

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр
Российской академии наук»
(СПб ФИЦ РАН)



На правах рукописи

Петров Михаил Владимирович

**Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в
корпоративных экспертных сетях**

Специальность 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка
информации

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
д.т.н, профессор
Смирнов Александр Викторович

Санкт-Петербург – 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Управление командами и проектами	12
1.1 Аналитический обзор подходов в области управления командами	13
1.2 Аналитический обзор подходов в области управления проектами.....	18
1.3 Аналитический обзор подходов в области управления компетенциями	21
1.4 Сценарии использования экспертных сетей	24
1.5 Управленческие решения в корпоративных экспертных сетях	26
1.6 Выводы по главе.....	29
2 Поддержка принятия решений при управлении командами проектов	30
2.1 Принципы построения систем интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений	30
2.2 Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений в корпоративных экспертных сетях	33
2.3 Формальная постановка задачи интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экспертных сетях	38
2.4 Онтолого-ориентированное управление проектными командами в экспертных сетях.....	41
2.5 Выводы по главе.....	47
3 Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.....	49
3.1 Алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов	49
3.2 Алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций	54
3.3 Алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов.....	57
3.4 Алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов.....	62
3.5 Выводы по главе.....	65

4 Реализация и оценка эффективности	68
4.1 Реализация метода в экспертной сети.....	68
4.2 Оценка эффективности алгоритма формирования вариантов команд экспертов.....	78
4.2.1 Методология оценки.....	79
4.2.2 Результаты оценки	80
4.3 Оценка эффективности алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов	82
4.3.1 Получение данных	83
4.3.2 Проведение эксперимента.....	85
4.3.3 Анализ результатов.....	86
4.4 Оценка эффективности полного цикла выполнения проекта	93
4.5 Выводы по главе.....	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	103
Приложение 1. Список публикаций соискателя по теме диссертации.....	119
Приложение 2. Копии актов о внедрении.....	121

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время компетенции имеют основополагающее значение в управлении знаниями и способностями агентов во многих областях применения. В управлении ресурсами компетенции могут быть критерием выбора исполнителей для конкретных задач [1–3]. Выбор, основанный на компетентности, позволяет выбрать исполнителя, наиболее близкого к требованиям, и повышать уровень производительности внутри компании [1].

Знания являются ключевым аспектом экономического роста. Поскольку инновационные компании в основном основаны на знаниях, управление этими знаниями является ключом к конкурентному преимуществу [4, 5].

Особую ценность для компаний представляет собой интеллектуальный капитал, которым владеют сотрудники. Это делает процесс управления человеческими ресурсами одним из ключевых для предприятия любого рода, так как, управляя человеческими ресурсами, организация управляет самым значимым ресурсом на сегодняшний день — знаниями [6, 7]. Частным случаем управления человеческими ресурсами является управление деятельностью экспертов в экспертной сети [8]. Такие сети, в отличие от информационных систем, ориентированы на эффективное использование информации о внутренних экспертах и их компетенциях.

Эффективное управление человеческими ресурсами предотвращает чрезмерные издержки, улучшает качество продуктов и услуг и способствует лучшему планированию рабочей силы. Между тем, использование экспертных сетей помогает отраслям в принятии стратегических решений, выявлении неиспользуемых компетенций, прогнозировании будущих ожидаемых компетенций [9]. Применение экспертных сетей направлено на улучшение бизнес-процессов компании на основе ноу-хау и инновационных технологических решений.

В условиях быстрых изменений по большей части эксперты оказываются компетентными лишь по отдельным вопросам т.к. не успевают отследить и

воспринять процесс движения всей системы. Это затрудняет анализ взаимосвязей между различными областями знаний [10, 11].

В условиях большого количества информации сложно поддерживать её достоверность и извлекать из неё знания, что определяет **важность и значимость** решаемой научной задачи. Поэтому актуальной задачей является повышение эффективности управленческих решений в корпоративных экспертных сетях на основе автоматизации процессов, связанных с извлечением, структурированием и использованием информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах. Метод, обеспечивающий информационную поддержку таких процессов, может применяться для решения данной задачи за счёт обработки и предоставления пользователю только самой необходимой информации и возможных вариантов решений.

Степень разработанности темы. Аналитический обзор подходов в области управления командами, компетенциями экспертов, инновациями и проектами показал, что данные области достаточно хорошо изучены. Управление проектными командами изучали Доманевская Д.В., Капустинский Д.А., Чернега Е.Н., Осичка Е.В., Брумштейн Ю.М., Дюдиков И.А., Орловский Н.М., Мельник П.Б., Лианг С., Закери А., Тинелли Е., Чанг Л. и др. Управление компетенциями изучали Миранда С., Чигрина А.А., Барао А., Волков О.С., Гунина И.А., Бохлоули М., Багратиони К.А., Поляченко С.С., Брюханов М.В., да Силва Ф., Лопес С., Альбертсон Т., Алтунин А.В. и др. Управление и извлечение инноваций изучали Устинова Н.Г., Аникин А.В., Моисеева Т.В., Дрогобыцкий А.И., Коваленко А.А., Табарданова Т.Б., Фирсова С.М. и др.

Тем не менее, эти области рассматриваются отдельно и метод, включающий в себя комплексное управление командами, инновациями, проектами и компетенциями экспертов, не описан в рассмотренных работах.

Целью диссертационного исследования является повышение эффективности управленческих решений в корпоративных экспертных сетях на основе автоматизации процессов, связанных с извлечением, структурированием и использованием информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах.

Цель работы достигается совокупным решением следующих **задач**.

1. Выявить особенности, которые необходимо учитывать при разработке метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.
2. Разработать концептуальную и математическую модели интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.
3. Разработать алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов.
4. Разработать алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций.
5. Разработать алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов.
6. Разработать алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов.
7. Разработать метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.
8. Разработать программный комплекс, реализующий метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративной экспертной сети.
9. Провести экспериментальные исследования разработанных метода и алгоритмов, подтверждающие повышение эффективности принятия управленческих решений.

Объектом исследования работы являются процессы принятия управленческих решений в экспертных сетях.

Предметом исследования работы являются модели, алгоритмы и метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экспертных сетях.

Научная новизна диссертационной работы определяется тем, что:

1. Разработан метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, который заключается в извлечении, обработке и

предоставлении эксперту-менеджеру информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах, основан на совокупности новых алгоритмов, направленных на автоматизацию процессов, использующих эти информацию и знания, и отличается от рассмотренных схожих методов комплексным подходом к управлению знаниями на различных этапах реализации проектов;

2. Создан алгоритм идентификации потенциальных инноваций, который отличается от рассмотренных подходов автоматизированным выявлением инновационных терминов на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов;

3. Создан алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований к экспертам с онтологией компетенций, который отличается от рассмотренных подходов использованием технологии веб-сканера для идентификации требований к профессиональным компетенциям исполнителей проектов;

4. Создан алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов, который отличается от рассмотренных подходов применением различных критериев оптимизации состава команд экспертов в зависимости от стратегических целей компании;

5. Создан алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов, который отличается от рассмотренных подходов использованием формализованных факторов успешности и результатов проектов и степени вовлечения экспертов в совместное выполнение проектов.

Теоретическая значимость работы состоит в разработке новых моделей, алгоритмов и метода принятия решения в области управления объектами и процессами в экспертных сетях с целью повышения эффективности их использования.

Практическая значимость работы определяется повышением оперативности и обоснованности управленческих решений за счёт реализации метода в виде программного комплекса, включающего в себя:

- программный модуль для выявления потенциальных инноваций;
- программный модуль для отображения потенциальных инноваций и поддержки голосования за их внедрения;
- программный модуль для заполнения профиля проекта;
- программный модуль для формирования групп экспертов для совместного выполнения проектов;
- программный модуль для анализа результатов совместного выполнения проектов и актуализации компетенций участников.

Методология и методы исследования. При выполнении диссертационного исследования использованы методы системного анализа и синтеза, интеллектуальной обработки данных, методы математического моделирования для построения формализованных моделей исследуемых объектов и протекающих в них информационных процессов.

Решение научных задач и обобщение полученных научных результатов определило следующие **положения, выносимые на защиту**:

1. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений;
2. Алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов;
3. Алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций
4. Алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов;
5. Алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов.

Соответствие диссертации научной специальности. Представленные результаты соответствуют специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

Высокая степень достоверности научных положений обеспечивается корректным использованием математических методов, обоснованием постановки задач, экспериментальными исследованиями, покрывающими разработанные методы.

Апробация результатов исследования. Основные результаты исследования были представлены на следующих международных конференциях:

- DTGS: International Conference on Digital Transformation and Global Society, St.Petersburg, Russia, 30 May – 2 June 2018;
- The 23rd Conference of Open Innovations Association FRUCT, Bologna, Italia, 13-16 November 2018;
- The 13th International Symposium “Intelligent Systems 2018”, Saint Petersburg, 22-24 October 2018;
- The 25th Conference of Open Innovations Association FRUCT, Helsinki, Finland, 5-8 November 2019;
- The 26th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), Yaroslavl, Russia, 23-24 April 2020;
- The 23rd International Conference on Enterprise Information Systems, Prague, Czech Republic, 26-28 Apr 2021;
- The 29th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), Tampere, Finland, 12-14 May 2021.

Внедрение результатов работы. Результаты диссертационной работы были использованы:

- при выполнении грантов РФФИ:
 - № 19-37-90094 “Метод автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе выполнения проектов в экспертной сети”;
 - № 18-37-00377 “Разработка метода формирования группы исполнителей для решения задачи на основе их онтолого-ориентированного взаимодействия в рамках системы управления компетенциями технопарка”;

- № 16-29-12866 "Теоретические и технологические основы контекстно-ориентированного коллективного взаимодействия участников научно-технологических экспертных сетей при формировании инноваций";
- при выполнении грантов РФФ:
 - № 16-11-10253 «Методы и модели интеллектуальной поддержки принятия решений на основе человеко-машинных облачных вычислений»;
 - № 19-11-00126 «Модели и методы поддержки принятия решений на основе человеко-машинного коллективного интеллекта»
- в международном проекте с компанией FESTO;
- в учебном процессе факультета информационных технологий и программирования Университета ИТМО при подготовке бакалавров по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» при проведении лекционных и практических занятий по дисциплине «Интеллектуальные системы и технологии»

Публикации по теме диссертации. По результатам, представленным в диссертации, опубликовано 11 статей в рецензируемых научных изданиях, в том числе 4 статьи в рецензируемых изданиях из «Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» и 7 работ, включённых в систему цитирования Scopus. Получено 1 свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ «Система управления компетенциями участников экспертной сети» № 2019613215 от 12.03.2019.

Личный вклад соискателя. Результаты по положениям, выносимым на защиту в диссертационной работе получены автором самостоятельно, в частности разработаны алгоритмы формирования вариантов команд экспертов и автоматизированной актуализации компетенций экспертов. Лично автором разработаны концептуальная модель и формальная постановка задачи интеллектуальной поддержки принятия решений в корпоративных экспертных сетях. Разработка алгоритмов идентификации потенциальных инноваций и

заполнения профиля проекта осуществлена совместно с научным руководителем, причем вклад соискателя в совместных публикациях был значительным.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы (142 источника). Содержит 123 страницы текста, включая 7 таблиц и 35 рисунков.

Первая глава включает в себя аналитический обзор подходов, используемых в области принятия управленческих решений, связанных с информацией об экспертах и проектах. Проанализированы схожие подходы для выявления требований и принципов интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Описаны решения, принимаемые в экспертных сетях.

Во второй главе предложена формальная постановка задачи интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экспертных сетях. Описаны концепты, относящиеся к экспертным сетям, управлению компетенциями и поддержке генерации инноваций. Описана модель жизненного цикла проекта, представлен метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.

Третья глава включает описание разработанного метода. Описаны разработанные алгоритм идентификации потенциальных инноваций, алгоритм заполнения профиля проекта, алгоритм формирования вариантов команд экспертов для совместного выполнения проектов и алгоритм актуализации компетенций экспертов. Приведены математические модели, используемые в разработанных алгоритмах.

Четвёртая глава описывает реализацию разработанного метода и алгоритмов и экспериментальные исследования их работы. Показано применение метода в экспертной сети. Оценена эффективность формирования вариантов команд проектов с точки зрения скорости работы, а также эффективность актуализации компетенций экспертов с точки зрения соответствия получаемых результатов ожидаемым.

1 Управление командами и проектами

Для управления командами и проектами используются различные подходы, каждый из которых обладает своей спецификой и областью применения. Так как это сложный процесс, включающий различные подпроцессы, такие как формирование проектной команды или процесс управления компетенциями экспертов, то зачастую для него применяется сразу несколько подходов и систем. Среди них можно отдельно выделить экспертные сети, которые содержат различные функции и методы, полезные при управлении командами и проектами.

Для разработки метода и алгоритмов, используемых для управления командами и проектами, были проанализированы существующие методы и подходы в этой области для выявления требований к таким методам и их специфике. Эти методы и подходы можно разделить на те, которые используются при управлении командами, при управлении проектами и при управлении компетенциями. Подходы, относящиеся к каждой из этих групп, обладают общими функциями и характеристиками, которые были учтены при разработке метода и алгоритмов для управления командами и проектами в компаниях.

В рамках данной работы используются следующие понятия.

«Знания» – это результат усвоения информации в процессе обучения; набор фактов, принципов, теорий в определённой области. Они могут быть фактическими и/или теоретическими.

«Навыки» – это способность применять знания и использовать методики для решения задач.

«Компетенции компании» – это те навыки, которые есть или могут быть среди сотрудников компании и являются важными для выполнения ими своих должностных обязанностей. Набор компетенций компании определяют менеджеры компании.

«Эксперт» – это сотрудник компании, обладающий специальными знаниями, навыками, опытом работы в определенной отрасли экономики или науки, получивший специальность по образованию или в практической деятельности.

«Компетенции эксперта» – это те навыки, относящиеся к компетенциям компании, которыми владеет определённый эксперт на определённом уровне. Компетенции эксперта определяет сам эксперт и подтверждает HR-менеджер.

«Проектная команда», или «команда проекта», или «группа исполнителей» – это один или несколько экспертов, назначенных на проект для его выполнения. Каждый исполнитель выполняет определённые задачи в рамках проекта в зависимости от своих компетенций и требований проекта.

1.1 Аналитический обзор подходов в области управления командами

Управление проектной командой является одним из важнейших этапов управления проектом. Проектная команда формируется из экспертов, объединённых общей целью по реализации проекта и решению поставленных и вновь возникающих задач на каждом из этапов его жизненного цикла [12]. Помимо компетенций участников проектной команды [13] важную роль для успеха проекта играет также психологическая совместимость участников [14], а также возможность передача опыта от более компетентных экспертов менее компетентным [15]. При этом на каждый новый проект набирают новую команду, что способствует большему успеху проектов [16]. При планировании выполнения проектов могут использоваться различные тактики, направленные на выполнение определённых стратегических целей, таких как сокращение используемых ресурсов или повышение производительности ресурсов [17]. Таким образом, для успешного выполнения проектов необходимо учитывать множество факторов и критериев при управлении проектными командами.

Многие исследования направлены на формализацию задачи управления проектными командами [9, 18–26]. Формальное описание объектов управления (эксперты, проект, компетенции, требования и т.д.) в виде математической модели позволяет применять для решения задачи поиска известные алгоритмы, а также упрощает разработку и применение новых алгоритмов. Тем не менее, зачастую при формализации некоторые важные аспекты упрощаются или даже теряются, что

может негативно сказаться на получаемых результатах. Особенно это заметно при формализации коммуникативных навыков экспертов и их психологической совместимости.

Некоторые подходы к управлению проектными командами включают в себя методы управления знаниями [27–30]. Такие методы используют семантическое описание объектов управления, что позволяет выводить правила и закономерности, на основании которых выполняется поиск. Однако, такие подходы сложны в разработке и внедрении в производственные процессы и обычно имеют узкую область применения.

Были проанализированы подходы [9, 18–20, 27–36] для выявления требований к формированию проектных команд на основе компетенций экспертов и требований проектов к компетенциям исполнителей. Результаты анализа представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Используемые критерии выбора при управлении командами

Критерии выбора ресурсов	[9]	[18]	[19]	[20]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]
Ограничивающие критерии														
Соответствие объёма работ ресурсам				✓	✓				✓					✓
Ограничение группы		✓					✓		✓				✓	
Совместимость ресурсов			✓			✓			✓			✓	✓	✓
Соблюдение сроков реализации		✓												
Доступность ресурсов		✓	✓	✓	✓		✓					✓		
Значимость компетенций для задачи						✓		✓						
Предварительная фильтрация ресурсов	✓	✓			✓		✓	✓						

Таблица 1 — Используемые критерии выбора при управлении командами

Критерии выбора ресурсов	[9]	[18]	[19]	[20]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]
Разделение требуемых и желательных для задачи компетенций			✓				✓				✓			
Оптимизирующие критерии														
Максимизация групповой компетенции	✓	✓				✓	✓		✓					✓
Максимизация эффективности ресурсов (качество / стоимость)		✓	✓											✓
Минимизация стоимости ресурсов					✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	
Эффективность ограничения ресурсов			✓	✓						✓	✓			

Таблица 2 — Выявленные требования к интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений

Критерии выбора ресурсов	[9]	[18]	[19]	[20]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]
Использование бинарной матрицы			✓						✓			✓		
Итеративное нахождение решения	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓		✓	✓
Нахождение нескольких решений	✓	✓			✓	✓	✓							

Таблица 2 — Выявленные требования к интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений

Критерии выбора ресурсов	[9]	[18]	[19]	[20]	[27]	[28]	[29]	[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]
Использование графов для представления ограничений				✓								✓	✓	✓
Поиск решения в разумное вычислительное время	✓			✓								✓	✓	✓
Учёт вероятности изменения ресурса					✓									
Использование дискретных уровней компетенций	✓				✓		✓	✓		✓				
Использование различных типов компетенций	✓						✓	✓			✓		✓	✓
Построение многоуровневой структуры компетенций											✓			
Использование нечеткой логики		✓				✓				✓		✓		
Основан на онтологии							✓							

Анализ рассмотренных подходов и особенностей, распространённых в них, позволил выявить требования к интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений. При управлении командами широко распространён

подход, заключающийся в формализации задачи управления проектными группами и применении известных алгоритмов, в частности, решений задачи о назначениях. Использование дискретных уровней владения компетенциями позволяет описывать не только основные компетенции экспертов, которыми они владеют лучше всего, но и второстепенные. Аналогичный подход возможно применить и к требованиям к компетенциям исполнителей при описании проекта для указания более и менее значимых компетенций. Для хранения результатов формирования проектных команд следует использовать бинарную матрицу, в которой на пересечении эксперта и проектной команды указывается значение, определяющее его участие в данной команде. Это позволяет эффективно обрабатывать результаты для удобного их предоставления. Использование онтологии, хотя и не является распространённой особенностью в данной области, позволит обеспечить хранение и логический вывод знаний. Благодаря механизму итеративного нахождения решения возможно постоянно улучшать найденные результаты, приближаясь к наиболее подходящему варианту. Кроме того, если менеджеру проекта предоставлять несколько вариантов команд, а не только последний, то вероятность выбора наиболее подходящей команды увеличивается, поэтому следует выводить альтернативные результаты.

Таким образом, на основе анализа подходов, используемых в области управления командами и управления проектами, были выявлены требования к интеллектуальной поддержке принятия управленческих решений:

- Использование дискретных уровней компетенций;
- Использование бинарной матрицы для представления найденных вариантов групп экспертов;
- Последовательное улучшение найденных решений;
- Представление альтернативных результатов, удовлетворяющих требованиям к исполнителям.
- Сформированная группа исполнителей должна:
 - быть способна выполнить поставленную задачу в заданный срок наиболее эффективно и качественно;

- состоять из доступных экспертов, то есть зарегистрированных пользователей, свободных на момент формирования группы;
- не превышать доступный бюджет, то есть суммарная оплата работ исполнителей не должна превышать заданное значение;
- быть составлена с учётом совместимости экспертов.

На основе анализа подходов [21, 37–39], используемых в области управления командами и управления проектами, для оценки выполнения цели работы были выявлены количественные и качественные критерии эффективности принятия управленческих решений. Количественные критерии включают в себя уменьшение времени, затрачиваемого на полный цикл выполнения проекта и окупаемость применения метода. Качественные критерии включают в себя учёт стратегических целей компании при формировании проектных команд и поддержку актуальности указанных уровней владения компетенциями экспертов.

Показатели, соответствующие данным критериям, посчитаны для процесса формирования проектных команд, выполняемого вручную и с помощью разработанного метода. Эти результаты сопоставлены для оценки изменения эффективности формирования команд проектов компании.

1.2 Аналитический обзор подходов в области управления проектами

Управление проектами должно включать в себя определение приоритетов организации на основании стратегических целей, распределение ресурсов на основании их профессиональных навыков и квалификаций, поддержку и управление процессами в ходе выполнения проектов [40]. Для увеличения эффективности этого процесса необходимо уменьшение затрат и сроков реализации проектов и повышение качества выполнения [41]. Проектный менеджмент сопровождает все этапы проекта, обеспечивает использование научной методологии и способствует уникальности полученного результата [42]. Жизненный цикл проекта отражает развитие проекта от идеи до получения новых, в том числе инновационных результатов [43].

Если раньше исследования инноваций фокусировались на разработке новых продуктов и новых технологий, то сейчас считается, что инновации могут иметь несколько форм, в том числе управленческие инновации, которые непосредственно связаны с областью планирования разработки проектов [44]. Успешное управление инновационной деятельностью способствует является сильным конкурентным преимуществом для организации и может выгодно выделить её на фоне аналогичных [45]. Инновации в процессах считаются самым важным фактором снижения затрат, повышения качества, повышения производительности, повышения конкурентоспособности и достижения экономического успеха [46]. Для их реализации создаются проекты, целью которых является изменение существующих принципов с целью получения сверхприбылей в долгосрочной перспективе [47, 48]. Такой проект представляет собой нахождение и внедрение инновации в процессы компании. Инновация подразумевает некое нововведение, влияющее на бизнес-процессы [22, 38, 49]. Инновациям сопутствует генерация новых знаний в процессе взаимодействия экспертов, поддерживаемого компанией [50].

Управление проектом включает в себя управление командой проекта и контроль его осуществления [51]. Управление проектной командой включает в себя согласование деятельности, выполняемой ею, с целью эффективного достижения целей. Это подразумевает как разумное использование ресурсов (включая человеческий капитал) и отсутствие ненужных потерь, так и получение запланированного результата [52]. Широко распространена методология Agile, включающая в себя ряд методов, основная цель которых – борьба с возникающими проблемами за счёт своей быстроты и гибкости [53–57]. Для управления проектом назначается менеджер, который обеспечивает проект необходимыми человеческими ресурсами [58].

Для инициации проекта необходима инновация, внедрение которой этот проект будет включать. Такая инновация может быть найдена как во внешних источниках, описывающих актуальные мировые тренды в интересующих областях [59], так и во внутренних источниках: дочерних филиалах компании [60, 61] или

внутри самой компании [46, 62]. Также источником инноваций могут послужить научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы [63, 64]. Таким образом, для формирования проекта необходим экспертный анализ различных источников, где могут появляться описания новых инноваций. Задачей эксперта, проводящего такой анализ, является извлечение инноваций, на основе которых может быть сформирован проект, а также их особенностей. Эта информация учитывается менеджментом компании при принятии решения об инициации проектов.

В современном мире эффективное управление проектами способствует налаживанию деловых международных отношений [65]. В условиях постоянно меняющегося состояния финансовых рынков в мире необходимо оперативно следить за актуальными макроэкономическими тенденциями, уделяя особое внимание таким аспектам, как технологии и затраты [66]. Такие тенденции следует вовремя выявлять и анализировать, чтобы использовать их для развития [67, 68]. При этом существует необходимость обрабатывать достаточно большие объемы данных, для чего целесообразно автоматизировать процесс мониторинга инноваций [69, 70].

Так как новые решения и идеи появляются постоянно и, следовательно, потенциальных инноваций для внедрения становится много, возникает необходимость выбора тех из них, которые будут сформированы в проект. Этот выбор важен для компании, так как он определит её дальнейшее развитие [71]. Проект, выбранный для реализации, должен быть перспективным с точки зрения бизнеса, то есть покрыть расходы на его внедрение [72]. Возможным решением данной проблемы является краудсорсинг, то есть принятие решения на основе множества мнений людей, не принимающих управленческие решения [73]. За счёт разнообразия, независимости, децентрализации и агрегации мнений возможен оптимальный выбор инноваций.

Когда проект сформирован, на него назначается менеджер, который должен ознакомиться с инновацией и её особенностями и выявить требования к исполнителям проекта. Данные требования описывают компетенции компании,

которыми должны владеть эксперты, занимающиеся выполнением проекта, и требуемый уровень владения этими компетенциями. Эти требования используются при формировании проектной команды.

Команда проекта играет ключевую роль при его выполнении. Она должна быть подобрана правильно, то есть эксперты, входящие в неё, должны быть достаточно компетентны в вопросах, связанных с проектом [74–76]. Неправильно сформированная команда может негативно повлиять на результаты выполнения проекта, также как правильно сформированная команда может позитивно повлиять на них [77, 78]. Таким образом, после окончания проекта менеджер может сделать выводы о компетентности исполнителей. Учёт этих выводов в дальнейших проектах способствует неразрывной связи между всеми проектами организации, необходимой в современных условиях [79].

1.3 Аналитический обзор подходов в области управления компетенциями

Надёжность групповых проектов в организациях напрямую зависит от уровня доверия к сотрудникам и руководителям, то есть к человеческим ресурсам. Для обеспечения успешности проекта его исполнители должны быть компетентны [3]. При этом человеческие ресурсы являются одним из наиболее ценных активов любой организации, и они играют решающую роль в конкурентной борьбе.

Эффективное управление человеческими ресурсами позволяет достичь как целей проекта, так и потребностей сотрудников [80]. Более того, эффективное управление человеческими ресурсами предотвращает чрезмерные расходы, повышает качество продуктов и услуг и способствует лучшему планированию рабочей силы. Эффективное управление человеческими ресурсами требует точной оценки и представления имеющихся компетенций, а также эффективного сопоставления требуемых компетенций экспертов и конкретных рабочих мест и

должностей. Использование экспертных сетей предоставляет возможности для этого [9].

Управление человеческими ресурсами подразумевает определение уровней квалификации для решаемых задач. Это в свою очередь делает необходимым определение имеющейся квалификации экспертов, то есть их компетенций [81]. Моделирование компетенций человеческих ресурсов способствует повышению качества управления персоналом и обеспечивает его взаимосвязь со стратегическим управлением организацией, что делает необходимым не только внедрение компетентностного подхода, но и правильный выбор методов управления персоналом [82]. Современные подходы к управлению компетенциями подразумевают формирование эффективной сети экспертов [83].

Распространённой практикой является экспертная оценка компетенций экспертов при приёме на работу [84]. Компетенции человеческих ресурсов могут быть представлены в виде ресурса организации, который создается в результате появления индивидуальных знаний, навыков, способностей или других характеристик. Значение этого ресурса, как и любого другого, может меняться, что влияет на успешность организации [85]. Кроме того, организационные и внешние изменения также способствуют изменению компетенций сотрудников [86, 87]. Наконец, навыки экспертов могут развиваться или деградировать со временем, вне зависимости от других факторов [88].

Подходы к отслеживанию изменений компетенций распространены в основном в области образования [89–91]. Такие подходы подразумевают проведение специальных тестов и анализ результатов выполнения проверочных работ, которые студенты выполняют регулярно, поэтому они не могут быть применены в бизнесе. В зарубежной литературе описываются также подходы, подразумевающие постоянную оценку сотрудников организаций [92], однако они трудозатратны и могут быть субъективными, к тому же они отвлекают экспертов от рабочего процесса.

Компетенции участников проекта напрямую влияют на успешность его выполнения [2, 7, 10, 37, 38, 76, 93–95], поэтому важно следить, чтобы они

оставались актуальными. Нехватка компетенций имеет серьезные последствия для производительности, например, увеличение нагрузки для других [96]. При этом компетенции, относящиеся к разным типам (например, эмоциональные, интеллектуальные и управленческие), влияют на результат по-разному [38, 76, 93]. Отдельно выделяют ключевые компетенции, позволяющие получить дополнительное конкурентное преимущество [97, 98]. Это необходимо учитывать при управлении компетенциями после завершения проектов: чем больше степень влияния на проект конкретной компетенции какого-либо эксперта, тем сильнее она должна изменяться. Кроме того, важно правильно выбирать критерии успешности проектов [38, 94, 99], которые могут различаться для разных типов проектов [10, 77, 94].

Немалую роль в управлении компетенциями играет кооперация участников проекта при его выполнении и их совместные компетенции [3, 10, 76, 94], а также лидерские навыки руководителя проекта [10, 93, 100]. Чем больше исполнителей проекта владеют одной и той же компетенцией, тем меньше её влияние на проект. Помимо компетенций исполнителей проекта, на успех проекта влияют требования, на основе которых назначают исполнителей, поэтому важно корректно формировать требования проекта и назначать приоритеты для них [9, 101]. Таким образом, значение имеет не только влияние компетенций экспертов, но и влияние требований к этим компетенциям.

Управление компетенциями экспертов обычно подразумевает курсы и программы для развития навыков либо программы и системы, направленные на проверку текущего уровня владения компетенциями. Анализ работ показал, что взаимосвязь результатов выполнения проекта с компетенциями участников хорошо изучена. Однако, управление компетенциями экспертов на основе этой взаимосвязи не описано в научной литературе. В исследованных работах актуализация компетенций либо не производится, либо производится вручную, по субъективной оценке HR-менеджеров.

