

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки Стандартизация и метрология

Кафедра Компьютерных измерительных систем и Метрологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценивание критических факторов трансфера технологий методом агрегирования предпочтений

УДК 658.62.018: 519.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Куделина Елизавета Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Д.Т.Н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менедж. ИСГТ	Конотопский Владимир Юрьевич	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	К.Х.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Стукач Олег Владимирович	Д.Т.Н		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Выполнять разработку и экспертизу новых технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организаций и другой нормативной документации, а также пересмотр и гармонизацию действующих нормативно-правовых документов в области стандартизации, сертификации, метрологического обеспечения и управления качеством.
P3	Проводить анализ состояния и динамики метрологического и нормативного обеспечения производства, стандартизации и сертификации с использованием необходимых методов и средств анализа.
P6	Проводить сертификацию продукции, технологических процессов, услуг, систем менеджмента качества, производств и систем экологического управления предприятия.
P15	Осуществлять контроль за испытаниями готовой продукции и поступающими на предприятие материальными ресурсами, внедрением современных методов и средств измерений, испытаний и контроля; проводить аккредитацию органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий.
P19	Обеспечивать адаптацию нормативно-технической документации к прогнозируемому усовершенствованию, модернизации, унификации выпускаемой продукции и функционирования самого предприятия.
P25	Проводить моделирование процессов и средств измерений, испытаний и контроля с использованием современных информационных технологий проектирования и проведения исследований; разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний с анализом их результатов.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P1	Способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровни.
P3	Способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности.
P4	Способность собирать, обрабатывать с использованием современных информационных технологий и интерпретировать необходимые данные для формирования суждений по соответствующим социальным, научным, техническим и этическим проблемам.
P6	Способность проявлять гражданскую позицию, интегрированность в современное общество, нацеленность на его совершенствование на принципах гуманизма и демократии.
P10	Способность ставить и решать прикладные исследовательские задачи, проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с принятыми моделями для проверки их адекватности и при необходимости предлагать измерения для улучшения моделей.
P12	Способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки Метрология, стандартизация и сертификация

Кафедра Компьютерных измерительных систем и Метрологии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Стукач О.В
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Куделиной Елизавете Сергеевне

Тема работы:

Оценивание критических факторов трансфера технологий методом агрегирования предпочтений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 957/с от 11.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1 Объекты исследования:

- 1.1 Метод оценивания качества с помощью агрегирования предпочтений;
- 1.2 Процесс трансфера технологий от вузов к предприятиям.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<i>1 Аналитический обзор методов оценивания критических факторов трансфера технологий</i> <i>2 Постановка задачи исследования, проектирования;</i> <i>3 Процедура исследования, проектирования:</i> <i>3.1 Применение агрегирования предпочтений для оценивания критических факторов организации инновационной деятельности университета;</i> <i>4 Обсуждение результатов выполненной работы;</i> <i>5 Заключение по работе.</i>
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация PowerPoint
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Конотопский Владимир Юрьевич
«Социальная ответственность»	Пустовойтова Марина Игоревна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.11.2014 г.
--	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Куделина Елизавета Сергеевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Куделиной Елизавете Сергеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Компьютерных измерительных систем и метрологии
Уровень образования	Магистр	Направление/ специальность	Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала, НТИ	
2. Разработка устава научно-технического проекта	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация и закупок	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	

Перечень графического материала:

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИТ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	В.Ю. Конотопский	К.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Куделина Елизавета Сергеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Куделиной Елизавете Сергеевне

Институт	Кибернетики	Кафедра	Компьютерных измерительных систем и метрологии
Уровень образования	Магистр	Направление/ специальность	Стандартизация и метрология

ЗАДАНИЕ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1 Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:

- вредных проявления факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля);
- опасных проявлений факторов производственной среды;
- негативного воздействия на окружающую природную среду;
- чрезвычайных ситуаций.

