Под функционально-процессными разрывами в АО «Банк «Точка» понимаем процентное соотношение количества несоответствий по утвержденному набору нормативно-распорядительной документации. Рассмотрим формулу определения функционально-процессных разрывов в холакратической организационной системе:

$$E = [\sum(P_i \cdot C_i \cdot H_i \cdot K_i) \cdot \alpha + [\sum(D_j \cdot C_j \cdot H_j \cdot \beta_j) \cdot \gamma] \cdot \delta \cdot (1 + r)^t],$$

где

– процессная составляющая:

P_i – коэффициент оптимизации i -го процесса (от 0 до 1);

C_i – среднечасовая стоимость ресурсов в i -м процессе, руб./ч;

H_i – количество часов, высвобождаемых в результате оптимизации i -го процесса;

K_i – коэффициент критичности i -го процесса для общей эффективности;

α – коэффициент прямого воздействия процессной оптимизации;

– документооборотная составляющая:

D_j – коэффициент оптимизации j -го документа (от 0 до 1);

C_j – среднечасовая стоимость работы с j -м документом;

H_j – количество часов, экономимых при оптимизации j -го документа;

β_j – коэффициент влияния j -го документа на скорость процессов;

γ – коэффициент документооборотного воздействия;

– системные коэффициенты:

δ – мультипликатор системного эффекта;

r – ставка дисконтирования;

t – временной период расчета;

– коэффициент оптимизации процесса (P_i). Данный показатель рассчитывается по формуле

$$P_i = (T_{\text{до}} - T_{\text{после}}) / T_{\text{после}} \cdot Q_i,$$

где $T_{\text{до}}$, $T_{\text{после}}$ – время выполнения процесса до и после оптимизации;

Q_i – коэффициент качества оптимизации, учитывающий меру устранения разрывов);

– коэффициент критичности процесса (K_i). Определяется как взвешенная оценка:

$$K_i = W_1 \cdot \text{Важность} + W_2 \cdot \text{Частота} + W_3 \cdot \text{Сложность} + W_4 \cdot \text{Взаимосвязанность},$$

где весовые коэффициенты W_n по умолчанию = 1;

– мультиликатор системного эффекта (δ) рассчитывается по формуле синергии:

$$\delta = 1 + \ln(1 + N \cdot D \cdot S) / (N + D + S),$$

где N – количество оптимизированных процессов;

D – количество оптимизированных документов;

S – коэффициент системной интеграции.

Практическая реализация расчета. Первый этап – сбор исходных данных, в частности:

- инвентаризация процессов и выявление всех бизнес-процессов с функционально-процессными разрывами;

- хронометраж и измерение временных затрат на выполнение процессов до оптимизации;

- стоимостный анализ и определение среднечасовой стоимости ресурсов по каждому процессу;

- документооборотный аудит и анализ нормативно-распорядительной базы.

Второй этап – пример расчетной таблицы промежуточных показателей. Обратимся к таблице с алгоритмом расчета процессных эффектов (табл. 4).

Пример расчетных показателей промежуточных показателей
Example of temporary data calculations

Таблица 4

Table 4

Процесс	$T_{\text{до}}$, ч	$T_{\text{после}}$, ч	P_i	C_i , руб./ч
Процесс X	10	6	0,4	1 500
Процесс Y	15	9	0,4	2 000

При оценке деятельности всей организационной системы формула должна учитывать следующие корректирующие факторы:

- временной лаг – эффект, который может проявляться не сразу, требуется введение временных коэффициентов;
- сопротивление изменениям – человеческий фактор, который может снижать расчетный эффект на 10–30 %;
- технологические ограничения – это существующая ИТ-инфраструктура, которая может лимитировать потенциал оптимизации;
- регулятивные требования – это отраслевое регулирование, которое может препятствовать некоторым оптимизационным решениям;
- валидация и мониторинг результатов.

Для обеспечения точности расчетов необходима апробация формулы на ограниченном количестве процессов, регулярная корректировка коэффициентов на основе фактических данных, сравнительный анализ и отслеживание устойчивости достигнутых эффектов. Определив функционально-процессные разрывы при помощи графовой нейронной сети, можно приступить к оценке оптимизации организационной системы. Обратимся к табл. 5.