1.4 Сценарии использования экспертных сетей

При управлении экспертами, командами и проектами зачастую применяются экспертные сети. Они позволяют хранить и использовать информацию о сотрудниках и их умениях, а также о проектах и их требованиях и управлять ею. Такие сети подходят для внедрения методов для поддержки принятия управленческих решений, поэтому следует рассмотреть, как эти сети используются различными участниками этого процесса. На рисунке 1 представлены сценарии использования экспертных сетей, выявленные на основе анализа существующих систем [8, 39, 51, 95, 102–104].

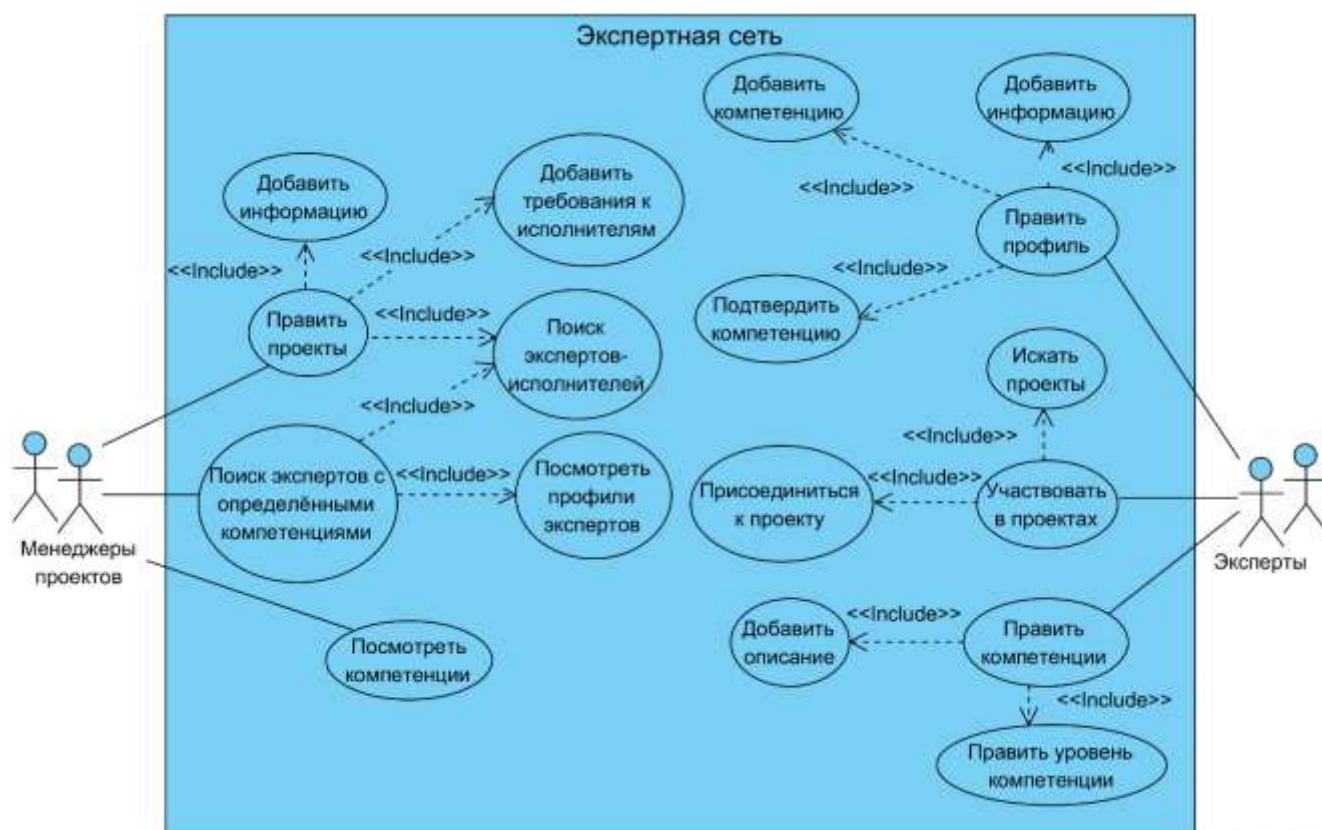


Рисунок 1 — Сценарии использования экспертных сетей

Основными типами пользователей экспертных сетей являются менеджеры проектов и эксперты, выполняющие проекты. Менеджеров проектов назначает руководство компании для управления проектами, которое включает в себя создание и формализацию проекта на основе проектного задания, подбор

проектной команды, контроль выполнения проекта, анализ результатов выполнения и отчётность по этим результатам. Именно на менеджерах проектов лежит ответственность за выполнение проектов, которые им назначили, поэтому важно дать им максимальную функциональность для поддержки принятия решений. Эта функциональность должна включать себя предоставление актуальной информации о проектах и экспертах, а также о контексте, связанном с ними [105]. Эксперты, назначенные менеджером на проект, выполняют конкретные задачи, отведённые им.

Менеджеры проектов заносят информацию о проектах в систему в профили проектов. Такой профиль содержит название и описание проекта, его сроки, а также информацию о профессиональных компетенциях, которыми должны обладать эксперты, которые будут выполнять данный проект. Требуемые компетенции выбираются из общего списка компетенций компаний. При заполнении профиля менеджер может просматривать имеющиеся компетенции компании и искать необходимые для добавления. Также в профиле содержится информация о факторах успешности проекта, по которым оцениваются результаты его выполнения.

При работе с системой менеджеры могут использовать поиск экспертов по компетенциям, чтобы найти экспертов, которые владеют необходимой компетенцией, и смотреть их профили. Кроме того, если профиль проекта заполнен, менеджеры могут искать экспертов для формирования такой проектной команды, члены которой будут обладать всеми необходимыми для выполнения проекта компетенциями. Найденные эксперты добавляются в профиль проекта в качестве экспертов-исполнителей.

Эксперты заполняют свои профили, указывая персональную информацию о себе и добавляя компетенции, которыми они владеют. Компетенции экспертов выбираются из общего списка компетенций компаний. Если эксперт владеет компетенцией, которой нет в списке, он может предложить новую компетенцию компании для добавления в список, заполнив её описание и возможные уровни владения. Если администратор системы или HR-менеджер подтвердит новую

компетенцию компании, она добавится в общий список. Эксперты также могут подтвердить владение той или иной компетенцией, приложив сертификат или указав опыт работы, использовавшей определённую компетенцию. Такие подтверждения будут учитываться при проверке или изменении указанных компетенций.

При работе с системой эксперты могут просматривать список проектов, чтобы предложить себя в качестве исполнителя для подходящих для них проектов. В таком случае, при формировании проектной команды менеджер проекта сможет подтвердить участие эксперта в выбранном им проекте.

1.5 Управленческие решения в корпоративных экспертных сетях

В таблице 3 представлены управленческие решения, связанные с поддержкой проектов на разных этапах их жизненных циклов. Для каждого решения описана его задача, критерии применимости доступных для выбора альтернатив, а также входные и выходные данные. Все эти решения, кроме выбора группы экспертов, могут быть автоматизированы за счёт применения метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.

Таблица 3 — Управленческие решения в корпоративных экспертных сетях

Управленческое решение	Задача	Критерии	Входные данные	Выходные данные
Идентификация потенциальных инноваций (инициализация проекта)	Поиск информации о актуальных технологиях	Актуальность терминов, связанных с инновациями	Тексты статей со специализированных источников	Потенциальные инновации
Формирование профилей проектов (инициализация проекта)	Поиск информации о требованиях для внедрения технологий	Востребованность компетенций для инновации	Потенциальные инновации	Требования к компетенциям экспертов
Формирование команд экспертов (планирование проекта)	Поиск вариантов команд экспертов-исполнителей	Минимизация стоимости работы; максимизация знаний команды	Требования к компетенциям экспертов, информация о	Варианты команд экспертов-исполнителей, отсортированные

	для внедрения технологии		компетенциях экспертов	в соответствии с критериями
Выбор команды экспертов (планирование проекта)	Назначение команды экспертов для внедрения технологии	Соответствие стратегическим целям компании	Варианты команд экспертов	Эксперты-исполнители проекта
Анализ результатов выполнения (завершение проекта)	Поддержка актуальности информации об экспертах компании	Важность компетенций экспертов-исполнителей для результата проекта	Эксперты (исполнители проекта), результаты выполнения	Изменения компетенций экспертов

Поддержка принятия решения представляет собой совокупность процедур, обеспечивающую лицо, принимающее решения, необходимой информацией и рекомендациями, облегчающими процесс принятия решения. Задачей экспертной сети в этом процессе является помощь экспертом при выборе и/или формировании нужной альтернативы среди множества выборов при принятии ответственных решений [106]. В связи с этим, интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений должна включать в себя получение, обработку и использование информации об объектах экспертной сети (профили экспертов, проектов, компетенции компании и т.д.) для формирования и ранжирования альтернатив, подходящих под требования решаемой задачи. Такая поддержка должна осуществляться на различных этапах жизненного цикла проекта, включающих такие управленческие решения.

Жизненный цикл проекта показан на рисунке 2. На нём сплошными стрелками обозначено следование этапов жизненных циклов и процессов друг за другом. Пунктирные стрелки показывают, какие информация и знания, хранящиеся в объектах экспертной сети или получаемые в ходе выполнения проекта, используются в других этапах, объектах и процессах.

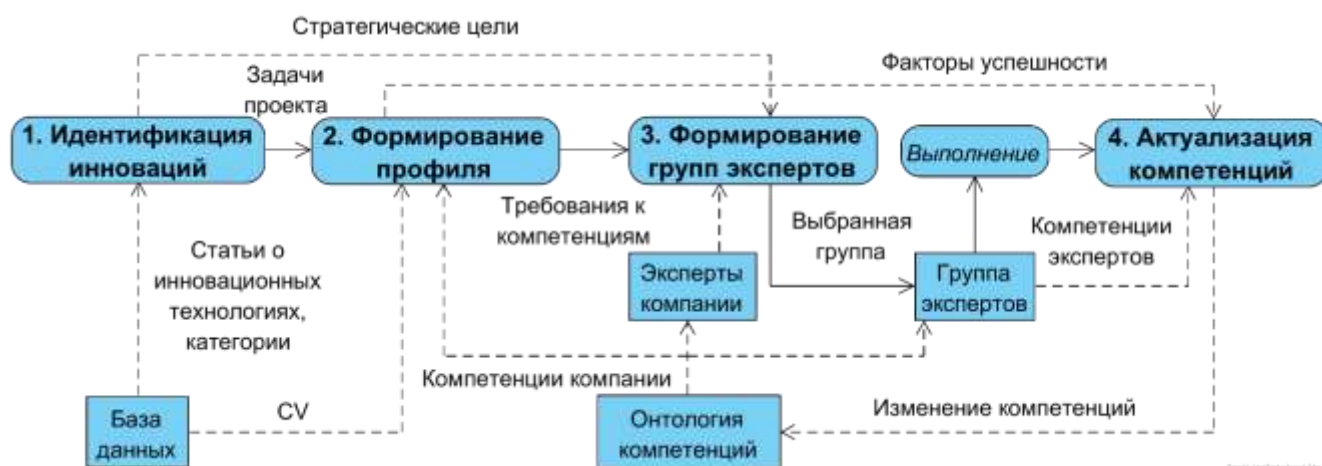


Рисунок 2 — Жизненный цикл проекта

При формировании задач проекта менеджер определяет цели и задачи проекта на основании информации из внешних источников, а также относит проект к какой-либо категории, имеющейся в базе данных компании. Интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений при формировании задач проекта заключается в идентификации ключевых терминов на сайтах и их категоризации на основании контекста, в котором они употребляются.

Интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений при определении требований к компетенциям экспертов на этапе заполнения профиля проекта подразумевает сопоставление компетенций компании и информации со специализированных сайтов, извлечённой на основе ключевых терминов. Наиболее подходящие требования предлагаются менеджеру для добавления в профиль проекта.

Интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений при формировании групп экспертов состоит в нахождении таких групп, в каждой из которых для любой компетенции присутствует эксперт, чей уровень владения данной компетенцией не ниже требуемого. При этом суммарная стоимость работы экспертов, входящих в группу, не должна превышать допустимый бюджет проекта.

После того, как выполнение проекта завершено, производится анализ результатов для увеличения соответствия информации, указанной в профилях экспертов, действительности. Интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений при анализе заключается в расчёте успешности проекта

и предлагаемых изменений компетенций его участников. При заполнении профиля проекта, определении компетенций экспертов компании, формировании групп экспертов и анализе результатов выполнения проектов необходимо учитывать правила и взаимосвязи, содержащиеся в онтологии компетенций.

1.6 Выводы по главе

Выполнен аналитический обзор подходов в области управления командами, управления проектами и управления компетенциями. Выявлены особенности, используемые в подходах, и требования к методам формирования проектных команд.

Аналитический обзор подходов в области управления командами, компетенциями экспертов, инновациями и проектами показал, что данные области достаточно хорошо изучены. Тем не менее, эти области рассматриваются отдельно и метод, включающий в себя комплексное управление командами, инновациями, проектами и компетенциями экспертов, не описан в рассмотренных работах.

Описан процесс управления проектами, включающий нахождение и выбор инноваций, формирование требований, управление командой и подведение результатов проекта. Разработанный метод применим на каждом этапе данного процесса.

Представлены сценарии использования экспертных сетей. Показаны основные действующие лица, использующие систему, и объекты, с которыми они взаимодействуют. Также описаны их способы взаимодействия и место экспертных сетей в процессах компании.

Приведены основные управленческие решения, связанные с поддержкой проектов. Описаны их входные и выходные данные, показывающие взаимосвязь соответствующих процессов и обосновывающие представленную последовательность действий. Также описаны критерии, по которым принимаются данные управленческие решения. Модель жизненных циклов проектов иллюстрирует взаимосвязь процессов на различных этапах выполнения.

2 Поддержка принятия решений при управлении командами проектов

На основе принципов, требований и особенностей, выявленных в первой главе, была разработана теоретическая основа метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Представленные в данной главе модели основаны на изученных подходах. При их разработке были использованы самые эффективные и распространённые методологии, описанные в научных работах.

Для разработки метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений был решён ряд задач. Представлено формальное описание всех используемых сущностей, а также результата работы метода. Такое описание позволяет в понятной и однозначной форме описывать разработанный метод и упрощает процесс его реализации. Для этих же целей используются концептуальные и информационные модели, описывающие взаимосвязь понятий и их содержание. Эти модели также описывают онтологию компетенций, используемой в разработанном методе, её применение и структуру.

2.1 Принципы построения систем интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений

В результате анализа научной литературы, посвящённой системам и методам интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, были выявлены основные принципы построения систем такого класса:

– Использование как методов системного анализа и математического моделирования, так и интеллектуального анализа внутренних и внешних данных для обработки информации, связанной с процессами компании. Методы системного анализа [18, 20] позволяют извлекать информацию и знания из разнородных источников данных, объединять и группировать их, а также выявлять

закономерности в них. Они включают в себя такие методы как статистический анализ данных и методы обработки текста. Методы математического моделирования [9, 19, 26] позволяют представлять информацию в формализованном виде и на основе этого предсказывать поведение и изменение объектов и процессов в системе. К таким методам относятся аналитическое и имитационное моделирование. Методы интеллектуального анализа [21, 23] позволяют выявлять скрытую семантику в разнородных информации и данных, объяснять причины и последствия процессов в системе, предсказывать различные варианты результатов принятия решений. Среди методов интеллектуального анализа распространены нейронные сети и машинное обучение. Использование совокупности разных методов необходимо для предоставления наиболее полной информации для увеличения эффективности принимаемых управленческих решений.

– Категоризация и фильтрация доступной информации для вывода пользователю возможных решений. Разделение информации на категории или группы [9, 18, 30] позволяет представить пользователю всю информацию, относящуюся к определённой области знаний, технологии или проекту, в одном месте, что способствует более полному ознакомлению с материалами и, следовательно, увеличению обоснованности принимаемого решения. Фильтрация нерелевантной информации [18, 27, 29] позволяет сконцентрировать внимание пользователя на нужных материалах и экономит его время на ознакомление с ними. Категоризация и фильтрация доступной информации необходимы для повышения качества и релевантности предоставляемой пользователю информации.

– Использование методов коллективного принятия решений для агрегации знаний экспертов. Методы коллективного принятия решений [73, 74] позволяют учитывать и извлекать знания, которыми обладают эксперты компании, без значительных денежных и трудовых затрат. К таким методам относятся различные виды голосования, в том числе краудсорс-голосование. Использование таких методов необходимо для учёта и децентрализации мнения экспертов для принятия

решений, наиболее подходящих в различных условиях, а также для снижения субъективности принимаемых решений.

– Учёт общих макроэкономических тенденций в стране и на финансовых рынках. Это позволяет оперативно реагировать на изменения экономической или политической ситуации в мире и сохранять при этом текущие процессы компании. Такой учёт [64, 66, 67] возможен за счёт гибкости и возможности тонкой настройки параметров, используемых в процессах. Учёт макроэкономических тенденций необходим для обеспечения устойчивости процессов компании в динамических условиях.

– Представление информации и знаний в наглядном и интерактивном виде. Наглядность предоставляемой информации [28, 30] позволяет пользователю оперативно ознакомиться с ней и, при необходимости, принять решение без глубокого ознакомления с материалами. Интерактивность предоставляемой информации [19, 31, 34] позволяет пользователю за минимальное количество действий ознакомиться с материалами и объектами, связанными с принимаемым решением. Представление информации и знаний в наглядном и интерактивном виде необходимо для повышения оперативности принимаемых управленческих решений с сохранением их обоснованности.

– Формализация используемых информации и данных и их преобразование в знания. Формализация информации [33, 72, 77] позволяет эффективно обрабатывать информацию, содержащуюся в системе, и отображать её в однозначном виде. Преобразование информации и данных в знания [19, 29, 32, 80] позволяет выявлять скрытые закономерности и шаблоны поведения. Формализация и преобразование в знания информации необходимо для максимизации эффективности использования доступной информации и получения неочевидных альтернатив.

– Учёт старых данных и информации при анализе текущих данных. Это позволяет выявлять изменения информации, содержащейся в системе, и её несоответствия с текущей ситуацией. Учёт исторической информации [49, 89–92]

необходим для обеспечения непрерывности динамики используемых информации и данных и поддержания их актуальности.

2.2 Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений в корпоративных экспертных сетях

На рисунке 3 показаны выявленные в результате анализа экспертных сетей процессы, входящие в интеллектуальную поддержку принятия решений, критерии, входные и выходные данные для них. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений обеспечивает поддержку выполнения этих процессов в соответствии с критериями и предоставляет указанные на рисунке информацию и знания эксперту-менеджеру, принимающему управленческие решения.

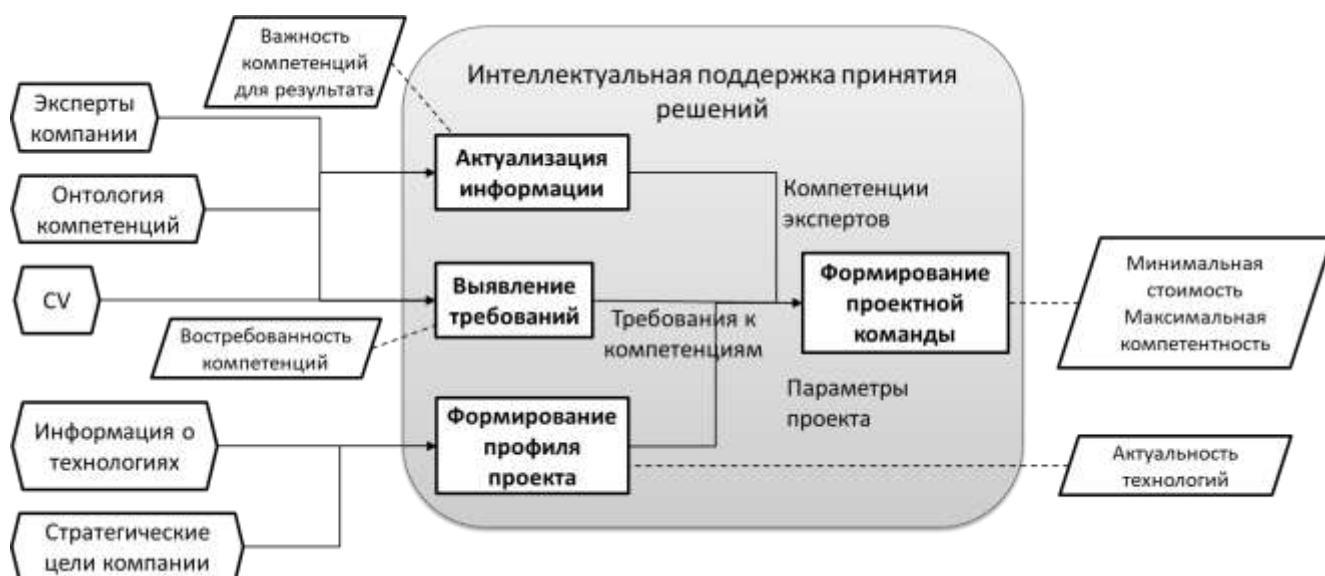


Рисунок 3 — Интеллектуальная поддержка принятия решений в корпоративных экспертных сетях

В рамках данной работы интеллектуальная поддержка принятия управленческих решений рассматривается как совокупность четырёх подзадач, распространённых в экспертных сетях: актуализация используемой информации об экспертах и их компетенциях, выявление требований к компетенциям экспертов-

исполнителей проектов, формирование и заполнение профиля проекта, формирование проектной команды для совместного выполнения проекта.

Актуализация информации необходима для поддержания соответствия информации, содержащейся в профиле экспертов, их реальным компетенциям, что способствует эффективному принятию управленческих решений при управлении проектными командами. Актуализация выполняется на основе текущих информации и знаний об экспертах и их компетенциях, содержащихся в их профилях, онтологии компетенций и их резюме. При этом учитывается важность компетенций экспертов для выполняемых ими проектов.

Информация об экспертах и их компетенциях также используется для выявления требований к компетенциям экспертов. Данный процесс необходим для формирования списка требований к исполнителям, на основе которого будет формироваться проектная команда. В качестве критерия при этом выступает востребованность тех или иных компетенций для каждого конкретного проекта.

Формирование профиля проекта выполняется на основе информации о потенциальных инновационных технологиях с учётом стратегических целей компании и актуальности технологий. Данный процесс необходим для выявления инновационной идеи или технологии, на основе которой будет формироваться проект.

Для инициации выполнения проекта необходимо сформировать и назначить команду экспертов-исполнителей, которая сможет выполнить проект. Формирование проектной команды выполняется на основе полученной информации об актуальных компетенциях экспертов, требований проекта к ним и других параметров проекта. Команда экспертов, назначаемая на проект, должна быть выбрана на основе принципов минимизации суммарной стоимости и максимизации компетентности экспертов-исполнителей.

Для планирования автоматизации описанных процессов с использованием разработанного метода и определения его практического использования была разработана модель внедрения метода интеллектуальной поддержки принятия

управленческих решений в корпоративную экспертную сеть, представленная на рисунке 4.

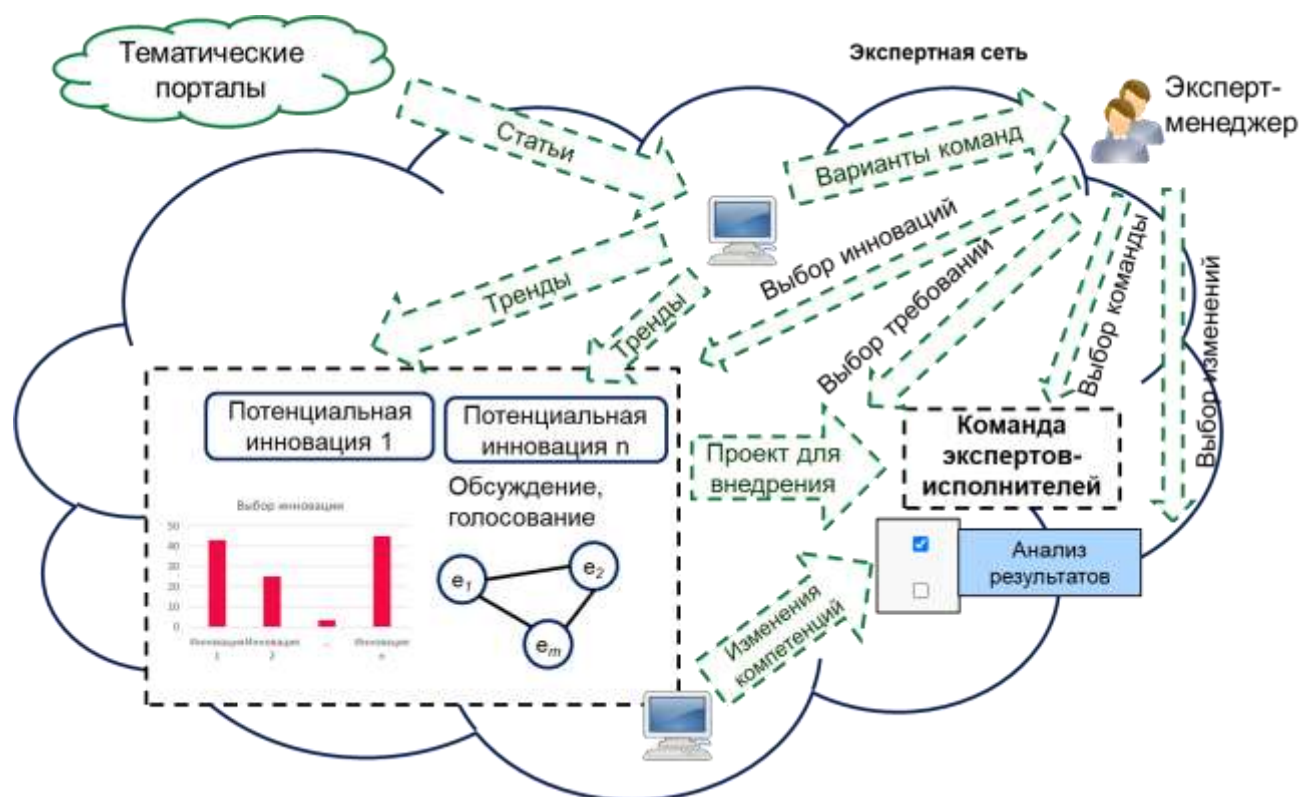


Рисунок 4 — Модель внедрения метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративную экспертную сеть

Метод, внедрённый в экспертную сеть, получает из тематических порталов статьи на определённые тематики и извлекает из них актуальные тренды. Среди них могут быть потенциальные инновации, для которых организуется обсуждение и голосование, поддерживаемые методом. Для внедрения инновации создаётся проект, на него на основе требований к компетенциям назначается команда экспертов-исполнителей. Метод анализирует результаты выполнения проекта и на их основе предлагает изменения компетенций исполнителей проекта. Эксперт-менеджер руководит всеми этими процессами: он отбирает потенциальные инновации из извлечённых трендов, указывает требования к компетенциям исполнителей, выбирает проектную команду из предложенных методом, отмечает изменения, которые необходимо сделать на основе результатов анализа выполнения проекта.

Для определения взаимосвязи между разработанным методом интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, алгоритмами, которые он включает, онтологией компетенций и профилями экспертов и проектов в экспертной сети была разработана концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений в корпоративных экспертных сетях, представленная на рисунке 5. Данная модель была основана на анализе существующих экспертных сетей [8, 39, 51, 95, 102–104], профессиональных сетей [107–109] и подходов к генерации инноваций [110–113], а также на основе выявленных принципов построения систем интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.



Рисунок 5 — Концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия решений в корпоративных экспертных сетях

Концептуальная модель описывает на трёх уровнях объекты и процессы, задействованные при интеллектуальной поддержке принятия решений в корпоративных экспертных сетях, а также их взаимосвязь друг с другом, заключающуюся в обмене информацией и управлении.

На уровне управленческих решений содержится метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Он заключается в извлечении, обработке и предоставлении информации об инновациях, проектах и экспертах,

которая необходима для эффективного принятия управленческих решений. Данные задачи решаются с помощью 4 алгоритмов, которые обеспечивают автоматизацию процессов, связанных с извлечением и структурированием необходимой информации, хранящейся на уровне знаний в онтологии компетенций. Алгоритмы выполняются последовательно, при этом их выходные данные корректируются менеджером и используются в качестве входных данных для следующего алгоритма. Так, идентифицированные потенциальные инновации используются при заполнении профиля проекта, а выявленные требования к компетенциям экспертов-исполнителей используются при формировании проектных команд. При этом информация об исполнителях проекта и его требованиях используется при актуализации компетенций экспертов, а обновлённые данные используются в следующих проектах. Благодаря этому обеспечивается комплексный подход к управлению знаниями на различных этапах реализации проектов.

Уровень объектов экспертной сети содержит профили экспертов и проектов, информацию для которых предоставляет метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Профили экспертов, или в терминах профессиональных сетей CV, являются одним из ключевых элементов [95, 104]. Они содержат информацию о компетенциях, используемую при назначении экспертов на проекты. Профили проектов содержат информацию о требованиях к компетенциям исполнителей, которая также используется при формировании проектных команд. Кроме того, профиль проекта хранит информацию об экспертах-исполнителях, назначенных на проект, и о результатах выполнения проекта, используемую при актуализации компетенций экспертов.

Таким образом, алгоритмы формирования вариантов команд экспертов и актуализации компетенций экспертов обеспечивают поддержку принятия управленческих решений, связанных с информацией об экспертах, а алгоритмы идентификации инноваций и заполнения профиля проекта обеспечивают поддержку принятия управленческих решений, связанных с информацией о проектах.

Объекты и процессы, а также связи между ними, описанные в разработанной концептуальной модели интеллектуальной поддержки принятия решений в корпоративных экспертных сетях используются в методе информационной поддержки принятия управленческих решений. Таким образом, метод реализует описанные связи, за счёт чего выполняется цель работы, заключающаяся в повышении эффективности управленческих решений в корпоративных экспертных сетях.

