

На правах рукописи

Толмасов Руслан Сергеевич

**Разработка научно-методических и алгоритмических средств поддержки
принятия решений при управлении перераспределением кадров
для проектно-ориентированных организационных систем**

2.3.4. Управление в организационных системах

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2023

Работа выполнена в ФГБОУ ВО
«Российский технологический университет – МИРЭА»

**Научный
руководитель:**

СМОЛЕНЦЕВА Татьяна Евгеньевна,
доктор технических наук, доцент

**Официальные
оппоненты:**

ОРЛОВА Екатерина Владимировна,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,
Институт экономики, кафедра экономики
предпринимательства, профессор

СТЕПАНОВ Леонид Викторович,
доктор технических наук, доцент,
ФКОУ ВО Воронежский институт ФСИН России, кафедра
технических комплексов охраны и связи, профессор

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Ижевский
государственный технический университет имени
М.Т. Калашникова»

Защита состоится 15 февраля 2024 г. в 15:00 на заседании диссертационного совета 04.2.003.02 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева» (адрес: Московский проспект 149, Санкт-Петербург, 196105, e-mail: pr@iqps.ru; тел. 8 (812) 388-86-39).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149) и на сайте <http://dsomet.igps.ru>.

Автореферат разослан « ____ » _____ 20 ____ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета 04.2.003.02
кандидат технических наук, доцент

А.В. Матвеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Начало XXI века сопровождается процессом глобального перестроения цепочек создания ценностей. Для данного периода характерен рост значимости локализованных в пределах одной страны производств против глобального разделения труда, что свидетельствует о начале эпохи деглобализации. Вне зависимости от социально-экономических условий в каждой организации существует необходимость управления различными ресурсами организации, такими как люди, материалы, время, деньги, технологии, информация и др. Кадровые ресурсы детерминируют функционирование предприятия в целом, поэтому крайне необходим системный подход в управлении этим важным ресурсом организации. В настоящее время по сведениям Минтруда и Центрального Банка в Российской Федерации наблюдается серьезный дефицит кадров для различных отраслей промышленности и сферы услуг. Управление кадрами представляет собой сложную систему, которая должна оперативно реагировать на любые изменения внешней среды.

Для успешности этого процесса необходимы новые знания, профессиональные навыки и способности менеджеров, для которых понимание людей и управление ими – первостепенная задача. Новые задачи требуют прогрессивных подходов к управлению кадрами организации в условиях современного рынка труда.

Степень разработанности темы исследования. Проведенное исследование опирается на тесно связанные области: технологии управления кадрами, управления в организационных системах и технологий автоматизации процессов управления. Каждая из рассматриваемых областей широко представлена в отечественных и зарубежных научных изданиях.

В области исследования организационных систем и процессов управления в организационных системах можно отметить значительный вклад отечественных исследователей В.К. Раева, В.Н. Буркова, А.А. Кузьмицкого, Д.А. Новикова, А.В. Калача, И.Г. Малыгина. Среди работ зарубежных ученых можно выделить работы Г. Минцберга, Д. Лока, Ф. Хиллера, проводивших исследования в области управления в организационных системах, теории игр и исследований операций.

Исследования и разработки технологий автоматизации процессов управления представлены большим числом публикаций в научных журналах разных временных периодов. Среди отечественных исследователей в данной области можно отметить работы В.М. Глушко, А.И. Китова, А.И. Берга, чьи труды были направлены на создание автоматизированной системы управления государственного и отраслевого масштаба.

Возрастающие потребности экономики, вызванные различными экономическими и политическими причинами, требуют привлечения значительного числа высококвалифицированных специалистов к выполнению поставленных перед организациями задач, которые все больше приобретают форму проектной деятельности. Усугубившаяся проблема кадрового дефицита в стране негативно повлияла на эффективность применения большинства известных механизмов перераспределения кадров (аутсорсинга, аутстаффинга, лизинга), которые созданы в первую очередь для поддержки основных процессов и типовых проектов организаций. Для снижения негативного эффекта кадрового голода организации снижают требования к кандидатам и

отменяют дискриминационные ограничения, что позволяет увеличить количество потенциальных кандидатов на вакантные позиции, но также увеличивает нагрузку на кадровую службу и временные затраты на отбор подходящих кандидатур. Возможным вариантом решения сложившейся проблемы может быть модернизация менее популярных механизмов перераспределения кадров, основанных на объединении организаций и прямом обмене специалистами для выполнения своих актуальных проектов. Подобные механизмы существуют и успешно применяются в сфере информационных технологий и консалтинге. Примером такого механизма является смартстаффинг, основанный на одноименной технологии, предложенной Гайдановым в 2008 году. Технология использует собственный механизм определения компетентности кандидатов на основе ретроспективной информации и проведения её оценки при регистрации кандидата. Кроме того, смартстаффинг нацелен на удовлетворения потребностей в специалистах отдельных организаций, что не позволяет учитывать приоритетность проектов при выполнении перераспределения кадров между организациями.

Таким образом, вопрос применения принципа прямого обмена сотрудниками между организациями, без привлечения фирм-посредников для других отраслей, недостаточно проработан. Модернизация механизма смартстаффинга с помощью разработки научно-методических средств и соответствующего алгоритмического обеспечения, позволит учесть потребности и приоритеты организаций, входящих в объединение.

Исследования выполнялись в рамках целевой программы «Стратегия развития национальной системы квалификаций Российской Федерации на период до 2030 года», одобренной Национальным советом при Президенте Российской Федерации по профессиональным квалификациям (протокол от 12 марта 2021 г. № 51), Государственного плана подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства Российской Федерации в 2018/19 – 2024/25 учебных годах (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2019 г. № 1768). Положения о Комиссии по организации подготовки управленческих кадров для организаций народного хозяйства Российской Федерации.

Цель исследования – повышение эффективности принятия решений при управлении перераспределением кадров для проектно-ориентированных организационных систем за счет разработки научно-методических и алгоритмических средств поддержки.

Объект исследования – механизмы перераспределения кадров для проектно-ориентированных организационных систем.

Предмет исследования – научно-методические и алгоритмические средства поддержки принятия решений в управленческих задачах перераспределения кадров.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи исследования**:

1. Проведен анализ существующих подходов к перераспределению кадров в проектно-ориентированных организационных системах.
2. Разработано научное средство, позволяющее определять подходящих

кандидатов с заданной степенью соответствия квалификационным требованиям.

3. Разработано алгоритмическое обеспечение интеллектуальной поддержки перераспределения кадров между активными проектами проектно-ориентированной системы с учетом их приоритета.

4. Предложена методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах на основе комбинации ретроспективной, текущей и экспертной информации.

Методы и методология исследования

В диссертации были использованы методы функционального анализа, логико-лингвистического моделирования, исследования операций и экспертных оценок, программно-целевого планирования и управления, методологии структурного анализа, теории графов, теории вероятностей и математической статистики, теории систем, организации, управления организационными системами, выбора решений, многофакторного анализа.

Научная новизна

1. Математическая модель компетенций кадров в проектно-ориентированных организационных системах, в отличие от известных, содержит дополнительные связи между компетенциями одной предметной области.

2. Алгоритм интеллектуальной поддержки перераспределения кадров между активными проектами с учетом их приоритета, в котором в отличие от существующих алгоритмов, формирование выборки кандидатов осуществляется с применением оригинальной модели их компетенций, последующая обработка реализуется параллельным выполнением генетического алгоритма с предварительным разбиением начальной выборки на группы с учетом заданного приоритета проектов.

3. Методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах на основе комбинации ретроспективной, текущей и экспертной информации, отличающаяся от известных инновационным подходом к определению параметров квалификационной модели, на основе единой системы определений и методов оценки компетенций с учетом экспертизы накопленного опыта проектно-ориентированной организационной системы.

Теоретическая значимость работы

Установлены дополнительные связи между компетенциями кандидатов на замещение вакантных позиций в проекте в рамках его предметной области, обусловленные общими наборами знаний, умений и навыков.

Обосновано использование комбинации накопленного опыта о выполненных проектах, текущей и экспертной информации о проектах для корректировки параметров математической модели компетенций кадров в проектно-ориентированных организационных системах.

Практическая значимость работы

Модель позволяет расширить выборку кандидатов для выполнения требуемых операций, за счет включения в выборку кандидатов, обладающих смежными компетенциями, что повышает обеспеченность проектов кадрами.