Результаты оптимизации нормативно-распорядительной документации
Results of optimization

Таблица 5

Table 5

Название документа	Подразделение / Количество обновленных документов	
	Управление банковской инфраструктурой	Управление информационных технологий
Положение о подразделении	1 238	321
Должностные инструкции	276	141
Приказы о распределении обязанностей	355	5

Расчет экономического эффекта от оптимизации 2336 документов в банковских подразделениях показал существенную экономию с учетом специфики финансового сектора и высокой стоимости банковских операций. В результате оптимизации были устранены функционально-процессные разрывы в холакратической организационной системе как на уровне структуры, так и на уровне нормативно-распорядительной документации путем синхронного обновления.

Отметим, что формула для расчета эффекта от устранения функционально-процессных разрывов должна учитывать прямую экономию от оптимизации процессов, синергетический эффект – от ускорения ритмичности исполнения процессов и мультиплекционное воздействие на всю организационную систему. Обратимся к результатам (табл. 6).

Расчет экономического эффекта
Economic effect calculation

Таблица 6

Table 6

Параметр	УБИ	УИТ	Формула расчета
Средняя зарплата, руб./мес.	180 000	220 000	Рыночные данные
Коэффициент нагрузки	1,45	1,45	Соц. взносы и накладные
Рабочие часы в месяц	160	160	Стандартное покрытие
Часовая ставка, руб./ч	1 631	1 994	(Зарплата · 1,45) / 160

Для нижеследующих расчетов возьмем коэффициент оптимизации на уровне 0,4. Коэффициент влияния возьмем на уровне 0,75. Обратимся к детальным расчетам (табл. 7).

Детальный расчет по подразделениям
Detailed calculation for organizational units

Таблица 7

Table 7

Параметр	УБИ	УИТ	Формула расчета	Параметр
УБИ	Положения	1 238	0,35	1 631
УБИ	Должностные инструкции	276	0,40	1 631
УБИ	Приказы	355	0,45	1 631
УИТ	Положения	321	0,35	1 994
УИТ	Должностные инструкции	141	0,40	1 994
УИТ	Приказы	5	0,45	1 994

Важно учесть параметры системной мультипликации и дополнительных эффектов, оказывающих влияние на целевую организационную систему (табл. 8).

Системные мультипликаторы
System multiplications

Таблица 8

Table 8

Компонент	Коэф.	Расчет	Сумма, руб.	Обоснование
Базовый эффект	1,0	$7\ 219\ 368 \cdot 1,0$	7 219 368	Прямая экономия
Документооборотное воздействие	1,25	$7\ 219\ 368 \cdot 0,25$	1 804 842	Банковская специфика
Снижение операционных рисков	0,15	$9\ 024\ 210 \cdot 0,15$	1 353 632	Регулятивные требования
Ускорение принятия решений	–	$2\ 336 \cdot 150 \cdot 1,8$	631 680	Улучшение процессов

Рассмотрим распределение эффекта по структурным единицам. Отметим, что ключевым ограничением полученных результатов является отсутствие возможности произвести алгоритмический расчет стоимости исполнения оптимизированных процессов при помощи графовой нейронной сети. Развитие функционала по расчету стоимости функций и эффекта оптимизации может

стать вводной информацией для следующего исследования и улучшения графовой нейронной сети. Детали представлены в табл. 9.

Таблица 9
Распределение эффекта по подразделениям
Table 9
Department dissemination effect

Подразделение	Базовый эффект, руб.	С мультипликаторами, руб.	Доля, %
Управление банковской инфраструктурой	4 581 148	5 726 435	52,8
Управление информационных технологий	2 638 220	3 297 775	30,4
Системные эффекты	—	1 985 312	16,8
ИТОГО	7 219 368	11 009 522	100

Заключение

В результате решения задачи исследования по устранению функционально-процессных разрывов в холакратической организационной системе экспериментальным путем было доказано, что применение графовой нейронной сети в холакратической организационной системе является эффективным средством поиска функционально-процессных разрывов.