2.3 Формальная постановка задачи интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экспертных сетях

Научная задача, решаемая в работе, сводится к поиску и предоставлению актуальной информации и знаний, необходимых эксперту-менеджеру для принятия управленческих решений в корпоративных экспертных сетях. Эта задача состоит из четырёх подзадач: актуализация используемой информации о компетенциях экспертов, выявления требований к ним, формирование профиля проекта, формирование проектной команды. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений включает алгоритмы, выполняющие каждую из этих подзадач. В качестве входной информации используются компетенции в профилях экспертов-исполнителей, текущие стратегические цели компании, а также статьи об инновационных технологиях. Выходные информация и знания должны содержать потенциальные инновационные технологии, требования к компетенциям экспертов для их внедрения и профили экспертов-исполнителей компании, подходящих под данные требования. Алгоритмы метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений предоставляют эту информацию и знания друг другу и менеджеру, обеспечивая повышение эффективности управленческих решений.

Для удобства разработки и презентации разработанных метода и алгоритмов основные объекты, используемые в них, были формализованы. Компетенции компании представлены в виде множества:

$S = \{S_n | n = \overline{1, N}\}$, где N – число компетенций компании.

Для каждой компетенции компании определены уровни владения компетенцией, каждый из которых представлен натуральным числом и описанием умений, которыми необходимо обладать для данного уровня.

Эксперты компании представлены в виде множества:

$P = \{P_m | m = \overline{1, M}\}$, где M – число экспертов в компании.

Компетенции экспертов представлены в виде матрицы:

$L = |l_{mn}|_{M \times N}$, где l_{mn} – уровень владения компетенцией S_n экспертом P_m для любых $m = \overline{1, M}$, $n = \overline{1, N}$.

Для любого $m = \overline{1, M}$ существует профиль эксперта, содержащий:

- C_m – стоимость часа работы эксперта;
- $b_m = e^{B_m}$ – степень загруженности эксперта, B_m – число незавершённых проектов, в которых участвует эксперт;
- A_m – доступность эксперта, $A_m \in [0; 1]$;
- Exp_m – число месяцев работы эксперта в компании;

Для формирования слаженных команд экспертов используется матрица психологической совместимости:

$R = |r_{ij}|_{M \times M}$ – матрица совместимости экспертов, где r_{ij} – степень влияния эксперта P_i на эффективность работы эксперта P_j , $i = \overline{1, M}$, $j = \overline{1, M}$.

При формировании команды для проекта z необходимо учитывать:

- $req^z = (req_1^z, \dots, req_N^z)$ – вектор требований к компетенциям экспертов проекта, где req_n^z – необходимый уровень владения компетенцией S_n ;
- τ^z – время (в часах), необходимое для выполнения проекта;
- $F^z = \{I_o^z, E_o^z | o = \overline{1, O^z}\}$ – факторы успешности проекта;
- O^z – число факторов, определённое для проекта;
- I_o^z – степень влияния фактора o на проект, $I_o^z \in [0; 1]$, $\sum_{o=1}^{O^z} I_o^z = 1$;
- E_o^z – степень выполнения фактора o по результатам проекта, $E_o^z \in [-1; 1]$, где -1 – отрицательное влияние на результат проекта, 1 – положительное;
- C_{max}^z – допустимый бюджет проекта.

Кроме того, в экспертную сеть введена система поощрений, включающая множество поощрений, которые могут назначаться экспертам за успешное выполнение проектов, и позволяющая стимулировать более эффективную их работу и оценивать её:

$$V = \{V_k | k = \overline{1, K}\}, K - \text{число поощрений в компании.}$$

$Rew = |rew_{mk}|_{M \times K}$ – матрица поощрений экспертов, где rew_{mk} – значение величины поощрения V_k для эксперта P_m для любых $m = \overline{1, M}, k = \overline{1, K}$.

Динамические мотивации отражаются в профилях экспертов и подразумевают поощрение экспертов как с учётом выполненной работы, так и с учётом национальных особенностей, актуальных для той или иной страны [114–117]. Таким образом, менеджеры могут обеспечить учёт макроэкономических тенденций в стране и мире при работе метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений.

Формирование проектной команды состоит в поиске таких команд, в каждой из которых для любой компетенции присутствует эксперт, чей уровень владения ею не ниже требуемого. При этом суммарная стоимость работы экспертов, входящих в команду, не должна превышать допустимый бюджет проекта. Для формализации проектной команды обозначим её как вектор:

$$T = (t_1, \dots, t_M),$$

где $t_m = 1$, если эксперт P_m состоит в команде, иначе $t_m = 0$.

При формировании вариантов команд проекта z нужно учитывать ограничения:

$$\forall n: \sum_{m=1}^M \theta(l_{mn} - req_n^z) * t_m \geq y_n^z,$$

$$\theta(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1, & x \geq 0 \end{cases}$$

$$\sum_{m=1}^M (C_m * t_m) \leq \frac{C_{max}^z}{\tau^z},$$

где $\theta(x)$ – функция Хевисайда, определённая как 1 в точке 0, $y_n^z = 0$, если $req_n^z = 0$, иначе $y_n^z = 1$.

Суммарная стоимость работы экспертов команды должна минимизироваться, а суммарный уровень владения требуемыми компетенциями

среди экспертов команды – максимизироваться, что соответствует увеличению прибыльности проектов и эффективности их выполнения соответственно:

$$\begin{cases} \sum_{m=1}^M (C_m * t_m) \rightarrow \min \\ \sum_{n=1}^N (y_n^z \sum_{m=1}^M (l_{mn} * t_m)) \rightarrow \max \end{cases}$$

Представленное формальное описание задачи обеспечивает выполнение требований, выявленных в первой главе, при соответствии разработанного метода этому описанию. Для применения метода необходимо наличие экспертов, владеющих компетенциями, требуемыми для формируемых задач.

2.4 Онтолого-ориентированное управление проектными командами в экспертных сетях

Использование онтологий для формального представления компетенций позволяет хранить информацию о способностях людей с различным образованием и опытом [118]. Кроме того, такой подход подходит для хранения компетенций компаний, находящихся в разных странах [119, 120].

Онтология компетенций представляет собой множество взаимосвязанных компетенций компании и выполняет функцию универсального показателя компетентности. Она представляет области знания, на которых специализируется компания, и необходима для обеспечения связи между компетенциями экспертов и требованиями проектов для управления проектными командами и компетенциями экспертов [80, 121, 122]. Так, при поиске экспертов, подходящих под какое-либо требование проекта, компетенция, указанная в требовании, должна совпадать с одной из компетенций, указанных в профиле подходящего эксперта. Онтология компетенций используется также при актуализации компетенций экспертов на основе результатов выполнения проектов.

Компетенции экспертов содержатся в их профилях. Они включают в себя ссылку на одну из компетенций компании, представленную в онтологии, и числовое значение, определяющее уровень владения данной компетенцией. Требования проектов содержатся в их профилях. Они также включают в себя

ссылку на компетенцию компании, а также числовое значение, определяющее требуемый уровень владения данной компетенцией. Такая единообразная структура позволяет легко сопоставлять компетенции и требования и сравнивать имеющийся уровень владения компетенцией с требуемым.

Исследования показывают, что решающими факторами для эффективного использования онтологий для хранения знаний в компании являются возможность повторно их использовать, участие в разработке заинтересованных сторон и применимость онтологии в реальных бизнес-процессах компании [123]. В связи с этим было решено разработать онтологию компетенций на основе широко используемой в мире базы компетенций и совместно с менеджерами компании отобрать необходимые компетенции. Менеджеры также участвовали в определении видов связей между компетенциями, минимально необходимых для процессов компании.

Онтология компетенций, используемая в экспертной сети, была основана на классификации ESCO (European Skills, Competences, Qualifications and Occupations), содержащей 13485 компетенций. Эти компетенции объединены в 8 крупных групп: компетенции, связанные с коммуникацией, сотрудничеством и креативом; информационные компетенции; компетенции по предоставлению помощи; управленческие компетенции; компьютерные компетенции; компетенции, связанные с ручным трудом и логистикой; конструкторские компетенции; компетенции, связанные с работой со специализированным оборудованием. Внутри каждой группы компетенции делятся на более узкие, в среднем до пятого уровня вложенности. Кроме того, классификация включает связи между компетенциями, описывающие их зависимость друг от друга и смежные компетенции из разных групп. Помимо отношений «более широкая компетенция» и «более узкие компетенции» в классификации также описаны отношения «необходимая компетенция для» и «необходимые компетенции», а также «опциональная компетенция для» и «опциональные компетенции».

Совместно с практикующими экспертами-менеджерами была разработана онтология, содержащая 558 компетенций компании, необходимых для системы,

используемой в области управления человеческими ресурсами. Были выбраны компетенции, связанные с коммуникацией; исследованиями и инновациями (из группы «информационные компетенции»); юридическими и финансовыми делами (из группы «предоставление помощи»); управлением; информационными технологиями; производством и логистикой.

Так как структура компетенций изменилась, то были пересмотрены группы компетенций и уровни вложенности. В результате получилось 20 групп компетенций и в среднем три уровня вложенности. Каждая из групп содержит компетенции, относящиеся к одной и той же предметной области, и нужна для упрощения отображения и поиска. Благодаря этому понимание структуры упростилось, так как для поиска нужных компетенций стало требоваться меньше действий. Например, для поиска компетенций, связанных с управлением персоналом в изначальной классификации было необходимо открыть группу «управление», подгруппу «распределение ресурсов» и только после этого открыть список компетенций, связанных с управлением персоналом. В онтологии компетенций эти компетенции объединены в одну из начальных двадцати групп, поэтому их можно открыть сразу.

Список групп компетенций и примеры компетенций из некоторых из них представлены на рисунке 6. Также были сформированы связи между компетенциями на основе описанных в классификации.



Рисунок 6 — Список групп компетенций и примеры компетенций

Компетенции в онтологии относятся к одному классу, так как они равнозначны и одинаково важны для выполнения проектов. Для обеспечения возможности структурирования компетенций и улучшения поиска необходимых компетенций были определены связи между ними.

Связь вида родитель-потомок определяет структуру компетенций. Компетенции, имеющие общего «родителя», можно объединить в одну группу. Каждая компетенция в такой группе относится к той же области знаний, что и остальные, но имеет свою специализацию. В то же время компетенция в группе может иметь своих «потомков», которые образуют подгруппу. Чем больше уровень вложенности у подгруппы, тем уже специализация компетенций в ней. При этом, используя данный вид связи, для каждой компетенции можно найти более общую, вплоть до верхнего уровня.

Связь «необходим для» обозначает невозможность владения какой-либо компетенцией, не владея другой. Если у эксперта имеется связь с компетенцией, к которой направлена такая связь, то у него должна быть также связь с компетенцией, от которой она направлена. И наоборот, если у эксперта нет связи с компетенцией, от которой направлена одна или несколько таких связей, то у него не должно быть связей ни с одной из компетенций, к которым они направлены. Связь «необходим

для» может быть как между компетенциями, находящимися в одной группе, так и между компетенциями из различных групп, а также между компетенциями, между которыми есть связь вида родитель-потомок.

Связь «синонимы» обозначает взаимозаменяемость компетенций. Если для проекта требуется владение какой-либо компетенцией, то на него может быть назначен эксперт, владеющий компетенцией, обозначенной как её «синоним». Обычно такие связи имеются между компетенциями, относящимися к одной группе, и необходимы для сглаживания различий в культурах, заключающихся в разных пониманиях компетенций в разных странах.

Таким образом, в онтологии компетенций используется один класс объектов и три вида отношений между ними. Кроме того, компетенции экспертов и требования проектов помимо связи с компетенцией должны иметь атрибут «уровень», указывающий на то, в какой степени эксперт владеет компетенцией или в какой степени необходимо владение компетенцией для проекта. Благодаря этому возможно сопоставление компетенций экспертов и требований проектов между собой.

Пример фрагмента онтологии компетенций, используемой в экспертной сети, приведён на рисунке 7.

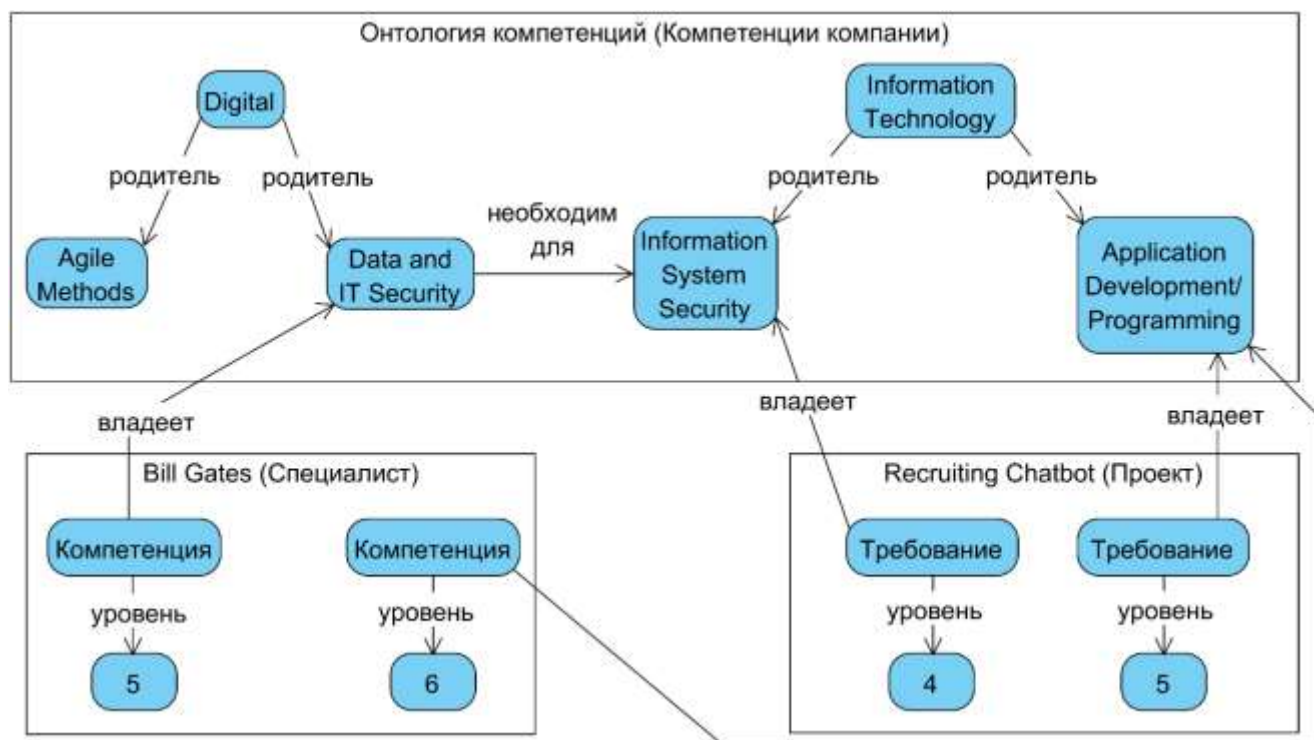


Рисунок 7 — Пример фрагмента онтологии компетенций

На данном примере одна из компетенций эксперта и одно из требований проекта ссылаются на одну и ту же компетенцию компании (**Application Development/Programming**). Так как уровень владения этой компетенцией (6) у эксперта выше, чем требуемый (5), то данный эксперт может быть назначен на данный проект. В то же время для данного проекта требуется смежная компетенция (**Information System Security**), то есть имеющая общую с **Application Development/Programming** родительскую компетенцию (**Information Technology**). И хотя эксперт на достаточном уровне владеет компетенцией (**Data and IT Security**), которая необходима для **Information System Security**, это не означает, что он владеет также требуемой компетенцией, поэтому на проект необходимо назначить ещё одного специалиста, который будет владеть обеими компетенциями (**Information System Security** и **Data and IT Security**).

Помимо внешних связей с профилями проектов и экспертов, в онтологии компетенций указываются также внутренние связи между компетенциями. Наличие этих связей обусловлено необходимостью наглядного визуального отображения знаний, содержащихся в онтологии, что является одной из важнейших функций онтологий для компании [124]. Благодаря этому компетенции

можно представить в структурированном виде, например, в виде иерархического дерева. При этом связи между компетенциями могут быть не только вертикальными (вида родитель-потомок), но и горизонтальными (например, «необходим для»). Такие связи упрощают поиск необходимых компетенций при заполнении профилей экспертов и проектов. Переходя по этим связям, пользователь может быстро найти нужные компетенции, после чего ему могут быть предложены другие компетенции, связанные с уже найденными.

2.5 Выводы по главе

Описана формальная постановка задачи формирования проектной команды. Показано, что формирование проектной команды состоит в поиске таких команд, в каждой из которых для любой компетенции присутствует эксперт, чей уровень владения ею не ниже требуемого. При этом суммарная стоимость работы экспертов, входящих в команду, не должна превышать допустимый бюджет проекта.

Представлены множества экспертов, компетенций компании, проектов, а также их характеристики. Введена система поощрений, включающая множество мотиваций, которые могут назначаться экспертам. Описаны ограничения и критерии задачи формирования проектной команды. Они состоят в том, что суммарная стоимость работы экспертов команды должна минимизироваться, а суммарный уровень владения требуемыми компетенциями среди экспертов команды – максимизироваться.

Представлена концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в экспертных сетях. Модель описывает процессы, объекты и связи между ними, содержащиеся на разных уровнях. Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений включает в себя процессы, содержащиеся на уровне управленческих решений, и заключается в извлечении, обработке и предоставлении информации об инновациях, проектах и экспертах, которая необходима для эффективного принятия управленческих

решений. Данные задачи решаются с помощью 4 алгоритмов, которые обеспечивают автоматизацию процессов, связанных с извлечением и структурированием необходимой информации, хранящейся на уровне знаний в онтологии компетенций. Алгоритмы выполняются последовательно, при этом их выходные данные корректируются менеджером и используются в качестве входных данных для следующего алгоритма. Благодаря этому обеспечивается комплексный подход к управлению знаниями на различных этапах реализации проектов. Таким образом, данная модель объединяет объекты экспертной сети, процессы управления проектами и используемые информацию и знания.

Описана онтология компетенций, используемая в разработанном методе. Онтология компетенций представляет собой множество взаимосвязанных компетенций компании и выполняет функцию универсального показателя компетентности. Помимо внешних связей с профилями проектов и экспертов, в онтологии компетенций указываются также внутренние связи между компетенциями. При этом связи между компетенциями могут быть не только вертикальными, но и горизонтальными.

3 Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений

Для повышения эффективности принятия управленческих решений на основе описанной выше концептуальной модели был разработан метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений. Данный метод направлен не только на упрощение поиска экспертов, способных выполнить проект, но и на обеспечение соответствия компетенций экспертов, содержащихся в экспертной сети, реальным для увеличения вероятности успешного завершения проектов. Метод и алгоритмы, входящие в него, разработаны на основе требований, описанных в первой главе.

3.1 Алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов

Экспертный анализ источников, необходимый для извлечения инноваций, заключается в изучении тематических статей для выявления актуальных явлений. Эксперт, проводящий такой анализ, должен выявить новые явления, которые стали популярны в последнее время, и оценить их важность. Динамика упоминаний таких явлений приведена на рисунке 8. Он отображает, как с течением времени (горизонтальная ось) частота упоминания (вертикальная ось) термина, связанного с явлением, меняется от очень маленькой до большой.

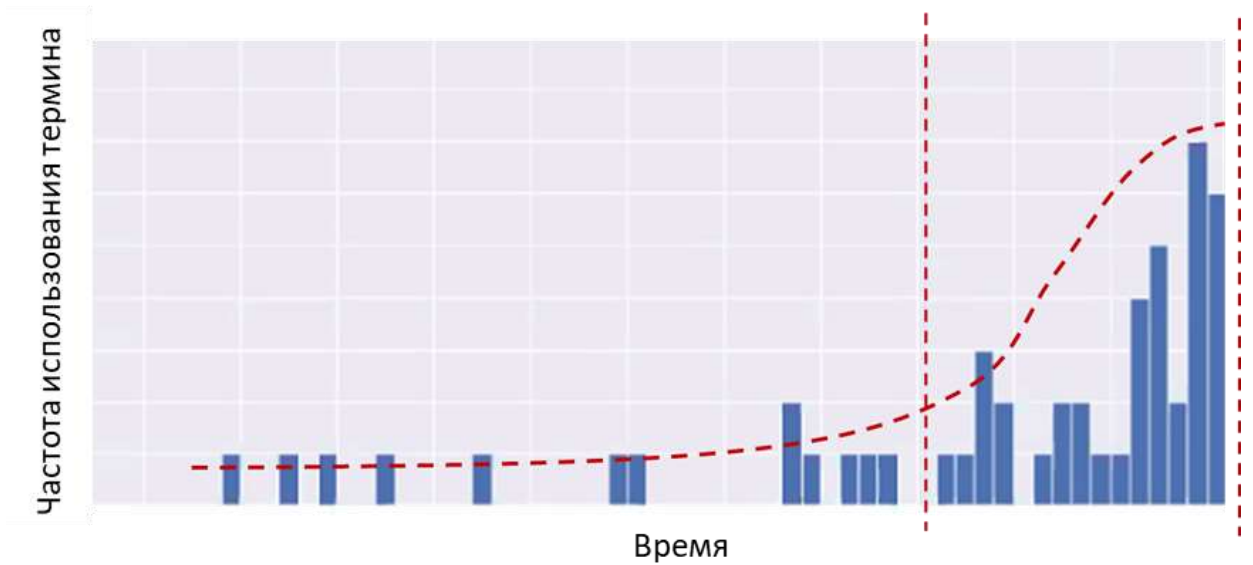


Рисунок 8 — Частота упоминаний терминов, связанных с потенциальными инновациями.

Для упрощения и повышения эффективности данного процесса был разработан алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов. Процесс с использованием данного метода показан на рисунке 9.

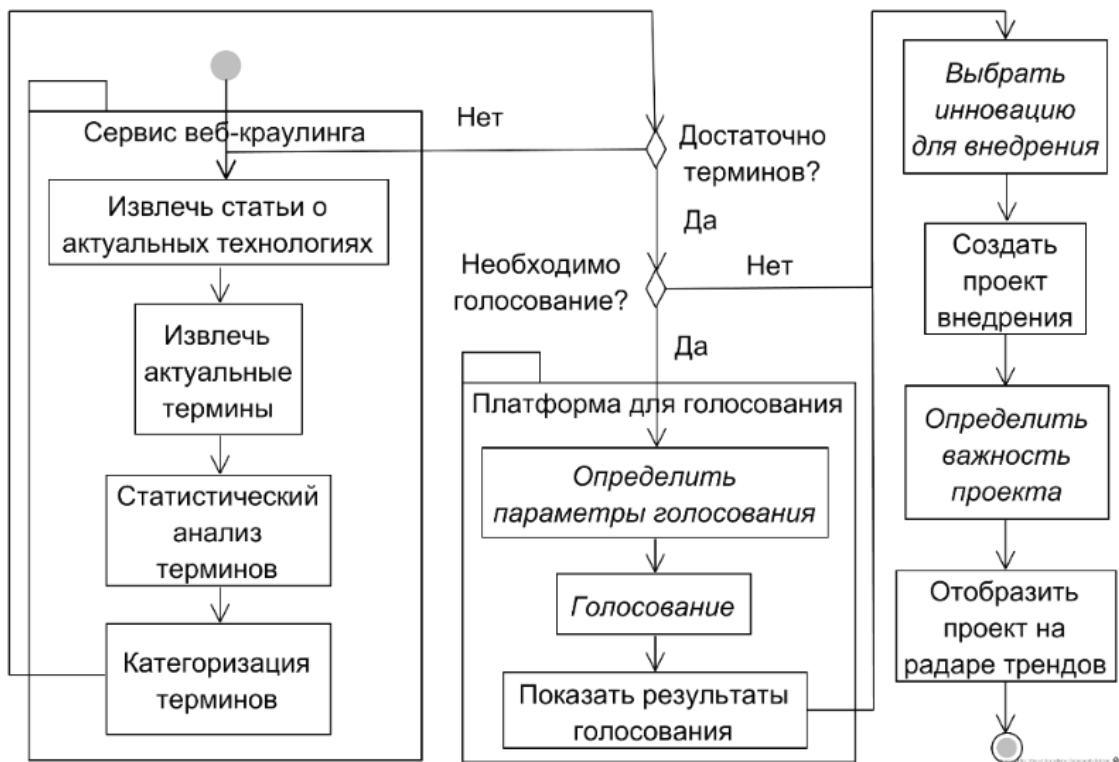


Рисунок 9 — Схема идентификации потенциальных инноваций

Менеджер указывает информацию о ресурсах, на которых могут появляться статьи о новых технологиях и решениях в определённых областях. Сервис веб-краулинга извлекает потенциальные инновационные термины, так как необходимо получить именно ту информацию, которая относится к инновациям, и отсеять лишнюю [62]. Искомая информация обычно является новаторской и при этом относительно широко обсуждаемой, поэтому для отсева нужных терминов подходит временной анализ. В соответствии с алгоритмом извлечения инноваций сервис веб-краулинга регулярно проверяет указанные источники и находит новые статьи, которые ранее не были найдены. Из найденных статей извлекаются все термины и производится их статистический анализ с учётом времени, когда были опубликованы статьи, из которых они извлечены. В результате анализа эксперту-менеджеру предоставляются разделённые по категориям самые актуальные термины, которые могут быть связаны с инновациями в определённых предметных областях.

После нахождения достаточного для выбора и сравнения количества потенциальных инновационных терминов следует переходить к активным действиям, то есть внедрению инноваций. Для этого нужны полноценные проекты. При этом, в связи с ограниченностью доступных ресурсов, следует объективно выбрать те инновации, которые нужно внедрить. Второй этап алгоритма заключается в формировании и выборе проектов. Менеджер формирует из одного или нескольких предложенных актуальных терминов потенциальные инновации. Когда необходимо решить, какую инновацию следует внедрить, менеджер инициирует голосование и указывает список потенциальных инноваций, за которые будут голосовать, и другие его параметры. Платформа для голосования учитывает голоса всех экспертов, участвующих в голосовании, и в наглядной форме демонстрирует менеджеру результаты. На их основе менеджер выбирает и указывает инновацию, из которой будет сформирован проект. Процесс формирования и заполнения профиля проекта будет описан ниже. Эксперт-менеджер определяет важность проекта, исходя из результатов голосования, статей, связанных с внедряемой инновацией, и текущих стратегических целей

компании. Важность проекта и категория, к которой относится инновация, отображаются на радаре трендов.

На первом этапе алгоритма потенциальные инновационные термины обычно извлекаются из текстовых документов или статей. Такие документы содержат множество слов в различных формах, которые необходимо проанализировать и привести к единообразному виду. Схема анализа документов (статей) и извлечения терминов приведена на рисунке 10.

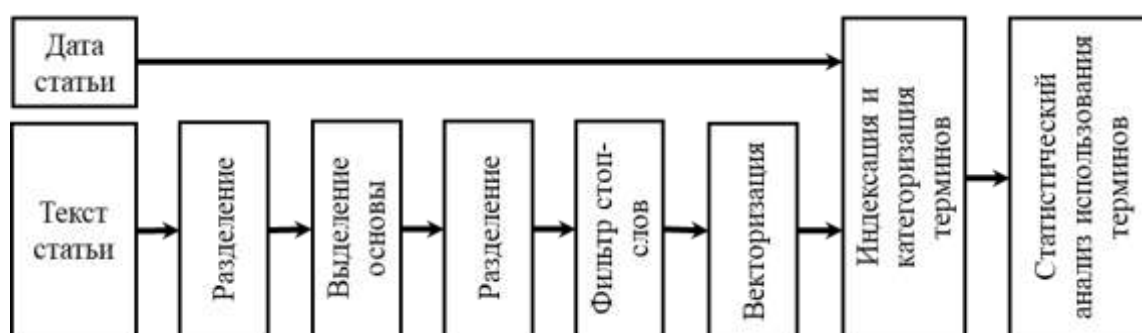


Рисунок 10 — Схема извлечения терминов из статьи для статистического анализа.

Разделение текста (токенизация) необходима для отсева знаков препинания, содержащихся в тексте и увеличивающих разнообразие форм одних и тех же слов, и заключается в очистке текста статьи от небуквенных и нецифровых символов, разделение текста на слова (токены) и удаление односимвольных слов. Для приведения слов к единой форме и избавления от служебных слов, содержащихся в каждом тексте, производится выделение основы слов (стемминг). Повторное разделение необходимо для удаления односимвольных слов, которые могут появиться в результате выделения основы. Затем производится фильтрация, то есть убираются слова, содержащиеся в словаре незначительных слов (артикли, предлоги, местоимения и т.д.). В ходе векторизации для увеличения семантической значимости слов и более точного анализа из подряд идущих токенов создаются дополнительные термины, состоящие из «двоек» и «троек» слов. Все извлечённые таким образом термины заносятся в базу данных и связываются с метаданными о статьях, из которых они были извлечены. После этого возможен статистический анализ терминов.

Для удобства выбора инноваций для внедрений производится категоризация терминов и статей. В базе данных компании содержатся категории с определённым набором ключевых слов. Для каждой статьи определяется такая из них, ключевые слова которой встречаются в статье чаще, чем ключевые слова других. Термину присваивается категория, к которой относится большая часть статей, в которых он встречается. Для каждой категории менеджеру выводятся несколько терминов, относящихся к ним, с наибольшим показателем TFPDF. Задачей менеджера является анализ их перспективности, актуальности и взаимосвязи с другими терминами.