Алгоритм позволяет сократить временные затраты на проведение первичного отбора кандидатов на замещение вакантных позиций в проекте за счет

многокритериальной оптимизации выборки по ограничениям и заданной степени точности подбора.

Методика повышает результативность отбора кандидатов за счет применения инновационного подхода к определению параметров квалификационной модели, заключающегося в единой системе определений и методов оценки компетенций для проектно-ориентированных организационных систем.

Положения, выносимые на защиту

1. Математическая модель компетенций кадров в проектно-ориентированных организационных системах.
2. Алгоритм интеллектуальной поддержки перераспределения кадров между активными проектами с учетом их приоритета.
3. Методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах на основе комбинации ретроспективной, текущей и экспертной информации.

Степень достоверности основных полученных результатов обеспечивается надежными исходными данными, адекватностью выбранного математического аппарата и корректностью применения указанных методов исследования. Достоверность подтверждается апробацией и внедрением полученных результатов в практику работы производственных и проектных организаций.

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на: IX Всероссийской научной конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений (с приглашением зарубежных ученых) (Уфа – Ставрополь – Ханты-Мансийск, 2021 г.), Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС» (Воронеж, 2022), Международной научной конференции «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики (Воронеж, 2022 г.), XX Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов» (Москва, 2023 г.), на Международной научно-практической конференции «Техника и безопасность объектов уголовно-исполнительной системы» (Воронеж, 2023 г.).

Внедрение результатов исследования

Основные положения диссертационного исследования внедрены в практическую деятельность Департамента проектного развития производственной организации ООО «Новые технологии и материалы», в процесс распределения сотрудников между проектами опытно-конструкторской разработки, в процесс распределения ресурсов и задач с последующим принятием управленческих решений предприятия АО «Можайское экспериментальное-механическое предприятие».

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует п. 2. «Разработка математических моделей и критериев эффективности, качества и надёжности организационных систем»; п. 5 «Разработка методов получения данных и идентификации моделей, прогнозирования и управления организационными системами на основе ретроспективной, текущей и экспертной информации»; п. 9 «Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной

поддержки принятия управленческих решений в организационных системах» паспорта научной специальности 2.3.4. Управление в организационных системах.

Публикации по материалам диссертации: 12 научных работ (6 статей, 4 материалов научных конференций, 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ), 4 из которых опубликованы в научных журналах и изданиях, входящих в Перечень ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 1 в издании, индексируемом Web Of Science, в том числе 5 работ опубликованы без соавторов.

Личный вклад автора

Автором предложены математическая модель компетенций кадров в проектно-ориентированных организационных системах, методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах на основе накопленного опыта, алгоритм интеллектуальной поддержки перераспределения кадров между активными проектами с учетом их приоритета.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 1 приложения. Диссертация изложена на 136 страницах машинописного текста, включает 8 таблиц и 49 рисунков. Список использованных источников составляет 128 наименований.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены цель, задачи, объект, предмет и методы исследования, показаны научная новизна и практическая значимость исследования.

В первой главе «Анализ существующих подходов к перераспределению кадров в проектно-ориентированных организационных системах» обосновывается постановка научной задачи исследования. Проведен анализ текущего состояния производственных цепочек, отмечен переход к созданию локальных производственных цепочек, который имеет выраженный характер проектной деятельности. Приводится анализ текущей ситуации на рынке труда Российской Федерации в контексте событий 2020–2023 гг., в результате которых выделены основные тенденции рынка труда, выделены основные причины усугубления проблемы кадрового дефицита и определено его влияние на осуществление проектов по восстановлению локальных производственных цепочек. Проекты должны быть подвергнуты оценке целесообразности выполнения и ранжированы в соответствии с приоритетом их выполнения. Собственного кадрового ресурса у организации для выполнения проектов может не хватить. Предложено определение проектно-ориентированных организационных систем (ПООС), обобщающее разные типы организационных систем (ОС), участвующих в проектной деятельности. Примером ОС, которые могут применять ПООС, являются концерны, государственные структуры и корпорации. В условиях дефицита кадров внутри ПООС могут возникнуть ситуации, при которых организациям, входящим в её состав, будет выгодно выделять часть своего кадрового ресурса для участия в проектах в интересах всей системы, что делает возможным формирование общего пула высококвалифицированных специалистов (Рисунок 1).

Основным механизмом, обеспечивающим возможность выполнения всех возложенных на систему задач, является механизм перераспределения кадров, входящих в общий пул между активными проектами ПООС. Следовательно, необходимо выбрать такую реализацию механизма, которая позволит перераспределить кадровый ресурс так, чтобы активные проекты системы были обеспечены кадрами.

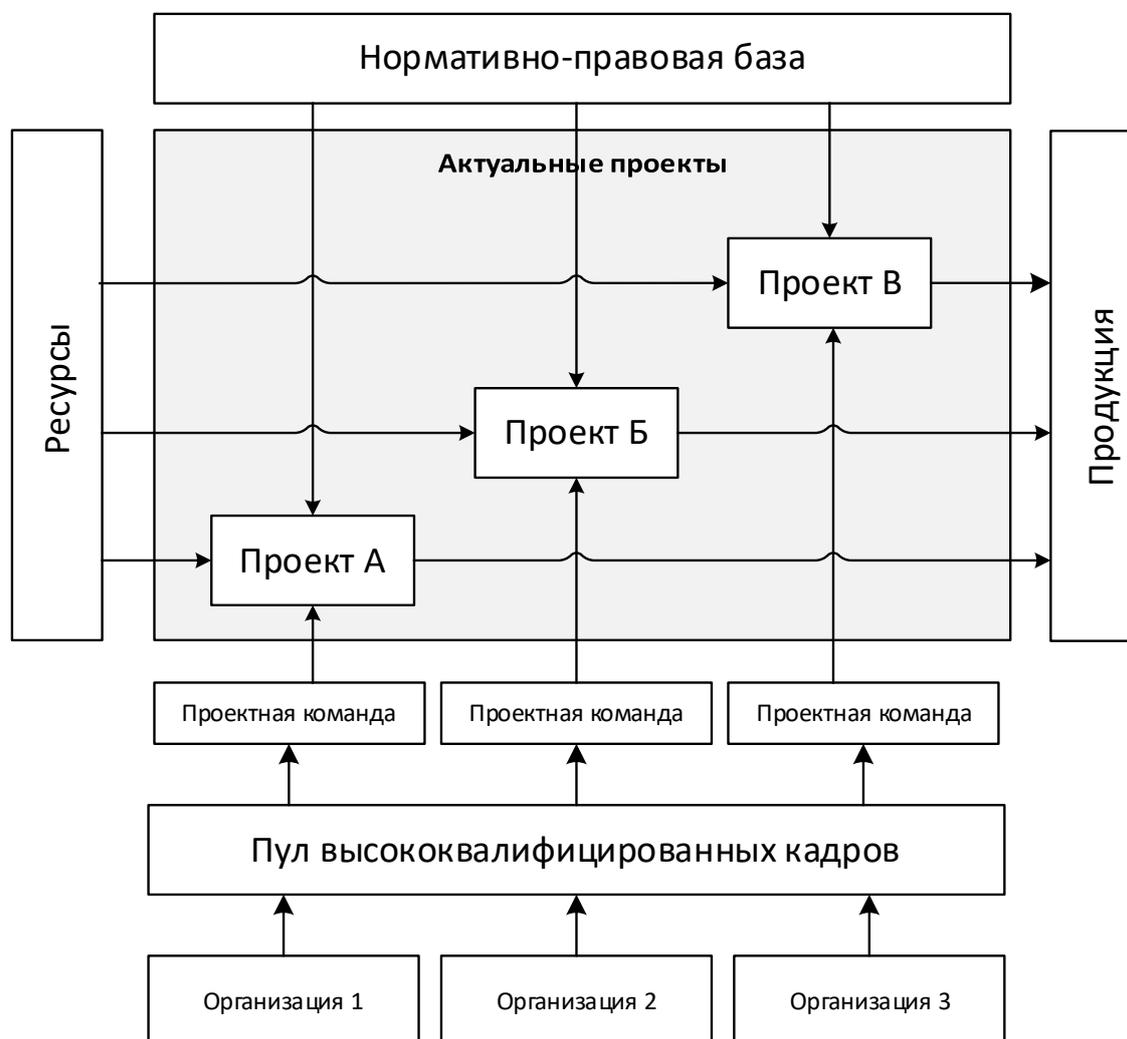


Рисунок 1 – Схема функционирования ПООС

В связи с этим изучены основные механизмы перераспределения кадров между организациями: аутсорсинг, аутстаффинг, лизинг персонала и смартстаффинг, отмечены недостатки, снижающие эффективность их применения в текущих условиях. Определено, что модернизация смартстаффинга позволит разработать подходящий для ПООС механизм.