2 Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

Перечень вопросов, подлежащих к исследованию, проектированию и разработке:

1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:

- физико–химическая природа вредности, ее связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью;
- предлагаемые средства защиты

2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды:

- механические опасности;
- термические опасности;
- электробезопасность;
- пожаровзрывобезопасность

3 Охрана окружающей среды:

- защита селитебной зоны;
- анализ воздействия на объект на атмосферу, гидросферу, литосферу;
- разработать решения по обеспечению экологической безопасности

4 Защита в чрезвычайных ситуациях

- перечень возможных ЧС на объект;
- выбор наиболее типичной ЧС;
- разработка приведенных мер по предупреждению

ЧС; –разработка мер по повышению устойчивости объекта в данной ЧС; –разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации ее последствий	
5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: –специальные правовые норма трудового з аконодательства; –организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	
Перечень графического материала:	
При необходимости эскизные графические материалы к расчетному заданию	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	М.И. Пустовойтова	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО		Подпись	Дата
8ГМ41	Е.С. Куделина			

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Кибернетики

Направление подготовки Стандартизация и метрология

Уровень образования

Магистратура

Кафедра Компьютерных измерительных систем и Метрологии

Период выполнения _____

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>1 Обзор литературы</i>	<i>30</i>
	<i>Выполнение разделов «Финансовый менеджмент» и «Социальная ответственность»</i>	<i>20</i>
	<i>2 Расчет и аналитика</i>	<i>30</i>
	<i>3 Оформление необходимых приложений для пояснительной записки ВКР</i>	<i>10</i>
	<i>5 Выполнение презентации для выступления с ВКР</i>	<i>10</i>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Д.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Стукач Олег Владимирович	Д.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 114 с., 6 рис., 9 табл., 48 источников, 2 прил.

Ключевые слова: трансфер технологий, агрегирование предпочтений, отношение консенсуса, правило Кемени, инновация, коммерциализация инноваций.

Объектом исследования является процесс трансфера технологий от вузов к промышленным предприятиям.

Целью работы является оценивание критических факторов трансфера технологий методом агрегирования предпочтений на примере процесса внедрения инновационных разработок вузов на промышленных предприятиях.

В ходе исследования был составлен перечень барьеров, препятствующих реализации трансфера технологий, где каждый барьер разбит на более мелкие характеризующие его факторы. Были выбраны 15 российских университетов из состава участников Проекта 5-100, которые являются победителями конкурса на предоставление государственной поддержки для повышения конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров. На основе имеющейся в открытом доступе информации о деятельности вузов для каждого барьера были составлены профили предпочтения по соответствующим факторам для 15 вузов. Были найдены итоговые ранжирования для каждого барьера, которые составили профиль предпочтения по барьерам для тех же 15 вузов. Методом агрегирования предпочтений было определено результирующее ранжирование вузов, которое дает интегральную характеристику трансфера технологий в 15 вузах по всему набору пяти барьеров с детализацией по факторам.

Степень внедрения: на уровне университета.

Область применения: результаты исследований могут быть использованы для формализованного анализа процессов трансфера технологий в различных научно-технических сферах.

Оглавление

Введение	13
1 Методы оценивания критических факторов трансфера технологий	15
1.1 Понятие трансфера технологий	15
1.2 Количественный метод	17
1.3 Качественный метод	21
1.4 Динамический (дисконтированный) метод	25
1.5 Принцип Парето	28
1.6 Аддитивная свертка	30
2 Метод агрегирования предпочтений для оценивания критических факторов	34
2.1 Отношение предпочтения	34
2.2 Правило простого большинства	37
2.3 Правило Борда	38
2.4 Правило Кондорсе	39
2.5 Правило Кемени	41
3 Применение агрегирования предпочтений для оценивания критических факторов трансфера технологий между вузами и промышленными предприятиями	45
3.1 Алгоритм поиска итогового ранжирования	45
3.2 Формирование списка критических факторов и барьеров	46
3.3 Формирование списка вузов	47
3.4 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера "Б1"	48
3.5 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера "Б2"	52
3.6 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера "Б3"	54
3.7 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера "Б4"	57