Статистический анализ использования терминов за различные временные периоды необходим для выявления новаторских актуальных терминов и означает ранжирование терминов по показателю TFPDF, выбранному в результате компаративного анализа статистических подходов. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$TFPDF_i^{ratio} = \frac{TFPDF_i(D_{new}) + \gamma}{TFPDF_i(D_{old}) + \gamma} \quad (1)$$

$$TFPDF_i(D) = |F_i| \cdot e^{\left(\frac{d_i}{D}\right)}, \quad (2)$$

где $|F_i|$ – нормализованная частота термина i :

$$|F_i| = \frac{F_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^I F_j^2}}, \quad (3)$$

где F_i – частота использования термина i среди всех статей; I – общее число терминов; d_i – число статей, в которых упоминается термин i , γ – коэффициент чувствительности, D – общее число статей:

$$D = D_{new} + D_{old}.$$

Таким образом, использование данного показателя позволяет выявлять термины, которые мало упоминались ранее и стали часто употребляться в последнее время. Когда таких терминов, потенциально относящихся к инновации, становится несколько, необходимо выбрать, какую из них следует внедрять на втором этапе алгоритма. Объективный выбор нужных инноваций возможен за счёт учёта коллективного мнения экспертов. Для этого на втором этапе алгоритма

проводится голосование, схема которого приведена на рисунке 11. Такая схема обусловлена необходимостью децентрализации мнения экспертов для принятия решения, наиболее подходящего в текущих условиях.



Рисунок 11 — Процесс голосования

Для инициации голосования менеджер определяет сроки, в которые оно будет проходить, потенциальные инновации, за которые будут голосовать участники, экспертов, участвующих в голосовании, и бюджет, определяющий количество голосов для каждого участника. Каждый эксперт может определить часть голосов из своего бюджета за ту или иную инновацию. В итоге инновации будут ранжированы по полученным голосам.

3.2 Алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций

Для инноваций, выбранных для внедрения, создаётся профиль проекта в соответствии с алгоритмом заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций, представленном на рисунке 12.

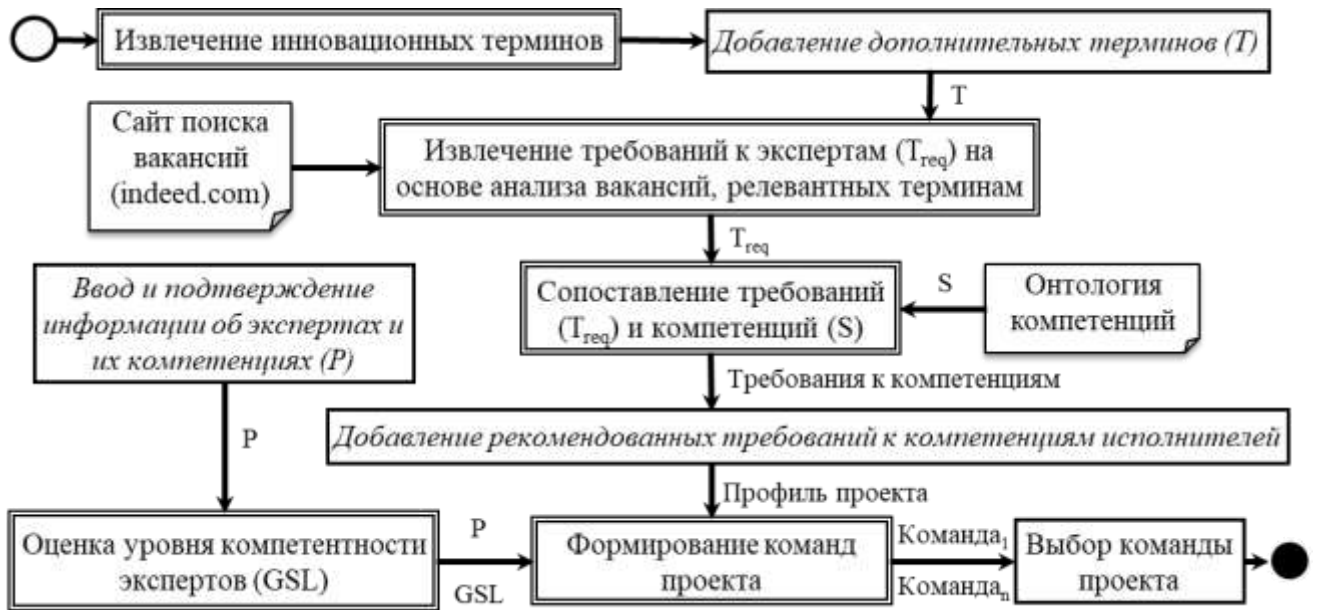


Рисунок 12 — Алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций

С инновацией связываются термины, извлечённые в соответствии с алгоритмом идентификации потенциальных инноваций, а также, при необходимости, термины, дополнительно указанные экспертом-менеджером. Все эти термины используются для выявления требований к профессиональным компетенциям экспертов, которые будут участвовать в её внедрении. По этим терминам производится поиск релевантных вакансий на внешнем специализированном сайте (www.indeed.com). Из вакансий извлекается текст, относящийся к требованиям к работникам, и к нему применяются процедуры токенизации, стемминга, фильтра и векторизации, описанные выше. После этого термины, относящиеся к требованиям в вакансии, сопоставляются с компетенциями, содержащимися в онтологии компетенций. Для каждой пары термин-компетенция считается их схожесть по формуле суммы косинусов:

$$Sum = \sum_{i=1}^{|T_{req}|} \frac{a_i b_i}{\sqrt{a_i^2} \sqrt{b_i^2}}, \quad (4)$$

где a_i – частота токена i в компетенции; b_i – частота токена i в термине требования.

Компетенции, для которых сумма косинусов максимальна, предлагаются эксперту-менеджеру к добавлению в список требований проекта. На основе заполненного менеджером профиля проекта и оценки уровней компетентности

экспертов производится формирование команд для совместного выполнения проекта, из которых менеджер проекта выбирает ту команду, которая будет заниматься внедрением инновации.

Для сравнения экспертов, которые могут быть назначены в проектную команду, был разработан универсальный показатель, учитывающий все необходимые факторы. Для его расчёта используется информация об эксперте и его компетенциях, указанная им и подтверждённая администратором или HR-менеджером, а также информация о результатах выполняемой экспертом работы. Этим показателем является оценка уровня компетентности эксперта (General Skill Level), которая рассчитывается по формуле, разработанной совместно с менеджерами, отвечающими за управление проектами и формирование проектных команд, определивших факторы, которые им необходимо учитывать:

$$GSL_m = \frac{1}{5} \left(\frac{\sum_{z=1}^Z (h_m^z * x^z)}{\sum_{z=1}^Z h_m^z} + A_m + \left(1 - \frac{1}{\alpha * Exp_m + 1} \right) + \frac{\sum_{n=1}^N l_{mn}}{\sum_{n=1}^N \theta(l_{mn} - 1)} + \left(1 - \frac{1}{1 + \beta * \sum_{k=1}^K rew_{mk}} \right) \right) \quad (5)$$

где Z – число завершённых проектов, $h_m^z = 1$, если эксперт P_m участвовал в проекте z , иначе $h_m^z = 0$; $x^z = 1$, если проект выполнен вовремя, иначе $x^z = 0$; A_m – доступность (Availability) $[0; 1]$, где 0 – эксперт P_m недоступен и 1 – эксперт доступен в рабочее время; Exp_m – число месяцев работы эксперта в компании; N – число компетенций; l_{mn} – уровень владения компетенцией S_n эксперта P_m ; K – число мотиваций в системе; значение величины поощрения V_k для эксперта P_m , α и β – эмпирически выведенные константы, $\alpha = 1/12$, $\beta = 0,3$. Константа α была выведена из такого расчёта, чтобы слагаемое в формуле оценки уровня компетентности, определяющее опытность эксперта, принимало значение 75%, если эксперт проработал в компании 3 года. Константа β была выведена из такого расчёта, чтобы график функции, определяющей награды эксперта, плавно увеличивался и стремился к 1 при увеличении числа поощрений. Так, для приведённого менеджерами значения хорошей суммы поощрений 10 значение слагаемого в формуле оценки уровня компетентности, определяющее награды эксперта, принимает значение 75%. Таким образом, оценка уровня компетентности

учитывает стаж эксперта, его награды, компетенции, доступность и вовремя выполненные им проекты.

3.3 Алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов

Алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов показан на рисунке 13.

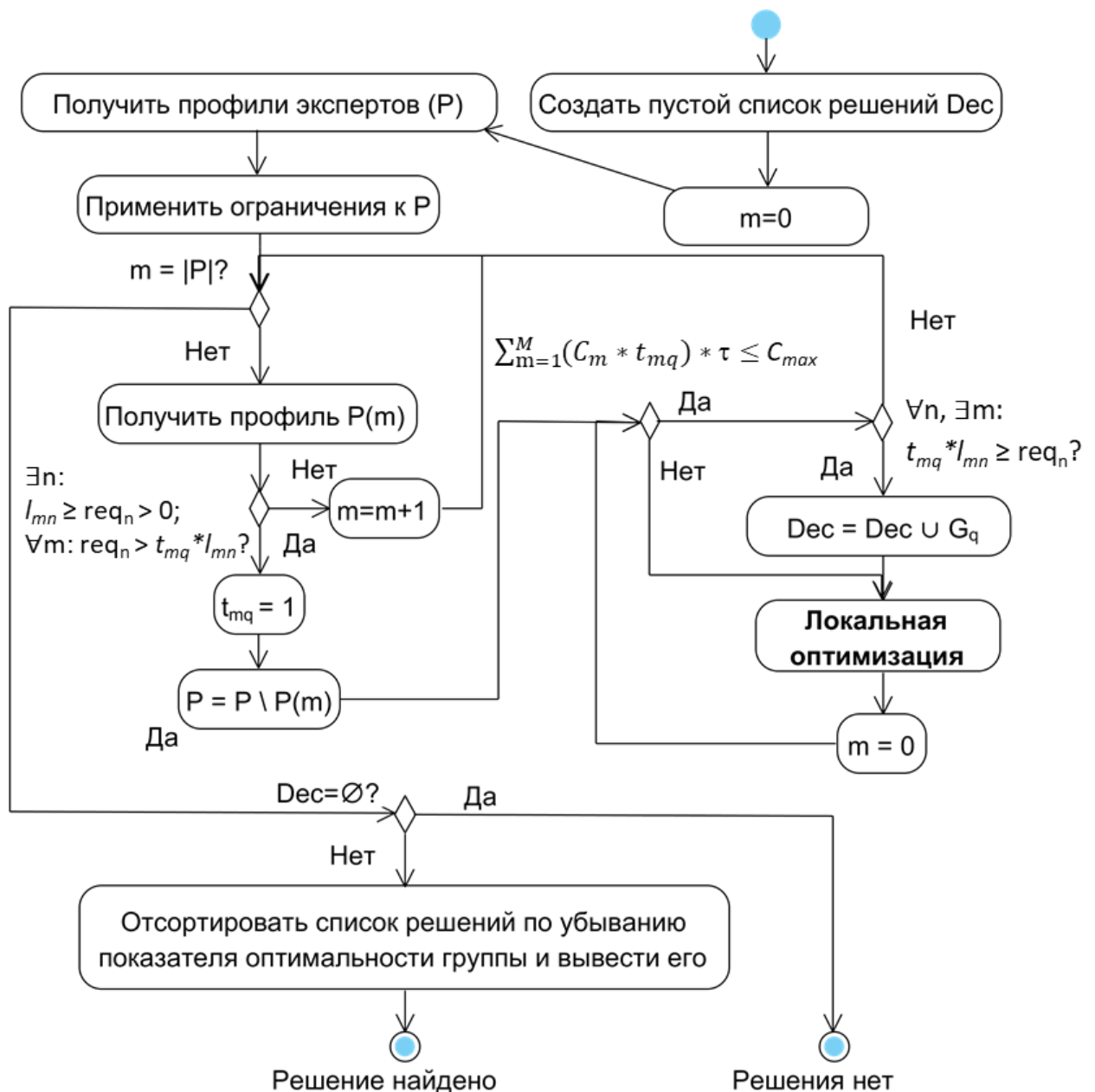


Рисунок 13 — Алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов

Для выполнения требования представления альтернативных результатов, удовлетворяющих требованиям к исполнителям, на первом шаге алгоритма создаётся список решений (Dec), куда сохраняются все варианты проектных команд, подходящие под условия текущего проекта [23, 24, 125]. При формировании вариантов команд учитываются только те профили экспертов, которые попадают под ограничения проекта. Считается, что эксперт P_m не попадает под ограничения проекта z , если для него справедливо одно из следующих утверждений:

- $\forall n: l_{mn} < req_n^z \vee req_n^z = 0$, то есть для всех компетенций, требуемых в проекте, уровень владения компетенцией эксперта ниже, чем требуемый;
- доступность эксперта (A_m) = 0;
- $\tau * C_m > C_{max}^z$, то есть стоимость работы эксперта на протяжении выполнения проекта превысит допустимый бюджет проекта.

После применения ограничений перебираются все доступные профили экспертов. Если профиль содержит хотя бы одну компетенцию, требуемую в проекте, для которой уровень владения выше, чем у любого исполнителя в текущем варианте команды, то этот профиль добавляется в текущую команду проекта и удаляется из списка доступных профилей экспертов. Если при этом суммарная стоимость работы исполнителей превышает допустимый бюджет проекта, производится оптимизация команды [126, 127].

Когда для каждой требуемой компетенции в команде есть хотя бы один эксперт, чей уровень владения не ниже требуемого, текущий вариант команды проекта сохраняется в списке решений. Таким образом обеспечивается выполнение требования способности сформированной группы исполнителей выполнить проект. Затем для обеспечения последовательного улучшения результата производится оптимизация текущей команды.

Локальная оптимизация текущей команды, как после превышения бюджета проекта, так и после сохранения команды в списке решений, заключается в максимизации обобщённого показателя полезности команды, из которой убрали

одного из исполнителей. Вариант команды с максимальным показателем становится текущей командой. Для него заново проводятся проверки выполнения бюджета и соответствия требованиям проекта, а в случае необходимости добавления новых исполнителей перебор доступных профилей производится заново, но уже без профилей, добавленных в команду ранее.

Когда перебраны все доступные профили экспертов, производится проверка наличия решений. Если они есть, то проектные команды ранжируются по уменьшению обобщённого показателя полезности команды экспертов для отображения менеджеру проекта. В случае, если список решений пустой, считается, что для текущего проекта невозможно собрать команду из доступных экспертов.

Исходя из требований, описанных в первой главе, и формальной постановки задачи, представленной во второй главе, команда экспертов, выполняющих проект, должна соответствовать ряду критериев. Она должна быть максимально компетентна для выполнения задачи, эксперты должны быть доступны и эффективно взаимодействовать друг с другом, стоимость работы команды должна быть минимальной. Обобщённый показатель полезности команды экспертов для проекта z рассчитывается по формуле, учитывающей эти критерии:

$$Opt^z = \frac{G^z * H}{Q * B}, \quad (6)$$

где Opt^z – обобщённый показатель полезности команды экспертов; G^z – уровень знаний команды; H – показатель совместимости экспертов в команде; Q – относительная стоимость работы команды экспертов в час; B – загруженность команды экспертов:

$$G^z = \sum_{m=1}^M (t_m * GSL'_m * \sum_{n=1}^N (x_{mn} \frac{l_{mn}}{req_n^z})) \quad (7)$$

$$RH = \prod_i \prod_j r_{ij} \quad (8)$$

$$Q = \frac{\sum_{m=1}^M (t_m * c_m)}{\sum_{m=1}^M c_m} \quad (9)$$

$$B = \sum_{m=1}^M (t_m b_m), \quad (10)$$

где GSL'_m – общий уровень компетентности эксперта P_m с учётом текущей стратегической цели; N – количество компетенций в системе; $x_{mn} = 1$, если эксперт P_m владеет компетенцией S_n лучше остальных, иначе $x_{mn} = 0$; l_{mn} – уровень владения компетенцией S_n эксперта P_m ; req_n^z – уровень владения компетенцией S_n , необходимый для проекта z ; r_{ij} – степень влияния эксперта P_i на эффективность работы эксперта P_j ; b_m – степень загруженности эксперта P_m ; c_m – стоимость часа работы эксперта P_m .

Современные компании демонстрируют сложные разнообразные и гибкие системы управления, позволяющие эффективно осуществлять хозяйственную деятельность на международном уровне [108]. Для эффективного управления компанией в условиях постоянного увеличения количества информации и взаимосвязей, которые необходимо учитывать, важно иметь возможность динамично менять структуру используемых алгоритмов для поддержки процесса формирования стратегии [128]. Процесс оптимизации варианта команды исполнителей может меняться в зависимости от выбранной стратегической цели для данного проекта. Четыре варианта целей, влияющие на оптимизацию, представлены в таблице 4. Данные цели были описаны и формализованы совместно с менеджерами, отвечающими за управление проектами и формирование проектных команд, и соответствуют реальным целям, предъявляемым к различным проектам.

Таблица 4 — Стратегии формирования команд проектов

Цель	Задача	Главные показатели	Изменение критерия оптимизации
Наиболее эффективная группа	Выполнить проект как можно лучше	Компетенции, опыт	$GSL'_m =$ среднее компонент «Компетенции» и «Стаж»; $b_m=1$
Наиболее доступная группа	Выполнить проект как можно быстрее	Доступность, количество текущих задач	$GSL'_m = A_m$
Наиболее опытная группа	Выполнить сложный проект, требующий опытных экспертов	Опыт, стаж	$GSL'_m =$ среднее компонент «Выполненные проекты» и «Стаж»; $b_m = 1$

Группа для обучения	Обучение новых экспертов на несложных проектах под руководством опытных	Наличие опытных и начинающих экспертов	GSL' _m = среднее компонент «Компетенции» и «Стаж» При оптимизации группы $Opt^z \rightarrow \min$
---------------------	---	--	---

Наиболее эффективное выполнение проекта подразумевает назначение на проект самых компетентных экспертов, даже если у них есть другие проекты. При расчёте обобщённого показателя полезности команды загруженность группы не учитывается, а формула общего уровня компетентности экспертов представляет собой среднее арифметическое компонент «Компетенции» и «Стаж».

В условиях постоянно меняющихся условий нередки ситуации, когда какой-либо проект нужно выполнить быстро, пока возможность, связанная с таким проектом, не исчезла или ею не воспользовались конкуренты. В таких случаях важно привлечь сотрудников, которые сразу смогут приступить к выполнению проекта, не отвлекаясь на другие. Выбор наиболее доступных экспертов подразумевает назначение на проект наименее загруженных экспертов из тех, кто может выполнить проект. При расчёте обобщённого показателя полезности команды вместо общего уровня компетентности экспертов используются их показатели доступности.

Многие компании зачастую сталкиваются с серьёзными вызовами, сложными проектами, требующих от исполнителей большого опыта в своей области. В таких случаях важно привлечь сотрудников, которые работают в данной сфере давно и смогут применить свой опыт для принятия верных решений и успешного выполнения проектов. Выбор наиболее опытных экспертов подразумевает назначение на проект опытных экспертов с большим стажем, выполнивших большое число проектов. При расчёте обобщённого показателя полезности команды загруженность группы не учитывается, а формула общего уровня компетентности экспертов представляет собой среднее арифметическое компонент «Выполненные проекты» и «Стаж».

Для компаний важно уметь выстраивать свою стратегию в долгосрочной перспективе, даже если это идёт в ущерб текущим проектам, чтобы быть готовым

к серьёзным проектам, описанным выше. Среди проектов, выполняемых компанией, есть такие, которые можно использовать для того, чтобы обучать начинающих экспертов. Обучение экспертов подразумевает назначение на проект новых экспертов, которые могут набраться опыта на несложных проектах. При оптимизации группы исполнителей из неё исключается эксперт, без которого обобщённый показатель полезности команды группы будет минимальным, а формула общего уровня компетентности экспертов представляет собой среднее арифметическое компонент «Компетенции» и «Стаж».

3.4 Алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов

Изначально эксперты сами определяют свои компетенции, при необходимости прикладывая подтверждающие документы. На основе этого HR-менеджер подтверждает компетенции эксперта [93, 129]. В процессе работы эксперта его компетенции могут изменяться, однако повторное определение и подтверждение компетенций всех сотрудников компании является дорогостоящей процедурой [130, 131]. При этом чёткое понимание организационных компетенций компании и лежащих в их основе индивидуальных компетенций является критически важным для многих промышленных областей в качестве основы для адаптации к меняющимся рыночным условиям [132], поэтому некорректная информация о компетенциях может привести к нежелательным результатам. Автоматизация актуализации компетенций может решить эту проблему, так как она упростит изменение компетенций экспертов компании, содержащиеся в их профилях, чтобы эти компетенции соответствовали действительности. Для того, чтобы автоматизация была возможна, необходим объективный показатель, по которому можно судить об изменении компетенций. В качестве такого показателя можно использовать анализ результатов выполнения проектов, в которых участвовал эксперт. Для этой цели был разработан алгоритм автоматизированной

окончания проекта менеджер указывает значения для степеней выполнения каждого фактора, после чего возможна актуализация компетенций исполнителей проекта. На основе информации, указанной менеджером проекта, в соответствии с алгоритмом выполняется актуализация компетенций экспертов, участвовавших в выполнении проекта.

Изменение уровней владения каждой компетенцией каждого эксперта, участвовавшего в выполнении проекта z , должно зависеть от успешности проекта и степени влияния компетенции на проект, а также от текущего и максимально возможного значения компетенции, поэтому оно вычисляется по формуле:

$$l_{mn}^{z+1} = \min\{l_{mn}^z + U_n * d_{mn}^z * W^z, U_n\}, \quad (11)$$

l_{mn}^z – уровень владения экспертом P_m компетенцией S_n до начала проекта z ;
 U_n – максимальный допустимый уровень владения компетенцией S_n ;
 d_{mn}^z – степень влияния компетенции на результат проекта; W^z – коэффициент успешности проекта:

$$d_{mn}^z = \frac{1}{2} \left(\frac{l_{mn}}{\sum_{m'=1}^M (t_m^z * l_{m'n})} + \frac{req_n^z}{\sum_{n'=1}^N req_n^z} \right), \quad (12)$$

$$W^z = \sum_{o=1}^O (I_o^z * E_o^z), \quad (13)$$

где O – количество факторов, определённых для проекта; I_o^z – степень влияния фактора o на проект; E_o^z – степень выполнения фактора o по результатам проекта; $t_m^z = 1$, если эксперт P_m выполнял проект z , иначе $t_m^z = 0$.

Таким образом, чем выше уровень владения компетенцией по сравнению с аналогичными уровнями остальных участников и чем выше требования к компетенции по сравнению с другими требованиями проекта, тем сильнее изменяется компетенция. Изменение также зависит от выполнения факторов успешности проекта, особенно от тех из них, которые определены менеджером как наиболее значимые. Новые значения уровней владения компетенциями предлагаются менеджеру для каждого эксперта, участвовавшего в проекте. Изменения уровней владения компетенциями экспертов, выбранные экспертом менеджером, отразятся в профилях экспертов и будут учтены при формировании команд для последующих проектов.

3.5 Выводы по главе

Разработан алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов. Данный алгоритм предназначен для упрощения и повышения эффективности процесса экспертного анализа источников, необходимого для извлечения инноваций. Сервис веб-краулинга регулярно находит статьи с информацией о потенциальных инновациях и извлекает из них все термины для статистического анализа. В результате анализа менеджеру предоставляются самые актуальные термины, которые могут быть связаны с инновациями в определённых областях. Когда необходимо решить, какую инновацию следует внедрить, менеджер инициирует голосование. Платформа для голосования учитывает голоса всех экспертов, участвующих в голосовании, и в наглядной форме демонстрирует менеджеру результаты. На их основе менеджер выбирает и указывает инновацию, из которой будет сформирован проект.

Описан процесс создания проекта. В рамках него все термины, связанные с инновацией, используются для выявления требований к профессиональным компетенциям экспертов, которые будут участвовать в её внедрении. По этим терминам производится поиск вакансий на специализированном сайте. Из вакансий извлекается и обрабатывается текст, относящийся к требованиям к работникам. После этого термины, относящиеся к требованиям в вакансии, сопоставляются с компетенциями компании, содержащимися в онтологии компетенций. В результате для проекта предлагается набор требований к компетенциям экспертов, необходимых для внедрения данной инновации.

Разработан алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов. Данный эвристический алгоритм для решения задачи нелинейного булевого программирования учитывает ограничения и использует критерии, описанные во второй главе. Алгоритм обеспечивает учёт требований проекта и компетенций экспертов, а также бюджета проекта и стоимости работы экспертов для

формирования группы исполнителей, способной выполнить проект. Для оптимизации сформированных групп используется предложенный обобщённый показатель полезности команды, включающий в себя уровень компетентности всех участников группы, их совместимость между собой, стоимость их работы и занятость участников. Этот показатель учитывает профессиональный, психологический, экономический и ресурсный факторы для оценки групп экспертов, назначаемых на проект. Менеджеру проекта предлагается несколько вариантов групп исполнителей, ранжированных по данному показателю.

Описано выполнение стратегических целей компании при формировании команд. В зависимости от различных стратегических целей компании для проекта формируется несколько вариантов команд. Процесс формирования этих вариантов отличается в формуле оценки уровня компетентности экспертов, входящих в проектные команды, при их оптимизации, а также в интерпретации этих оценок.

Разработан алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов. При создании проекта менеджер определяет факторы успешности проекта, каждый из которых включает степень влияния фактора на проект и формально исчисляемый показатель степени выполнения фактора. После окончания проекта менеджер указывает значения для степеней выполнения каждого фактора. Изменение уровня владения каждой компетенцией исполнителей проекта зависит от степени влияния компетенции на результат проекта и от коэффициента успешности проекта. Степень влияния компетенции учитывает уникальность компетенции среди участников проектной команды на основе их компетенций, а также востребованность компетенции в проекте на основе требуемого уровня владения для неё. коэффициент успешности проекта учитывает все факторы успешности, указанные для проекта. Таким образом, данный алгоритм обеспечивает формализацию и учёт факторов, влияющих на успешность проекта, и результатов выполнения проектов для актуализации компетенций экспертов-исполнителей.

Результаты, изложенные в главе 3, подтверждают выносимое на защиту положение 1 – метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, положение 2 – алгоритм идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов и оценок экспертов, – положение 3 – алгоритм заполнения профиля проекта на основе сопоставления извлекаемых требований с онтологией компетенций, – положение 4 – алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов – и положение 5 – алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов.

4 Реализация и оценка эффективности

Метод и алгоритмы, описанные во второй и третьей главах, были реализованы в экспертной сети. Были проведены экспериментальные исследования, позволяющие оценить эффективность метода и выполнение цели данной работы.

4.1 Реализация метода в экспертной сети

Разработанный метод был реализован в экспертной сети компании Festo [133–139]. При реализации были использованы следующие языки программирования и фреймворки: Java Spring, HTML, Javascript, JQuery, MS SQL. Архитектура экспертной сети представлена на рисунке 15.

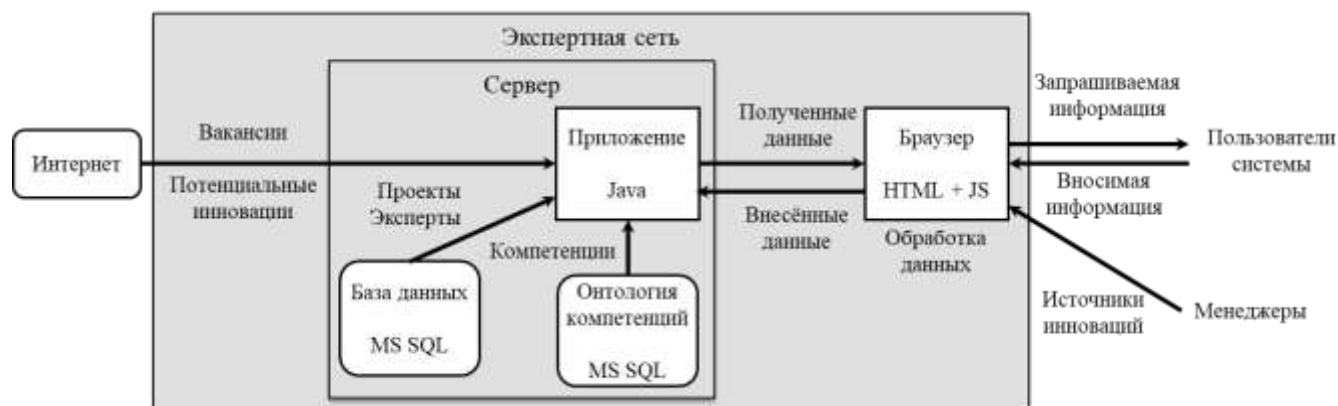


Рисунок 15 — Архитектура корпоративной экспертной сети

Архитектура основана на классической схеме «клиент-сервер». Пользователи (менеджеры, эксперты) взаимодействуют с экспертной сетью при помощи браузера, на котором происходит обработка и передача вносимой информации и полученных от сервера данных. Java-приложение, расположенное на сервере, необходимо для дополнительной обработки данных, а также для взаимодействия с базой данных, в которой хранятся данные о проектах и экспертах. В дополнение к использованной схеме была добавлена онтология компетенций,

которая также расположена на сервере, содержит информацию о компетенциях компании и компетенциях экспертов и с которой также взаимодействует приложение. Для упрощения взаимодействия база данных и онтология компетенций были реализованы на MS SQL. Кроме того, приложение обращается в сеть Интернет для получения данных о вакансиях и инновациях, когда необходима соответствующая информация. Описанная архитектура была использована в связи с простотой её реализации и широкой применимостью архитектур, построенных на схожих схемах, а также с эффективностью её использования на практике с точки зрения времени обработки и получения информации и использования ресурсов.

Сценарий работы экспертной сети с применением разработанного метода представлен на рисунке 16. Он показывает, как именно используется метод и из каких модулей состоит его программное приложение.