Таким образом, установлено, что для разработки механизма перераспределения кадров в ПООС необходима модификация смартстаффинга за счет разработки научно-методических и алгоритмических средств поддержки принятия решений при управлении перераспределением кадров, что определяет научную задачу исследования.

Во второй главе «Аспекты построения математической модели компетенций кадров в проектно-ориентированных организационных системах» рассматривается задача оценки соответствия кадров требованиям к квалификации, необходимой для выполнения проекта.

Для выполнения любой из операций, входящей в состав проекта, должны быть привлечены только такие кадры, которые способны справиться с поставленной задачей, то есть уметь выполнять определенные спецификой работы операции. Определение необходимых для выполнения операции компетенций производится путем анализа нормативной документации (НД) на операцию (рабочей инструкции, технологической карты или иного документа). Таким образом, компетенции могут выступать как фильтр для определения подходящих кандидатов из множества доступных, подходящих для выполнения активных проектов.

В свою очередь, каждая компетенция может быть декомпозирована до уровня знаний, умений и навыков. Некоторые компетенции опираются на одинаковые или близкие наборы знаний, навыков и умений, что дает основание предположить: для её выполнения, при отсутствии необходимого кандидата, может быть привлечен другой, способный выполнять операции, максимально близкие по необходимым компетенциям, что является важным в условиях дефицита кадров (Рисунок 2).

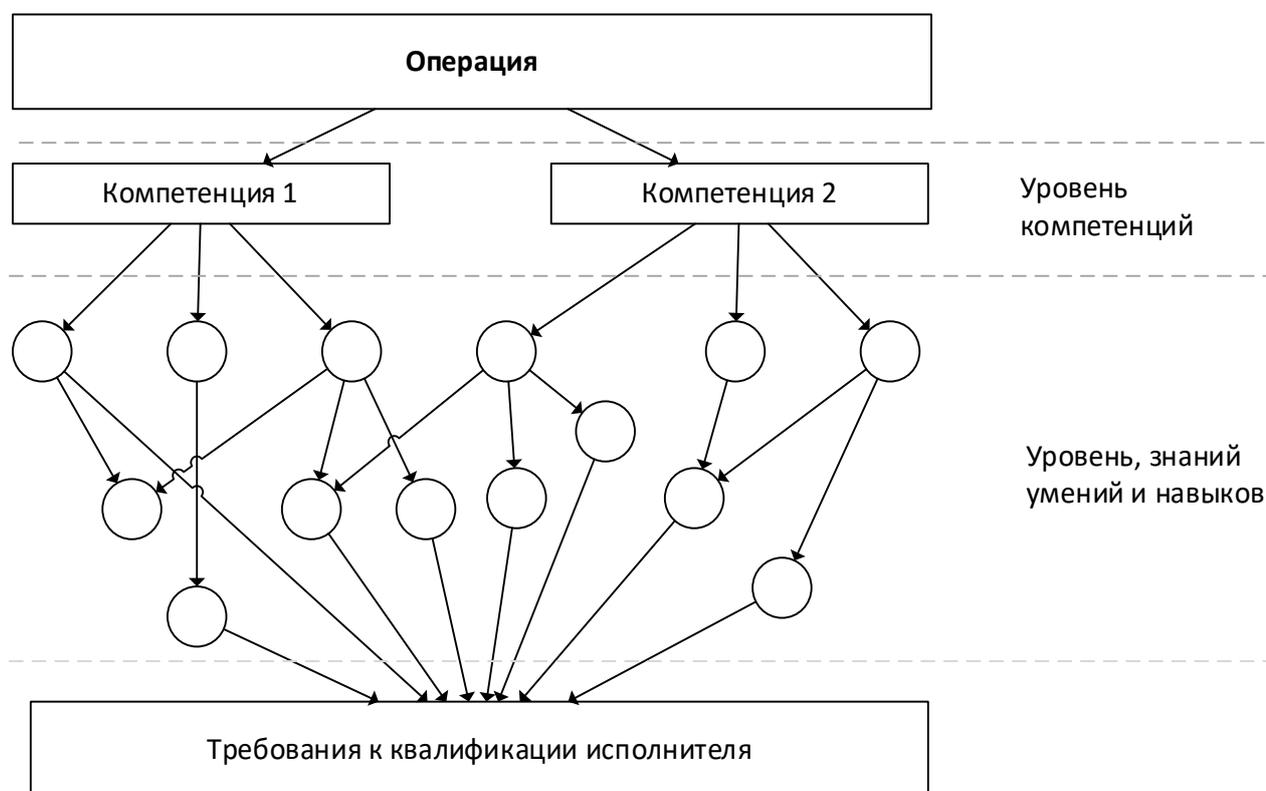


Рисунок 2 – Формирование критериев выбора

Человек на протяжении всей своей жизни обучается новым умениям и получает новые знания и опыт, чаще всего развиваясь в какой-то одной профессиональной области, постепенно получая более глубокие и узко специализированные знания, умения и навыки, имея способность выполнять работы в смежных профессиональных областях. Эффективность выполнения работ в смежных областях снижается, так как человеку приходится дополнительно приобретать новые умения. Принимая допущение о том, что определенное умение или знание может быть заменено другим с определенным коэффициентом соответствия, становится возможным обеспечить отбор кандидатов с заданной степенью соответствия начальным квалификационным критериям.

Полученная модель представлена на Рисунке 3.