3.8 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера "Б5"	60
3.9 Получение отношения консенсуса для барьеров	64
3.10 Анализ результатов	66
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	69
4.1 Организация и планирование работ	69
4.1.1 Продолжительность этапов работ	70
4.1.2. Расчет накоплений готовности работы	72
4.2 Расчет сметы затрат на проектирование	74
4.2.1 Расчет материальных затрат	74
4.2.2 Расчет заработной платы	75
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог	76
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	76
4.2.5 Расчет амортизационных расходов	77
4.2.6 Расчет прочих расходов	78
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	78
4.2.8 Расчет прибыли	79
4.2.9 Расчет НДС	79
4.2.10 Цена разработки НИР	79
4.3 Оценка экономической эффективности проекта	79
5 Социальная ответственность	80
5.1 Характеристика рабочей зоны	80
5.2 Микроклимат рабочего места	82
5.3 Освещение рабочего места	83
5.4 Электрическая безопасность	84
5.5 Уровень шума на рабочих местах	85
5.6 Региональная безопасность	86
5.7 Правовые вопросы обеспечения охраны труда	87
5.8 Пожарная безопасность	90

5.8.1 Причины возникновения пожара	91
5.8.2 Профилактика пожара	92
Заключение	94
Список использованных источников	96
Приложение А План эвакуации	101
Приложение Б Technology Transfer	102

Введение

В современном мире уровень экономической развитости государства определяется степенью организации процессов создания и внедрения инноваций, под которыми понимаются практически используемые новые продукты или услуги, обеспечивающие качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Основной формой продвижения инноваций является трансфер технологий (ТТ), представляющий собой процесс передачи знаний и прав на их использование между организациями с целью их последующего внедрения и/или коммерциализации.

Для анализа факторов, представляющих собой барьеры, препятствующие реализации трансфера технологий (БТТ), используют те же методы, что и при оценивании показателей качества продукции и услуг.

В то время как в зарубежной литературе вопросы теории и практики трансфера технологий исследуются достаточно интенсивно на протяжении последних 20 лет, в отечественной литературе эти вопросы освещены недостаточно, что и определяет актуальность данной работы.

Целью работы является оценивание критических факторов трансфера технологий методом агрегирования предпочтений на примере процесса внедрения инновационных разработок вузов на промышленных предприятиях.

Объектом исследования является процесс трансфера технологий от вузов к промышленным предприятиям.

В ходе исследования был составлен перечень БТТ, где каждый барьер разбит на более мелкие характеризующие его факторы. Были выбраны 15 российских университетов из состава участников всероссийского Проекта 5-100, которые являются победителями конкурса на предоставление государственной поддержки для повышения конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров. На основе имеющейся в открытом доступе информации о деятельности вузов для каждого барьера были составлены

профили предпочтения по соответствующим факторам для 15 вузов. Были найдены итоговые ранжирования для каждого барьера, которые составили профиль предпочтения по барьерам для тех же 15 вузов. Методом агрегирования предпочтений было определено результирующее ранжирование вузов, которое дает интегральную характеристику трансфера технологий в 15 вузах по всему набору пяти барьеров с детализацией по факторам.

Научная новизна исследования заключается в том, что впервые предпринята попытка комплексного рассмотрения трансфера технологий методом агрегирования предпочтений на уровне инновационной деятельности вузов. На основе анализа зарубежной и российской практики выявлены ключевые критические факторы эффективности инновационного развития вузов России.

1 Методы оценивания критических факторов трансфера технологий

1.1 Понятие трансфера технологий

На сегодняшний день лидерами мирового рынка являются обладатели технологий. К ним относятся не те, кому удалось внедрить новую технологию, а те, кто стабильно изготавливают новые продукты или внедряют всевозможные новшества или усовершенствуют уже имеющиеся технологии. Основным инструментом, реализовывающим взаимосвязь между разработчиками инноваций (технологий) и её получателем является «трансфер технологий» (ТТ).

