

На правах рукописи



Баканова Анна

**МЕТОД ВЫБОРА НАИЛУЧШЕГО ИСПОЛНИТЕЛЯ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛУЖЕБНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ
КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА**

Специальность: 05. 13.10 – Управление в социальных и
экономических системах

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург – 2021

Работа выполнена на факультете программной инженерии и компьютерной техники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО».

Научный руководитель: **Шиков Алексей Николаевич,**
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Большаков Александр Афанасьевич,**
доктор технических наук, профессор, профессор Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики Института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

Вешнева Ирина Владимировна,
доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных систем и технологий в обучении факультета компьютерных наук и информационных технологий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского»

Ведущая организация: **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург**

Защита состоится 7 октября 2021 года в 16.00 на заседании диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01 на базе ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по адресу: 614990, г. Пермь, Комсомольский проспект, дом 29, аудитория 345.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (<http://www.pstu.ru>).

Автореферат разослан «___» _____ 2021 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат экономических наук, доцент



А.О. Алексеев

Общая характеристика работы

Актуальность. Управление человеческими ресурсами, рабочими процессами, развитие, обучение и адаптация персонала, контроль и принятие решений являются неотъемлемыми элементами эффективного развития всей организации. Поэтому большую значимость представляет капитализация знаний, их распространение и контролирование этой сферы деятельности за счёт обучения сотрудников и пополнения базы компетенций компании. Появление рекомендательных сервисов позволило создавать новые наборы рекомендаций и усовершенствовать систему обучения сотрудников. В связи с этим возникает необходимость вести постоянный учёт компетенций через систему мониторинга компетенций в компании. Процессы обучения, управления компетенциями и подбор персонала являются в этом случае обязательными взаимодействующими элементами данного метода. Мотивация сотрудников к обучению напрямую влияет на сохранение компетенций в компании и успешное исполнение служебных задач и проектов. Через формирование актуальных наборов компетенций и условий для рабочих проектов и задач появляется возможность подобрать с помощью поиска подходящего исполнителя для конкретной рабочей задачи, проанализировать подготовку других сотрудников, выявить слабые или недостающие компетенции и определить параметры индивидуального обучения. Благодаря такому подходу повышается эффективность управленческих решений в отношении персонала и автоматизируется большинство функций управления.

Степень научной разработанности проблемы. Научный подход к назначению сотрудников представлен различными подходами (Неборский С.Н., Бугаев Ю.В., Допира Р.В., Катаев А.В., A.Paredes. F.L.Krause), в том числе на основе компетенций. Несмотря на развитие тематики управления образовательным процессом (Новиков Д.А., Иващенко А.А., Бурков В.Н., Коцюба И.Ю., Печников А.Н.), его взаимосвязь с рабочим процессом не рассматривалась через подбор наилучшего исполнителя. Компетентностный подход является развивающимся направлением, но он уже активно используется в области управления образованием, корпоративным обучением, управлением человеческими ресурсами, информационными технологиями, а именно систем поддержки принятия решений управления (Лисицына Л.С., Шиков А.Н., Большаков А.А., Вешнева И.В.). Применение онтологических моделей совместно с компетентностным подходом, их использование в образовательных технологиях представлено в работах зарубежных и российских учёных, таких как: Miranda S., Nonaka I., Barbosa J.L.V., Barbosa D.N.F., Kimble C., Schmidt A., Zaouga W., Муромцев Д.И., Балашова И.Ю., Котова Е.Е., Бова В.В., Бруттан Ю.В.. Тем не менее крайне небольшое количество работ посвящено методам управления компетенциями в организации и назначению сотрудников на исполнение рабочих задач на основе компетентностного подхода. Существующие подходы направлены на минимизацию затрат по времени выполнения работы или затрат на оплату труда сотрудника. Нет реализации управления человеческими ресурсами в компании, совмещающей сферу корпоративного обучения и развития персонала с подготовкой специалистов для выполнения конкретных служебных задач и проектов. Необходимо построение индивидуальных траекторий развития и обучения, которые смогут поддерживать мотивацию к обучению постоянно, сделают максимально понятной структуру компетенций для сотрудников и позволят компаниям обновлять и контролировать базу компетенций.

Объект исследования – системы управления персоналом.

Предмет исследования – метод выбора наилучшего исполнителя для решения служебных задач и проектов на основе компетентностного подхода.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности управления человеческими ресурсами посредством разработки метода и алгоритмов, объединяющих учёт компетенций в компании и персонализированное обучение сотрудников для обеспечения выбора наилучшего исполнителя для решения служебных задач и проектов.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи работы:

1. В процессе анализа научных подходов выявить специфику и недостатки существующих решений в сферах управления компетенциями, электронного обучения и назначения сотрудников для выполнения служебных задач и проектов.
2. Исследовать лучшие практики онтологического инжиниринга в управлении знаниями, компетенциями и электронным обучением, профессиональные стандарты использования компетенций и сформировать подход к представлению её структуры и мониторингу в организации.
3. На основе анализа недостатков существующих систем управления компетенциями, разработать онтологическую модель системы управления компетенциями в компании.
4. Разработать метод и алгоритм поиска наилучшего исполнителя с формированием рейтингов для мониторинга компетенций на основе онтологий.
5. Разработать и исследовать необходимые алгоритмы учёта и присвоения компетенций в организации на основе онтологического подхода и анализа спецификаций в процессе выбора наилучшего исполнителя проекта.
6. Разработать архитектуру системы управления компетенциями и модуль корпоративной системы электронного обучения по учёту и работе с компетенциями сотрудников.
7. Провести экспериментальные исследования и оценку эффективности разработанного метода и алгоритмов при внедрении результатов диссертационного исследования на предприятии.

Методы исследования. Основу теоретических исследований составили работы российских и иностранных авторов в области моделирования систем управления и разработки информационных продуктов. В работе использовались методы онтологического инжиниринга, семантического поиска, обработки естественного языка. Для осуществления математических вычислений применяются метод многокритериальной оценки (нелинейной свертки), метод парных сравнений, метод анализа иерархий, метод экспертных оценок и др.

Научная новизна работы:

В рамках проведенного диссертационного исследования были получены следующие результаты, обладающие научной и практической значимостью:

1. Новые метод и алгоритм поиска наилучшего исполнителя с формированием рейтингов и автоматизацией процедуры экспертной оценки для обеспечения выбора наилучшего исполнителя служебного задания с целью минимизации затрат и исключения ошибок при назначении и управлении персонализированным обучением сотрудников.
2. Алгоритмы учёта и присвоения компетенций в организации на основе онтологического подхода и анализа спецификаций для обеспечения эффективной поддержки учёта компетенций в организации и управления персонализированным обучением сотрудников.