Программное приложение разработанного метода включает в себя пять основных модулей: формирования инноваций, управления компетенциями, управления экспертной сетью, оценки инноваций и инициации инновационных проектов.

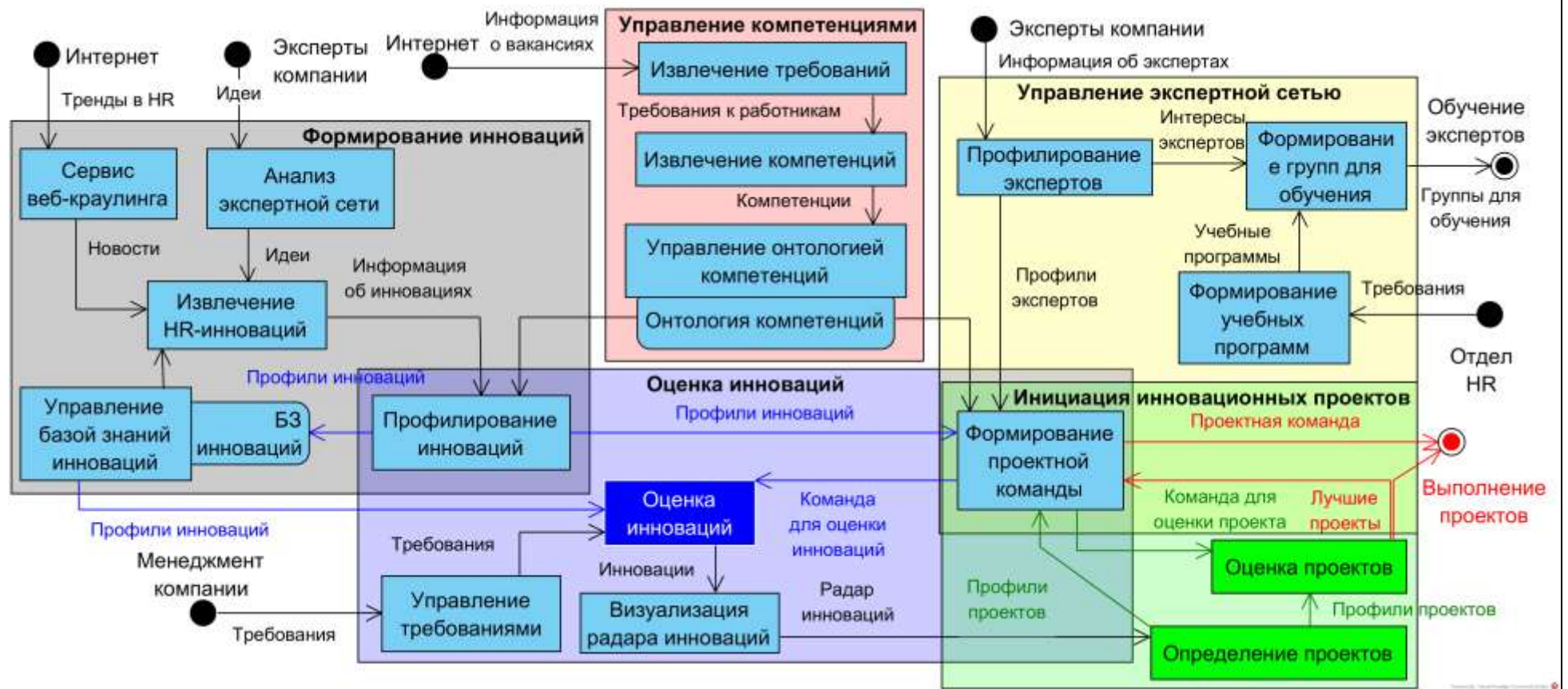


Рисунок 16 — Сценарий работы экспертной сети с применением метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений

Модуль формирования инноваций реализует сервис веб-краулинга, описанный в алгоритме идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов. Он извлекает инновации, связанные с определённой тематикой (в случае с компанией Festo это инновации в области управления персоналом) и создаёт профили для них.

Заполнение профилей осуществляется с помощью модуля управления компетенциями, реализующего алгоритм заполнения профиля проекта. На основе информации о вакансиях в сети Интернет модуль обновляет информацию о требуемых компетенциях.

Модуль управления экспертной сетью необходим для профилирования и развития компетенций экспертов. Профили экспертов создаются на основе информации, указываемой ими. Развитие компетенций осуществляется за счёт формирования учебных команд.

Модуль оценки инноваций реализует платформу для голосования, описанную в алгоритме идентификации потенциальных инноваций на основе статистического анализа доступных документов. Он визуализирует информацию о результатах голосования и экспертной оценки потенциальных инноваций в виде радара инноваций (трендов).

Модуль инициации инновационных проектов реализует алгоритм формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов. Он также используется в модуле оценки инноваций для формирования команд для оценки инноваций и в модуле управления экспертной сетью для формирования групп для обучения.

Интерфейс программного приложения метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений показан на рисунке 17 на примере страницы, содержащий профили участников системы.

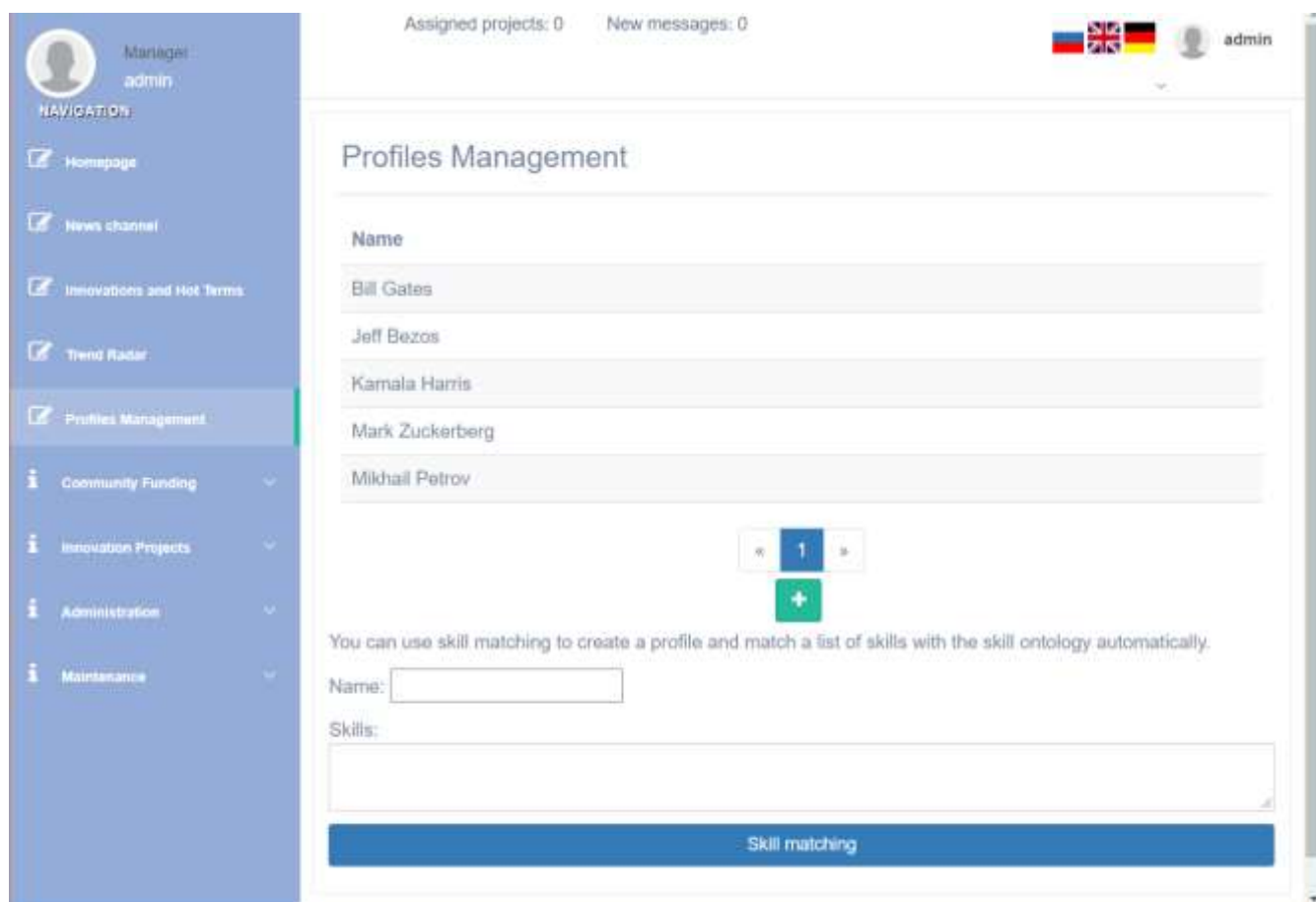


Рисунок 17 — Список профилей экспертов в экспертной сети

При нажатии на имя эксперта открывается его профиль, где можно ознакомиться с информацией о эксперте и его компетенциями. Пример такого профиля приведён на рисунке 18.

Проекты представлены в системе в виде задач. Информация о задаче и её требованиях содержится в профиле задачи. Пример такого профиля приведён на рисунке 19.

The screenshot shows a user interface for an expert network. On the left is a navigation menu with items like 'Homepage', 'News channel', 'Innovations and Hot Items', 'Trend Radar', 'Profiles Management', 'Community Funding', 'Innovation Projects', 'Administration', and 'Maintenance'. The main content area displays the profile for 'Bill Gates', with his position listed as 'CEO'. A detailed biography follows, mentioning his role at Microsoft. Below the bio, there are three buttons: 'Add skill' (green), 'Edit profile' (orange), and 'Delete profile' (red). A 'Save changes' button is positioned above a list of technical skills. Each skill entry includes the skill name, a progress indicator (e.g., '5 / 6'), and a red 'X' icon. The skills listed are: 'Application Development/Programming - 5 / 6', 'IT Quality Assurance - 5 / 6', 'Information System Security - 5 / 6', and 'Business Consulting and Requirements Analysis - 6 / 6'.

Рисунок 18 — Пример профиля эксперта в экспертной сети

The screenshot shows a task profile page. The navigation menu is identical to the previous image. The main content area is titled 'Recruiting Chatbot' and 'Project Discussion'. It displays project details: 'Due date: 28 September 2020', 'Impact: medium', 'Terms: chatbot, recruiting', and 'Reference material'. There are two buttons: 'Save as final' (dark blue) and 'Resolve' (light blue). Below these are three buttons: 'Edit Project' (orange), 'Delete Project' (red), and 'Suggest Skills' (green). A 'Requirements' section lists skills with progress indicators and icons: 'IT Tools - 1 / 6', 'Application Development/Programming - 1 / 6', 'Architecture Design - 1 / 6', 'Process Management - 1 / 6', and 'Managing Projects - 6 / 6'.

Рисунок 19 — Пример профиля задачи в экспертной сети

Компетенции резидентов и требования задач ссылаются на компетенции компании, которые представлены в системе в виде онтологии компетенций. Пример онтологии компетенции, представленной в виде иерархического дерева показан на рисунке 20.

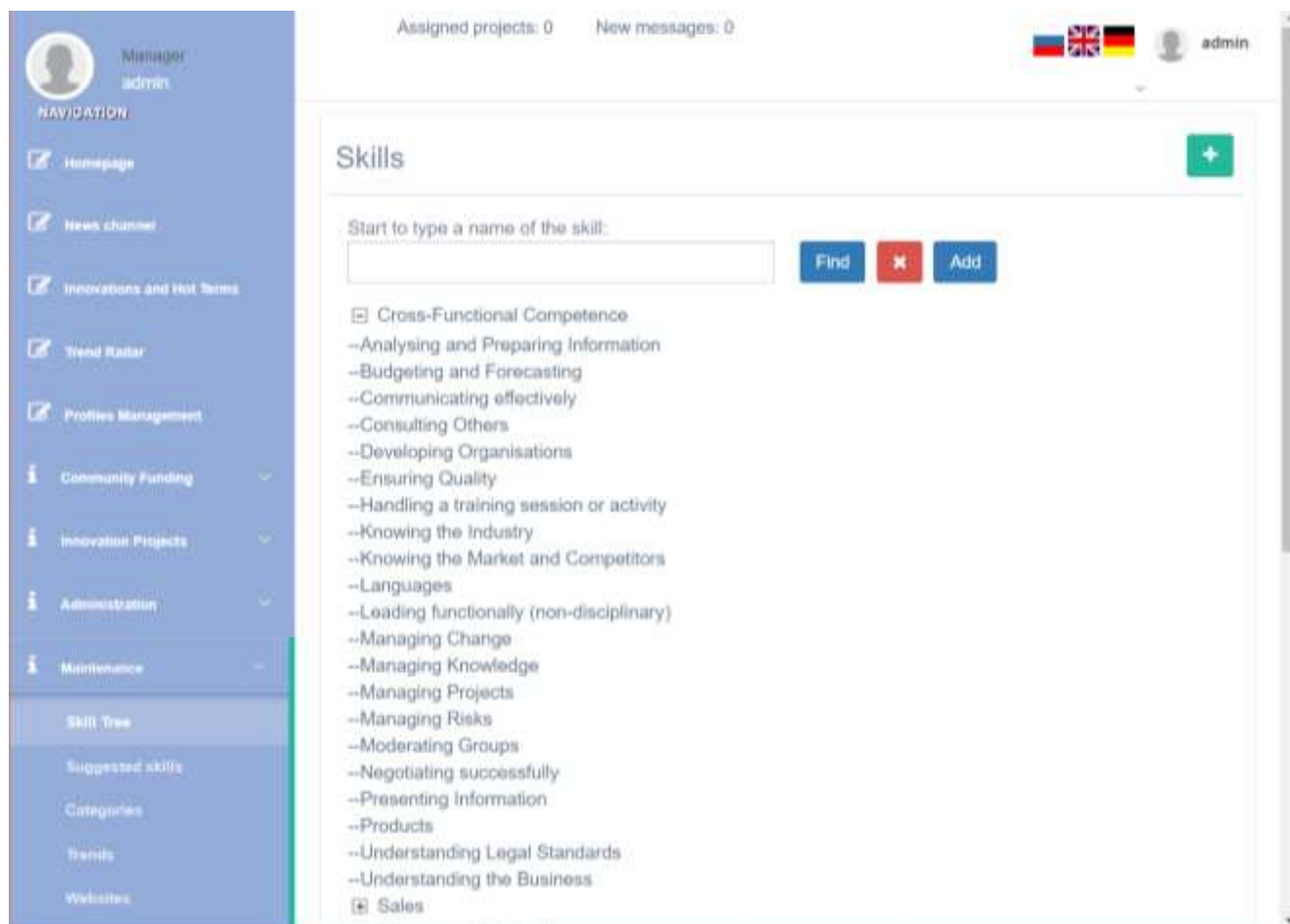


Рисунок 20 — Онтология компетенций в экспертной сети

Разработанный метод был реализован в экспертной сети. На рисунке 21 приведён пример результатов статистического анализа доступных документов. Показываются самые актуальные из найденных терминов, которые могут относиться к потенциальным инновациям. Кроме того, возможен поиск среди выявленных терминов и создание проектов на основе одного из терминов.

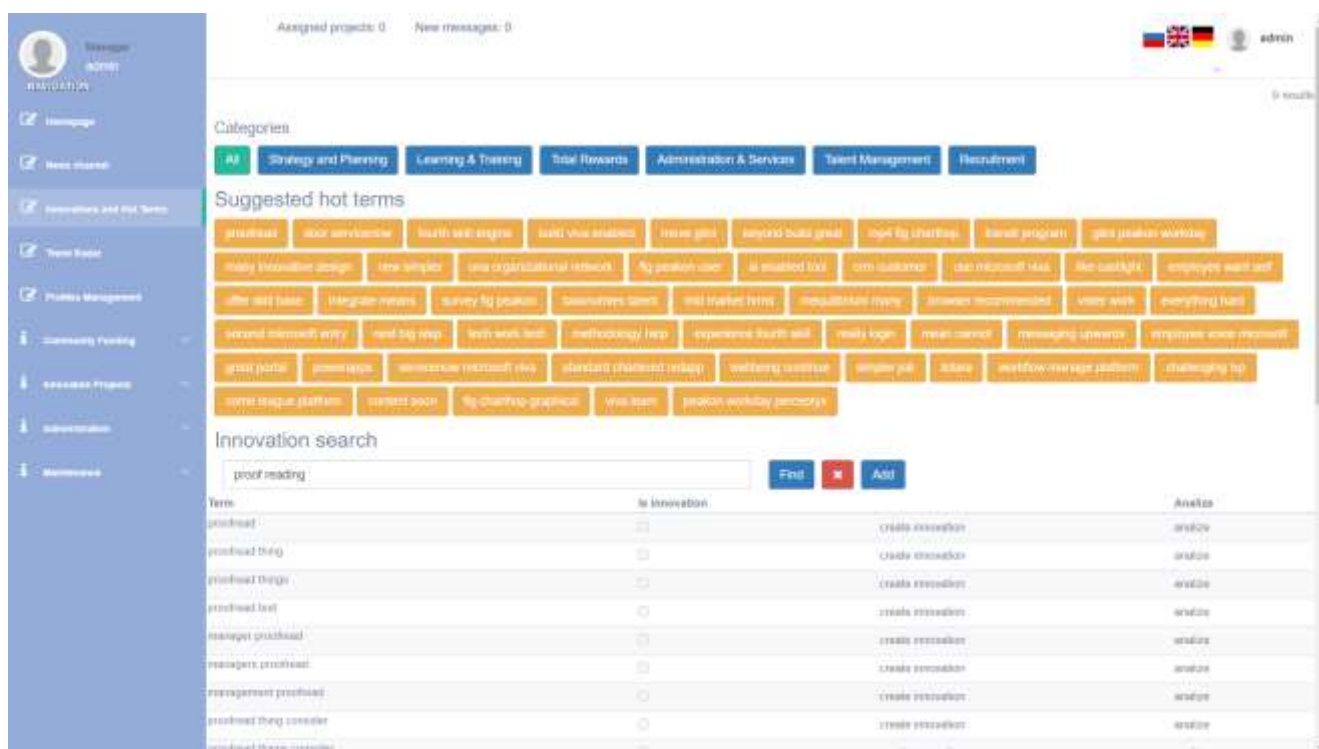


Рисунок 21 — Выявленные актуальные термины и поиск среди терминов

Создание проекта, помимо определения терминов, относящихся к нему, и требований к исполнителям, включает определение категории, к которой относится инновация, и важности данной инновации. Для определения важности инновации возможен анализ результатов голосования, процесс которого описан выше. Все текущие проекты отображаются на радаре трендов, показанном на рисунке 22. Он показывает важность проекта (чем ближе к центру, тем важнее проект) и категорию, к которой он относится (каждый цветной сектор относится к определённой категории).

На рисунке 23 приведён пример применения алгоритма формирования групп экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов. При создании или изменении проекта после указания требований к компетенциям исполнителей становится доступна кнопка «Найти исполнителей». В результате выполнения алгоритма показывается несколько вариантов проектных команд, каждая из которых удовлетворяет текущим требованиям проекта. Для каждой команды показывается состав участников, оценка их компетентности и текущая загруженность.

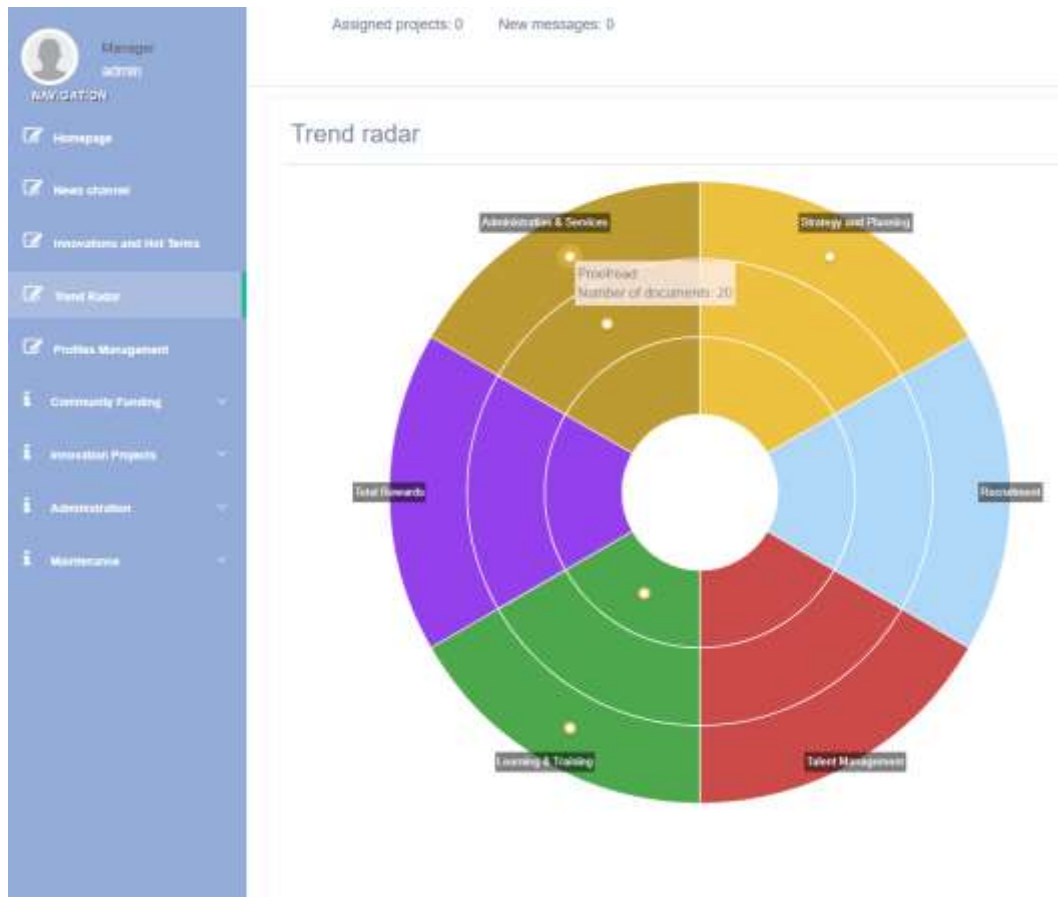


Рисунок 22 — Радар терминов

Group	Profiles Management	Digital skill level	Task performance
1. Most effective group	Alexey Kucherenko	65%	5
	Alexey Kishinev	45%	5
	Average	44%	5
2. Most available group	Anton Petrov	55%	4
	Average	38%	4
3. Experienced group	Henry Stepanov	67%	5
	Anton Petrov	55%	5
	Average	36%	5
4. Group for learning	Henry Stepanov	45%	2
	Henry Stepanov	47%	5
	Average	43%	3.2

Рисунок 23 — Результат применения алгоритма формирования групп экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов

Примером формирования проекта и команды для него может послужить проект пруфридинга, успешно реализованный в немецкой компании FESTO. Термин proofread был извлечён из найденных статей и по результатам статистического анализа был предложен эксперту-менеджеру (на рисунке 21 – первый термин в блоке «Suggested hot terms»). Эксперт-менеджер изучил статьи, в которых употреблялся этот термин (ссылки на статьи с количеством упоминаний термина показываются при нажатии на него), и отметил его как потенциальную инновацию. По результатам голосования и экспертного анализа было определено положение этой инновации на радаре терминов (рисунок 22), а также дополнительные термины, связанные с ней (например, “German”, определяемый регионом филиала компании). После создания проекта инновации термины, связанные с ней, были использованы для поиска соответствующих вакансий и извлечения требований проекта (таких как “Product Development Lifecycle”). На основе данных требований была подобрана группа исполнителей, назначенная на внедрение пруфридинга.

На рисунке 24 приведён пример применения алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов. После того, как проект завершён и указаны степени выполнения факторов его успешности, в профиле проекта становится доступна кнопка «Актуализировать компетенции». В результате выполнения алгоритма показывается возможное изменение компетенций для каждого участника проекта. Менеджер может сравнить текущее значение уровня владения компетенций, задействованных в выполнении проекта, и предлагаемое новое значение и подтвердить изменение или оставить ту или иную компетенцию без изменений.

Competence actualization			
User name	Competency	Current value	New value
Alexey Kashevnik	skill 9	6	3
	skill 11	6	4
	skill 13	6	3
	skill 6	6	3
	skill 10	5	2
	skill 5	6	3
Mikhail Petrov	skill 11	5	4
	skill 2	2	1
	skill 15	4	1

Apply

Рисунок 24 — Результат применения алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов

4.2 Оценка эффективности алгоритма формирования вариантов команд экспертов

Экспериментальное исследование алгоритма формирования вариантов команд экспертов на основе онтологии компетенций для совместного выполнения проектов заключается в оценке времени получения результатов для наборов исходных данных разных размеров. Результат представляет собой сформированный и отсортированный по коэффициенту оптимальности список групп экспертов, удовлетворяющих заданным требованиям [25, 26, 140].

Для оценки эффективности подхода была разработана методология оценки, определяющая параметры, которые будут использоваться для формирования наборов данных, на основе которых будут получены результаты. Эта методология и её параметры описаны далее.

4.2.1 Методология оценки

Для оценки времени работы алгоритма формирования вариантов команд экспертов целесообразно изменять количество экспертов в системе и количество требований в одной конкретной задаче.

На момент начала оценки эффективности в системе было 32 эксперта. Каждый из них владеет в среднем 10 компетенциями с разными уровнями владения. Для оценки эффективности была создана задача, содержащая 10 требований с разными уровнями владения.

Для формирования наборов данных, на основе которых будут получены результаты, были определены параметры случайной генерации экспертов и требований. Эти параметры включают в себя шаг генерации и особые требования к генерируемым экспертам и требованиям. Шаг генерации определяет количество генерируемых объектов за один раз, после которого производится оценка времени получения результатов. Таким образом, на каждом шаге генерации после того, как было сгенерировано определённое количество требований или экспертов, запускалось выполнение алгоритма и оценивалось время его выполнения для текущего набора данных. Особые требования к генерируемым экспертам и требованиям необходимы для того, чтобы сгенерированные эксперты и требования были близки к реальным и не возникало ситуации, когда получение результатов невозможно.

Шаг генерации экспертов составлял 5000 экспертов. Таких шагов было сделано 7, то есть максимальное количество экспертов, для которого проводилась оценка времени получения результатов – 35032. Каждый сгенерированный эксперт имел от 5 до 10 компетенций. Для каждой из этих компетенций случайным образом определялась компетенция компании, которой эксперт ещё не владеет, и уровень владения ею.

Шаг генерации требований составлял 10 требований. Таких шагов было сделано 5, то есть максимальное количество требований, для которого проводилась оценка времени получения результатов – 60. Для каждого из сгенерированных

требований случайным образом определялась компетенция компании и уровень владения ею таким образом, чтобы этой компетенцией на данном уровне владел хотя бы один эксперт, при этом уровень владения был не выше, чем 75% от максимального уровня владения выбранной компетенцией. Благодаря этому, все генерируемые требования были выполнимы, а результаты могли быть получены для любого сформированного набора данных.

Описанные параметры позволяют сгенерировать 48 наборов данных, на основе которых возможно оценить время получения результатов. Для каждого набора 10 раз запускался алгоритм формирования вариантов команд экспертов и высчитывалось время, за которое будут получены результаты. На основе этого высчитывалось среднее время получения результатов для данного набора. Затем все сгенерированные объекты удалялись и наборы формировались заново, после чего процедура оценки времени получения результатов для всех наборов повторялась. Всего было произведено 5 таких итераций, на основе которых было рассчитано среднее время получения результатов для наборов всех размеров. Таким образом, при оценке времени работы получения результатов алгоритм формирования групп экспертов запускался $48 \cdot 10 \cdot 5 = 240$ раз и было получено 48 усреднённых значений.

4.2.2 Результаты оценки

Визуализация результатов оценки времени работы алгоритма формирования вариантов команд экспертов приведена на рисунке 25. Вертикальная ось обозначает усреднённое время получения результатов для различных наборов данных в миллисекундах. Горизонтальная ось обозначает количество экспертов в системе. Цвета линий обозначают количество требований в проекте.