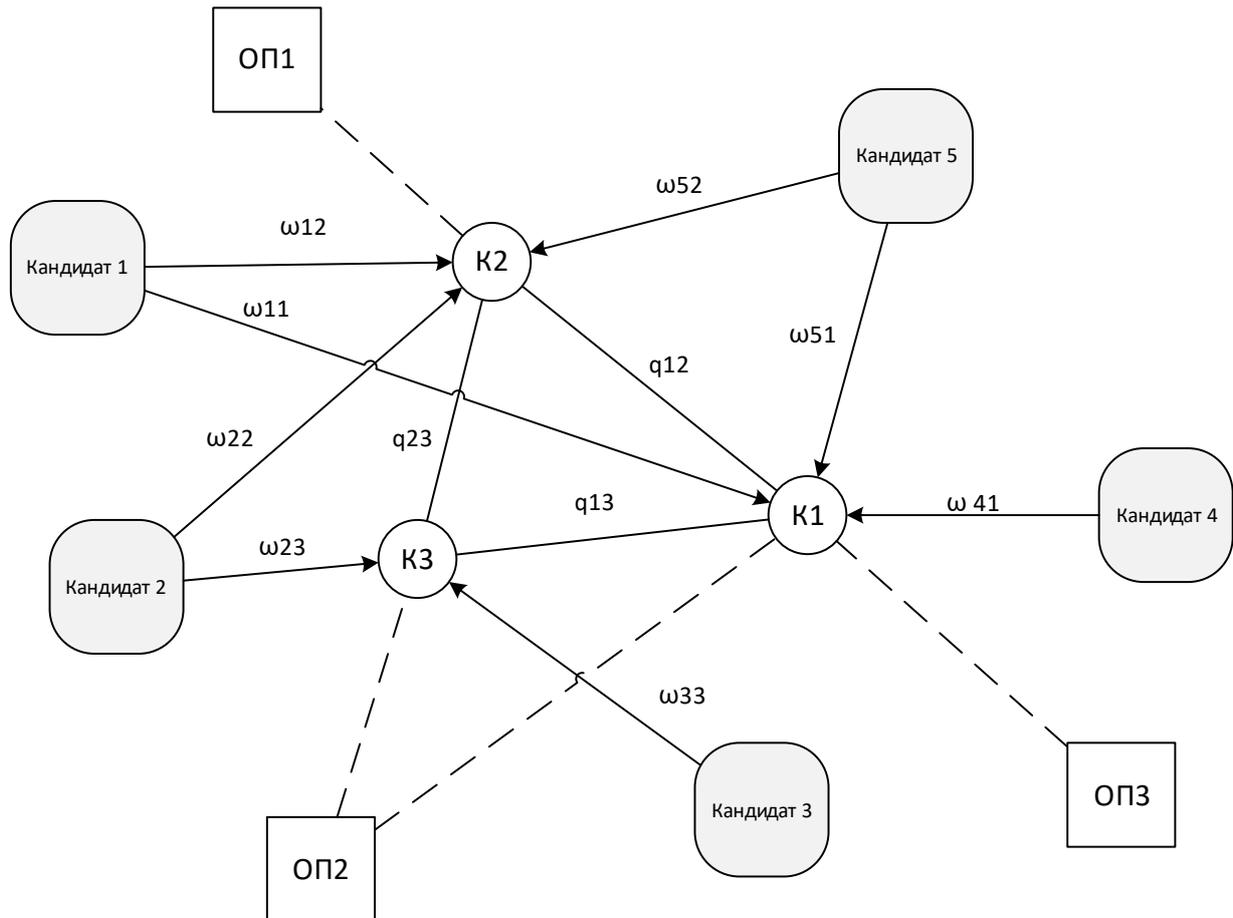


Рисунок 3 – Связующая модель Операция – Компетенция – Кандидат

В модели каждый кандидат представлен как набор компетенций, которыми он владеет. Уровень владения компетенцией оценивается с помощью фонда оценочных средств, принятого в организации, и представляется весовым коэффициентом связи «Кандидат» – «Компетенция» (ω , Рисунок 3).

Для обеспечения возможности подбора кандидатов с учетом заданной степенью соответствия квалификационным критериям в модель введены дополнительные связи между компетенциями известными ПООС. В ходе исследования была выбрана форма представления модели взаимосвязи компетенций в виде взвешенного полного графа, где вес ребра графа определяет коэффициент взаимозаменяемости компетенции q .

Выбор полного графа обеспечен более точным соответствием предметной области, так как проводится попарное сравнение необходимых компетенций. Определение первоначального значения весов является трудоемкой задачей и может быть реализовано на основании исторических данных методом экспертной оценки или комбинацией этих методов. В процессе эксплуатации модели веса корректируются на основе реализации механизма обратной связи.

В свою очередь, проект представлен как совокупность операций, каждая из которых определяет набор компетенций, которыми должен обладать кандидат для выполнения требуемых операций. Операции могут повторяться от проекта к проекту, поэтому в модель включено представление проекта в виде неориентированного графа, в

котором множество операций (ОП, Рисунок 3) соединено ребрами со множеством компетенций (К, Рисунок 3). Наличие связи отражает необходимость владения конкретной компетенцией для выполнения операции.

Таким образом, были получены три основных элемента модели: представление кандидата, представление операций и представление компетенций. Объединение полученных элементов образует модель компетенций кадров, применяя которую можно определить какие операции может выполнять кандидат наиболее эффективно. Возможно, и обратное: получить список кандидатов, способных выполнять нужную операцию.

Предположим, что U – множество известных ПООС компетенций, определенного как:

$$U = K \cup P, \quad (1)$$

то есть как объединение множеств всех компетенций, которыми владеют кандидаты (K) и которые требуются для выполнения операций проектов (P). Допустим, что между каждой парой элементов множества U существует связь, отражающая возможность замены одной компетенции другой. Следовательно, должно существовать преобразование $f: U \rightarrow U$, такое что:

$$\forall (a_i, a_j) \exists f((a_i, a_j)) = q_{ij}, \text{ где } (a_i \in U, a_j \in U). \quad (2)$$

Функция $f((a_i, a_j))$, приведенная в выражении (2), отражает оценку затрат на самостоятельное переобучение сотрудника непосредственно в процессе работы и выражается действительным числом. Значение q_{ij} изменяется в диапазоне от 0 (замена невозможна) до 1 (компетенции тождественные). Тождественность компетенций возникает в случае, если в модель занесены две различные по описанию компетенции, но определяющие один и тот же набор знаний, умений и навыков. Например, в случае, когда перечень компетенций взят из различных кадровых агентств или служб.

Множество значений функции преобразования задает матрицу размером $n \times n$, где n – мощность множества U . Тогда матрица будет иметь вид $\|q_{ij}\|$ и задает граф $G(V, E)$, где V – элементы множества компетенций U , а E – множество ребер, полученных в ходе преобразования.

В ситуации, когда имеющихся компетенций сотрудников недостаточно для покрытия текущих потребностей ПООС, наличие связей и весовых коэффициентов между компетенциями позволяет находить приемлемые замены и тем самым увеличить возможность покрытия недостающих компетенций.

Каждый кандидат представляется как множество компетенций, которыми он владеет, и оценкой уровня владения. Тогда кандидат может быть описан как отображение: $g: K \rightarrow U$, такое что $\forall (k_i, a_j) \exists g((k_i, a_j)) = \omega_{ij}$. Полученные значения запишем в форме матрицы $\|\omega_{ij}\|$ размерностью $n \times m$, где столбцы описывают m известных кандидатов, а строки соответствуют n известным компетенциям. Таким образом, каждый кандидат может быть представлен матрицей-столбцом, значения которой содержит оценку уровня владения каждой компетенцией $s = (\omega_i)$.

Определение оценки владения компетенцией должно осуществляться с помощью специально разработанных методов и средств. При этом используемая для оценки шкала

должна быть единой для всех участников, входящих в ПООС, либо должен быть определен механизм конвертации оценок к единой шкале, не вносящий искажений.

В свою очередь, каждая операция проекта так же представляет собой множество компетенций, требуемых для ее выполнения. Операция определяется аналогично кандидату: связью с весовым коэффициентом r , значение которого либо 0 (компетенция не требуется для выполнения операции), либо 1 (компетенция требуется).

При подборе кандидата учитывается его соответствие требованиям операции, то есть он должен обладать всеми требуемыми компетенциями. Следовательно, условие соответствия кандидата требованиям операции можно записать как:

$$\sum_i^n (r_i \times f(\omega_i)) = \sum_i^n (r_i), \quad (3)$$

где n – мощность множества компетенций;

$$f(\omega_i) = \begin{cases} 0, & \omega_i \leq 0 \\ 1, & \omega_i > 0. \end{cases} \quad (4)$$

В левой части выражения (3) элементы вектора требований выступают в качестве маски, позволяя отсеять компетенции кандидата, которые не требуются для выполнения операции. То есть учитывается количество совпавших компетенций без учёта оценки уровня владения (4), и если оно равно количеству компетенций, требуемых для выполнения операции, то кандидат может быть рассмотрен для выполнения данной операции.

Но условие (3) не учитывает потенциальных кандидатов, которые могут быть обучены в процессе выполнения работы. Представление сотрудника в форме набора компетенций с соответствующей оценкой позволяет использовать связи между компетенциями для поиска подходящих для кандидата операций в проектах. Верно и обратное, что по имеющимся требованиям операций к компетенциям возможно нахождение подходящих кандидатов.

Для включения в выборку кандидатов, обладающих смежными компетенциями, необходимо оценить уровень владения кандидатом смежными компетенциями, например, присвоить в качестве начального значения усредненную оценку по всем связанным компетенциям. Следовательно, получить среднюю оценку влияния смежных компетенций возможно используя:

$$\frac{1}{n} \times \|q_{ij}\| \times \|\omega_{ik}\| = \|\omega_{ik}'\|, \quad (5)$$

где q_{ij} – коэффициент взаимозаменяемости компетенции i на компетенцию j ;

ω_{ik} – уровень владения i -й компетенцией сотрудником k .

В результате компетенции кандидата получают усредненное значение уровня владения каждой компетенцией, учитывая влияние смежных компетенций.

Таким образом, получен первый научный результат, представляющий собой математическую модель компетенций кадров в ПООС, позволяющую связать требуемые операции с кандидатами, способными их выполнять. Предложенная модель позволяет увеличить количество потенциальных исполнителей требуемых операций за счет включения в выборку кандидатов, обладающих смежными компетенциями, что позволяет повысить обеспеченность проектов кадрами.