Практическая ценность работы заключается в подробном исследовании и во внедрении разработанных подходов организации корпоративных знаний, персонализированного обучения, управления ими, разработке методов, моделей и алгоритмов организации управления персоналом на основе компетентностного подхода и доведения их до внедрения и практического использования в деятельности компаний ООО «Системы Мониторинга Автопарка – результат в технологии» (Группа компаний СКАУТ), ЗАО «Санкт-Петербургская Образцовая типография» и ООО «РосБалт» (Санкт-Петербург). Применение результатов исследования позволило существенно повысить эффективность управление человеческими ресурсами на предприятии, сократить время выполнения текущих задач на 12%, в 2 раза увеличить количество успешно выполненных задач, увеличить производительности труда до 27%, полностью исключить ошибки в назначении исполнителей на внешние проекты, на 20% сократилось время подбора подходящего исполнителя. В среднем 83% сотрудников согласны с распределением рейтингов, более 27% выразили желание обучаться. Разработанные метод и алгоритмы могут использоваться специалистами, задействованными в области управления человеческими ресурсами.

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод и алгоритм поиска наилучшего исполнителя для решения служебных задач и проектов, отличающиеся применением компетентностного подхода, автоматизацией экспертной оценки и формированием рейтингов, используемых в управлении обучением и назначением сотрудников, повышающие эффективность выполнения служебных задач и проектов.
2. Алгоритмы учёта и присвоения компетенций в организации на основе онтологического подхода и анализа спецификаций, позволяющие совмещать контроль наличия исполнителей для конкретных служебных задач, мониторинг базы компетенций организации и персонализированное корпоративное обучение сотрудников.

Соответствие диссертации паспорту специальности. Решение рассматриваемой научной проблемы предполагает научные исследования и технические разработки, включенные в формулу научной специальности 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах и соответствует следующим пунктам паспорта специальности:

4. Разработка методов и алгоритмов решения задач управления и принятия решений в социальных и экономических системах.
10. Разработка методов и алгоритмов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экономических и социальных системах.

Апробация и достоверность научных достижений выдвинутых в диссертации положений и выводов обеспечена системным подходом к решению задач выбора наилучшего исполнителя служебных задач или проектов, опорой на современные методы и средства моделирования и проектирования сложных человеко-машинных систем. Полученные результаты диссертационного исследования апробированы и внедрены на предприятиях ГК СКАУТ - ООО «Системы мониторинга Автопарка – результат в технологии» (г. Санкт-Петербург), ЗАО «Санкт-Петербургская Образцовая типография» и ООО «РосБалт» (Санкт-Петербург). Разработано и прошло государственную регистрацию программное обеспечение «Корпоративная система электронного обучения и повышения квалификации персонала на основе мобильных технологий» с номером № 2018618265. Результаты научно-исследовательской работы докладывались на 13 международных и российских конференциях:

1. Международная научно-практическая конференция «Трансформация моделей корпоративного управления в новых экономических реалиях», 2020, Екатеринбург.
2. IX Конгресс молодых ученых (онлайн формат), Университет ИТМО, 2020.
3. XLIX научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, 2020, Санкт-Петербург.
4. Международная конференция «The Majorov International Conference on Software Engineering and Computer Systems», Университет ИТМО, 2019 Санкт-Петербург.
5. VIII Конгресс молодых ученых, Университет ИТМО, 2019, Санкт-Петербург.
6. XLIII научная и учебно-методическая конференция ППС Университета ИТМО, 2019, Санкт-Петербург.
7. X-th Majorov International Conference, Университет ИТМО, 2018, Санкт-Петербург
8. Международная научно-практическая конференция "Прорывные научные исследования как двигатель науки", 2018, Тюмень.
9. XLVII научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, 2018, Санкт-Петербург
10. LV Международная научно-практическая конференция «Молодой исследователь: вызовы и перспективы», 2018, Москва
11. IX Научно-практической конференции молодых ученых «Вычислительные системы и сети (Майоровские чтения)», Университет ИТМО, 2017, Санкт-Петербург.
12. XLVI научная и учебно-методическая конференция Университета ИТМО, 2017, Санкт-Петербург.
13. Международная научно-практическая конференция «Новшества в области технических наук», 2016, Тюмень.

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 19 статей (5 статей в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования Web of Sciences и Scopus, 7 статей из перечня изданий, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук).

Личный вклад соискателя ученой степени заключается в постановке задач и планировании исследования, анализе проработанности проблемы и определении научной новизны, получении результатов, изложенных в диссертации, в разработке и апробации алгоритмов учёта и присвоения компетенций в организации на основе онтологического подхода и анализа спецификаций, подходов и методов применения систем корпоративного электронного обучения для приобретения недостающих компетенций, в обработке экспериментальных данных и интерпретации полученных результатов, их оценки, обобщении, разработке метода и алгоритма поиска наилучшего исполнителя для решения служебных задач, разработке онтологической модели и архитектуры системы управления компетенциями, внедрении разработанного программного обеспечения.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников, списка рисунков, и трёх приложений. Основной текст диссертации изложен на 226 страницах (139 источников, 29 рисунков, 19 таблиц).

Содержание диссертационной работы

Введение. Во введении сформулирована актуальность, определены цели и задачи, а также методы, научная новизна и практическая значимость исследования.

Глава 1 посвящена исследованиям в сфере управления человеческими ресурсами и моделирования систем управления компетенциями. Анализируются особенности управления человеческими ресурсами и принятия управленческих решений в компании, компетентностного подхода в управлении человеческими ресурсами и корпоративном обучении, стандарты в сфере обучения и менеджмента знаний. Проводится сравнительный обзор систем управления компетенциями, основанными на онтологическом подходе, в результате чего формулируются условия и проблемы моделирования в сфере компетенций.

Представлен обзор существующих решений по управлению компетенциями, назначением и развитием персонала. В рассмотренных работах влияние компетенций либо не учитываются полностью, либо не автоматизировано, либо не является ключевым условием для назначения, либо не связано с рабочими задачами. Не обнаружено работ, в которых для рабочих задач определяется набор компетенций.

Глава 2 посвящена разработке метода поиска наилучшего исполнителя. Алгоритм поиска наилучшего исполнителя и формирования рейтингов представлен на рисунке 1.

В процессе исследования были определены и описаны решаемые с помощью метода проблемы. Объясняются особенности представленного в работе метода, его связь с обучением и реализация мотивационной составляющей построения карьеры, в том числе через использование элементов игровых механик. Опираясь на исследования и международные стандарты предлагается свой вариант структуры компетенции в системе управления.