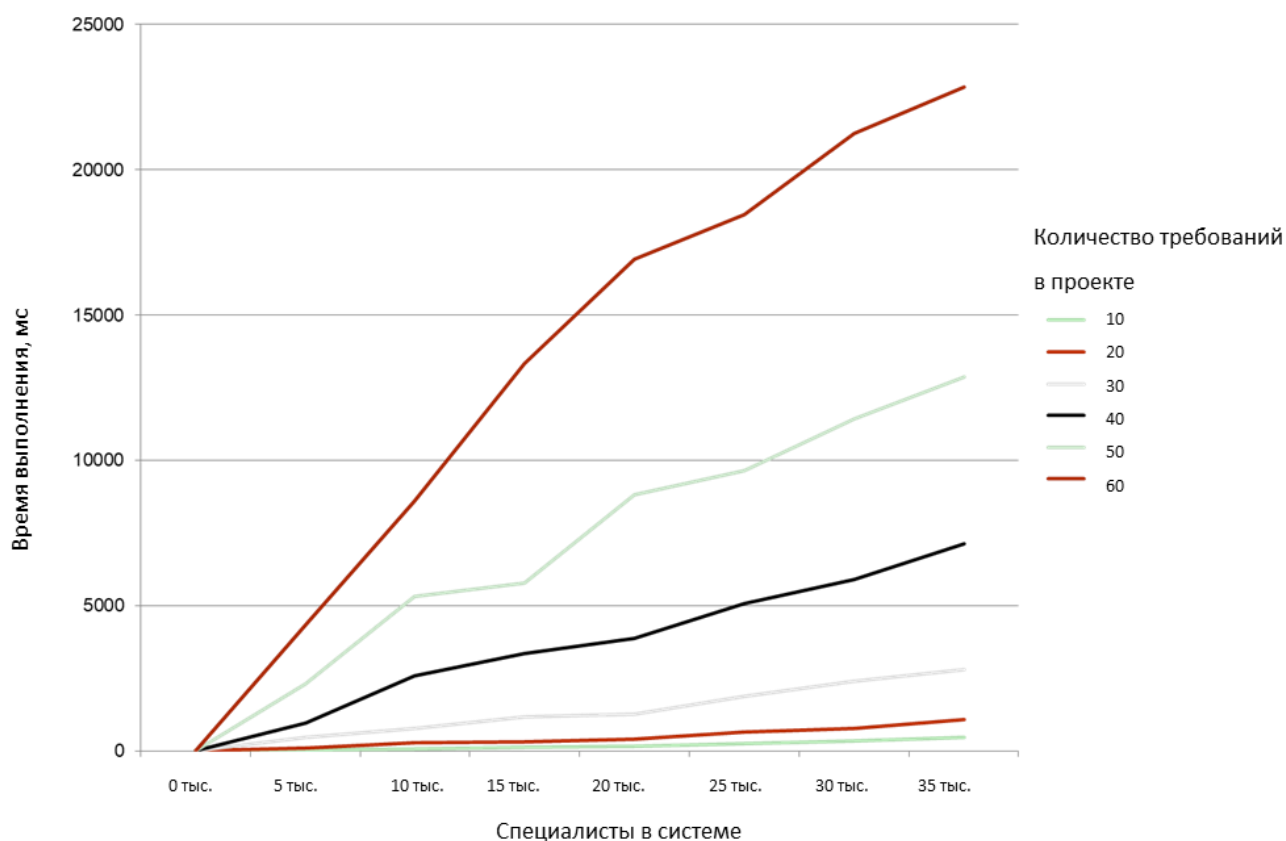


Рисунок 25 — Усреднённое время получения результатов для различных наборов данных

Как видно из графика, время получения результатов слабо увеличивается при увеличении количества экспертов в системе и заметно увеличивается при увеличении количества требований. Однако изменения времени линейны, и даже для максимального набора данных, содержащего более 35 тысяч экспертов и проект с 60 требованиями, время получения результатов меньше 25 секунд. При этом на наборах данных, более приближенных к реальным ситуациям, результаты получаются очень быстро.

Таким образом, оценка эффективности алгоритма показала его применимость в различных ситуациях, в том числе в компаниях с большим количеством сотрудников.

4.3 Оценка эффективности алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов

Оценка эффективности алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов заключается в проверке гипотез, связанных с алгоритмом. Эти гипотезы основаны на том, как работает алгоритм, а также на принципах, описанных в рассмотренных исследованиях. Поскольку алгоритм предполагает актуализацию уровней компетенций экспертов, его оценка заключается в применении алгоритма к экспертам, чьи заявленные компетенции не соответствуют реальным. В рамках этого эксперимента заявленные компетенции означают уровни владения компетенциями, указанные в профилях экспертов.

Гипотеза 1:

H1 Уровни компетенций экспертов, чьи заявленные компетенции выше реальных, снижаются в результате актуализации.

Предполагается, что представленный в работе алгоритм в долгосрочной перспективе снижает компетенции экспертов, реальные компетенции которых ниже указанных в профиле. Это связано с тем, что такие эксперты повышают вероятность неудачного завершения проектов. Эта гипотеза будет подтверждена, если в среднем уровень квалификации экспертов, чьи заявленные компетенции ниже реальных, снизится, приблизившись к реальным значениям.

Гипотеза 2:

H2 Уровни компетенций экспертов, чьи заявленные компетенции ниже реальных, увеличиваются в результате актуализации.

Предполагается, что представленный в работе алгоритм в долгосрочной перспективе увеличивает компетенции экспертов, реальные компетенции которых выше указанных в профиле. Это связано с тем, что такие эксперты повышают вероятность неудачного завершения проектов, а соответственно будут участвовать в проектах, которые будут по большей части удачно выполнены. Эта гипотеза будет подтверждена, если в среднем уровень квалификации экспертов, чьи

заявленные компетенции выше реальных, увеличится, приблизившись к реальным значениям.

Гипотеза 3:

H3 Уровни компетенций экспертов, чьи заявленные компетенции соответствуют реальным, не изменятся в результате актуализации.

Предполагается, что представленный в работе алгоритм в долгосрочной перспективе не изменяет компетенции экспертов, реальные компетенции которых соответствуют указанным в профиле. Это связано с тем, что такие эксперты не влияют на вероятность удачного или неудачного завершения проектов, поэтому они участвуют как в удачных, так и в неудачных проектах. Эта гипотеза будет подтверждена, если в среднем уровень квалификации экспертов, чьи заявленные компетенции соответствуют реальным, не изменятся.

Гипотеза 4:

H4 Актуализация компетенций экспертов после каждого проекта, в котором этот эксперт участвует, способствует приближению значений заявленных компетенций к реальным.

Предполагается, что алгоритм может быть автоматически применен ко всем экспертам, задействованным в проектах. Это связано с тем, что алгоритм учитывает текущие значения уровней компетенций и различные факторы успеха проекта, поэтому он будет предлагать актуализации уровня компетенций только в случае необходимости. Данная гипотеза будет подтверждена, если не будет некорректных случаев актуализации уровня компетенций.

4.3.1 Получение данных

Экспериментальное исследование алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов заключается в оценке изменения компетенций экспертов, у которых заранее распределены роли. В зависимости от роли реальные компетенции эксперта могут быть выше заявленных, ниже их или соответствовать им. В рамках данной работы как фактор,

влияющий на успех проекта, учитывается только соответствие заявленных компетенций реальным. Таким образом, роли исполнителей проекта влияют на успех проекта в этом эксперименте. Схема эксперимента представлена на рисунке 26.

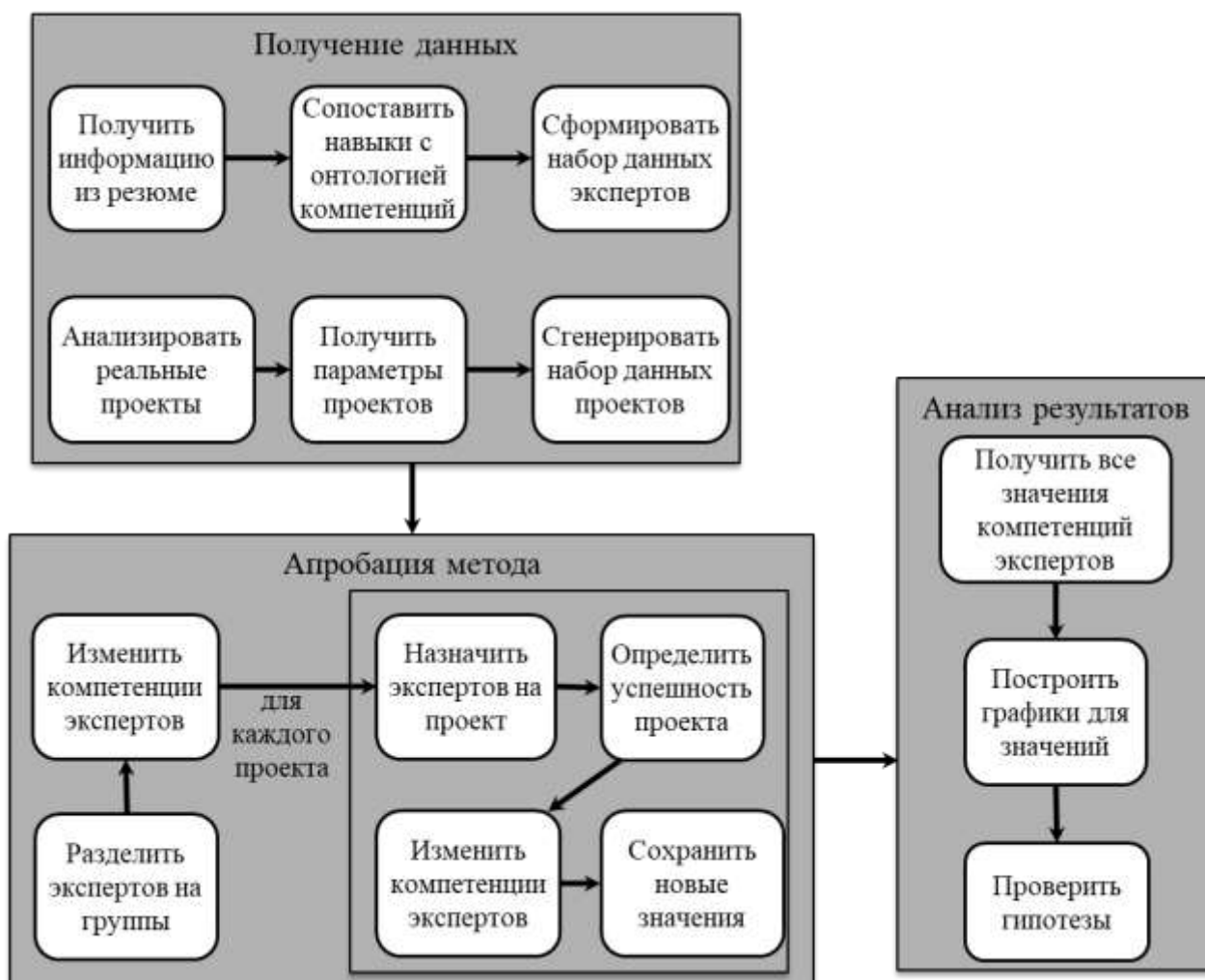


Рисунок 26 — Апробация алгоритма

Для проведения эксперимента необходим набор экспертов и их компетенции, а также набор проектов и их требований [133]. Компетенции и требования соответствуют навыкам, которые включают профессиональные навыки (такие как программирование или финансовый анализ), а также коммуникативные навыки (такие как лидерство или собеседование).

Данные о экспертах были получены из резюме с сайта postjobfree.com. Навыки, указанные в резюме, были сопоставлены с навыками в системе. В

зависимости от точности совпадения были определены уровни владения компетенциями. Уровень компетенции относительно максимально возможного определялся тем, на сколько процентов совпадали названия навыков. Эти уровни были отредактированы вручную для каждого из 23 экспертов на основе информации, содержащейся в резюме.

Данные о проектах были сгенерированы по параметрам, основанным на реальных проектах. Эти параметры включают в себя количество требований в проектах и обычный требуемый уровень владения для них. Для определения данных параметров задачи, указанные в 21 научном проекте, были сопоставлены с онтологией компетенций. Анализ требований включал определение минимальных, максимальных и средних значений количества требований в проектах и требуемых уровней квалификации.

Результат анализа показал, что обычное количество требований к исполнителям, которые можно выделить в этих проектах, составляет от 3 до 8. Такие же параметры использовались для сформированных проектов. При генерации проекта определялось случайное количество требований в рамках указанных параметров. Для каждого требования выбирался случайный навык и случайный уровень владения этим навыком. Навыки были выбраны из тех, которыми владеет хотя бы один эксперт. При этом сгенерированный уровень навыка не мог превышать максимальный уровень этого навыка среди компетенций эксперта. Было сформировано 10 проектов для 23 экспертов с 215 компетенциями.

4.3.2 Проведение эксперимента

Эксперты были случайным образом разделены на три группы для проведения эксперимента. Компетенции экспертов первой группы (9 экспертов) были повышены, их реальная компетенция предполагается ниже заявленной. Компетенции экспертов второй группы (9 экспертов) были снижены, их реальные компетенции предполагаются выше заявленных. Компетенции экспертов третьей группы (5 экспертов) не изменились, предполагается, что их реальные

компетенции соответствуют заявленным. На этапе планирования ожидалось, что алгоритм приблизит заявленные компетенции экспертов к реальным, то есть снизит компетенции экспертов из первой группы и повысит компетенции экспертов из второй группы.

Для каждого сформированного проекта определялись исполнители и результат исполнения. Исполнители проекта отбирались из экспертов, исходя из требований проекта и компетенций экспертов. Результат реализации каждого проекта определялся исходя из его исполнителей по формуле:

$$A_i = \sum_{j=1}^{X_i} \lambda_{ij} \quad (14)$$

где A_i – результат выполнения i -ого проекта; X_i – количество исполнителей i -ого проекта; λ_{ij} – параметр, определяющий группу эксперта: для экспертов первой группы (реальные компетенции ниже заявленных) $\lambda = -1$, для экспертов второй группы (реальные компетенции выше заявленных) $\lambda = 1$, для экспертов третьей группы (реальные компетенции соответствуют заявленным) $\lambda = 0$. Таким образом, чем больше исполнителей в проекте, чьи реальные компетенции выше заявленных, тем успешнее проект считается, и наоборот. Эта зависимость обусловлена описанным выше ограничением, согласно которому в качестве фактора, влияющего на успех проекта, учитывается только соответствие заявленных компетенций реальным.

Для каждого проекта, после его генерации, определения его участников и его результатов, проводился анализ компетенций его исполнителей в соответствии с алгоритмом актуализации компетенций. Предложенные изменения компетенций участников применялись, после чего в следующих проектах учитывались уже изменённые данные.

4.3.3 Анализ результатов

Данные о компетенциях экспертов замерялись после каждого анализа компетенций участников проекта. Всего было сгенерировано 10 проектов, таким

образом для каждой компетенции каждого эксперта получено 11 значений: начальное и 10 значений, которые изменились или не изменились после каждого завершённого проекта. Эти данные позволяют выделить и проиллюстрировать несколько возможных сценариев, а также общую тенденцию.

Все графики, представленные ниже, имеют следующие обозначения. Каждый график соответствует эксперту, его номер подписан вверху графика. Более того, если эксперт относится к первой группе (реальные компетенции ниже заявленных), подпись красного цвета. Если эксперт относится ко второй группе (реальные компетенции выше заявленных), подпись зеленого цвета. Если эксперт относится к третьей группе (реальные компетенции соответствуют заявленным), подпись черная. По вертикальной оси обозначены уровни владения компетенциями от минимального – 1 до максимального – 10. Для каждого эксперта линии разного цвета соответствуют разным компетенциям. Пунктирные линии соответствуют реальным значениям компетенций, обозначенным линиями того же цвета. Для удобства показаны только проекты, в которых эксперт участвовал, и задействованные в них компетенции. Более того, если проект успешен ($A_i > 0$), то его подпись зеленая. Если проект неуспешен ($A_i < 0$), то его подпись красного цвета. В других случаях ($A_i = 0$) для обозначения проектов используется черная подпись.

Первый возможный сценарий показан на рисунке 27. Эксперт из первой группы участвует в трех успешных проектах. При этом задействованные в них компетенции увеличились. В результате уровни компетенций, указанные в его профиле, стали ближе к реальным.

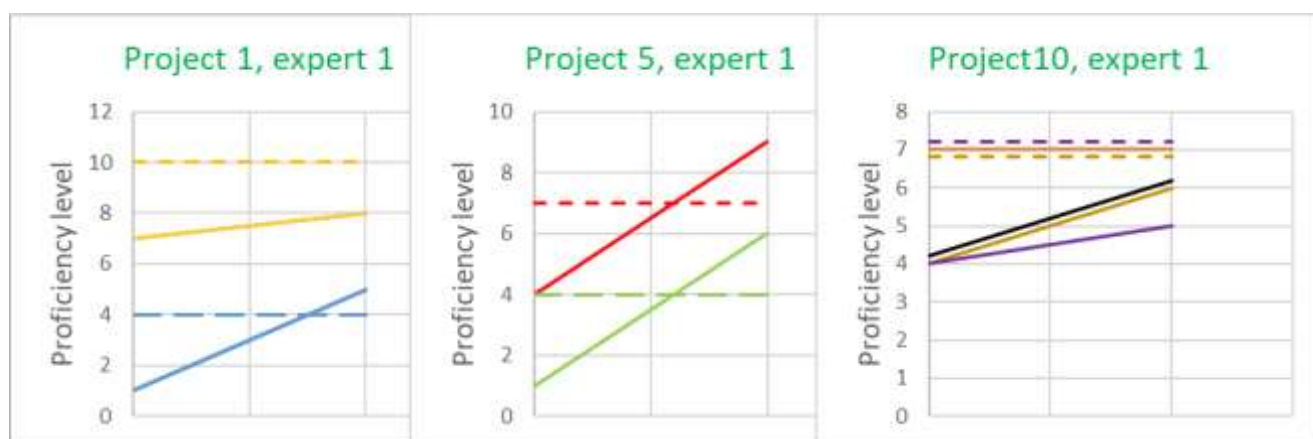


Рисунок 27 — Повышение уровня компетенций эксперта из первой группы

Второй возможный сценарий показан на рисунке 28. Эксперт из второй группы участвует в трех неудачных проектах. При этом задействованные в них компетенции уменьшились. В результате уровни компетенций, указанные в его профиле, стали ближе к реальным.

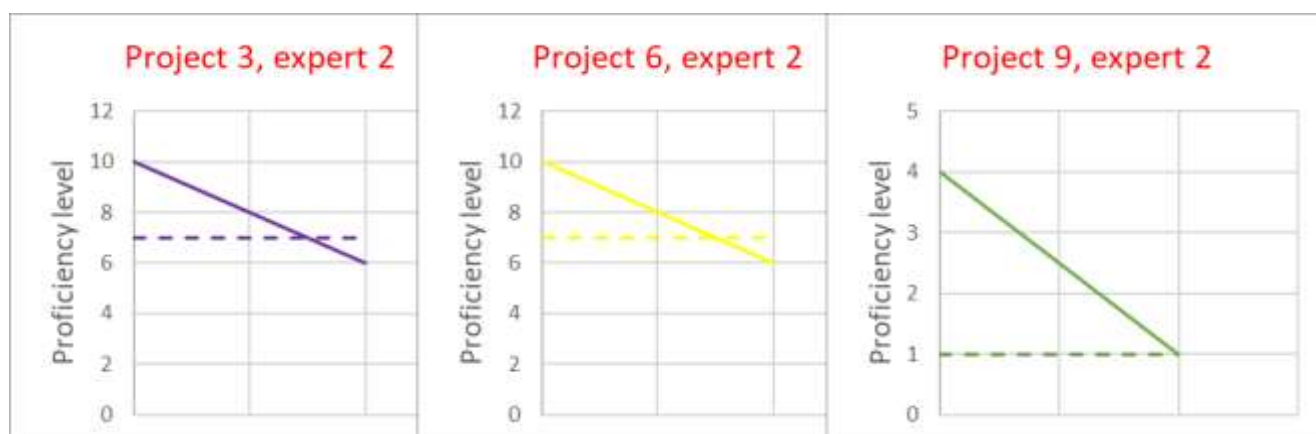


Рисунок 28 — Уменьшение уровня компетенций эксперта из второй группы

Следующий возможный сценарий показан на рисунке 29. Эксперт из третьей группы участвует в трех проектах, два из которых успешны. Причем его компетенции меняются только после завершения первого проекта. Второй проект включает компетенции, которые уже имеют максимальный уровень владения. Третий проект не был успешным или неудачным, поэтому уровни компетенций не меняются после его завершения.

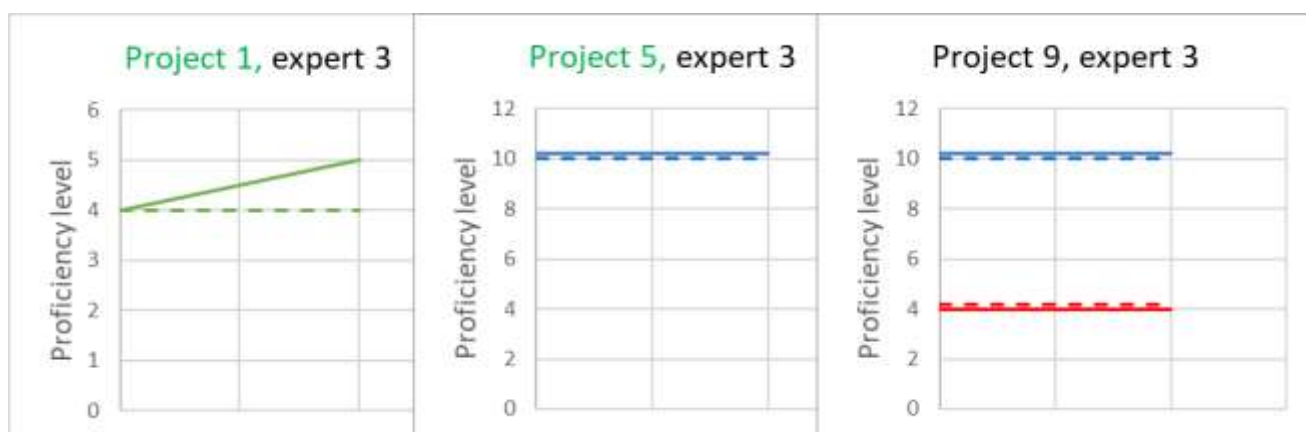


Рисунок 29 — Незначительное изменение уровней компетенций эксперта из третьей группы

Следующий возможный сценарий показан на рисунке 30. Эксперт из третьей группы участвует в пяти проектах с разной степенью успеха. В зависимости от того, какие компетенции задействованы в разных проектах, уровни компетенций эксперта меняются по-разному, отходя от реальных значений.

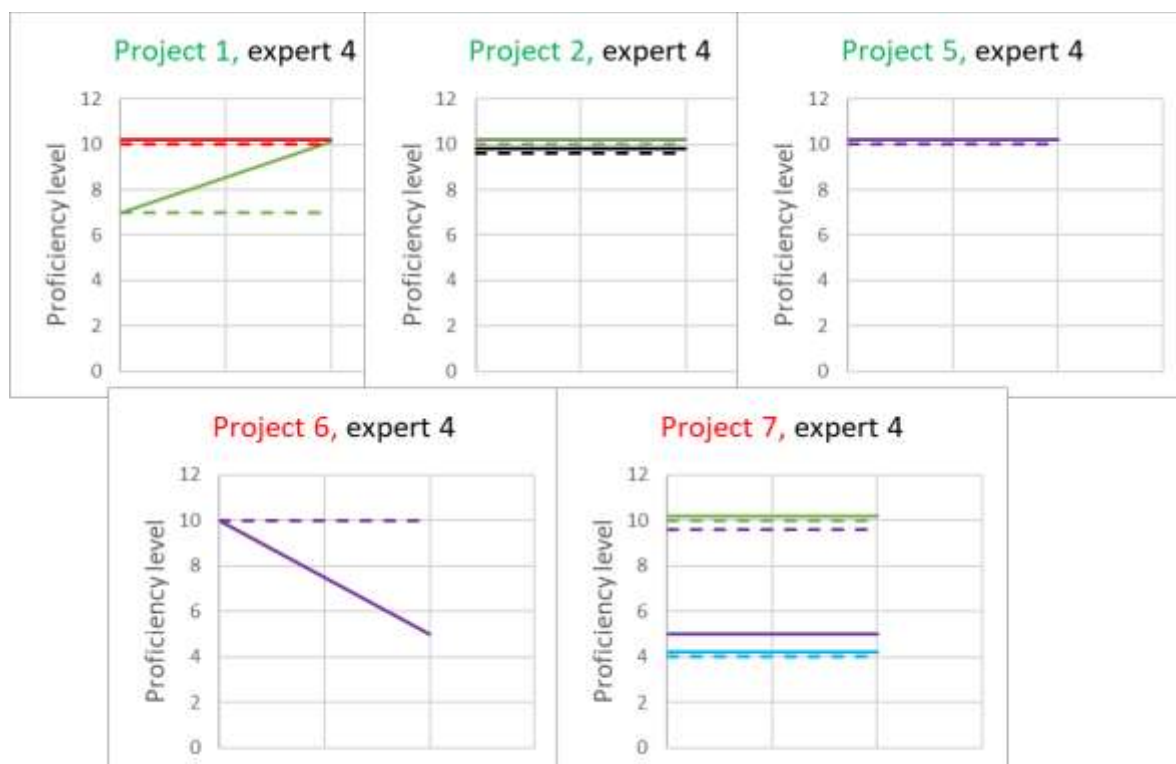


Рисунок 30 — Изменение уровней компетенций эксперта третьей группы

На рисунках 31-33 показаны средние значения уровней компетенций для каждого эксперта. Они показывают, в каком направлении в основном изменились компетенции экспертов из разных групп.

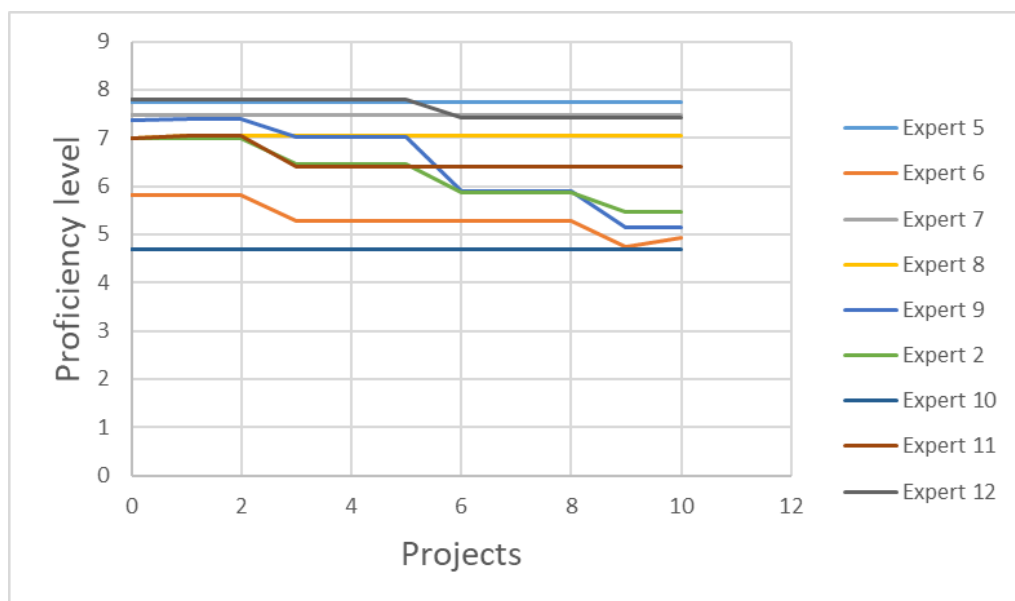


Рисунок 31 — Изменение среднего уровня компетенций экспертов из первой группы

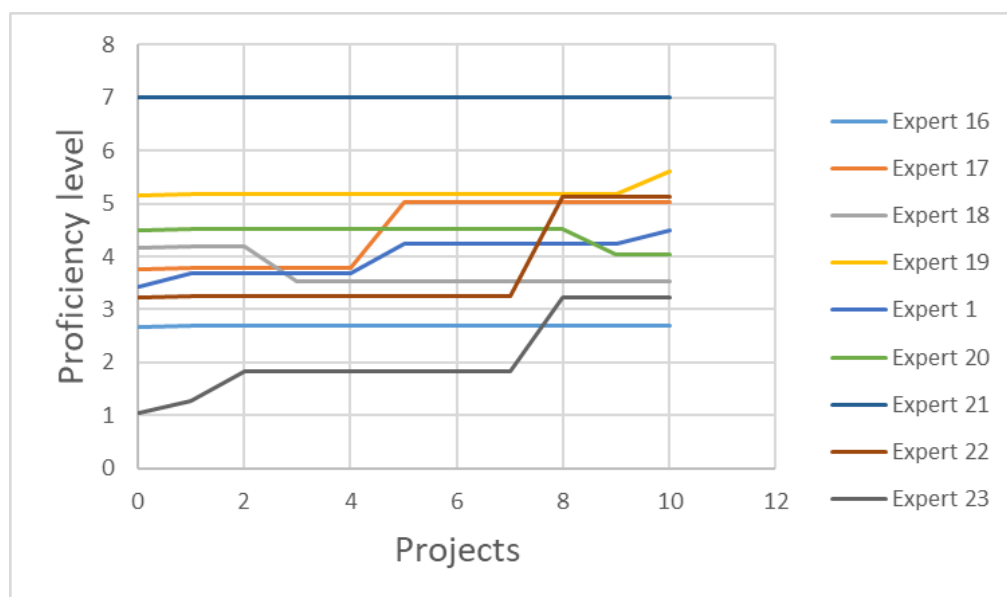


Рисунок 32 — Изменение среднего уровня компетенций экспертов из второй группы

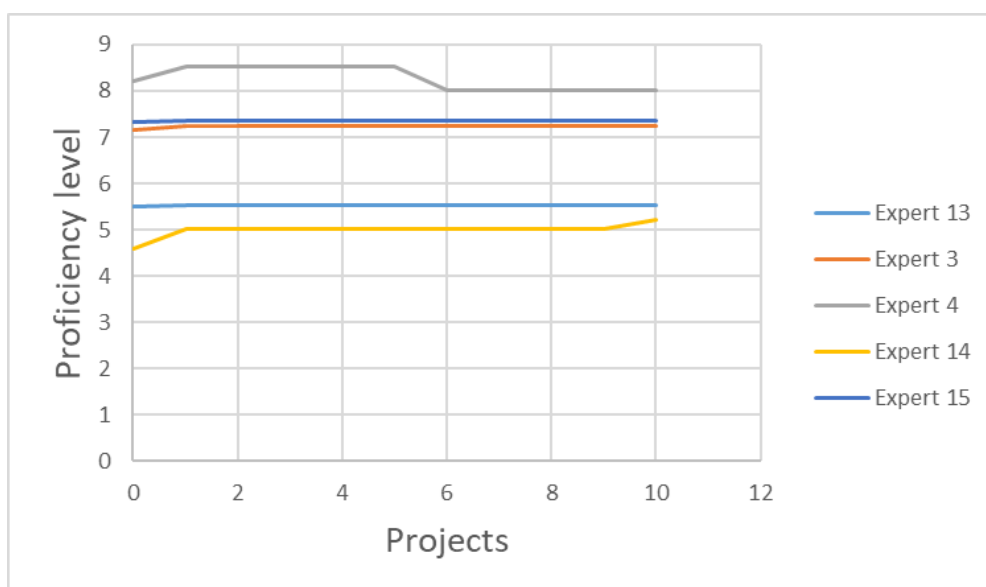


Рисунок 33 — Изменение среднего уровня компетенций экспертов из третьей группы

На рисунке 34 приведена общая тенденция к изменению компетенций экспертов, относящихся к разным группам. Каждая сплошная и прерывистая линия на нем показывает средние заявленные и реальные значения уровней компетенций экспертов соответственно. Зеленая, красная и черная линии представляют значения для экспертов из первой, второй и третьей групп соответственно.