В рамках решения первой задачи исследования была сформирована математическая модель на базе графовых эмбеддингов, которая учитывает особенности функционирования холакратической организационной системы на основе её нормативно-распорядительной документации.

В рамках решения второй задачи исследования получилось обогатить знания об изначальной структуре холакратической организации по имеющимся нормативно-распорядительным документам для двух подразделений АО «Банк «Точка».

В рамках решения третьей задачи исследования удалось оптимизировать работу холакратической организационной системы за счет устранения функционально-процессных разрывов через синхронизацию актуальной структуры управления с положениями о подразделениях и должностными инструкциями, тем самым повысить её эффективность за счет удаления функций, дублирующих друг друга.

В качестве вывода по итогам проведенного исследования можно сказать, что применение графовых нейронных сетей для холакратических организационных систем является эффективным инструментом оптимизации, который позволяет в короткой промежуток времени сформировать целостную картину деятельности организационной системы через каскадирование функций и поиск функционально-процессных разрывов. Дальнейшее развитие исследований в этой области может быть направлено как на прикладной аспект, через проведение новых экспериментов в холакратических организациях, так и на фундаментальном уровне через развитие математической составляющей графовой нейронной сети для получения дополнительных возможностей анализа по имеющимся наборам исходных данных об организации.

Список литературы

1. Кротов Я.Е. Холакратические модели управления в организационных системах // Научный результат. Информационные технологии. 2024. Т. 9, № 2. С. 49–59. DOI: 10.18413/2518-1092-2024-9-2-0-6
2. Логиновский О.В., Голлай А.В., Дранко О.И. и др. Эффективное управление организационными и производственными структурами: моногр. / под ред. О.В. Логиновского. М.: Инфра-М, 2020. 450 с. (Научная мысль). DOI: 10/12737/1087996
3. Семёнова О.В. Основные аспекты управления данными в государственных и международных организациях // Социально-гуманитарные знания. 2023. № 9. С. 154–159.
4. Чернявская С.А., Михалев И.И., Мусостов З.Р. Стратегия цифровой трансформации экономических систем // Естественно-гуманитарные исследования. 2022. № 43 (5). С. 339–345. DOI: 10.24412/2309-4788-2022-43-5-339-345
5. Bankins S., Ocampo A.C., Marrone M. et al. A multilevel review of artificial intelligence in orga-

nizations: Implications for organizational behavior research and practice // Journal of Organizational Behavior. 2023. Vol. 45 (2). P. 159–182. DOI: 10.1002/job.2735

6. Bhuvan S. The impact of AI and ML on organization structure // ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts. 2024. Vol. 5 (1). P. 1787–1800. DOI: 10.29121/shodhkosh.v5.i1.2024.1922

7. Elmousalami H. Artificial Intelligence and Parametric Construction Cost Estimate Modeling: State-of-the-Art Review // Journal of Construction Engineering and Management. 2019. Vol. 146 (1). P. 03119008. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001678

8. Franke F., Franke S., Riedel R. AI-based Improvement of Decision-makers Knowledge in Production Planning and Control // IFAC-PapersOnLine. 2022. Vol. 55 (10). P. 2240–2245. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.10.041

9. Khemani B., Patil S., Kotecha K., Tanwar S. A review of graph neural networks: concepts, architectures, techniques, challenges, datasets, applications and future directions // Journal of Big Data. 2024. Vol. 11 (1). P. 1–43. DOI: 10.1186/s40537-023-00876-4

10. Mohsen B.M. Big Data Application in Supply Chain Management // International Journal of Machine Learning. 2023. Vol. 13 (2). P. 70–76. DOI: 10.18178/ijml.2023.13.2.1131

11. Olawumi M.A., Oladapo B.I. AI-driven predictive models for sustainability // Journal of Environmental Management. 2025 Jan. Vol. 373. P. 123472. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.123472