Для компетенций определены параметры: тип, под-компетенция, условия, уровень. Все компетенции разделены на уровни, организовывая многоуровневую иерархию, где самый нижний уровень составляют элементарные компетенции. Ценность сотрудника в вопросах компетенции устанавливается организацией самостоятельно и может быть качественной - по наполнению предыдущих уровней или количественной – по количеству компетенций разных уровней. Идея иерархии компетенций позволила сформулировать подход к оценке компетенций сотрудников и разработать алгоритм присвоения компетенций сотруднику по итогам выполнения рабочей задачи. В этом случае учитывается успешно ли выполнено рабочее задание, является ли компетенция ключевой и заполнены ли предыдущие уровни до неё.

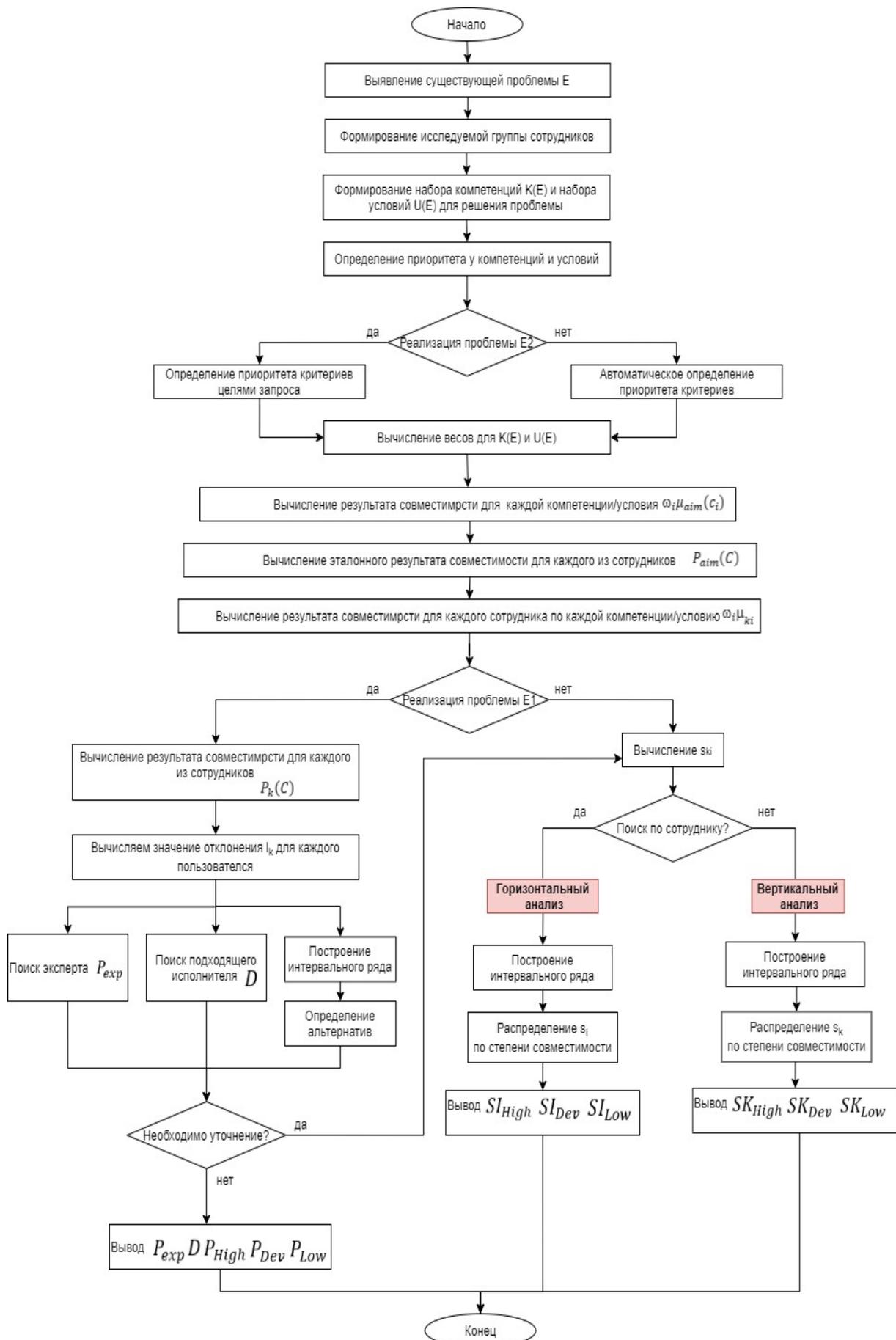


Рис. 1 – Алгоритм поиска наилучшего исполнителя и формирования рейтингов для мониторинга компетенций

Помимо сотрудника компетенции и условия присваиваются рабочей задаче или проекту. Для этого используется семантический анализ спецификаций. В этом случае веса вычисляются автоматически путем адаптации алгоритма TF-IDF и на основе частоты появления онтологического объекта в каждой спецификации. Вес каждого онтологического объекта вычисляется с использованием уравнения (1):

$$(tf - idf)_{i,s} = \frac{n_{i,s}}{\sum_k n_{k,s}} * \log \frac{|S|}{N_i} \quad (1)$$

Чтобы обогатить семантическое значение, используется расширение алгоритма. Оно реализовано с использованием алгоритма Дейкстры:

$$(\vartheta_1, \vartheta_2, \dots, \vartheta_m)_s \quad \text{где } \vartheta_i = \sum_{j=1}^n \frac{(tf-idf)_{j,s}}{e^{dist(i,j)}}, \quad (2)$$

где $n_{i,s}$ - количество вхождений онтологического объекта i в спецификации s , $\sum_k n_{k,s}$ - сумма вхождений всех k онтологических объектов, идентифицированных в спецификации s , $|S|$ - набор всех спецификаций, а N_i количество всех спецификаций, аннотированных объектом i , ϑ_i - частотность вхождения онтологического концепта i , а $dist(i,j)$ - семантическое расстояние между концептом i и концептом j в предметной онтологии.

Для компетенции K_k где $k \in [1, 2 \dots l]$ состоящей из p под-компетенций K'' и g условий U' , а следовательно представляющей собой набор n концептов $K_k = \{K'_1, K'_2, \dots, K'_p, U'_1, U'_2, \dots, U'_g\} = \{K'_1, K'_2, \dots, K'_n\}$, где $p + g = n$, а частотное вхождение ϑ_{K_k} рассчитывается:

$$\vartheta_{K_k} = \sum_i^n \vartheta_{K'_i} \quad (3)$$

Таким образом проекту/задаче присвоено множество критериев $C = K \cup U = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$, где $K = \{K_1, K_2, \dots, K_l\}$ и $U = \{U_1, U_2 \dots U_z\}$, $l + z = m$.