В России данное понятие зародилось не так давно. Под словом «трансфер» понимается «переносить или передавать», а технологии включают в себя результаты научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских разработок (ОКР), а также инновационную продукцию.

Понятие трансфер технологий (*technology transfer*) буквально переводиться как «передача технологий в направлении приложения знаний». Справедливо было бы рассматривать трансфер технологий, как взаимодействие и взаимообмен информацией между людьми в течение продолжительного периода времени [1, 2].

Трансфер технологий – это инструмент достижения цели результативности реализации разработки. В настоящее время, можно столкнуться с тем, что разработка реализуется группой инженеров, а ее коммерциализация происходит на других предприятиях. Понятие «коммерциализация технологии» предполагает обязательное коммерческое использование технологии, т. е. использование с обязательным извлечением выгоды. Вопрос о том, кто и как осуществляет непосредственное использование технологии, при коммерциализации не является главным (в частности, коммерциализацией нередко могут заниматься сами авторы новых технологий (физические лица или организации)).

В первом приближении различие между трансфером и коммерциализацией можно объяснить следующим образом, что итогом коммерциализации технологии является обязательное получение прибыли, а итогом трансфера технологий – передача технологии организации (юридическому лицу), которая выполняет ее индустриальное освоение, хотя не обязательно может быть связано с извлечением прибыли при использовании технологии, (например, при использовании ТТ в образовании, здравоохранении или в целях охраны окружающей среды).

Не принимая во внимание уровень разработки, который обуславливает заинтересованность принимающей стороны, технология должна быть готова к трансферу, т.е. обладать требуемой технической документацией и демонстрировать прототип [3,4,5].

Рассмотрев порядок исследований, выделили основные формы и виды передачи технологий. Передача нововведений может реализовываться в форме обмена документацией, распространения передового опыта, продажи лицензий, технологического оборудования. Передача технологий может иметь *национальный и межнациональный* характер [6]

Различают три основные *формы* трансфера технологий:

1 Внутренний трансфер, когда осуществляется передача технологии от одного подразделения организации другому;

2 Квазивнутренний трансфер, т. е. движение технологий внутри альянсов, союзов, холдингов, корпораций и других объединений самостоятельных юридических лиц;

3 Внешний трансфер, т. е. процесс распространения технологий, в котором участвуют независимые специалисты (эксперты по ТТ), разработчики и потребители технологий.

Участниками процессов трансфера технологий могут являются владельцы технологий, посредники и консультанты ТТ, центры ТТ, информационные сети и СМИ, государственные и региональные органы власти, инвесторы, потенциальные покупатели технологий [7].

По направлению передача технологий может быть *вертикальной* и *горизонтальной*. Первая из которых может охарактеризовать процесс, как передачу по стадиям цикла, т.е. «исследование – производство». А другая передача – это передача информации из одной научной области в другую.

Распознают также *активные* и *пассивные* виды передачи технологий. При активной передаче технологии посредником между передающим и принимающим обязательно выступает какая-либо организация, которая берет на себя обязанности помочь передающему найти более выгодного «покупателя» его технологии; при пассивной же передаче производитель технологии сам ищет себе партнера [7, 8].

1.2 Количественный метод

Инновационный процесс является стандартным циклом от времени основания до конечной реализации или внедрения технологии в производственный процесс. Инновационная развитость подразумевает прохождение этапов инновационного процесса на высоком уровне, под которым понимается результативность на каждом этапе. Трансфер технологий можно рассматривать, как показатель результативности инновационного процесса, и количественно измерить скорость движения по инновационному циклу и его полноте.

Обобщенный показатель для измерения инновационного развития экономической системы рассчитывается по формуле [9]:

$$\Omega = k\Psi, \quad (1.1)$$

где Ψ – инновационный потенциал системы;

k – динамический индекс, характеризующий эффективность трансфера технологий, который может принимать следующие значения:

– если $k = 0$, то делаем вывод о полном отсутствии движения по инновационному циклу, а именно технологического трансфера;

– если $k > 0$, то делаем вывод об активное движении по инновационному циклу, следовательно, имеется высокий уровень потенциала для дальнейшего роста, трансфер технологий эффективен.