12. Rudko I., Bonab A.B., Bellini F. Organizational Structure and Artificial Intelligence. Modeling the Intraorganizational Response to the AI Contingency // Journal of theoretical and applied electronic commerce research. 2021. Vol. 16 (6). P. 2341–2364. DOI: 10.3390/jtaer16060129

13. Soleimani M., Naderian H., Afshinari A.H. et al. A Method for Predicting Production Costs Based on DataFusion from Multiple Sources for Industry 4.0: Trends and Applications of Machine Learning Methods // Computational Intelligence and Neuroscience. 2023. Vol. 2023 (1). P. 1–12. DOI: 10.1155/2023/6271241

14. Svabova L., Michalkova L., Durica M., Nica E. Business failure prediction for Slovak small and medium-sized companies // Sustainability. 2020. Vol. 12 (11). P. 1–14. DOI: 10.3390/su12114572

15. Wang A., Yu H. The construction and empirical analysis of the companys financial early warning model based on data mining algorithms // Journal of Mathematics. 2022. Vol. 2022 (1). P. 1–9. DOI: 10.1155/2022/3808895

16. Yaiprasert C., Hidayanto A.N. AI-powered ensemble machine learning to optimize cost strategies in logics business // International Journal of Information Management Data Insights. 2024. Vol. 4(1). P. 100209. DOI: 10.1016/j.jjimei.2023.100209

17. Yang Y., Yi F., Deng C., Sun G. Performance analysis of the CHAID algorithm for accuracy // Mathematics. 2023. Vol. 11 (11). P. 2558. DOI: 10.3390/math11112558

18. Zhong X., Koh I., Fricker P. Building-GNN: Exploring a co-design framework for generating controllable 3D building prototypes by graph and recurrent neural networks // International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe. 2023. P. 431–440. DOI: 10.52842/conf.ecaade.2023.2.431

19. Zhou J., Cui G., Hu S. et al. Graph neural networks: A review of methods and applications // AI Open. 2020. Vol. 1. P. 57–81. DOI: 10.1016/j.aiopen.2021.01.001

20. Zhang G., Gionis A. Regularized impurity reduction: Accurate decision trees with complexity guarantees // Data Mining and Knowledge Discovery. 2023. Vol. 37 (1). P. 434–475. DOI: 10.1007/s10618-022-00884-7

21. Zhang Y., Yang G. Application of decision tree algorithm based on clustering and entropy method level division for regional economic index selection // Data Mining and Big Data. 2020. Vol. 1234. P. 45–56. DOI: 10.1007/978-981-15-7205-0_5

References

1. Krotov Ya.E. Holacratic management models in organizational systems. *Research result. Information technologies*. 2024;9(2):49–59. (In Russ.) DOI: 10.18413/2518-1092-2024-9-2-0-6
2. Loginovskiy O.V., Gollay A.V., Dranko O.I., Shestakov A.L., Shinkarev A.A. *The effective management of organizational and production structures. Monograph*. Moscow: Infra-M Publ.; 2020. 456 p. (In Russ.) DOI: 10.12737/1087996
3. Semenova O.V. The main aspects of data management in state and international organizations. *Social and humanitarian knowledge*. 2023;(9):154–159. (In Russ.)