Алгоритм присвоения компетенций рабочим задачам и проектам представлен на рисунке 2.



Рис. 2 – Алгоритм присвоения компетенций рабочим задачам и проектам

Для проблемы E необходимо количество сотрудников с набором критериев поиска. Для решения различных типов задач/проблем заданы два вида поиска: одноцелевой (E_1) и многоцелевой (E_2). Множество критериев поиска представляют собой совокупность набора компетенций и набора условий, необходимых для решения задачи поиска. Модель поиска представлена формулой (2):

$$y = (P_{exp}, D, y_1, y_2, y_3, Z), \quad (4)$$

где P_{exp} – сотрудник, который является экспертом по рабочей задаче или проекту, D – сотрудник, который назначается на выполнение рабочей задачи или участия в проекте, $y_1 = (\{P_{High}\}, \{P_{Dev}\}, \{P_{Low}\})$ – набор множеств, отражающий рейтинги сотрудников по запросу, $y_2 = (\{SI_{High}\}, \{SI_{Dev}\}, \{SI_{Low}\})$ – набор множеств, отражающий горизонтальный анализ и $y_3 = (\{SK_{High}\}, \{SK_{Dev}\}, \{SK_{Low}\})$ – набор множеств, отражающий вертикальный анализ, $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_{10}\}$ – набор ограничений.

Горизонтальный анализ дает возможность проанализировать каждого сотрудника, а вертикальный – каждый критерий отдельно.

Определение важности критерия возможно двумя способами:

1. Определение важности критериев осуществляет эксперт
2. Веса критериев формируются по частотности ϑ_{K_k} вхождения термина в спецификацию и по возрастанию определяется приоритетность. Затем учитывая этот приоритет методом парного сравнения автоматически вычисляется вес для каждого критерия по формуле:

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij}} \quad (5)$$

Для запроса вычисляется результат совместимости для каждого сотрудник. Для этого вычисляется функция $P_k(C)$, с учётом определенного ранее веса ω_i и уровня обладания компетенцией μ_{ki} :

$$P_k(C) = \omega_1 \mu_{k1} + \omega_2 \mu_{k2} + \dots + \omega_m \mu_{km} = \sum_{i=1}^m \omega_i \mu_{ki} \quad (6)$$

Поиск эксперта осуществляется следующим образом:

$$P_{exp} = D' * z_1 \quad (7)$$

$$\text{где } D' = \text{argmax}(P_k(C)) \quad (8)$$

$$z_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } q > 1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (9)$$

В случае решения проблемы E_2 назначения не происходит. Наилучший исполнитель определяется с учётом максимального количества n_k одновременно выполняемых рабочих задач/проектов:

$$D = D' * z_1 * z_2 * z_3 \quad (10)$$

$$\text{где } z_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } E = E_1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (11)$$

$$z_2 = \begin{cases} 1, & \text{если } t_k = n_k \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (12)$$

Для определения альтернатив в решении проблемы - формирования множества y_1 необходимо определить абсолютное значение разности l_k . Для этого вычисляется эталонное значение $P_{aim}(C)$, с необходимым значением уровня обладания $\mu_{aim}(c_i)$ по формуле 13:

$$P_{aim}(C) = \omega_1 \mu_{aim}(c_1) + \omega_2 \mu_{aim}(c_2) + \dots + \omega_m \mu_{aim}(c_m) = \sum_{i=1}^m \omega_i \mu_{aim}(c_i) \quad (13)$$

$$l_k = P_{aim}(C) - P_k(C) \quad (14)$$

где $-P_k(C) \leq l_k \leq P_{aim}(C)$, $l_k \geq 0$

Далее строится вариационный ряд, все значения распределяются по уровням, отображающим степень совместимости запросу. Рассчитывается размах R_l абсолютных разниц l_k для q сотрудников, количество k_p интервалов и границы (формулы 15-17):

$$R_l = l_{\max} - l_{\min} \quad (15),$$

$$k_l = 1 + \log_2 q \quad (16),$$

$$l_{\min} + i * h_l, \text{ где } i \in \{1, 2 \dots k_l\} \quad (17)$$

Таким образом формируются множество альтернативных исполнителей P_{High} (формулы 18-21), множество наиболее быстро обучаемых по данной рабочей задаче/проекту сотрудников P_{Dev} (формулы 22-23), множество наименее быстро обучаемых по данной рабочей задаче/проекту сотрудников P_{Low} (формулы 24-26)

$$P_{High} = L' * z_1 * z_7 \quad (18)$$

$$\text{где } L' = \{L | l_{\min} < L < l_{\min} + h_l\} \quad (19)$$

$$z_7 = \begin{cases} 1, & \text{если } m > 1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (20)$$

$$L = \operatorname{argmin}(l_k), l_k \geq 0 \quad (21)$$

$$P_{Dev} = L'' * z_1 * z_7 \quad (22)$$

$$\text{где } L'' = \{L | l_{\min} + h_l < L < l_{\min} + 2 * h_l\} \quad (23)$$

$$P_{Low} = L''' * z_1 * z_3 * z_7 \quad (24)$$

$$\text{где } L''' = \{L | l_{\min} + 2 * h_l < L < l_{\min} + k_l * h_l\} \quad (25)$$

$$z_3 = \begin{cases} 1, & \text{если } k_l \geq 3 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (26)$$

Горизонтальный анализ отображают множества $y_2 = (\{SI_{High}\}, \{SI_{Dev}\}, \{SI_{Low}\})$ (формулы 32–41). Для их вычисления необходимо распределить по уровням совместимости компетенции для сотрудника, вычитав абсолютное значение разности по критерию s_{ki} по формуле 27:

$$s_{ki} = \omega_i \mu_{aim}(c_i) - \omega_i \mu_{ki} \quad (27)$$

$$\text{где } -\omega_i \mu_{ki} \leq s_{ki} \leq \omega_i \mu_{aim}(c_i), s_{ki} \geq 0$$