В третьей главе «Алгоритм интеллектуальной поддержки перераспределения кадров между активными проектами с учетом их приоритета» рассматривается алгоритмическое обеспечение поддержки процесса перераспределения кадров в ПООС. Разработанный алгоритм предназначен для решения задачи о назначениях, в случае, когда количество потенциальных кандидатов больше количества работ, а также с учетом того, что работы требуют от исполнителя различной квалификации.

Алгоритм опирается на применение двух обособленных процедур: отбор подходящих кандидатов и нахождение оптимального решения с помощью генетического алгоритма.

Работа алгоритма состоит из последовательного выполнения следующих этапов:

1. Ввод данных проекта. На данном этапе задаются количественные (n) и качественные требования к кандидатам по каждой операции проекта, задаются временные границы проведения проекта и его операций, а также бюджетные ограничения и количество команд (k), которые необходимо получить в качестве результата.

2. На основе введенных требований и ограничений проводится отбор кандидатов. На данном этапе формируется выборка кандидатов, подходящих по формальным требованиям, из которой исключаются кандидаты, не соответствующие квалификационным требованиям ни одной из операций проекта. Если размерность выборки недостаточна для удовлетворения предъявленным требованиям, то необходима корректировка начальных условий.

3. При необходимости выполняется группировка полученной выборки в соответствии с заданным приоритетом проектов, позволяя выделить наиболее подготовленных кандидатов на проекты с более высоким приоритетом. Предварительное разбиение выборки на непересекающиеся группы позволяет осуществлять параллельное выполнение нескольких экземпляров генетического алгоритма.

4. К полученной выборке применяется генетический алгоритм, условием завершения которого является достижение уровня затрат на использование кандидатов меньшего или равного установленному бюджетному ограничению и максимальной суммарной оценки уровня владения необходимыми компетенциями отобранных кандидатов.

5. В случае нахождения решения алгоритм возвращает набор полученных решений, в противном случае возвращается пустой набор. В случае непустого решения оно выводится пользователю, иначе – выдается информационное сообщение, свидетельствующее о достижении условий остановки поиска решения.

Общая блок-схема работы алгоритма представлена на Рисунке 4.

Процедура отбора подходящих кандидатов основана на формировании запросов к общему пулу с целью получить выборку кандидатов, соответствующих квалификационным требованиям проекта.

Алгоритм отбора кандидатов реализует следующие этапы:

1. Ввод требований к кандидатам.

2. Отбор кандидатов по формальным параметрам. В результате формируется предварительная выборка кандидатов, формально подходящих под требования операций проекта.

3. Для каждого отобранного кандидата рассчитывается степень его соответствия требованиям операции.
4. Повторить этапы 2, 3, пока не будут обработаны все операции проекта.
5. Результат работы представляет собой матрицу размерности $m \times n$, где строки обозначают кандидатов, а столбцы операции проекта. В пересечении строк и столбцов содержится агрегированная оценка соответствия кандидата требованиям операции.

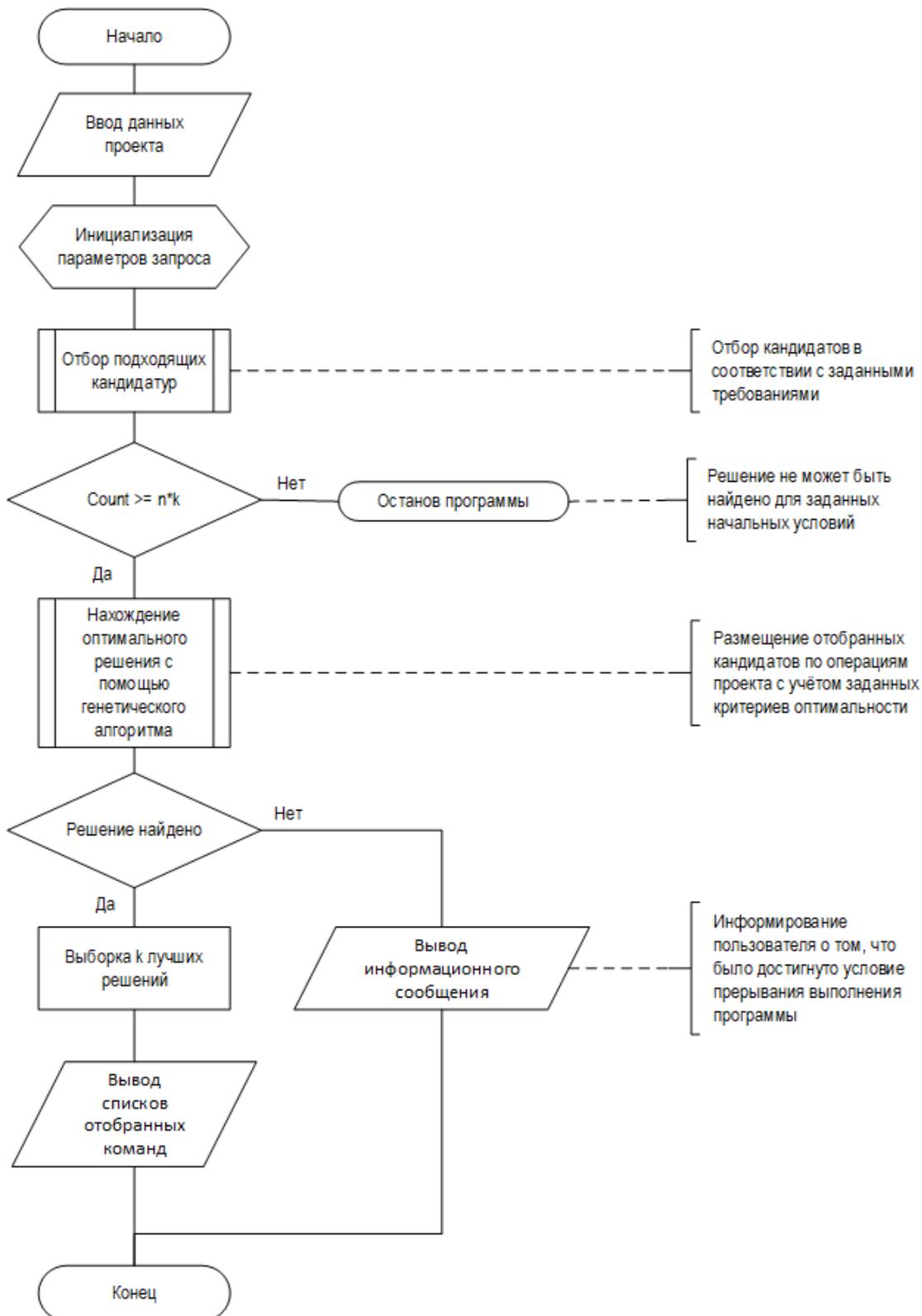


Рисунок 4 – Алгоритм интеллектуальной поддержки перераспределения кадров

Блок-схема алгоритма, реализующего процедуру отбора кандидатов, представлена на Рисунке 5.