Цикл инновационного процесса может быть рассмотрен, как ориентированный граф, который изображен на рисунке 1.1.

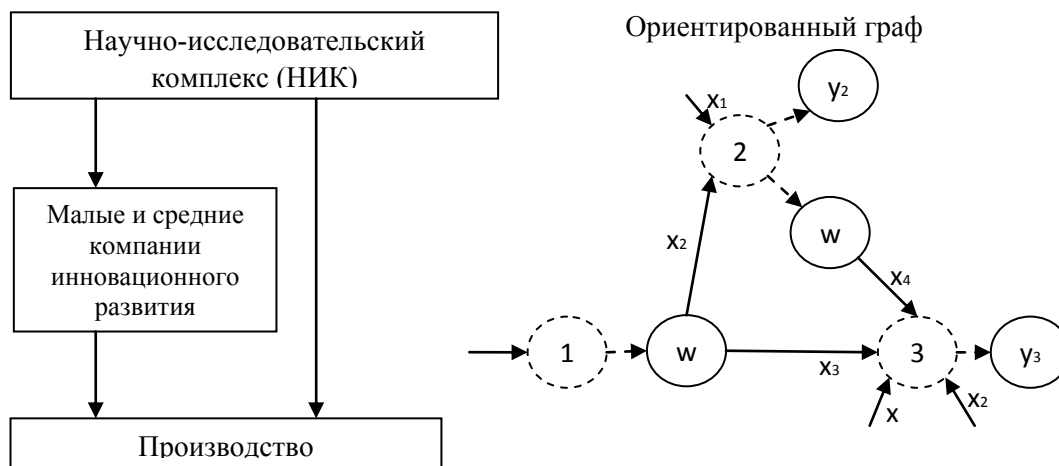


Рисунок 1.1 – Инновационный цикл и его ориентированный граф

На рисунке 1.1 продемонстрирована упрощенная схема работы инновационного процесса, где линии - это перемещение ресурсов, другими словами стадии трансфера технологий, а также граф. У графа следующая структура: вершины, обозначенные пунктиром, соответствуют основным этапам представленного инновационного процесса. Вершины являются точками ветвления, то есть после достижения данной вершины возможны несколько итогов развития. Изображенные сплошной линией вершины трактуются промежуточным или конечным финансовым результатом инновационного процесса.

Ребра показаны сплошной или пунктирной линией. Сплошные линии демонстрируют переход между стадиями в инновационном процессе, пунктирная линия означает создание добавленной стоимости. Таким образом, реализация трансфера технологий – это грани, представленные сплошными линиями, а сопутствующее ему изменение финансового потока – пунктирные линии.

Для того, чтобы оценить результативность трансфера возможно применение экономических показателей, такие как затраты (X_i), прибыль (P_i), выручка (Y_i). Составим систему уравнений для трех этапов инновационного цикла, которые обозначены, как пунктирные вершины графа:

$$\begin{cases} X_1 + P_1 = W_1; \\ X_2 + P_2 = W_2 + Y_1; \\ X_3 + P_3 = Y_2. \end{cases}$$

В уравнение системы входят расходы, которые отображаются в каждом из узлов ($X_{1,2,3}$); прибыль представляет собой ту сумму, которую может получить любой из узлов, реализовав научные и инновационные продукты ($P_{1,2,3}$), в дополнение ко всему включаются промежуточные результаты цикла, подготовленные к трансферу технологий ($W_{1,2}$). Из системы уравнений заметим, что доход от реализации инноваций возможно получить, как на втором, так и на третьем этапе инновационного процесса и выражается суммой затрат и прибыли на каждом из этапов ($Y_{1,2}$).