Рассчитывается размах r_p абсолютных разниц s_{ki} для сотрудника по m критериям, длина h_p , количество k_p интервалов и границы, характеризующие уровень обладания компетенцией (формулы 28–31):

$$r_p = (s_i)_{\max} - (s_i)_{\min} \quad (28)$$

$$k_p = 1 + \log_2 m \quad (29)$$

$$h_p = \frac{r_p}{k_p} \quad (30)$$

$$(s_i)_{\min} + v * h_p, \text{ где } v \in \{1, 2 \dots k_p\} \quad (31)$$

Таким образом SI_{High} - множество наиболее развитых компетенций (32–36), SI_{Dev} - компетенции со средними показателями (37–38), SI_{Low} - низкие компетенции (39–41):

$$SI_{High} = SI' * z_4 * z_{10} \quad (32)$$

$$\text{где } SI' = \{SIK | (s_i)_{\min} < SIK < (s_i)_{\min} + h_p\} \quad (33)$$

$$SIK = \operatorname{argmin}(s_{ki}) \quad (34)$$

$$z_4 = \begin{cases} 1, & \text{если } q = 1 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (35)$$

$$z_{10} = \begin{cases} 1, & \text{если } E = E_2 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (36)$$

$$SI_{Dev} = SI'' * z_4 * z_{10} \quad (37)$$

$$\text{где } SI'' = \{SIK | (s_i)_{\min} + h_p < SIK < (s_i)_{\min} + 2 * h_p\} \quad (38)$$

$$SI_{Low} = SI''' * z_4 * z_5 * z_{10} \quad (39)$$

$$\text{где } SI''' = \{SIK | (s_i)_{\min} + 2 * h_p < SIK < (s_i)_{\min} + k_p * h_p\} \quad (40)$$

$$z_5 = \begin{cases} 1, & \text{если } k_p \geq 3 \\ 0, & \text{иначе} \end{cases} \quad (41)$$

Вертикальный анализ отображают множества $y_3 = (\{SK_{High}\}, \{SK_{Dev}\}, \{SK_{Low}\})$, формулы 42–49. Для их вычисления необходимо распределить по уровням совместимости сотрудников по одной компетенции. Аналогично рассчитывается размах значений s_{ki} , длина и границы интервала, характеризующего уровни владения для сотрудников.

Таким образом:

$$SK_{High} = SK' * z_6 \quad (42)$$

$$\text{где } SK' = \{SIK | (s_k)_{\min} < SIK < (s_k)_{\min} + h_c\} \quad (43)$$

$$z_6 = \begin{cases} 1, \text{ если } m = 1 \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (44)$$

$$SK_{Dev} = SK'' * z_6 \quad (45)$$

$$\text{где } SI'' = \{SIK | (s_k)_{min} + h_c < SIK < (s_k)_{min} + 2 * h_c\} \quad (46)$$

$$SK_{Low} = SK''' * z_6 * z_8 \quad (47)$$

$$\text{где } SI''' = \{SIK | (s_k)_{min} + 2 * h_c < SIK < (s_k)_{min} + k_c * h_c\} \quad (48)$$

$$z_8 = \begin{cases} 1, \text{ если } k_c \geq 3 \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (49)$$

По результатам распределения по уровням для сотрудников и компетенций формируются рейтинги:

1. Рейтинг сотрудника показывает его подготовку и к какому он относится уровню в отношении решения служебных задач или в отношении набора компетенций в команде или отделе.
2. Рейтинг компетенции показывает её наличие у сотрудника и в организации и позволяет наглядно представлять дефицитные компетенции.

Благодаря поиску эксперта и сравнению результатов поиска осуществляется два основных вида анализа компетенций в компании:

— Анализируется сотрудник. По результатам поиска по определенной рабочей задаче или проекту сотрудник может видеть какому уровню совместимости соответствуют его знания. По запросу можно произвести анализ компетенций сотрудника по различным задачам и сформировать рекомендации по обучению исходя из задач, которые сотрудник хотел бы освоить.

— Анализируется компетенция. В результате сравнения по критериям рекомендуется обучение на основе мотивации сотрудника и его личных предпочтений (вертикальный анализ). Определяется доступное количество сотрудников по компетенции в компании, устанавливается минимум для наличия компетенции в организации. По результатам подсчёта назначается анализ сотрудников (горизонтальный) и обучение.

Глава 3. Третья глава посвящена разработке модуля корпоративной системы электронного обучения по учёту и работе с компетенциями сотрудников и онтологической модели управления компетенциями. Модуль учёта и управления компетенциями реализован в рамках корпоративной электронной системы обучения. Архитектура системы учитывает использование сторонних сервисов управления проектами, представлена на рисунок 3.

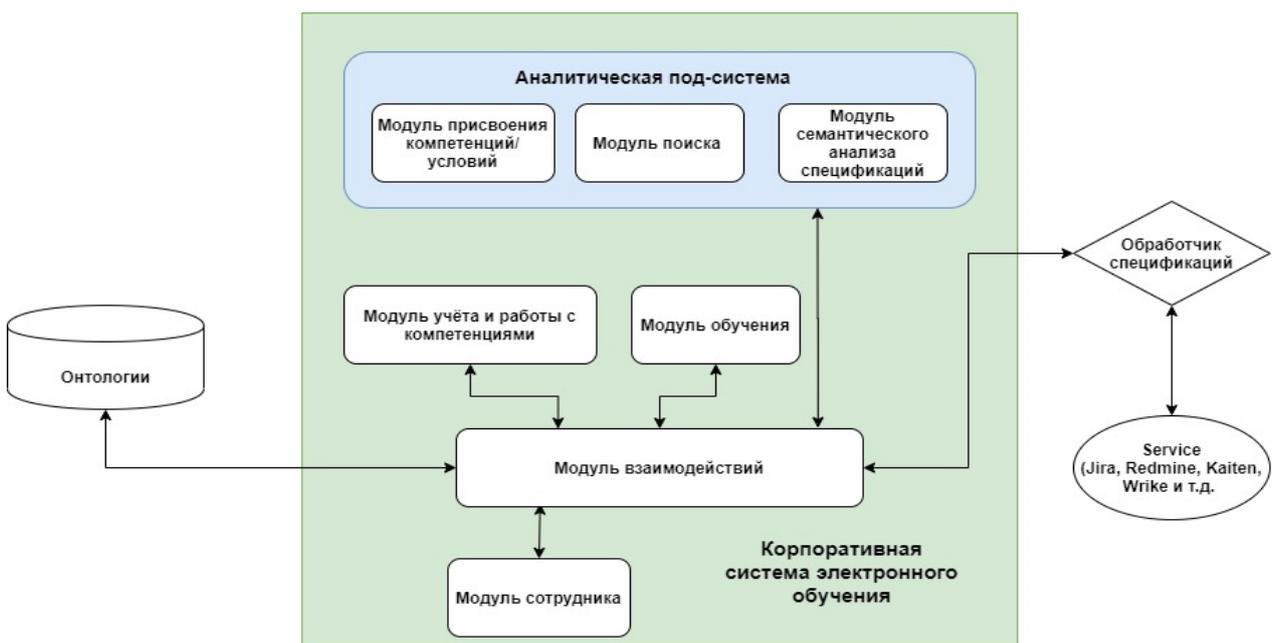


Рис. 3 – Архитектура системы управления компетенциями на основе метода поиска наилучшего исполнителя

Для проверки присвоения компетенций и назначения сотрудников в рамках метода было произведено сравнение полученных результатов с экспертной оценкой. Оценка результатов осуществлялась путём коллективной работы экспертной группы, которые определили подходящие компетенции по результатам совещания, а затем с помощью сбора и обработки индивидуального мнения экспертов были определены доверительные интервалы для весов компетенций с помощью метода парных сравнений. Для построения доверительного интервала был выбран доверительный уровень 95%. В экспериментальных исследованиях участвовали отделы по работе с клиентами и отдел разработчиков.