4. Chernyavskaya S.A., Mikhalev I.I., Musostov Z.R. Strategy for digital transformation of economic systems. *Natural-Humanitarian Studies*. 2022;43(5):339–345. (In Russ.) DOI: 10.24412/2309-4788-2022-43-5-339-345
5. Bankins S., Ocampo A.C., Marrone M., Restubog S.L., Woo S.E. A multilevel review of artificial intelligence in organizations: Implications for organizational behavior research and practice. *Journal of Organizational Behavior*. 2023;45(2):159–182. DOI: 10.1002/job.2735
6. Bhuvan S. The impact of AI and ML on organization structure. *ShodhKosh: Journal of Visual and Performing Arts*. 2024;5(1):1787–1800. DOI: 10.29121/shodhkosh.v5.i1.2024.1922
7. Elmousalami H. Artificial Intelligence and Parametric Construction Cost Estimate Modeling: State-of-the-Art Review. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2019;146(1):03119008. DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001678
8. Franke F., Franke S., Riedel R. AI-based Improvement of Decision-makers Knowledge in Production Planning and Control. *IFAC-PapersOnLine*. 2022;55(10):2240–2245. DOI: 10.1016/j.ifacol.2022.10.041
9. Khemani B., Patil S., Kotecha K., Tanwar S. A review of graph neural networks: concepts, architectures, techniques, challenges, datasets, applications and future directions. *Journal of Big Data*. 2024;11(1):1–43. DOI: 10.1186/s40537-023-00876-4
10. Mohsen B.M. Big Data Application in Supply Chain Management. *International Journal of Machine Learning*. 2023;13(2):70–76. DOI: 10.18178/ijml.2023.13.2.1131
11. Olawumi M.A., Oladapo B.I. AI-driven predictive models for sustainability. *Journal of Environmental Management*. 2025 Jan.;373:123472. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.123472
12. Rudko I., Bonab A.B., Bellini F. Organizational Structure and Artificial Intelligence. Modeling the Intraorganizational Response to the AI Contingency. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*. 2021. 16(6):2341–2364. DOI: 10.3390/jtaer16060129
13. Soleimani M., Naderian H., Afshinar A.H., Sovari Z., Tizhari M., Hosseini S.R.A.S., Kim H.-J. A Method for Predicting Production Costs Based on DataFusion from Multiple Sources for Industry 4.0: Trends and Applications of Machine Learning Methods. *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2023. 2023(1):1–12. DOI: 10.1155/2023/6271241
14. Svabova L., Michalkova L., Durica M., Nica E. Business failure prediction for Slovak small and medium-sized companies. *Sustainability*. 2020;12(11):1–14. DOI: 10.3390/su12114572
15. Wang A., Yu H. The construction and empirical analysis of the companys financial early warning model based on data mining algorithms. *Journal of Mathematics*. 2022. 2022(1):1–9. DOI: 10.1155/2022/3808895
16. Yaiprasert C., Hidayanto A.N. AI-powered ensemble machine learning to optimize cost strategies in logics business. *International Journal of Information Management Data Insights*. 2024;4(1):100209. DOI: 10.1016/j.jjimei.2023.100209
17. Yang Y., Yi F., Deng C., Sun G. Performance analysis of the CHAID algorithm for accuracy. *Mathematics*. 2023;11(11):2558. DOI:10.3390/math1112558
18. Zhong X., Koh I., Fricker P. Building-GNN: Exploring a co-design framework for generating controllable 3D building prototypes by graph and recurrent neural networks. In: *International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe*. 2023. P. 431–440. DOI: 10.52842/conf.ecaade.2023.2.431
19. Zhou J., Cui G., Hu S., Zhang Z., Yang C., Liu Z., Wang L., Li C., Sun M. Graph neural networks: A review of methods and applications. *AI Open*. 2020;1:57–81. DOI: 10.1016/j.aiopen.2021.01.001
20. Zhang G., Gionis A. Regularized impurity reduction: Accurate decision trees with complexity guarantees. *Data Mining and Knowledge Discovery*. 2023;37(1):434–475. DOI:10.1007/s10618-022-00884-7
21. Zhang Y., Yang G. Application of decision tree algorithm based on clustering and entropy method level division for regional economic index selection. In: *Data Mining and Big Data*. 2020. Vol. 1234. P. 45–56. DOI: 10.1007/978-981-15-7205-0_5

Информация об авторах

Кротов Яков Евгеньевич, аспирант факультета технологий искусственного интеллекта, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия; yakov.krotoff@gmail.com.

Разумов Владимир Геннадьевич, аспирант кафедры информационных систем и технологий, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; wisewolf7778@gmail.com.

Information about the authors

Yakov E. Krotoff, Postgraduate student of the Faculty of Artificial Intelligence Technologies, ITMO University, St. Petersburg, Russia; yakov.krotoff@gmail.com.

Vladimir G. Razumov, Postgraduate student of the Department of Information Systems and Technologies, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; wisewolf7778@gmail.com.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.08.2025

The article was submitted 03.08.2025