Проанализируем подробно каждый из этапов инновационного цикла:

1 Научно-исследовательский комплекс (НИК) соответствует первому уравнению системы: $X_1 + P_1 = W_1$,

где $X_1 = a_1 + W_0$ – затраты на инновационную составляющую в НИК;

W_0 – суммарный объем научных исследований и разработок на долю научных организаций по региону;

a_1 – коэффициент эффективности вложения средств в научно-исследовательский комплекс ($0 \leq a_1 \leq 1$);

W_1 – стоимость объектов интеллектуальной собственности, таких как патентов, пробных образцов т.д.

2 Малые и средние компании инновационного развития соответствует второму уравнению системы: $X_2 + P_2 = W_2 + Y_1$,

где X_2 – затраты компаний на выпуск инновационной продукции, куда также включены следующие компоненты:

$b_{12}x_{12}$ – затраты на собственные разработки, где x – затраты, b_{12} – коэффициент эффективности внедрения собственных разработок, $b_{12} \geq 0$;

$b_{22}x_{22}$ – затраты компании на выпуск продукции, включая внедрения со стороны научно-исследовательского комплекса, где $x_{22} = c_{12}w$ – затраты на продукты интеллектуальной собственности, купленные у научно-исследовательского комплекса, где – коэффициент восприимчивости компаний на внедрение инноваций со стороны, $0 \leq c_{12} \leq 1$, b_{22} – коэффициент эффективности внедрения сторонних разработок со стороны НИК ≥ 0 .

W_2 – объем продукции, осуществленной малыми и средними предприятиями для дальнейшего применения в серийном производстве;

Y_2 – объем продукции, выполненной малыми и средними предприятиями без дальнейшего использования в серийном производстве.

3 Производство (промышленные предприятия, серийное или массовое производство) описывается третьим уравнением системы: $X_3 + P_3 = Y_2$,

где X_3 – затраты промышленных предприятий на выпуск инновационной продукции, куда включены следующие компоненты:

$b_{13}x_{13}$ – затраты на собственные разработки, где x_{13} – затраты на разработки, b_{13} – коэффициент эффективности внедрения собственных разработок, $b_{13} \geq 0$;

$b_{23}x_{23}$ – затраты на внедрение купленных за рубежом технологий, где x_{23} – затраты на покупку импортных технологий, b_{23} – коэффициент эффективности внедрения импортных разработок, $b_{23} \geq 0$;

$b_{33}x_{33}$ – затраты предприятий на выпуск продукции, включая внедрения НИК, где $x_{33} = c_{13}w_1$ – затраты на продукты интеллектуальной собственности, купленные у НИК, где c_{13} – коэффициент восприимчивости компаний на внедрение инноваций, $0 \leq c_{13} \leq 1$, b_{33} – коэффициент эффективности внедрения сторонних разработок со стороны НИК, $b_{33} \geq 0$;

$b_{43}x_{43}$ – затраты предприятий на выпуск продукции, включая внедрения со стороны малых и средних инновационных компаний, где $x_{43} = c_{23}w_2$ – затраты на продукты интеллектуальной собственности, приобретенные у

малых и средних инновационных компаний, где c_{23} – коэффициент восприимчивости компаний на внедрение инноваций со стороны малых и средних инновационных компаний, $0 \leq c_{23} \leq 1$, b_{43} – коэффициент эффективности внедрения сторонних разработок со стороны малых и средних инновационных компаний, $b_{43} \geq 0$.

Y_3 – доход, обретаемый промышленными предприятиями от инновационной продукции.

В представленном методе результатом трансфера является количество и качество выпускаемой инновационной продукции, то есть итоговый результат. Отметим, что технологический трансфер – это не только продукция, получаемая на выходе, но и инновационные модификации. Следовательно, метод не дает возможности получить полную характеристику предмета трансфера технологий, оценивая результат только на заключительных этапах. Недостатком является сложность получения некоторых из коэффициентов, а также неосуществимость оценивания ТТ на первоначальных этапах, тем самым настоящий анализ не позволит пояснить объективность принятия технологии на этапе внедрения [9, 10].