Процент совпадений автоматического выбора компетенций с экспертным при соотношении больше 80% говорит о том, что как минимум 8 компетенций из 10 участвуют в назначении необходимого исполнителя. Соответственно точность назначения составляет более 80%. При этом для подобного исхода компетенция, которая не вошла в набор совпадений должна кардинально отличаться по своей структуре от остальных, так как в качестве присвоенных добавляются все компетенции предыдущего уровня. Низкие показатели «Попадание NHigh», «Попадание NDev» и «Попадание NLow» отражают трудности в распределении сотрудников по уровням альтернативного исполнителя и исполнителя средней подготовки. Однако высокая позитивная оценка экспертами автоматического распределения сотрудников по уровням подготовки (среднее значение по двум организациям 83%) отражает такой же процент соответствия обучаемости сотрудников.

Таблица 2 – Показатели экспертного анализа определения рейтингов и эксперта среди сотрудников по выполнению рабочих задач

Показатель	Расчёт, * 100%	Среднее значение
Выбор эксперта	$\frac{\text{Совпадение}}{\text{Общий выбор автомат}}$	86,6%
Попадание <i>NHigh</i>	$\frac{\text{Совпадение } NHigh}{NHigh \text{ эксперт}}$	56%
Совпадение <i>High</i>	$\frac{\text{Совпадение } High \text{ автомат}}{\text{Общее } High \text{ эксперт}}$	92,5%
Позитив <i>High</i>	$\frac{\text{Позитив } High \text{ автомат}}{\text{Общее } High \text{ автомат}}$	95,3%
Попадание <i>NDev</i>	$\frac{\text{Совпадение } NDev}{NDev \text{ эксперт}}$	28,7%
Совпадение <i>Dev</i>	$\frac{\text{Совпадение } Dev \text{ автомат}}{\text{Общее } Dev \text{ эксперт}}$	86,2 %
Позитив <i>Dev</i>	$\frac{\text{Позитив } Dev \text{ автомат}}{\text{Общее } Dev \text{ автомат}}$	79,7 %
Попадание <i>NLow</i>	$\frac{\text{Совпадение } NLow}{NLow \text{ эксперт}}$	62,5%
Совпадение <i>Low</i>	$\frac{\text{Совпадение } Low \text{ автомат}}{\text{Общее } Low \text{ эксперт}}$	75,5%
Позитив <i>Low</i>	$\frac{\text{Позитив } Low \text{ автомат}}{\text{Общее } Low \text{ автомат}}$	75,5 %

На рисунке 5 представлены алгоритмы организации рекомендаций по обучению на основе системы поиска. Также в главе и приложении Г даются рекомендации по оформлению спецификаций для работы с ними и формирования новых компетенций.

В результате внедрения и проведенных экспериментов в ГК СКАУТ были улучшены показатели KPI на 25%. Время выполнения сложных задач уменьшилось на 7%. Время выполнения текущих задач уменьшилось на 12%. Позитивным автоматический выбор нашли 88% и 78% сотрудников в ГК СКАУТ и ООО «РосБалт» соответственно.