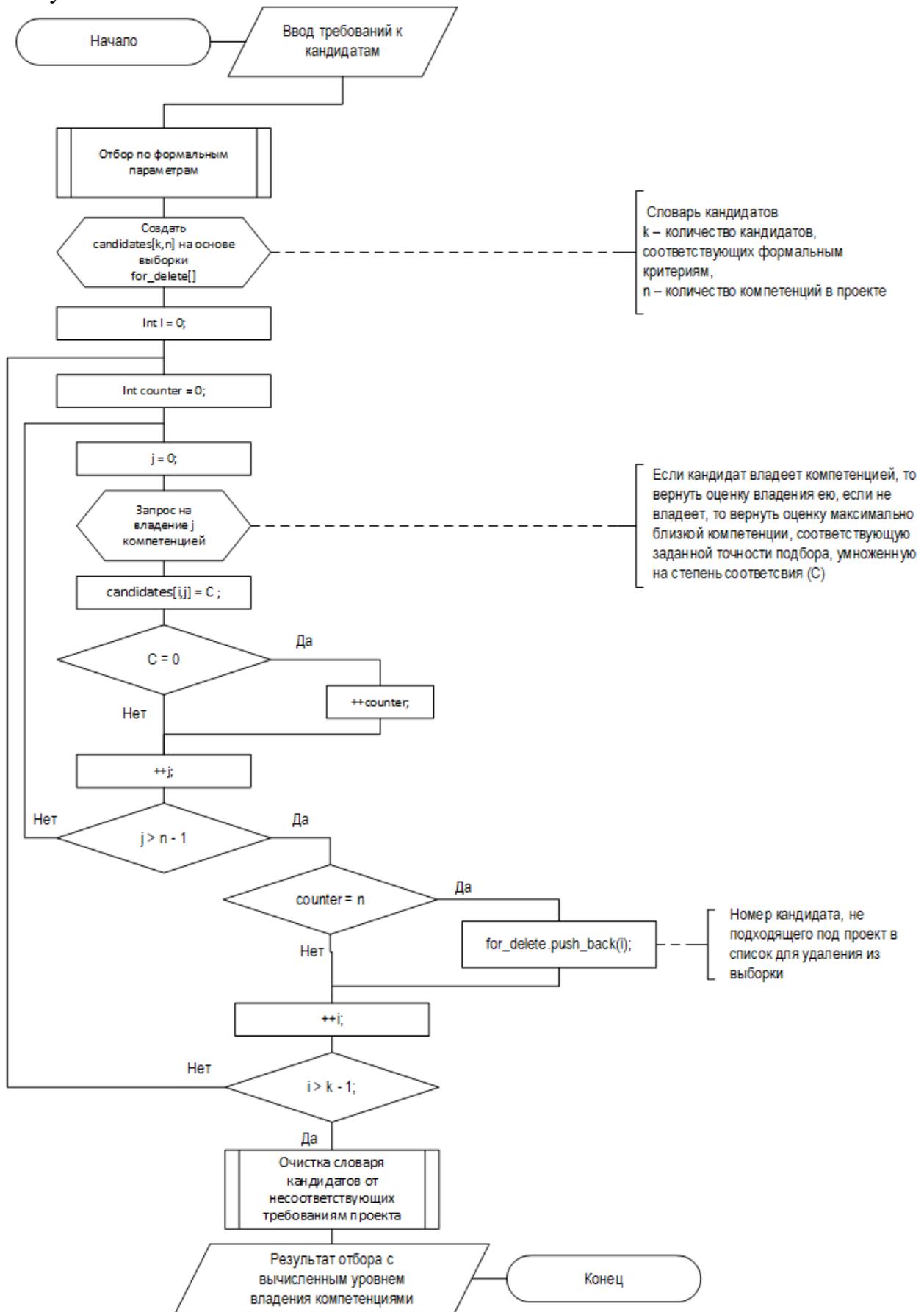


Рисунок 5 – Алгоритм отбора кандидатов

Блок-схема алгоритма формирования команд представлена на Рисунке 6.

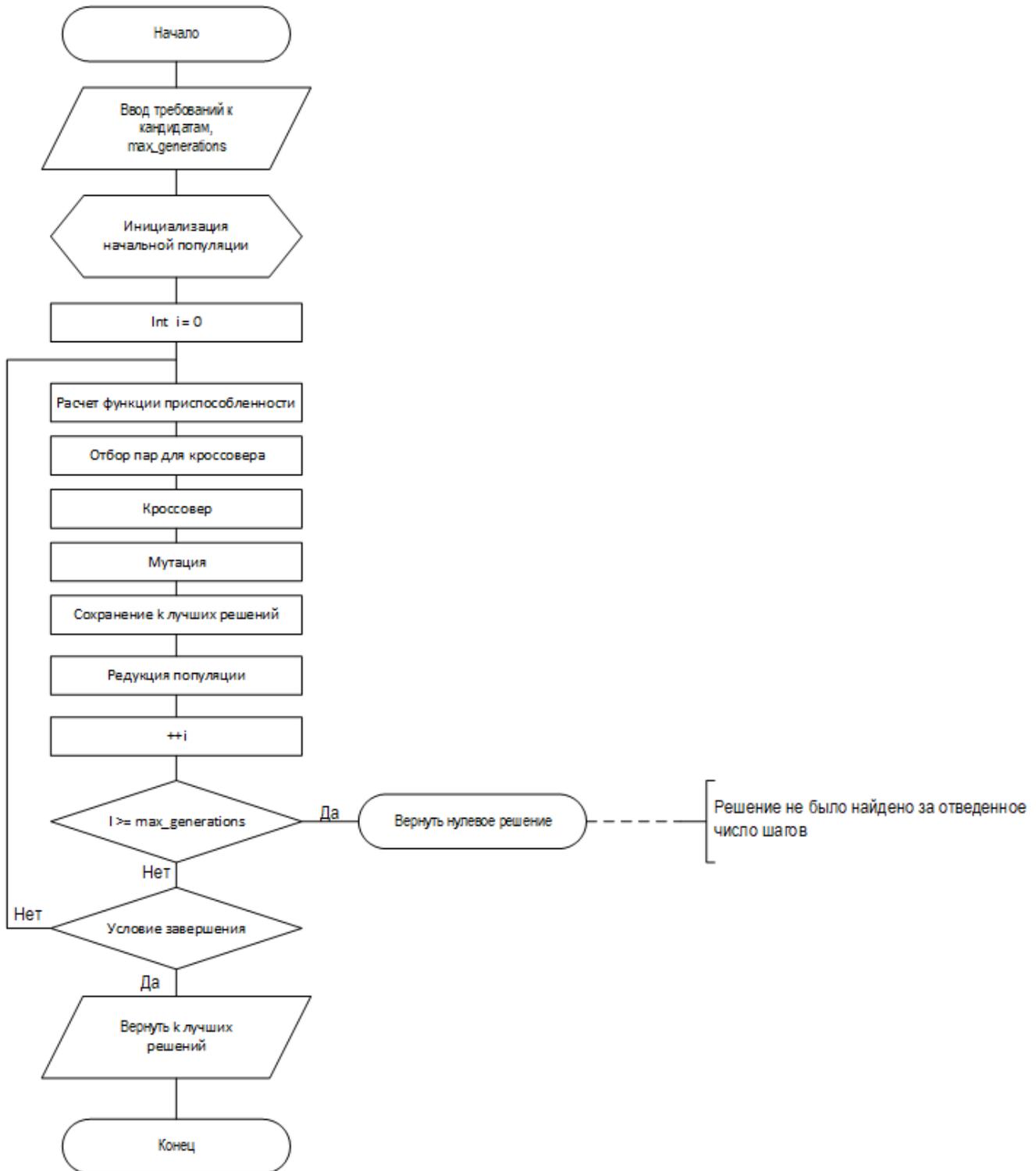


Рисунок 6 – Алгоритм формирования команд

Применяемый для формирования команд генетический алгоритм использует генетические операторы кроссовера, мутации, редукции, реализованных с учетом специфики решаемой задачи. При оценке решений применяется функция приспособленности (фитнес-функция, *fit*) (6), оценивающая решение по трем критериям: квалификация (7), временные ограничения (8) и общее соответствие решения бюджетному ограничению (9). Для управления влиянием на критерии введены

коэффициенты, которые определяют влияние каждого критерия на общую оценку приспособленности решения.

$$fit(\omega, t, q) = a \times f(\omega) + b \times \sum_j^n (g(t))_j + c \times \sum_j^n (z(q))_j; \quad (6)$$

$$f(\omega) = \frac{1}{n} \sum_i^n (\omega_i), \quad (7)$$

где ω – средняя оценка компетентности исполнителя по требуемым для выполнения операции компетенциям;

n – общее количество операций в проекте.

$$g(t) = \frac{1}{T} \sum_i^n ((-1)^{1 - \frac{T-t_i}{|T-t_i|}} \times (t_i \times p_i)), \quad (8)$$

где t – планируемое время исполнения операции (φ);

p – операции в которых принимает участие исполнитель;

T – общий фонд времени кандидата (φ).

$$z(q) = \left(1 - \frac{1}{Q} \sum_i^n ((t_i \times q_i) + C_i) \right), \quad (9)$$

где q – тарифная ставка исполнителя за единицу времени (руб.);

C – постоянные затраты на привлечение исполнителя (руб.);

Q – общий бюджет проекта (руб.).

Основным результатом, изложенным в главе, является алгоритм интеллектуальной поддержки процесса перераспределения кадров между активными проектами с учетом их приоритета, который позволяет сократить затраты на проведение первичного отбора кандидатов на замещение вакантных позиций в проекте за счет многокритериальной оптимизации выборки по ограничениям и заданной степени точности подбора.