1.3 Качественный метод

Не всегда уместны количественные методики оценки результативности ТТ, нередко требуется и качественный анализ, основанный на выстраивании критериев. Получение результата от ТТ может быть представлено *квандрантой* диаграммой, которая изображена на рисунке 1.2.

На диаграмме по двум осям представлены социальные и экономические преимущества, которые могут быть принимать как максимальное значение, так и минимальное. Оптимальным положением является нахождение в первом квадранте, где достигается с экономической точки зрения максимальная прибыльность для бизнеса, а также происходит максимальная социальная отдача. В зависимости от характера (управленческие, технологические и

другие инновации) и от качества внедряемых технологий будет определяться расположение в одном из четырех квадрантов.

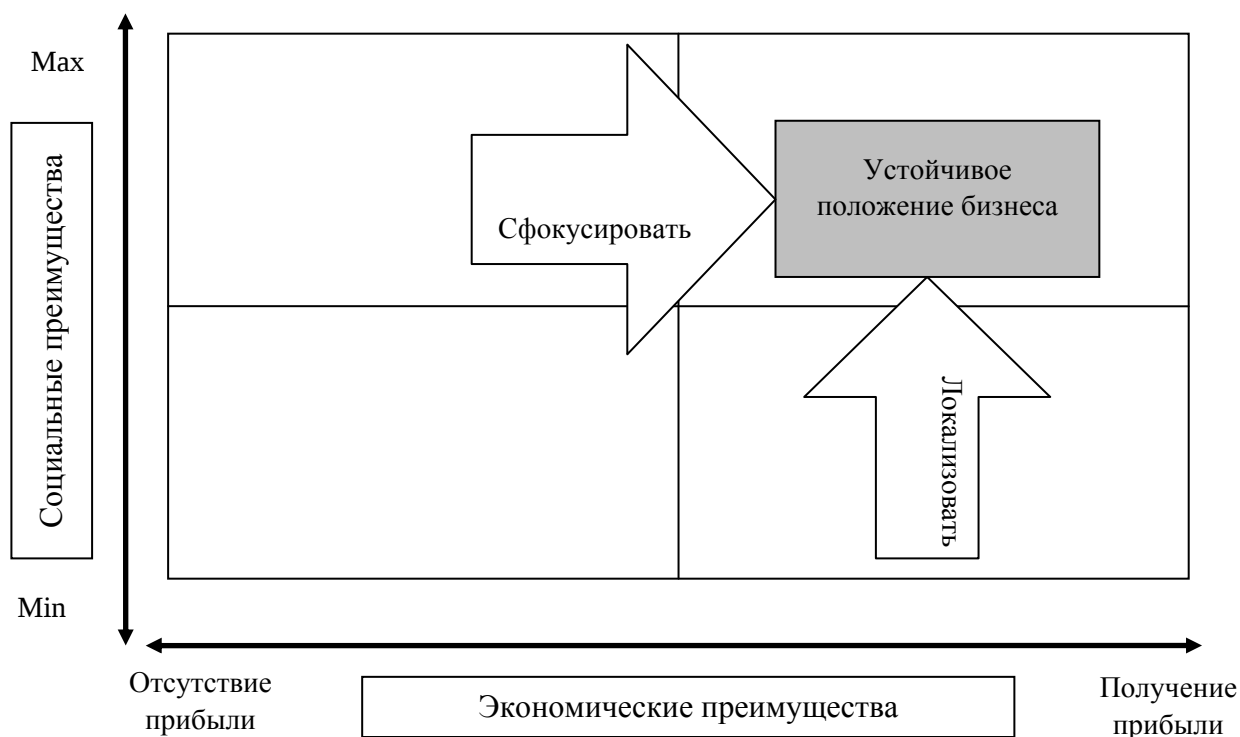


Рисунок 1.2 – Максимизация социальных и экономических преимуществ

Разобьем процесс на две части и дадим качественную оценку эффективности трансфера технологий. С одной стороны, анализ преимуществ для разработчика технологии, с другой стороны для принимающей стороны.