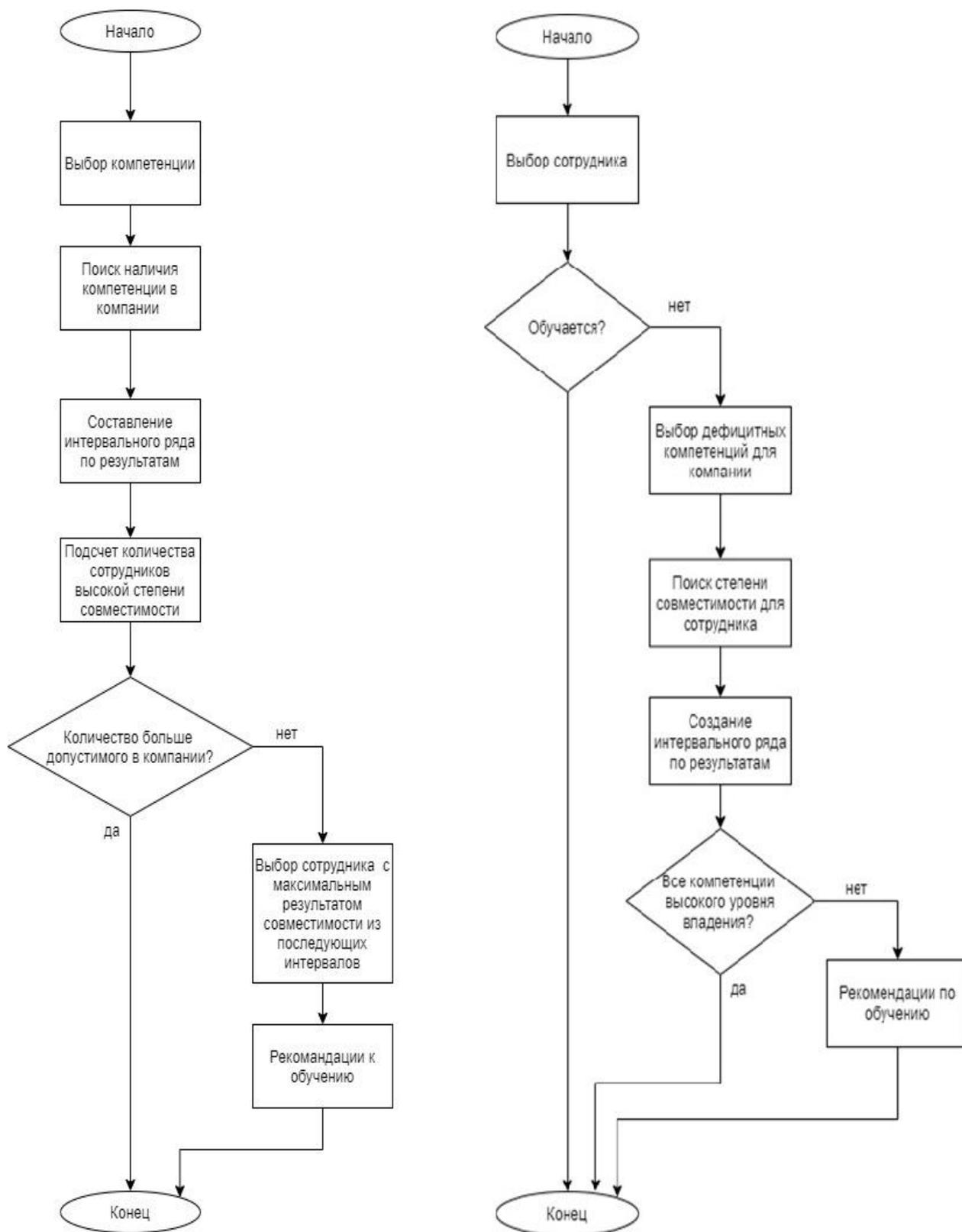


Рис. 5 – Алгоритмы организации рекомендаций по обучению на основе системы поиска

Подбор исполнителя с помощью метода полностью осуществлялся на протяжении третьего периода (зеленый цвет). Сравнение показателей эффективности рабочей деятельности с применением метода осуществлялось в сравнении с аналогичным периодом прошлого года и предыдущим месяцем нынешнего. Положения ключевых сотрудников за этот период не менялись, позиции стажеров изменились, поэтому сравнивались разные периоды,

чтобы учесть также влияние и внешних факторов. Основные показатели КРІ по которым происходило сравнение в компании ГК «СКАУТ» касались качества деятельности отдела разработки. А именно:

- Количество обнаруженных дефектов.
- Количество запросов в службу поддержки от клиентов.
- Покрытие кода автоматизированными тестами.

На рисунке 6 отображено графическое представление сравнения производительности команды за 3 периода.

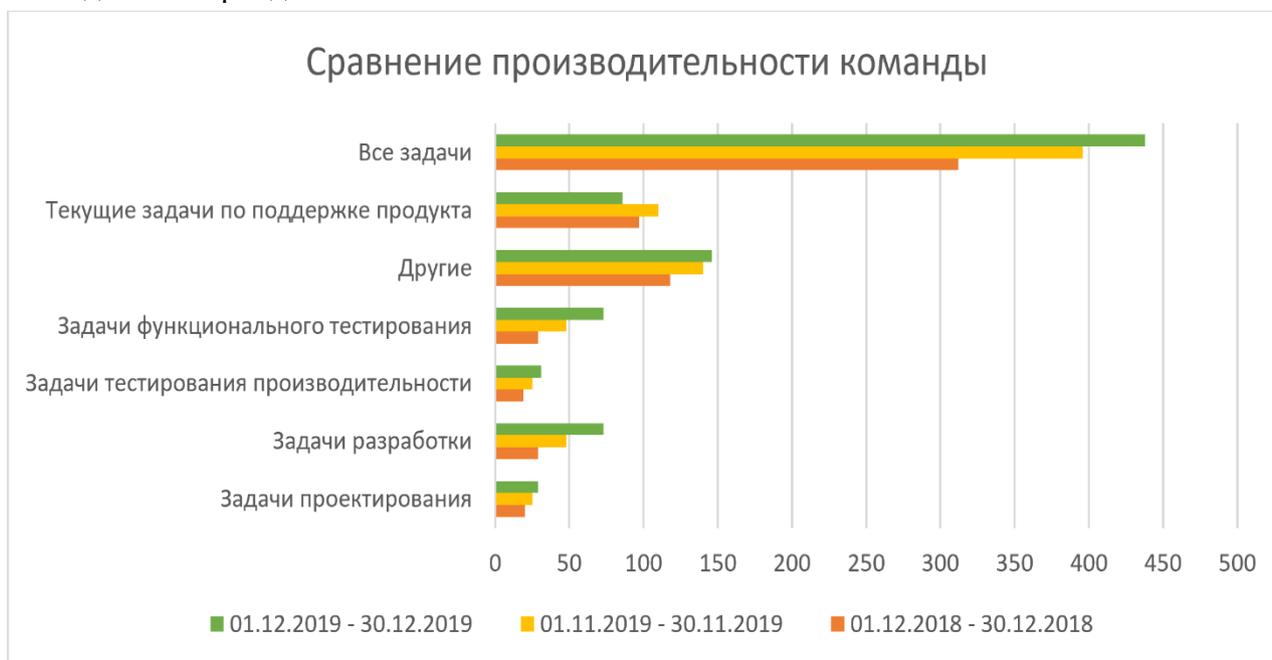


Рис. 61 – Диаграмма сравнения производительности команды за 3 периода в ГК СКАУТ

У команды появилась возможность распараллелить задачи между разработчиками в зависимости от компетенций. У сотрудников появилось время на развитие внутренних инструментов. Это отражено в уменьшении количества текущих задач по поддержке продукта и увеличении других задач, среднее значение за два периода составило 26,8 %.

Применение метода в ЗАО «Санкт-Петербургская Образцовая типография» позволило повысить производительность труда в среднем на 13,8%, процесс назначения сотрудников стал более эффективным за счёт уменьшения на 20% времени, затрачиваемого на обсуждение и выбор исполнителя. Более 27% сотрудников выразили желание обучаться после ознакомления с рейтингами, двое прошли недельный курс и перешли в ранг альтернативных исполнителей.

Заключение

В рамках проведенного диссертационного исследования были получены следующие результаты, обладающие научной и практической значимостью:

1. В процессе анализа научных исследований были выявлены особенности, недостатки и основные проблемы в сфере управления компетенциями, обучением сотрудников, подбора подходящего исполнителя.
2. Предложен новый подход к описанию структуры компетенции для использования в корпоративных электронных системах управления компетенциями и обучением.
3. Разработаны метод и алгоритм поиска подходящего исполнителя с формированием рейтингов на основе онтологического подхода и автоматизации процедуры экспертной оценки.