В четвертой главе «Методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах на основе комбинации ретроспективной, текущей и экспертной информации» разрабатывается методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах. Методика идентификации квалификационных моделей в проектно-ориентированных организационных системах на основе накопленного опыта необходима на раннем этапе проекта и выполняется группой сотрудников, назначенных ответственными за инициализацию и контроль выполнения проекта (далее – группа инициализации). При идентификации квалификационных требований группа ориентируется на существующий опыт выполнения аналогичных проектов. Суть методики сводится к анализу существующего опыта и адаптации его к применению в текущих проектах. Несмотря на то, что каждый проект по сути является уникальным и заканчивается уникальным результатом, структурно проекты в одной или близких предметных областях имеют множество повторяемых элементов, что целесообразно использовать при разработке нового проекта и требований к нему, в том числе и требования к квалификации кадров.

На Рисунке 7 представлена методика и ее место в процессе перераспределения кадров.

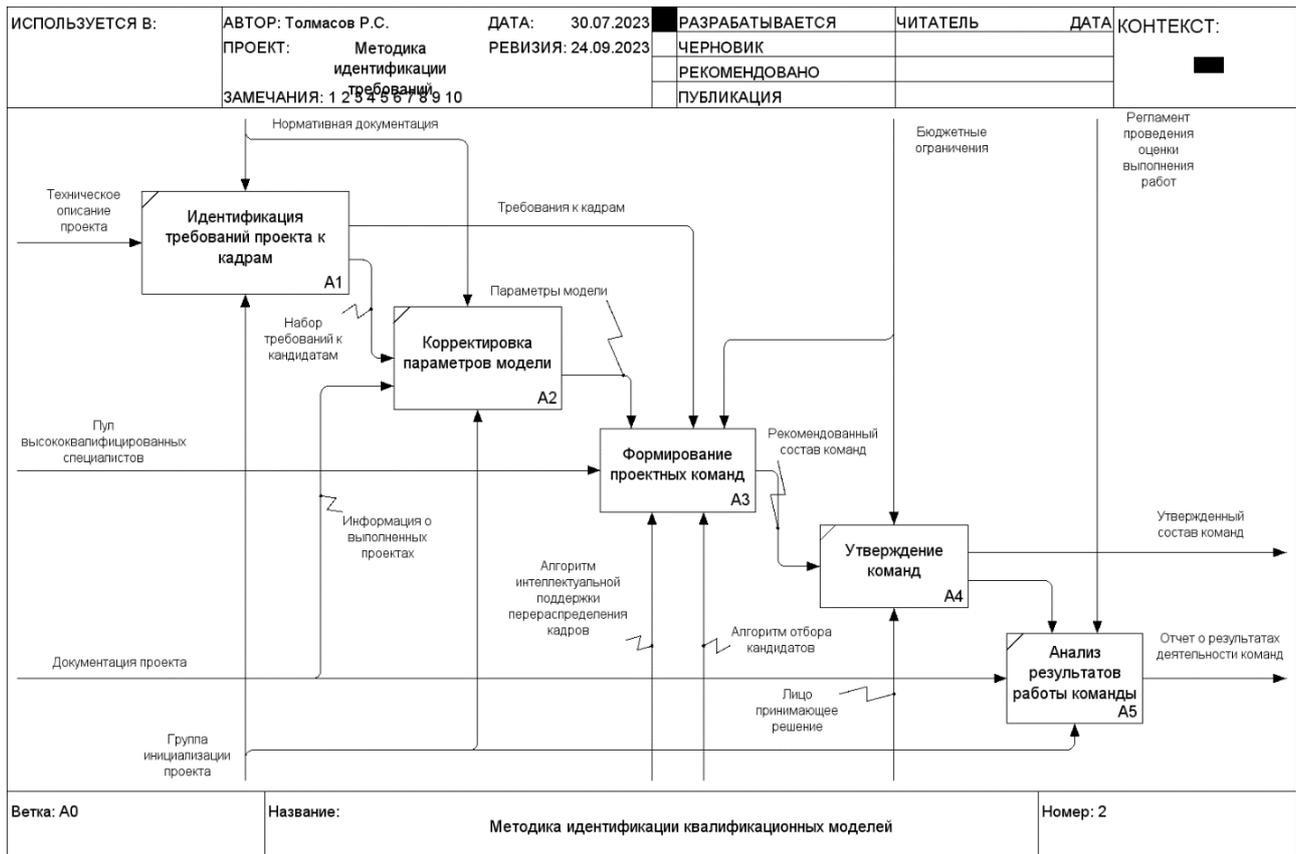


Рисунок 7 – Методика идентификации квалификационных моделей

Методика сводится к выполнению следующей последовательности действий:

1. Изучение технического задания на проект. На данном этапе команда получает техническое задание, где описаны основные ограничения, цели и задачи проекта. Анализ целей и задач проекта позволяет найти выполненные аналогичные проекты.
2. Подбор аналогичных проектов и их анализ. На данном этапе анализируется доступная информация об аналогичных завершённых проектах, что позволяет более строго определить набор операций, необходимых для реализации проекта, требования к ним, а также информацию о назначениях и результатах выполнения проекта.
3. Корректировка и уточнение выделенных операций. Так как проекты не полностью идентичны, то необходимо внесение изменений в структуру проекта, сформированную на основании предыдущего опыта.
4. Опираясь на действующие нормативно-правовые акты определяются формальные требования к кандидатам для каждой операции проекта. При отсутствии регламентирующего документа решение о вводе ограничения принимается группой инициализации.
5. Для каждой операции определить набор компетенций, необходимый для определения требований к кандидатам.
6. Для каждой операции проекта устанавливается допустимое отклонение в компетентности кандидата от установленной трудовой функции. Чем большее отклонение допускается, тем менее критичная операция. Данный шаг позволяет гибко подходить к процессу отбора кандидатов в дальнейшем, позволяя расширить выборку потенциальных кандидатов.

Для обеспечения общих подходов к определению качественных характеристик кадров, общей для всех участников ПООС системы оценки компетентности кандидатов рассмотрен вопрос формирования единой системы определений и методов оценки компетенций. Единая система позволяет обеспечить однозначное трактование всех возможных трудовых функций и действий между всеми участниками процесса перераспределения кадров, а также обеспечить единообразие методов их проверки. В качестве основы для формирования единой системы предлагается использовать «Национальную систему квалификации» (НСК), активно развивающуюся в Российской Федерации, позволяющую связать потребности рынка труда и системы образования с учетом требований работодателей. Применяя НКС как источник информации о необходимой трудовой функции при определении квалификационных требований проекта, можно получить строгий набор компетенций, необходимых для функционирования предложенной во второй главе модели, и однозначную декомпозицию их на знания, умения и навыки. Применение НКС также позволяет обеспечить единый подход к определению уровня владения компетенцией и упростить процесс автоматизации подбора предлагаемыми алгоритмами.

В результате предложена методика идентификации квалификационных моделей в ПООС на основе комбинации ретроспективной, текущей и экспертной информации, которая позволяет повысить результативность при отборе кадров, за счет применения инновационного подхода к использованию накопленного ПООС опыта выполнения проектов, а также текущей и экспертной информации.

Проведение реального эксперимента в организациях уровня концерна или государственной корпорации сопряжено со значительными финансовыми и операционными рисками, что является неприемлемым без подтвержденной и многократной проверки эффективности предложенных научно-методических и алгоритмических средств. В связи с этим для проверки результатов исследования был применен метод мыслительного эксперимента. В процессе эксперимента проверялись следующие показатели: результативность (успешное формирование команды), эффективность предлагаемых средств по двум критериям: оперативность и ресурсозатратность.

Результативность повышается за счет применения модели, так как она увеличивает число подходящих кандидатур, применяя дополнительные связи модели. Применение алгоритма предварительно отсеивает неподходящие кандидатуры, что еще больше повышает результативность отбора (Рисунок 8).