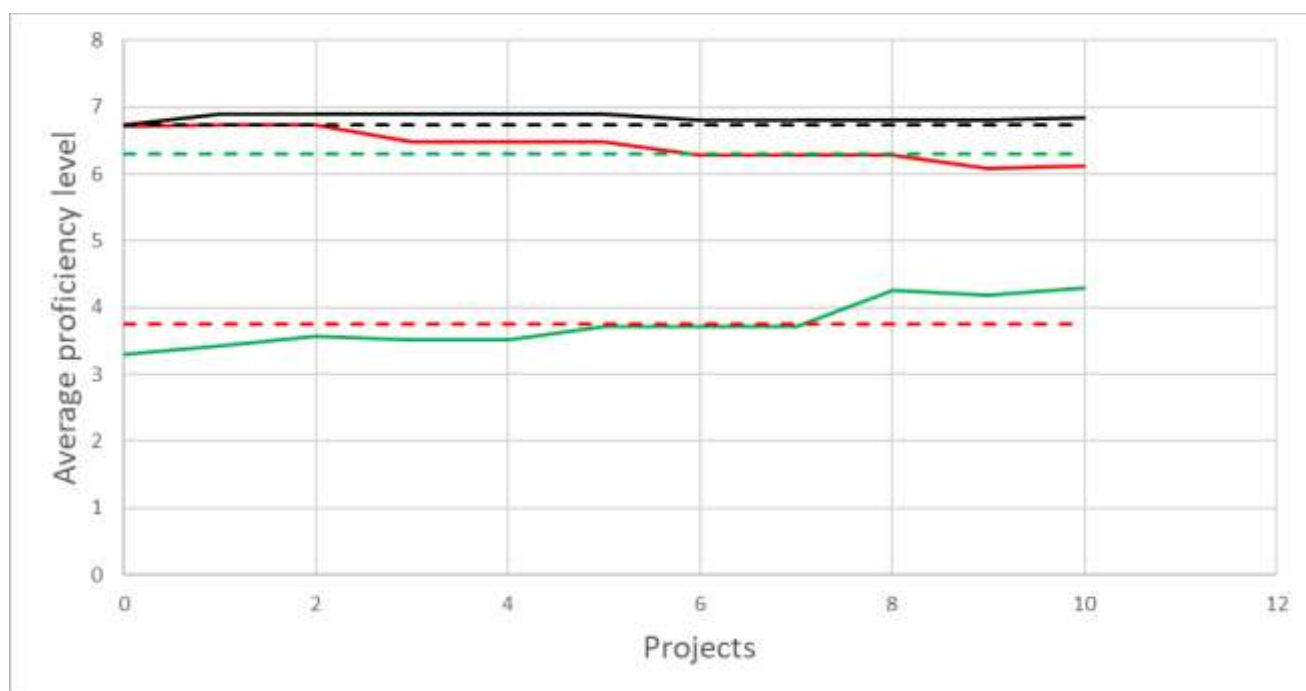


Рисунок 34 — Изменение среднего уровня владения компетенций для экспертов, относящихся к разным ролям

В среднем, заявленные компетенции экспертов приближаются к реальным: они понижаются у экспертов, которые указывают более высокие компетенции (в среднем на 2,7% после каждого проекта), и повышаются у экспертов, которые указывают более низкие компетенции (в среднем на 0,8% после каждого проекта). Чем больше проектов, к которым применён данный алгоритм, тем больше заявленные компетенции соответствуют реальным. Таким образом, алгоритм обеспечивает повышение эффективности управления проектными командами в части управления компетенциями экспертов за счёт приближения компетенций, указанных в профилях экспертов, к реальным значениям, что подтверждает выполнение критерия поддержки актуальности указанных уровней владения компетенциями экспертов.

Гипотеза 1 связана с актуализацией уровня компетенций экспертов, которые завышают свои компетенции. Это представлено во втором сценарии, показывающем понижение уровня компетенций эксперта первой группы. Кроме того, красной линией на рисунке 34 показано изменение среднего уровня компетентности таких экспертов. Таким образом, результаты экспериментов подтверждают гипотезу 1.

Гипотеза 2 связана с актуализацией уровня компетенций экспертов, которые занижают свои компетенции. Это представлено в первом сценарии, показывающем повышение уровня компетенций эксперта второй группы. Кроме того, зеленая линия на рисунке 34 показывает изменение среднего уровня компетентности таких экспертов. Таким образом, результаты экспериментов подтверждают гипотезу 2.

Гипотеза 3 связана с актуализацией уровня компетенций экспертов, реально оценивающих свои компетенции. Это представлено в третьем сценарии, показывающем незначительное изменение уровней компетенций эксперта третьей группы. Кроме того, черная линия на рисунке 34 показывает изменение среднего уровня компетенций таких экспертов. Таким образом, результаты экспериментов подтверждают гипотезу 3.

Анализ различных сценариев применения алгоритма автоматизированной актуализации компетенций экспертов на основе результатов совместного выполнения проектов и степени вовлечения в них экспертов показал, что алгоритм хорошо применим для изменения компетенций экспертов, реальные компетенции которых отличаются от указанных в профилях. Однако этот алгоритм не применим для экспертов с правильно заданными компетенциями. Особенно ярко это проявляется в четвертом сценарии. Таким образом, алгоритм не следует использовать слишком часто для одного и того же эксперта. Это отвергает Гипотезу 4. Следовательно, актуализация уровня компетенций экспертов не может производиться автоматически, требуется подтверждение менеджера проекта. Эта функциональность предусмотрена алгоритмом.

Таким образом, алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов предполагает изменение компетенций экспертов в зависимости от успешности проекта, в котором они участвовали. В связи с этими изменениями заявленные в профилях экспертов уровни компетенций приближаются к своим реальным значениям. Тем не менее, некоторые изменения вносить не следует, поскольку компетенции изначально соответствовали их реальным значениям. Для этого менеджер проекта должен проверить предложенные изменения и применить только необходимые, исходя из своего опыта и дополнительной информации об участниках проекта, представленной в их профилях экспертов.

4.4 Оценка эффективности полного цикла выполнения проекта

Для оценки изменения эффективности формирования команд проектов компании были рассчитаны выявленные показатели для процесса формирования проектных команд, выполняемого вручную и с помощью разработанного метода.

Для оценки времени, необходимого на формирование команды экспертов, способной выполнить проект, без использования разработанного метода, бизнес-процесс формирования проектной команды был разбит на несколько этапов, для каждого из которых было оценено примерное время, необходимое для выполнения

этапа [13, 141]. Менеджер проекта должен изучить список доступных экспертов и сопоставить их компетенции с требованиями проекта и компетенциями других экспертов, а также оценить их стоимость [142]. Так как менеджер проекта обычно сам определяет требования проекта, можно предположить, что он хорошо помнит их, и можно пренебречь сопоставлением компетенций экспертов и требований проектов. В лучшем варианте каждый рассматриваемый эксперт попадает в проектную команду, линейно увеличивая необходимое количество сопоставлений. Такое допущение разумно делать при относительно небольшом количестве экспертов в системе, например, 5 тысяч. Тогда минимальное время, необходимое на формирование команды экспертов, можно посчитать по формуле:

$$V_p = \frac{1}{2} * K_{om} * (K_{om}-1) * C_{оп} + K_{om} * B_{юд}, \quad (15)$$

где V_p – минимальное время, необходимое на формирование команды экспертов; K_{om} – количество экспертов в команде, необходимое для выполнения проекта; $C_{оп}$ – время, необходимое для сопоставления между собой компетенций двух экспертов (примерно 20 секунд для экспертов, владеющих порядка 10 компетенциями); $B_{юд}$ – время, необходимое для подсчёта суммарной стоимости работы команды и сравнения с бюджетом проекта (примерно 5 секунд).

Количество экспертов в команде, необходимое для выполнения проекта, зависит от требований проекта. Можно принять, что каждый эксперт в среднем владеет двумя новыми компетенциями, требуемыми в проекте, тогда $K_{om} =$ половина числа требований в проекте. Тогда для значений, указанных на рисунке 25, получаются значения, указанные в таблице 5. В ней V_{p_p} означает значение V_p , посчитанное по формуле 15, для процесса, выполняемого вручную; V_{p_m} означает значение V_p , посчитанное как сумму времени работы алгоритма формирования групп экспертов и времени, необходимого для ознакомления с предложенными вариантами (примерно 3 минуты), для процесса, выполняемого с использованием метода.

Таблица 5 — Сравнение минимального времени, необходимого на формирование команды экспертов

Количество требований	V_{p_p}	V_{p_m}	Изменение
-----------------------	-----------	-----------	-----------

10	225	180	20.0
20	950	180,1	81.0
30	2175	180,5	91.7
40	3900	181	95.4
50	6125	183,3	97.0
60	8850	187,3	97.9

Таким образом, среднее повышение эффективности времени, необходимого на формирование команды экспертов, составляет 80,5%.

Для оценки изменения времени, затрачиваемого на различные этапы выполнения проекта, включающего затраты времени на формирование проекта, формирование команды для его выполнения и анализ результатов проекта, было оценено время, затрачиваемое на различные этапы этого процесса с использованием разработанного метода и без него. Результаты оценки представлены в таблице 6.

Таблица 6 — Оценка времени, затрачиваемого на различные этапы выполнения проекта

Этап	Процесс	Количество	Время эксперта (вручную)	Время эксперта (с системой)	Время работы системы
Формирование проекта	Анализ статей	20 статей	60 мин	-	20 мин
	Извлечение инноваций	15 потенциальных инноваций	30 мин	-	2 мин
	Анализ потенциальных инноваций	5 проектов	10 мин	20 мин	-
	Формирование требований	30 требований к исполнителям	15 мин	10 мин	1 мин
Формирование команды	Подбор участников	15 участников	35 мин	-	1 мин
	Анализ стоимости	-	2 мин		
	Выбор команды	5 вариантов	-	5 мин	-
Анализ результатов	Оценка успешности	10 факторов, определённых для проекта	10 мин	-	3 мин
	Актуализация компетенций	150 компетенций	50 мин	25 мин	
Итого			152 мин	60 мин	27 мин

Таким образом, время, затрачиваемое на полный цикл выполнения проекта, сокращается примерно в два раза, что подтверждает выполнение критерия уменьшения времени, затрачиваемого на полный цикл выполнения проекта. При этом сокращается время работы эксперта, то есть менеджера проекта, что позволяет оценить окупаемость применения разработанного метода.

Была проведена оценка времени, затрачиваемого на принятие управленческих решений на различных этапах реализации жизненного цикла проекта. Оценка проводилась для процессов, выполняемых вручную и с использованием разработанного метода. Результаты оценки, представленные на рисунке 35, показали, что при малой операционной сложности применение метода уменьшает оперативность принятия управленческих решений. Однако при большем количестве параметров метод заметно увеличивает её. Параметры, определяющие операционную сложность, представлены в таблице 7.

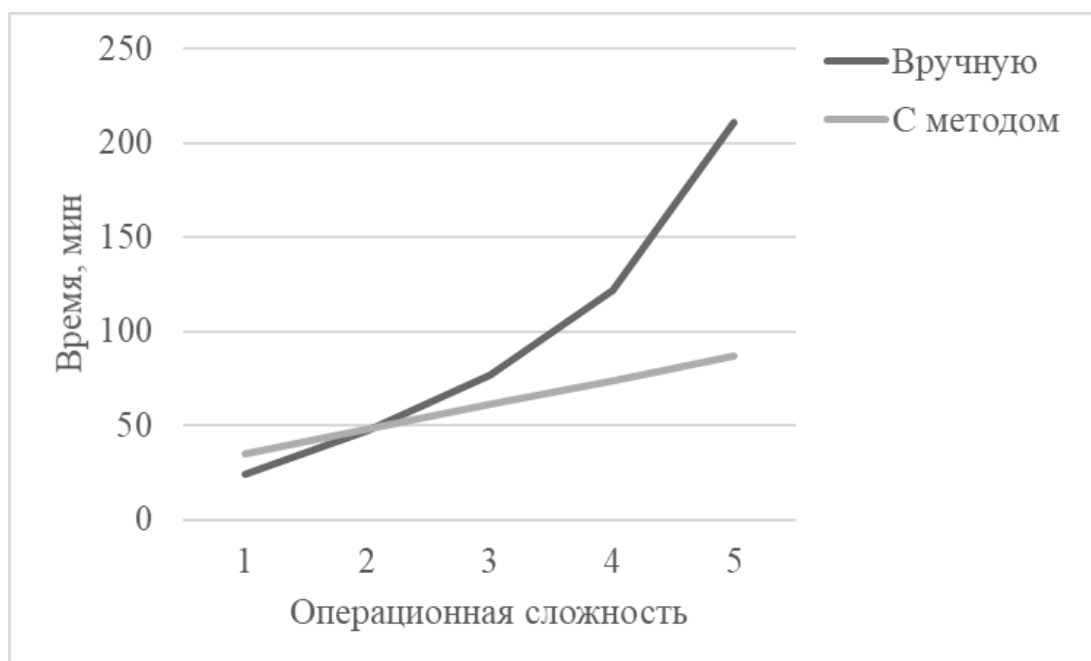


Рисунок 35 — Оценка затрачиваемого времени с использованием метода и вручную

Таблица 7 — Параметры операционной сложности

Операционная сложность	1	2	3	4	5
Анализируемые статьи	4	8	12	16	20
Потенциальные инновации	3	6	9	12	15
Формируемые проекты	1	2	3	4	5

Требования к компетенциям	6	12	18	24	30
Эксперты (исполнители проектов)	3	6	9	12	15
Факторы успешности	2	4	6	8	10
Изменяемые компетенции	30	60	90	120	150

Для оценки уменьшения времени, затрачиваемого на формирование проекта, был проведён двухвыборочный t-тест для значений V_p и V_m , представленных в таблице 5. Уменьшение времени подтверждается при выполнении следующего условия:

$$d_{0*} > d_{\alpha/2, v}, \quad (16)$$

где d_{0*} – это тестовая статистика для множеств V_p и V_m , $d_{\alpha/2, v}$ – это верхний $\alpha/2$ -квантиль для этих множеств. Эти значения были оценены по методологиям, описанным на соответствующих статьях на сайте excel2.ru:

$$d_{0*} = 2.615$$

$$d_{\alpha/2, v} = 2.015$$

Таким образом, уменьшение времени, затрачиваемого на формирование проекта, подтверждается.

Для оценки окупаемости примем равноценность человеко-часов, потраченных на разработку метода, и человеко-часов менеджера проекта. Это позволит сопоставлять стоимость системы и стоимость работы менеджера в человеко-часах, без перехода на конкретные стоимости оплаты труда.

Стоимость системы составляет 530 человеко-часов. Как видно из таблицы 6, использование системы экономит примерно 1,5 человеко-часа для каждого выполняемого проекта. В крупных компаниях выполняется порядка 15 проектов в месяц. Таким образом, окупаемость системы составляет:

$$\text{Окупаемость} = 530 / (1,5 * 15) \approx 23,5 \text{ месяцев}, \quad (17)$$

Два года является адекватным сроком окупаемости для компании, поэтому критерий окупаемости применения метода выполнен.

Одним из этапов алгоритма формирования вариантов команд экспертов является оптимизация сформированных команд. В ходе неё на основании критериев оптимизации и обобщённого показателя полезности команды из

сформированных вариантов команд удаляются наименее подходящие эксперты. При этом, как критерии оптимизации, так и общий уровень компетентности экспертов, влияющий на обобщённый показатель полезности команды (как показано в формулах 6-7), зависят от указанной стратегической цели. Таким образом, подтверждается критерий учёта стратегических целей компании при формировании проектных команд.

Проведённое экспериментальное исследование подтвердило выполнение качественных и количественных критериев эффективности формирования команд. Таким образом, эффективность процесса формирования команд проектов повысилась за счёт применения разработанного метода.

4.5 Выводы по главе

Анализ результатов внедрения разработанного метода и алгоритмов в корпоративную экспертную сеть компании FESTO показал сокращение времени, затрачиваемого на подбор требуемых экспертов на проекты при управлении проектными командами, на 90%. Такое значение достигается за счёт отсутствия необходимости ручного перебора большого количества экспертов и сопоставления их компетенций и требований проектов. Временные затраты на поиск интересующих статей об HR-инновациях уменьшились на 80%, а затраты на ознакомление, валидацию и назначение приоритетов для инновационных идей – на 40%. Кроме того, проведённые эксперименты подтверждают достижение цели, заключающейся в повышении эффективности организационной системы компании, так как время формирования вариантов проектных команд небольшое как на малых, так и на крупных наборах данных, а актуализация компетенций экспертов на основе результатов выполнения проектов позволяет корректировать компетенции, указанные в профилях экспертов, чтобы они соответствовали реальным компетенциям. Метод может быть использован при управлении проектными командами и управлении компетенциями на больших наборах данных без значительного увеличения времени их работы. Выводы о достоверности

результатов работы алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов подтверждаются отзывами менеджеров компании FESTO, отмечающих прозрачность компетенций экспертов, которая подразумевает понятное изменение указываемых уровней владения.

Расчёты показали сокращение времени на принятие управленческих решений в течение жизненного цикла типового проекта, а также окупаемость применения программного приложения метода ИППУР в течение трёх лет. Принимаемые решения стали более обоснованы за счёт увеличения количества рассматриваемых потенциальных инноваций и вариантов команд экспертов-исполнителей с учётом стратегических целей компании. Использование алгоритма актуализации обеспечивает поддержку точности указанных уровней владения компетенциями для всех экспертов-исполнителей.

Разработанные метод и алгоритмы также были применены в научно-исследовательской работе, выполняемой в Университете ИТМО. В рамках неё исследовалось контекстно-ориентированное коллективное взаимодействие участников научно-технологических экспертных сетей при формировании инноваций. В работе были использованы модели и алгоритмы, связанные с извлечением инноваций и формированием групп экспертов для совместного выполнения проектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе была решена задача повышения эффективности управленческих решений в корпоративных экспертных сетях на основе автоматизации процессов, связанных с извлечением, структурированием и использованием информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах. Решенная задача имеет важное значение для совершенствования моделей, методов и средств поддержки принятия решений в экспертных сетях.

Основные научные результаты, составляющие итоги исследования:

- Выявлены особенности, используемые в подходах, и требования к методам формирования проектных команд, которые необходимо учитывать при разработке метода интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений;

- Разработаны концептуальная модель интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, объединяющая объекты экспертной сети, процессы управления проектами и используемые информацию и знания, а также математическая модель интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, формализующая научную задачу, решаемую в работе;

- Разработан метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений, заключающийся в извлечении, обработке и предоставлении информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах, обеспечивающих эффективное принятие управленческих решений;

- Разработан алгоритм идентификации потенциальных инноваций, позволяющий выявить актуальные термины на основе статистического анализа документов и оценок экспертов;

- Разработан алгоритм заполнения профиля проекта, позволяющий идентифицировать требования к компетенциям экспертов (исполнителей проекта) на основе сопоставления извлекаемых требований к экспертам с онтологией компетенций;

- Разработан алгоритм формирования вариантов команд экспертов для совместного выполнения проектов, позволяющий находить эффективные варианты команд с учётом текущих стратегических целей компании;

- Разработан алгоритм автоматизированной актуализации компетенций экспертов, позволяющий использовать формализованные факторы успешности проектов и степени вовлечения экспертов в выполнение проектов для изменения компетенций исполнителей проектов;

- Создан программный комплекс, реализующий метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративной экспертной сети.

Полученные практические и экспериментальные результаты подтверждают то, что задачи, поставленные в исследовании, решены, а цель исследования достигнута – повышена эффективность управленческих решений в корпоративных экспертных сетях на основе автоматизации процессов, связанных с извлечением, структурированием и использованием информации и знаний об инновациях, проектах и экспертах. При этом проведённые экспериментальные исследования показали повышение оперативности принятия управленческих решений на 80-90%, уточнение заявленных компетенций по отношению к реальным на 2,7% после каждого проекта у экспертов, которые указывают более высокие компетенции, и на 0,8% у экспертов, которые указывают более низкие компетенции. Применение разработанного метода в рамках корпоративной экспертной сети окупается в течение 3 лет.

Даны рекомендации по использованию результатов исследования для повышения эффективности использования экспертных сетей. Разработанные метод, модели и алгоритмы, могут быть применены в коммерческих организациях и при выполнении научных исследований. Разработанные алгоритмы могут быть использованы в экспертных сетях и системах управления компетенциями, поскольку они представляют собой инструмент для поддержки принятия управленческих решений при управлении проектами и экспертами.

В качестве перспектив дальнейшей разработки темы можно указать использование нейронных сетей и машинного обучения для автоматизированного формирования онтологии компетенций компании.

Полученные результаты соответствуют специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Miranda, S. An ontology-based model for competence management / S. Miranda, F. Orciuoli, V. Loia, D. Sampson // *Data & Knowledge Engineering*. – 2017. – vol.107. – pp. 51-66.
2. Omar, M. N. Modeling and evaluating construction project competencies and their relationship to project performance / M. N. Omar, A. R. Fayek // *Automation in Construction*. – 2016. – vol. 69. – pp. 115-130.
3. Чигрина, А. А. Организационная детерминация групповой осознанности членов команд IT проектов / А. А. Чигрина, О. С. Волков, К. А. Багратиони, А. Г. Прилипко // *Информационные Технологии и Вычислительные Системы*. – 2019. – №2. – с. 62-74.
4. Ioannidisa, E. Experts in Knowledge Networks: Central Positioning and Intelligent Selections / E. Ioannidisa, N. Varsakelis, I. Antoniou // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. – 2018. – vol.509. – pp. 890-905.
5. Gavrilova, T. Formalizing company KM portrait: pilot study with evidence from Russia / T. Gavrilova, A. Alsufiev, A. Pleshkova // *Measuring Business Excellence*. – 2018. – N22(3). – pp. 315-332.
6. Степаненко, В. А. Контекстно-ориентированное управление компетенциями в экспертных сетях / В. А. Степаненко, А. М. Кашевник, А. В. Гуртов // *Труды СПИИРАН*. – 2018. – №4 (59). – с. 164-191.
7. Barao, A. A knowledge management approach to capture organizational learning networks / A. Barao, J. Vasconcelos, A. Rocha, R. Pereira // *International Journal of Information Management*. – 2017. – vol. 37. – pp. 735-740.
8. Сычев, А. В. Проблемы формирования минимально достаточной экспертной сети вуза / А. В. Сычев // *Интернет-Журнал Науковедение*. – 2012. – №3 (12). – с. 50.
9. Bohlouli, M. Competence assessment as an expert system for human resource management: A mathematical approach / M. Bohlouli, N. Mittas, G.

Kakarontzas, T. Theodosiou, L. Angelis, M. Fathi // *Expert Systems with Applications*. – 2017. – vol.70. – pp. 83-102.

10. Loufrani-Fedida, S. Mechanisms for Managing Competencies in Project-Based Organizations: An Integrative Multilevel Analysis / S. Loufrani-Fedida, L. Saglietto // *Long Range Planning*. – 2016. – vol. 49. – pp. 72-89.

11. Nikitinsky, N. Improving Talent Management with Automated Competence Assessment: Research Summary / N. Nikitinsky // *Proceedings of the Scientific-Practical Conference “Research and Development - 2016”*. – 2018. – pp. 73-82.

12. Доманевская, Д. В. Эффективное управление проектной командой / Д. В. Доманевская, Д. А. Капустинский // *Формула менеджмента*. – 2020. – № 2(13). – с. 5-9.

13. Xu, J. Expert recommendation for trouble ticket routing / J. Xu, R. He // *Data & Knowledge Engineering*. – 2018. – vol. 116. – pp. 205-218.

14. Чернега, Е. Н. Управление проектной командой / Е. Н. Чернега, Е. В. Осичка // *Научный вестник Одесского национального экономического университета*. – 2018. – № 2(254). – с. 187-198.

15. Лиферов, А. П. Управление знаниями в глобальных транснациональных корпорациях / А. П. Лиферов // *Вестник Рязанского государственного университета имени С.А. Есенина*. – 2009. – №2(23). – с. 36-46.

16. Buengeler, C. Fluidity in project management teams across projects / C. Buengeler, F. B. I. Situmeang, W. van Eerde, N. M. Wijnberg // *International Journal of Project Management*. – 2021. – vol. 39. – pp. 282-294.

17. Водяхо, А. И. Архитектурное проектирование подсистем мониторинга киберфизических систем / А. И. Водяхо, Н. А. Жукова, М. А. Червонцев, С. А. Аббас // *Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям*. – 2020. – Т.1. – с. 159-162.

18. Брумштейн, Ю. М. Модели оптимизации подбора ресурсов при управлении совокупностью проектов с учетом зависимости качества результатов, рисков и затрат / Ю. М. Брумштейн, И. А. Дюдиков // *Вестник Астраханского*

Государственного Технического Университета. Серия: Управление, Вычислительная Техника и Информатика. – 2015. – №1. – с. 78-89.

19. Орловский, Н. М. Исследование математической модели формирования оптимальных планов функционирования группы специалистов / Н. М. Орловский // Современные Проблемы Науки и Образования. – 2014. – №3. – с. 128.

20. Yalçındağ, S. Pattern-based decompositions for human resource planning in home health care services / S. Yalçındağ, P. Cappanera, M. Grazia Scutellà, E. Şahin, A. Matta // Computers & Operations Research. – 2016. – vol.73. – pp. 12-26.

21. Do, N. Identifying experts for engineering changes using product data analytics / N. Do // Computers in Industry. – 2018. – vol. 95. – pp. 81-92.

22. Мельник, П. Б. Методика Формирования Экспертных Пулов и Групп для Проведения Экспертно-Аналитических Исследований / П. Б. Мельник // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2017. – № 1 (19). – с. 39-54.

23. Kholoshnia, V. D. The System for Finding the Least Resource-Intensive Path in Two- or Three-Dimensional Space Using Machine Learning / V. D. Kholoshnia, E. A. Boldyreva // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2590. – pp. 1- 10.

24. Bachtadze, N. Mathematical Model and Method of Analysis of the Personal and Group Competence to Complete the Project Task / N. Bachtadze, V. Kulba, I. Nikulina, O. Zaikin, A. Żylawski // IFAC-PapersOnLine. – 2019. – vol. 52. – pp. 469-474.

25. Liang, S. Formal language models for finding groups of experts / S. Liang, M. Rijke // Information Processing & Management. – 2016. – vol. 4. – pp. 529-549.

26. Ю. П. Ехлаков Математическая модель и алгоритм выбора дифференцированных по функционалу и бизнес-моделям поставки вариантов программного продукта / Ю. П. Ехлаков, Д. Н. Бараксанов // Бизнес-Информатика. – 2015. – №4. – с. 55-62.

27. Karimi-Majd, A. A reinforcement learning methodology for a human resource planning problem considering knowledge-based promotion / A. Karimi-Majd,

M. Mahootchi, A. Zakery // *Simulation Modelling Practice and Theory*. – 2017. – vol.79. – pp. 87-99.

28. Wi, H. A team formation model based on knowledge and collaboration / H. Wi, S. Oh, J. Mun, M. Jung // *Expert Systems with Applications*. – 2009. – vol.36. – pp. 9121-9134.

29. Tinelli, E. Knowledge compilation for automated team composition exploiting standard SQL / E. Tinelli, S. Colucci, E. Di Sciascio, F. Donini // *Proceeding SAC 2012 Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. – 2012. – pp. 1680–1685.

30. Rizvanov, D. Ontological approach to supporting decision-making management of the competencies of the organization / D. Rizvanov, G. Senkina // *Vestnik of RSREU*. – 2009. – vol.4. – pp. 79–84.

31. Брумштейн, Ю. М. Оптимизация распределения персонала между подразделениями организации на основе компетентностного подхода / Ю. М. Брумштейн, И. А. Дюдиков // *Прикаспийский Журнал: Управление и Высокие Технологии*. – 2015. – №2. – с. 45-58.

32. Touat, M. A hybridization of genetic algorithms and fuzzy logic for the single-machine scheduling with flexible maintenance problem under human resource constraints / M. Touat, S. Bouzidi-Hassini, F. Benbouzid-Sitayeb, B. Benhamou // *Applied Soft Computing*. – 2017. – vol.59. – pp. 556-573.

33. Zhang, L. An Inverse Optimization Model for Human Resource Allocation Problem Considering Competency Disadvantage Structure / L. Zhang // *Procedia Computer Science*. – 2017. – vol.112. – pp. 1611-1622.

34. Knyazeva, M. Resource-constrained project scheduling approach under fuzzy conditions / M. Knyazeva, A. Bozhenyuk, I. Rozenberg // *Procedia Computer Science*. – 2015. – vol.77. – pp. 56-64.

35. Li, C. Team formation for generalized tasks in expertise social networks / C. Li, M. Shan // *IEEE Second International Conference on Social Computing (SocialCom)*. – 2010. – pp. 9–16.