4. Разработаны алгоритмы учёта и присвоения компетенций на основе онтологического подхода и анализа спецификаций для обеспечения точного выбора наилучшего исполнителя служебного задания и управления обучением сотрудников.
5. Исследованы подходы и решения в области электронных инструментов мониторинга компетенций, на основе чего разработана онтологическая модель, архитектура системы и модуль корпоративной системы электронного обучения по учёту и работе с компетенциями.
6. Разработаны архитектура системы управления компетенциями и модуль корпоративной системы электронного обучения по учёту и работе с компетенциями
7. В результате экспериментального исследования использования анализа спецификаций и автоматического подбора нужных компетенций для назначения на задачи/проекты были получены высокие показатели (до 87%) соответствия автоматического выбора экспертному. В результате внедрения результатов диссертационного исследования улучшены показатели КРІ на 25%, включающие в себя уменьшение обнаруженных дефектов, уменьшение количества запросов в службу поддержки от клиентов. Время выполнения текущих задач уменьшилось на 12%, среднее увеличение производительности составило 27%, на 20% сократилось время подбора подходящего исполнителя. За счёт уменьшения времени на обсуждение назначений и уменьшение количества ошибок при назначении появилось время на развитие внутренних инструментов и улучшение организации рабочей деятельности. В среднем 83% сотрудников согласны с распределением рейтингов, более 27% выразили желание обучаться.

Разработанные метод и алгоритмы обладают новизной и отличаются уникальностью, они могут быть использованы для повышения эффективности в области управления, обучения и развития персонала. Рекомендациями по работе с методом являются:

- проработка детальной структуры спецификаций;
- развитие старых и создание новых компетенций;
- развитие идеи иерархической структуры компетенций;
- создание персонализированных моделей обучения на основе рейтинга.

Главными перспективами развития идей, представленных в работе, является создание моделей персонализированного обучения на основе выявленных рейтингов исполнителей и исследования в области взаимосвязи мотивации к обучению на основе рабочей деятельности.

Список публикаций по теме диссертации

В изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования Scopus и Web of Sciences:

1. Bakanova A., Shikov A.N. The method of the best performer selection based on a competency-based approach // SHS Web of Conferences. – 2020. – Vol. 89. – art. 03004. DOI: 10.1051/shsconf/20208903004 .
2. Bakanova A., Shikov A.N. The Method of Employee Competencies Management Based on the Ontological Approach // CEUR Workshop Proceedings. – 2019. – Vol. 2590. – P. 1–9.
3. The concept of personalized e-learning with the use of mobile applications based on ontologies / A. Bakanova, S.A. Okulov, A.V. Chunaev, K.V. Loginov, A.N. Shikov // Espacios. – 2018. –Vol. 39, No. 17. – P. 36-45.
4. Recommended system of personalized corporate e-learning based on ontologies / A. Bakanova, L.N. Nikitina, P.A. Shikov, Y.A. Shikov, A.N. Shikov // MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 193. – art. 05074.
5. The use of Ontologies in the Development of a Mobile E-Learning Application in the Process of Staff Adaptation / A. Bakanova, N.E. Letov, D. Kaibassova, K.S. Kuzmin, K.V. Loginov, A.N. Shikov // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). – 2019, Vol. 8, No. 2 (SI 10) – P. 780–789

В рецензируемых научных изданиях из Перечня ВАК РФ:

1. Баканова А., Шиков А.Н., Управление персоналом на основе учета компетенций в процессе решения служебных задач // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – Т. 18, № 3. – С.47–55.
2. Баканова А., Логинов К.В., Шиков А.Н. Применение геймификации при автоматизации процессов адаптации персонала инновационных компаний // Перспективы науки. – 2019. – № 6 (117). – С. 49–52.
3. Применение игровых механик в системах корпоративного обучения с использованием модели смешанного обучения / А. Баканова, А.Н. Шиков, К.В. Логинов, С.А. Окулов, Чунаев А.В. // Информатика и образование. – 2018. – № 5 (294). – С. 44–48.
4. Баканова А., Логинов К.В., Шиков А.Н. Проектирование системы управления корпоративными знаниями и компетенциями в инновационной компании // Региональные проблемы преобразования экономики. -2019. - № 6 - С. 25–34
5. Концепция персонализированного корпоративного электронного обучения и развития на основе компетенций и индивидуальных предпочтений сотрудников / А. Баканова, Л.Н. Никитина, А.Н. Шиков, К.В. Логинов, С.А. Окулов, А.В. Чунаев // Креативная экономика. – 2018. – Т. 12. – № 7. – С. 995–1004.
6. Концепция онтологической рекомендательной системы персонализации корпоративного обучения / А. Баканова, А.Н. Шиков, К.В. Логинов, С.А. Окулов, А.В. Чунаев // European Social Science Journal («Европейский журнал социальных наук»). – 2018. – № 5-1. – С. 118–127.
7. Мобильные технологии как инновации в системах корпоративного электронного обучения / А. Баканова, А.Н. Шиков, К.В. Логинов, С.А. Окулов, А.В. Чунаев // Экономика труда. – 2018. – Т. 5. – № 2. – С. 351–360.

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018618265
Корпоративная система электронного обучения и повышения квалификации персонала на основе мобильных технологий / А.Н. Шиков, А. Баканова, К.С. Кузьмин, Н.Е. Летов, А.В. Чунаев, К.В. Логинов, С.А. Окулов; заявка 2018615229; поступ. 23.05.2018; опублик. 10.07.2018; Бюл. 7. – 1 с.

В прочих изданиях:

1. Баканова А., Шиков А.Н. Онтологический подход в управлении электронным обучением // Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции: «Новшества в области технических наук» (Тюмень, 25 декабря 2016г.) -2016. – № 1. – С. 11–13.
2. Баканова А., Шиков А.Н. Применение онтологического инжиниринга в системах управления электронным обучением // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 4. – № 4. – С. 102–107.
3. Баканова А., Шиков А.Н. Применение онтологического инжиниринга в системах корпоративного электронного обучения // Молодой исследователь: вызовы и перспективы [заочные конференции]. – 2018. – № 2(55). – С. 193–197.

4. Баканова А., Шиков А.Н. Применение онтологического инжиниринга в системах корпоративного электронного обучения // Прорывные научные исследования как двигатель науки: сборник трудов международной научно-практической конференции – 2018. – Т. 1. – С. 71–73.
5. Баканова А., Шиков А.Н. Подход к преобразованию неявных знаний в компетенцию сотрудника на основе онтологического инжиниринга // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – 2019 – режим доступа: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/1003>
6. The concept of personalized e-learning with the use of mobile applications based on ontologies / A.P. Bakanova, A.V. Chunaev, A.N. Shikov, K.V. Loginov, S.A. Okulov // Ponte. – 2018. – Vol. 74, No. 1|SI. – P. 61–70.

*Тиражирование и брошюровка выполнены
в ООО «Университетские телекоммуникации»
197101, Санкт-Петербург, Саблинская ул., 14. Тел. (812) 233-46-69
Объем 1,2 у.п.л. Тираж 100 экз.*