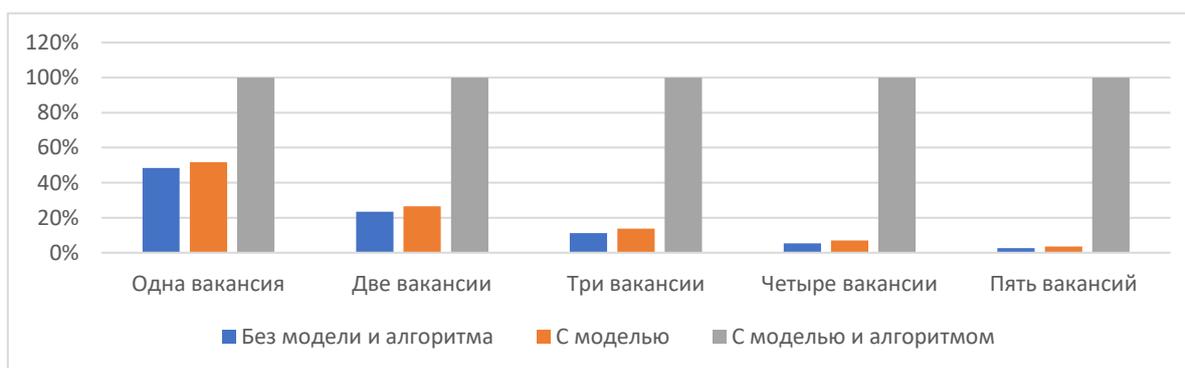


Рисунок 8 – Оценка результативности применения предлагаемого механизма

Оценка оперативности проводилась путем сравнения количества операций, которые необходимо выполнить без применения модели и алгоритма и применяя их. Полагая что человек и ЭВМ выполняют одинаковое количество вычислительных операций в единицу времени, выполнение требуемых действий с применением модели и алгоритма будет меньше, за счет меньшего числа промежуточных операций сортировки списков кандидатур и замены прямого перебора исходной выборки кандидатур на обработку множеств решений, что обеспечивает оперативность.

Увеличение производительности выполнения алгоритма при ручном подборе возможно за счет привлечения дополнительных сотрудников, каждому из которых необходимо оборудование рабочего места, увеличение производительности выполнения алгоритма на ЭВМ возможно за счет проведения горизонтального или вертикального масштабирования, что менее ресурсозатратно, чем привлечение дополнительных специалистов.

Отдельно результаты исследования были апробированы на действующих предприятиях. Математическая модель и методика были применены в проекте производства электродвигателей в ООО «Новые технологии и материалы» для определения подходящих кандидатур на вакантные позиции в проекте, подтвердив повышение результативности. Алгоритм апробирован в АО «Можайское экспериментально-механическое предприятие» в процессе формирования команды исполнителей для выполнения заказа, где команда была сформирована за меньшее, чем отделом кадров время.

В **заключении** подведены итоги диссертационного исследования в целом, сформулированы **основные результаты и выводы**.

В диссертации решена научная задача, состоящая в разработке научно-методических и алгоритмических средств поддержки принятия решений при управлении перераспределением кадров для ПООС.

Основные результаты проведенного исследования заключаются в следующем:

1. Предложена ПООС и подходящий механизм перераспределения кадров. Анализ рынка труда позволил установить основные тенденции, наметившиеся в настоящее время. Определены причины, снижающие эффективность применения существующих механизмов временного перераспределения кадров.

2. Разработана математическая модель компетенций кадров в ПООС, которая в отличие от известных содержит дополнительные связи между компетенциями одной предметной области. Модель позволяет расширить выборку кандидатов для выполнения требуемых операций за счет включения в нее кандидатов, обладающих смежными компетенциями, что повышает обеспеченность проектов кадрами. Данная модель применяется в Департаменте проектного развития ООО «Новые технологии и материалы» (акт о внедрении результатов диссертационного исследования представлен в приложении диссертации).

3. Разработан алгоритм интеллектуальной поддержки перераспределения кадров между активными проектами с учетом их приоритета, в котором в отличие от существующих алгоритмов, формирование выборки кандидатов осуществляется с применением оригинальной модели их компетенций, последующая обработка реализуется параллельным выполнением генетического алгоритма с предварительным

разбиением начальной выборки на группы с учетом заданного приоритета проектов. Разработанный алгоритм позволяет сократить затраты на проведение первичного отбора кандидатов на замещение вакантных позиций в проекте за счет многокритериальной оптимизации выборки по ограничениям и заданной степени точности подбора. (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667362 от 15 августа 2023. – Программа для интеллектуальной поддержки ротации человеческих ресурсов).

4. Предложена методика идентификации квалификационных моделей в ПООС на основе комбинации ретроспективной, текущей и экспертной информации. Данная методика повышает результативность отбора кандидатов, за счет применения нового подхода к определению параметров квалификационной модели на основе ретроспективной и текущей информации. (акт о внедрении результатов диссертационного исследования представлен в приложении диссертации; Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665612 от 18 июля 2023. – Методика идентификации квалификационных требований к человеческим ресурсам в организационных системах).

Предложенные в работе научно-методические и алгоритмические средства могут быть применены в различных организациях и объединениях организаций, включая силовые структуры, для которых задача перераспределения кадров между проектами является актуальной, независимо от сферы их деятельности.

Перспективными направлениями дальнейшего развития результатов диссертационного исследования является совершенствование методики идентификации квалификационных моделей в ПООС и уменьшение временной сложности используемого алгоритма, а также доработка математической модели для учета дополнительных характеристик, необходимых для повышения эффективности перераспределения кадров.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, входящих в международные наукометрические базы Web of Science и Scopus

1. Tolmasov, R.S. Algorithmization of employers' requirements for IT-specialists in the field of energy, extraction of natural resources and ecology / R.S. Tolmasov, S.V. Kulikova, S. Zhukov, E.V. Sibirskaya, M.A. Lapina // E3S Web of Conferences. – 2023. – Vol. 371. – P. 03008.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России

2. Толмасов, Р.С. Графовая модель данных в задаче выбора направления дальнейшего обучения / Р.С. Толмасов, Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2022. – № 3. – С. 116–120.

3. Толмасов, Р.С. Программные средства, поддерживающие технологию смартстаффинга / Р.С. Толмасов, Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2022. – № 4. – С. 160–166.

4. Толмасов, Р.С. Модель компетенций и ротации человеческих ресурсов в организационной системе // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». – 2023. – № 2 – С. 181–188.

5. Толмасов, Р.С. Алгоритмизация распределения человеческих ресурсов в проектно-ориентированных компаниях / Р.С. Толмасов, А.В. Калач, Т.Е. Смоленцева, И.Г. Малыгин // Вестник Воронежского института ФСИИ России. – 2023. – № 2. – С. 167–173.

Патенты и свидетельства о регистрации программных продуктов

6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665612 Российская Федерация. Методика идентификации квалификационных требований к человеческим ресурсам в организационных системах / Р.С. Толмасов. – № 2023664514; заявл. 06.07.2023; опубл. 18.07.2023. – 1 с.

7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023667362 Российская Федерация. Программа для интеллектуальной поддержки ротации человеческих ресурсов / Р.С. Толмасов. – № 2023664511; заявл. 06.07.2023; опубл. 15.08.2023. – 1 с.

Публикации в иных изданиях

8. Толмасов, Р.С. К вопросу обоснования понятия «Проектно-ориентированные организационные системы» // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 90-3. – С. 44-47. – DOI 10.18411/trnio-10-2022-114.

9. Толмасов, Р.С. Программные средства технологии смартстафинга / Р.С. Толмасов, Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач // Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 20 октября 2022 г. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2022. – С. 244–247.

10. Толмасов, Р.С. К вопросу о выборе направления дальнейшего обучения / Р.С. Толмасов, Т.Е. Смоленцева, А.В. Калач // Актуальные проблемы деятельности подразделений УИС: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 20 октября 2022 г. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2022. – С. 240–243.

11. Толмасов, Р.С. К вопросу формирования единого информационного пространства в системах управления проектами / Р.С. Толмасов // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, Воронеж, 12–14 декабря 2022 г. / Воронежский государственный университет. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2023. – С. 1584–1588.

12. Толмасов, Р.С. Формирование требований к квалификации сотрудников в контексте математической модели кадрового баланса организационных систем / Р.С. Толмасов, Т.Е. Смоленцева // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, Москва, 21 марта 2023 г. – М.: Печатный цех, 2023. – С. 279–283. – DOI 10.34755/IROK.2023.72.22.105.

Подписано в печать

13.12.2023

Формат 60x84 1/16

Печать цифровая

Объем 1,0 п.л.

Тираж 100 экз.

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149