36. Liemhetcharat, S. Modeling and learning synergy for team formation with heterogeneous agents / S. Liemhetcharat, M. Veloso // AAMAS 2012 Proceedings of the 11th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. – 2012. – vol.1. – pp. 365–374.
37. Saatci, E. Innovation competencies of individuals as a driving skill sets of future works and impact of their personality traits / E. Saatci, C. Ovaci // International Journal of Technological Learning, Innovation and Development. – 2020. – vol. 12. – pp. 27-44.
38. Oh, M. The Competence of Project Team Members and Success Factors with Open Innovation / M. Oh, S. Choi // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – vol. 6. – p. 51.
39. Stepanenko, V. Competence Management Systems in Organisations: a Literature Review / V. Stepanenko, A. Kashevnik // Proceedings of the 20th Conference of Open Innovations Association FRUCT. – 2017. – pp. 427–433.
40. Казангапова, Б. А. Обзор современного программного обеспечения по управлению проектами и критерии выбора программного обеспечения для корпоративного управления проектами / Б. А. Казангапова, А. С. Нысанова // Национальные экономические системы в контексте формирования глобального экономического пространства. – 2016. – с. 293-295.
41. Ерлыгина, Е. Г. Корпоративная система управления проектами - эффективный инструмент управления деятельностью предприятия / Е. Г. Ерлыгина, В. Д. Филимонова // Бюллетень науки и практики. – 2019. – №6. – с. 351-356.
42. Крюкова, А. Д. Управление проектами - эффективный метод управления на предприятии / А. Д. Крюкова // Научно-практические исследования. – 2021. – №1-5(36). – с. 22-24.
43. Kadykova, I. Application of convergent approach in strategic project management / I. Kadykova, V. Khvostichenko, I. Khudiakov // Herald of Advanced Information Technology. – 2020. – vol. 3. – pp. 83-94.

44. Омаров, А. О. Управление проектами в системе развития инновационного управления / А. О. Омаров, В. А. Харченко // Экономика. Наука. Инноватика. – 2020. – с. 426-428.
45. Бокарева, Е. В. Теоретические основы управления инновациями: управление проектами и их рисками / Е. В. Бокарева, Е. . Юдина // Современные проблемы туризма и сервиса. – 2018. – с. 37-41.
46. Dost, M. Open-and-closed process innovation generation and adoption: Analyzing the effects of sources of knowledge / M. Dost, Y. F. Badir, M. Sambasivan, W. A. Umrani // Technology in Society. – 2020. – vol. 62. – p. 101309.
47. Морозова, В. Н. Оценка инновационных проектов: сравнительный анализ проектов инновационной сферы / В. Н. Морозова, Л. В. Силакова // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке. – 2017. – с. 446-449.
48. Бельская, Л. С. Систематизация рисков инновационного проекта и возможности финансирования инновационного проекта за счет венчурных фондов в России / Л. С. Бельская, Л. Ю. Ласкина // Научный журнал НИУ ИТМО. – 2018. – №3. – с. 14-22.
49. Брюханов, М. В. Тенденции изменений и детерминанты когнитивных навыков и компетенций: предварительный статистический анализ данных РИААС / М. В. Брюханов, С. С. Поляченко // Вопросы образования. – 2015. – № 1. – с. 214-233.
50. Коваленко, А. А. Управление знаниями как основа и источник инноваций на предприятии / А. А. Коваленко // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2010. – №8. – с. 130-132.
51. Alkhaldi, F. M. Enterprise System as Business Intelligence and Knowledge Capabilities for Enhancing Applications and Practices of IT Governance / F. M. Alkhaldi, S. M. Hammami, S. Kasem, A. Rashed, M. N. Alraja // International Journal of Organizational and Collective Intelligence. – 2017. – vol. 7. – pp. 63-77.
52. Pasek, A. Present project management process / A. Pasek // Science and World. – 2021. – No 12-2(100). – pp. 53-66.

53. Азаров, А. Е. Обзор подходов к разработке программного обеспечения в стиле Agile overview of Agile software development approaches / А. Е. Азаров, В. А. Глаголев // III Международный научно-образовательный форум "Хэйлуңцзян-Приамурье". – 2019. – с. 691-694.
54. Marnada, P. Agile project management challenge in handling scope and change: A systematic literature review / P. Marnada, T. Raharjo, B. Hardian, A. Prasetyo // *Procedia Computer Science*. – 2022. – vol. 197. – pp. 290-300.
55. Лозгачева, Т. М. Agile и научная организация труда: практика применения гибких методов в России / Т. М. Лозгачева, О. А. Табекина, О. В. Федотова // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. – 2019. – №2. – с. 48-59.
56. Lalmi, A. Synergy between Traditional, Agile and Lean management approaches in construction projects: bibliometric analysis / A. Lalmi, G. Fernandes, S. Boudemagh // *Procedia Computer Science*. – 2022. – vol. 196. – pp. 732-739.
57. Кирьянов, Б. А. Применение гибкой методологии Agile в управлении проектами / Б. А. Кирьянов // Техника и технологии: теория и практика. – 2020. – с. 38-42.
58. Колпакова, М. А Совершенствование системы управления проектами в организации: функциональные сферы управления проекта и требования к квалификации менеджера проекта / М. А Колпакова // Научный форум: Экономика и менеджмент. – 2017. – с. 45-50.
59. И. А. Гунина Проблемные аспекты управления компетенциями в рамках механизма развития кадрового потенциала предприятия / И. А. Гунина, С. Г. Туленинова // Организатор Производства. – 2012. – №4. – с. 42-44.
60. Ferraris, A. Subsidiary innovation performance: Balancing external knowledge sources and internal embeddedness / A. Ferraris, M. L. A. M. Bogers, S. Bresciani // *Journal of International Management*. – 2020. – vol. 26. – p. 100794.
61. Aigbedo, H. An empirical analysis of the effect of financial performance on environmental performance of companies in global supply chains / H. Aigbedo // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – vol. 278. – p. 121741.

62. Табарданова, Т. Б. Инновации: классификация, источники, функции / Т. Б. Табарданова // Эксперимент и инновации в школе. – 2008. – №1. – с. 4-7.
63. Фирсова, С. М. Инновации как источник экономического роста и движущая сила качественных преобразований / С. М. Фирсова // Часопис економічних реформ. – 2016. – №1(21). – с. 39-43.
64. Казанцева, Е. Г. Особенности развития глобальных олигополистических компаний как направления эволюционирования крупнейших российских компаний / Е. Г. Казанцева // Траектории реформирования российской экономики. – 2014. – с. 208-219.
65. Медведева, Н. В. Роль управления проектами в системе управления организацией / Н. В. Медведева, Т. В. Шурина // Материалы Ивановских чтений. – 2017. – №2-1(12). – с. 207-212.
66. Дорогокупец, В. С. Особенности глобальной конкуренции транснациональных компаний / В. С. Дорогокупец, Л. К. Пипия // Наука за рубежом. – 2015. – №46. – с. 1-28.
67. Clavel, San, Emeterio, M. Influence of relationship networks on the internationalization process: the moderating effect of born global / M. Clavel San Emeterio, E. Juaneda-Ayensa, R. Fernández-Ortiz // Heliyon. – 2020. – vol. 6. – e03148.
68. Клочков, К. В. Значение глобального лидерства для бизнеса в РФ. Особенности отечественных компаний, вышедших на международный уровень / К. В. Клочков // Science Time. – 2016. – №6(30). – с. 134-141.
69. Водяхо, А. И. Мультимодельный подход к построению систем мониторинга / А. И. Водяхо, Н. А. Жукова, М. А. Аббас С. А. Червонцев // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2019. – №7. – с. 5-13.
70. Водяхо, А. И. Когнитивные технологии в управлении мониторингом / А. И. Водяхо, В. Ю. Осипов, Н. А. Жукова, М. А. Червонцев // Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы. – 2019. – №4. – с. 1-12.

71. Roehrich, J. K. Management innovation in complex products and systems: The case of integrated project teams / J. K. Roehrich, A. Davies, L. Frederiksen, N. Sergeeva // *Industrial Marketing Management*. – 2019. – vol. 79. – pp. 84-93.

72. Воронина, Л. А. Формализованные механизмы оценки и выбора инноваций при предоставлении проектного финансирования / Л. А. Воронина, Е. В. Трофименко, С. В. Ратнер // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2008. – №5(110). – с. 18-21.

73. Palacios-Marqués, D. A recipe for success: Crowdsourcing, online social networks, and their impact on organizational performance / D. Palacios-Marqués, J. F. Gallego-Nicholls, M. Guijarro-García // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2021. – vol. 165. – p. 120566.

74. H. R. Motahari-Nezhad Next best step and expert recommendation for collaborative processes in it service management / H. R. Motahari-Nezhad, C. Bartolini // *International Conference on Business Process Management*, Springer Berlin Heidelberg. – 2011. – pp. 50-61.

75. Vardarlier, P. Strategic Approach to Human Resources Management During Crisis / P. Vardarlier // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – 2016. – vol. 235. – pp. 463-472.

76. Klarner, P. Disentangling the Effects of Team Competences, Team Adaptability, and Client Communication on the Performance of Management Consulting Teams / P. Klarner, M. Sarstedt, M. Hoeck, C. M. Ringle // *Long Range Planning*. – 2013. – vol. 46. – pp. 258-286.

77. Hussein, B. The influence of project characteristics on project success factors. Insights from 21 real life project cases from Norway / B. Hussein // *Procedia Computer Science*. – 2019. – vol. 164. – pp. 350-357.

78. Rusu, G. Organizational Context Factors Influencing Employee Performance Appraisal: A Research Framework / G. Rusu, S. Avasilcăi, C. Huțu // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – 2016. – vol. 221. – pp. 57-65.

79. Каримова, Д. С. Совершенствование управления проектами организации на основе внедрения корпоративной системы управления проектами / Д. С. Каримова // Стратегическое и проектное управление. – 2011. – с. 171-174.
80. Zaouga, W. Towards an Ontology Based-Approach for Human Resource Management / W. Zaouga, L. B. A. Rabai, W. R. Alalyani // Procedia Computer Science. – 2019. – vol. 151. – pp. 417-424.
81. Ижбулатова, О. В. Управление компетенцией персонала как основа формирования стратегии управления человеческими ресурсами / О. В. Ижбулатова // Вестник Академии экономической безопасности МВД России. – 2009. – №8. – с. 118-122.
82. Слепцова, Е. В. Управление компетенциями в системе управления персоналом / Е. В. Слепцова, М. Ю. Туманова // Экономика устойчивого развития. – 2018. – №3(35). – с. 293-297.
83. Абрамова, Е. А. Создание модели компетенций для совершенствования бизнес-процессов управления персоналом / Е. А. Абрамова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2020. – №4(64). – с. 8-13.
84. Гладина, Т. Д. Изменение традиционного мышления и компетенций при построении взаимоотношений работодателей и работников в современной рыночной культуре России / Т. Д. Гладина // Традиции и инновации в пространстве современной культуры. – 2017. – с. 17-19.
85. Ployhart, R. E. Emergence of the Human Capital Resource: A Multilevel Model / R. E. Ployhart, T. P. Moliterno // Academy of Management Review. – 2011. – vol. 36. – pp. 127-150.
86. Абазиева, К. Г. Модель компетенций персонала в аспекте управления изменениями / К. Г. Абазиева, А. В. Воронина, С. Н. Гончарова // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2019. – №4(107). – с. 36-39.
87. Canavan, D. Creative professional service firms: aligning strategy and talent / D. Canavan, P. S. Scott, V. Mangematin // Journal of Business Strategy. – 2013. – vol. 34. – pp. 24-32.

88. Serditov, V. A. Stages of development of human competences / V. A. Serditov, M. V. Kanevcev // Современный менеджмент: проблемы и перспективы. – 2016. – с. 193-196.
89. Матиенко, А. В. Отслеживание динамики познавательной деятельности студентов через формирование контрольно-измерительной компетенции / А. В. Матиенко // Заметки ученого. – 2016. – №7(13). – с. 43-51.
90. Потапова, М. В. Современный инструментарий отслеживания компетенций и универсальных учебных действий обучающихся / М. В. Потапова // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2014. – №2. – с. 181-193.
91. Матиенко, А. В. Мониторинг учебно-тестовой деятельности студентов как эффективное условие для самореализации их познавательных возможностей / А. В. Матиенко // Бюллетень науки и практики. – 2017. – №2(15). – с. 314-322.
92. Moldovan, L. A Tool for Continuous Evaluation of Competences and Approaches to Employment Support / L. Moldovan // Procedia Manufacturing. – 2020. – vol. 46. – pp. 263-270.
93. da, Silva, F. P. Leadership competencies revisited: A causal configuration analysis of success in the requirements phase of information systems projects / F. P. da Silva, H. M. JerГinimo, P. R. Vieira // Journal of Business Research. – 2019. – vol. 101. – pp. 688-696.
94. Cserháti, G. The relationship between success criteria and success factors in organisational event projects / G. Cserháti, L. Szabó // International Journal of Project Management. – 2014. – vol. 32. – pp. 613-624.
95. Алтунин, А. В. Подходы к изучению компетенций в деятельности работников научно-медицинской организации: краткий обзор литературы / А. В. Алтунин // Социальные Аспекты Здоровья Населения. – 2014. – № 5. – с. 18.
96. Kamprath, M. The impact of sectoral changes on individual competences: A reflective scenario-based approach in the creative industries / M. Kamprath, D. Mietzner // Technological Forecasting and Social Change. – 2015. – vol. 95. – pp. 252-275.

97. Голосов, А. А. Основы стратегии управления компетенциями в менеджменте и государственном управлении / А. А. Голосов // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2015. – №1. – с. 60-66.
98. Vasilyeva, M. Modern theoretical and methodological approaches of foreign researchers to the study of core competence / M. Vasilyeva // Экономика и менеджмент инновационных технологий. – 2020. – №1(100). – p. 1.
99. Hussein, B. Problems Associated with Defining Project Success / B. Hussein, S. Ahmad, Y. Zidane // Procedia Computer Science. – 2015. – vol. 64. – pp. 940-947.
100. Cleveland, S. Leadership Competencies for Sustained Project Success / S. Cleveland, M. Cleveland // International Journal of Applied Management Theory and Research (IJAMTR). – 2020. – vol. 2. – p. 13.
101. Hujainah, F. SRPTackle: A semi-automated requirements prioritisation technique for scalable requirements of software system projects / F. Hujainah, R. Binti Abu Bakar, A. B. Nasser, B. Al-haimi, K. Z. Zamli // Information and Software Technology. – 2021. – vol. 131. – p. 106501.
102. С. С. Гутман Особенности формирования организационной структуры проектно-ориентированной организации / С. С. Гутман // Экономика и Современный Менеджмент: Теория и Практика. – 2014. – №40. – с. 64-71.
103. P. Różewski Preliminaries for Dynamic Competence Management System building / P. Różewski, B. Małachowski, J. Jankowski // Proceedings of the 2013 Federated Conference on Computer Science and Information Systems. – 2013. – pp. 1291-1297.
104. Rybak, J. Temporal expertise profiling / J. Rybak, K. Balog, K. Nørvåg // Lecture Notes in Computer Science. – 2014. – vol. 8416. – pp. 540-546.
105. Потанина, М. В. Особенности управления современными интернет-коммуникациями / М. В. Потанина // Управление и коммуникации: анализ тенденций и перспективы развития. – 2016. – с. 173-177.
106. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2001. – 28 с.

107. Водяхо, А. И. Контекстно-ориентированные системы сбора данных, ориентированные на использование в составе кибер-физических систем / А. И. Водяхо, С. А. Аббас, Н. А. Жукова, И. А. Куликов // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. – 2021. – Т.1. – с. 248-250.

108. Горда, О. С. Международный бизнес в условиях формирования глобальной экономики знаний / О. С. Горда // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. – 2018. – №3. – с. 41-51.

109. Levy, M. The decision-making and learning roles of a professional social network: The case of a family physicians' network / M. Levy, D. A. Cohen, S. Arnon, I. Levkovich // International Journal of Medical Informatics. – 2021. – vol. 153. – p. 104515.

110. Устинова, Н. Г. Генерация и воспроизводство институциональных инноваций / Н. Г. Устинова // Известия Саратовского университета. – 2016. – №1. – с. 48-54.

111. Аникин, А. В. Идентификация межрегиональных контуров генерации и внедрения инноваций / А. В. Аникин // Гуманитарные и социальные науки. – 2014. – №2. – с. 819-823.

112. Моисеева, Т. В. Социальные инновации: интересубъективный подход к генерации инновационных идей / Т. В. Моисеева // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2019. – №3. – с. 408-418.

113. Дрогобыцкий, А. И. Повышение качества процессов генерации корпоративных инноваций / А. И. Дрогобыцкий // Транспортное дело России. – 2011. – №5. – с. 102-105.

114. Seaborn, K. Gamification in theory and action: A survey / K. Seaborn, D. Fels // International Journal of Human-Computer Studies. – 2015. – vol. 74. – pp. 14-31.

115. Ferreira, A. Gamification in the Workplace: A Systematic Literature Review / A. Ferreira, A. Araújo, S. Fernandes, I. Miguel // WorldCIST 2017: Recent Advances in Information Systems and Technologies. – 2017. – vol. 571. – pp. 283-292.

116. Friedrich, J. Incentive design and gamification for knowledge management / J. Friedrich, M. Becker, F. Kramer, M. Wirth, M. Schneider // *Journal of Business Research*. – 2019. – pp. 341-352.
117. Lisitcyna, L. S. Game Mechanics Used for Achieving Better Results of Massive Online Courses / L. S. Lisitcyna, A. A. Pershin, M. A. Kazakov // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. – 2015. – Vol. 41. – pp. 183-193.
118. Водяхо, А. И. Онтологические модели для систем реального времени / А. И. Водяхо, В. В. Никифоров // *Онтология проектирования*. – 2018. – №2(28). – с. 240-252.
119. Tarasov, V. Using ontologies for representation of individual and enterprise competence models / V. Tarasov, K. Sandkuhl, B. Henoch // *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Computer Sciences Research, Innovation and Vision for the Future (RIVF 2006):.* – 2006. – pp. 205-212.
120. Tarasov, V. Ontology-based Approach to Competence Profile Management / V. Tarasov // *Journal of universal computer science*. – 2012. – vol. 18. – pp. 2893-2919.
121. Kudryavtsev, D. An Overview of Practical Ontology Implementation in Decision Support Systems / D. Kudryavtsev, T. Gavrilova // *CPS&C 2019: Cyber-Physical Systems and Control*. – 2020. – pp. 19-26.
122. Gavrilova, T. The interplay of knowledge engineering and cognitive psychology: learning ontologies creating / T. Gavrilova, I. Leshcheva // *International Journal of Knowledge and Learning*. – 2015. – Vol.10, N2. – pp. 182-197.
123. Tarasov, V. Ontology development strategies in industrial contexts / V. Tarasov, U. Seigerroth, K. Sandkuhl // *Lecture Notes in Business Information Processing*. – 2018. – vol. 339. – pp. 156-167.
124. Гаврилова, Т. А. Выбор инструментов управления знаниями с учетом специфики предметной области / Т. А. Гаврилова, Д. В. Кудрявцев, А. В. Кузнецова // *Инновации*. – 2019. – №8(250). – с. 44-52.
125. G. Chen Transshipment hub selection from a shipper's and freight forwarder's perspective / G. Chen, W. Cheung, S. Chu, L. Xu // *Expert Systems with Applications*. – 2017. – vol.83. – pp. 396-404.

126. А. Мансур Постановка задачи выбора вспомогательного оборудования многоассортиментных производств / А. Мансур, А. А. Артемов // Техника и Технологии Машиностроения. – 2016. – с. 214-217.

127. Liu, Z. Structures or texts? A dynamic gating method for expert finding in CQA services / Z. Liu, Y. Zhang // Lecture Notes in Computer Science. – 2018. – vol. 10828. – pp. 201-208.

128. Гаврилова, Т. А. Типологизация и систематизация подходов к разработке стратегии компании: модели и методы из смежных наук / Т. А. Гаврилова, М. В. Кубельский, Д. В. Кудрявцев, Э. Я. Гринберг // Прикладная информатика. – 2020. – №3(87). – с. 99-118.

129. López, S. T. Rough Sets for Human Resource Competence Evaluation and Experiences / S. T. López, G. F. C. Aguilar, I. P. Pupo, P. P. Pérez, L. P. Diéguez // Applied Mathematics. – 2016. – vol. 7. – pp. 1317-1325.

130. Lin, S. A survey on expert finding techniques / S. Lin, W. Hong, D. Wang, T. Li // Journal of Intelligent Information Systems. – 2017. – vol. 49. – pp. 255-279.

131. A. Kumar, Kar A hybrid group decision support system for supplier selection using analytic hierarchy process, fuzzy set theory and neural network / Kar A. Kumar // Journal of Computational Science. – 2015. – vol.6. – pp. 23-33.

132. Albertsen, T. The practice of competence modelling / T. Albertsen, K. Sandkuhl, U. Seigerroth, V. Tarasov // Lecture Notes in Business Information Processing. – 2010. – vol. 68. – pp. 106-120.

133. Petrov, M. An Approach to Changing Competence Assessment for Human Resources in Expert Networks / M. Petrov // Future Internet. – 2020. – vol. 12 (10). – p. 169.

134. Petrov, M. Competence-Based Method of Human Community Forming in Expert Network for Joint Task Solving / M. Petrov, A. Kashevnik, V. Stepanenko // Digital Transformation and Global Society. – 2018. – vol. 858. – pp. 24-38.

135. Smirnov, A. Competence-Based Language Expert Network for Translation Business Process Management / A. Smirnov, A. Kashevnik, M. Petrov, N. Shilov, T.

Schäfer, T. Jung, D. Barsch-Harjau, G. Peter // Proceedings of the 25th Conference of Open Innovations Association FRUCT. – 2019. – pp. 279–284.

136. Petrov, M. Expert Group Formation for Task Performing: Competence-Based Method and Implementation / M. Petrov, A. Kashevnik // Proceedings of the 23rd Conference of Open Innovations Association FRUCT. – 2018. – pp. 315–320.

137. Petrov, M. Algorithm for Experts' Competence Actualization Based on Joint Task Performing Results / M. Petrov // Proceedings of the 26th Conference of Open Innovations Association (FRUCT). – 2020. – p. 698.

138. Кашевник, А. М. Система управления компетенциями резидентов технопарков / А. М. Кашевник, О. А. Баранюк, Б. Р. Гордеев // Информационно-Управляющие Системы. – 2016. – №4. – с. 10-18.

139. Smirnov, A. Competency Management System for Technopark Residents: Smart Space-Based Approach / A. Smirnov, A. Kashevnik, S. Balandin, O. Baraniuc, V. Parfenov // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. – 2016. – vol. 9870. – pp. 15–24.

140. Muscalu, E. Aspects Regarding Human Resources Management Streamlining within National and International Organizations / E. Muscalu, S. Muntean // Procedia Economics and Finance. – 2014. – vol. 16. – pp. 173-181.

141. Мартынихин, И. А. Подход к автоматизированной оценке диагностической компетентности студентов медицинских вузов, изучающих психиатрию / И. А. Мартынихин, В. С. Антонов, Н. Г. Незнанов, Л. С. Лисицына, А. В. Лямин // Психиатрия и психофармакотерапия. – 2016. – №18. – с. 54-61.

142. Adanza, Dopazo, D. An automatic methodology for the quality enhancement of requirements using genetic algorithms / D. Adanza Dopazo, V. Moreno Pelayo, G. Génova Fuster // Information and Software Technology. – 2021. – vol. 140. – p. 106696.

Приложение 1. Список публикаций соискателя по теме диссертации

Публикации в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук:

1. Петров М. Формирование группы исполнителей для совместного решения задач: основанный на компетенциях метод и его реализация. Научный вестник НГТУ, Новосибирск: НГТУ. 2019. Том 75, № 2. С. 49–68.

2. Петров М., Кашевник А. Управление человеческими ресурсами для совместного решения задач на основе подходов к управлению компетенциями и геймификации. Информационно-измерительные и управляющие системы, Москва: Закрытое акционерное общество Издательство Радиотехника. 2019. Том 17, № 5. С. 100–106.

3. Петров М., Кашевник А. Подход к уточнению уровня владения компетенциями человеческих ресурсов в профессиональных сетях. Информационные технологии и вычислительные системы. 2021. № 2. С. 11-21.

4. Смирнов А., Левашова Т., Петров М. Базовый сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений на основе моделей жизни пользователей в цифровой среде. Информационно-управляющие системы, СПб: ГУАП. 2021. № 4. С. 47–60.

В зарубежных изданиях, индексируемых в WoS/Scopus:

5. Petrov M. An Approach to Changing Competence Assessment for Human Resources in Expert Networks. Future Internet, MDPI AG, Basel, Switzerland. 2020. Vol. 12(10). P. 169–169.

6. Petrov M., Kashevnik A., Stepanenko V. Competence-Based Method of Human Community Forming in Expert Network for Joint Task Solving. Digital Transformation and Global Society, DTGS: International Conference on Digital Transformation and

Global Society, St.Petersburg, Russia, 30 May - 2 June 2018, Communications in Computer and Information Science, Springer. 2018. Vol. 858. P. 24–38.

7. Petrov M., Kashevnik A. Expert Group Formation for Task Performing: Competence-Based Method and Implementation. Proceedings of the 23rd Conference of Open Innovations Association FRUCT, Bologna, 13-16 November 2018, IEEE. 2018. P. 315–320.

8. Petrov M. Algorithm for Experts' Competence Actualization Based on Joint Task Performing Results. Proceedings of the 26th Conference of Open Innovations Association (FRUCT), Yaroslavl, Russia, 23-24 April 2020, Conference of Open Innovations Association FRUCT, IEEE. 2020. P. 698–698.

9. Smirnov A., Kashevnik A., Petrov M., Shilov N., Schäfer T., Jung T., Barsch-Harjau D., Peter G. Competence-Based Language Expert Network for Translation Business Process Management. Proceedings of the 25th Conference of Open Innovations Association FRUCT, The 25th Conference of the Open Innovations Association FRUCT (FRUCT'25), Helsinki, Finland, 5-8 November 2019, IEEE. 2019. P. 279–284.

10. Smirnov A., Shilov N., Kashevnik A., Petrov M., Brugger S., Ismaili T. Early-identification of Human Resource Trends and Innovations through Web-scraping Technology. Proceedings of the 23rd International Conference on Enterprise Information Systems. 2021. Vol. 1. P. 642-651.

11. Petrov M., Kashevnik A. Expert competence level adjustment based on the project participation: method and evaluation. Journal of Management Information and Decision Sciences. 2021. Vol. 24(8). P. 1-16.

Интеллектуальная собственность:

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2019613215. Осипов В. Ю., Милосердов Д. И. Система управления компетенциями участников экспертной сети. 2019.

Приложение 2. Копии актов о внедрении

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИТМО»
(Университет ИТМО)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
Университета ИТМО
д.т.н., проф. В.О. Никифоров
«16» февраля 2022 г.

АКТ РЕАЛИЗАЦИИ

результатов диссертационных исследований на соискание учебной степени
кандидата технических наук Петрова Михаила Владимировича

Комиссия в составе:

Председатель – декан факультета информационных технологий и программирования Парфенов В.Г., д.т.н., профессор

Члены комиссии:

- Доцент факультета информационных технологий и программирования Маятин А.В., к.пед.н., доцент,
- Доцент факультета информационных технологий и программирования Зубок Д.А., к.ф.-м.н.

составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Петрова М.В., выполненной на тему «**Метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративных экспертных сетях**» и представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук, а именно:

- программный комплекс, реализующий метод интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в корпоративной экспертной сети;
- разработанный алгоритм формирования вариантов команд экспертов для совместного выполнения проектов

используются в учебном процессе факультета информационных технологий и программирования Федерального государственного автономного

образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО» (Университет ИТМО) при подготовке бакалавров по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» при проведении лекционных и практических занятий по дисциплине «Интеллектуальные системы и технологии».

Председатель комиссии

декан факультета ИТиП,
 профессор факультета ИТиП
 д.т.н., профессор



Парфенов В.Г.

Члены комиссии:

доцент факультета ИТиП
 к.пед.н., доцент

Маятин А.В.

доцент факультета ИТиП
 к.ф.-м.н.

Зубок Д.А.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК» (СПб ФИЦ РАН)**

14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178

Телефон: (812) 328-34-11, факс: (812) 328-44-50, E-mail: info@spcras.ru, http://www.spcras.ru/

ОКПО 04683303, ОГРН 1027800514411, ИНН/КПП 7801003920/780101001

А К Т

**об использовании результатов кандидатской диссертационной работы Петрова
Михаила Владимировича «Метод интеллектуальной поддержки принятия
управленческих решений в корпоративных экспертных сетях» в международном
проекте СПб ФИЦ РАН с компанией FESTO (г. Эслинген, Германия)**

Комиссия в составе: председателя д.т.н., С.В. Кулешова, членов комиссии: И.П. Поднозовой и к.т.н. А.А. Зайцевой, рассмотрев представленные материалы:

1. Автореферат и диссертационную работу Петрова М.В.
2. Отчеты по международному проекту с компанией FESTO.

установила, что:

1. Основные результаты диссертационной работы Петрова М.В. были использованы в плановых научно-исследовательских работах при выполнении международного проекта с компанией FESTO.
2. Алгоритмы идентификации потенциальных инноваций, заполнения профиля проекта, формирования вариантов команд экспертов для совместного выполнения проектов и актуализации компетенций экспертов, предложенные в работе Петрова М.В., были использованы для повышения эффективности управленческих решений в рамках указанного проекта.
3. В результате внедрения вышеуказанных алгоритмов время, затрачиваемое на подбор требуемых экспертов на проекты при управлении проектными командами, уменьшилось на 90%; временные затраты на поиск материалов об инновациях уменьшились на 80%, а затраты на ознакомление, валидацию и назначение приоритетов для инновационных идей – на 40%.

Председатель комиссии,
Заместитель директора по научной работе,

д.т.н.

Члены комиссии:

Начальник международного отдела

Ученый секретарь,

к.т.н.

02.07.2021



С.В. Кулешов

И.П. Поднозова

А.А. Зайцева