Разработчик технологии – это не только ее создатель, но и тот, кто является ее потребителем и расположен к дальнейшему распространению; также это могут быть организации-посредники, т.е. центры ТТ, бизнес-инкубаторы и другие научно-исследовательские организации. Это представлена одна из сторон-участников процесса ТТ, от которой происходит отдача или продажа технологии. Оценка эффективности может совершаться с помощью анализа *PESTEL* (*Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal*), адаптированного к оценке технологического трансфера.

PESTEL – анализ является многосторонней оценкой макроэкономических факторов, влияющих на организацию. На рисунке 1.3 представлены внешние факторы воздействия.

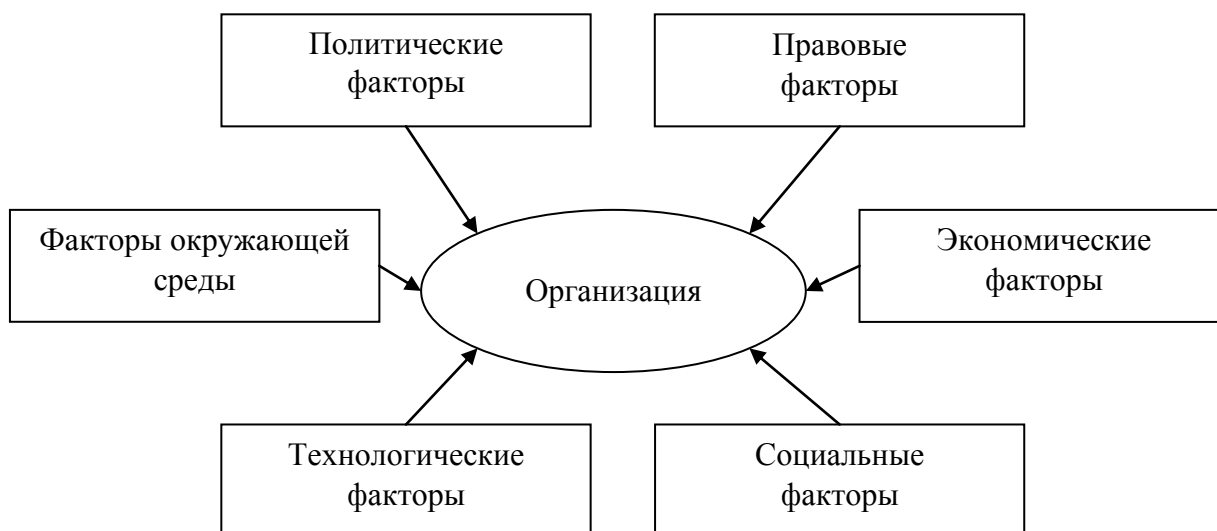


Рисунок 1.3 – Внешние факторы воздействия, входящие в *PESTEL*-анализ

Политический и правовой критерии. В настоящем вопросе немаловажно оценить, как происходит передача технологии: либо организация осуществляет функции посредника, либо выступает в роли разработчика технологии, т.к. необходимо полное соблюдение правовых норм по передаче прав на использование.

Факторы окружающей среды. Фактор сохранения окружающей среды очень значим, но на сегодняшний день при передаче технологий в большей степени упор делается на получение прибыли вне зависимости от последствий.

Технологические факторы. Данный компонент считается основной составляющей всего процесса ТТ. Технология в общем соединяет ряд понятий, таких как знания, навыки, процедуры, физические составляющие экономического процесса. Отсюда следует, что соответствие технологическому фактору является обязательным.

Социально-экономические факторы. Настоящие факторы также являются основополагающими. По данному критерию оценивается экономическая и социальная обстановка, а также социальная активность на этапе внедрения. Также совершаются прогнозы относительно масштабных изменений на рынке и формирование социально-экономической значимости процесса.

По другую сторону процесса ТТ находится принимающая сторона, т.е. пользователь технологии. В роли которого выступают малые и средние компании, промышленные производства, любые организации, как из научно-исследовательского комплекса, так и производственные компании, частные предприниматели и т.д. Хотя участник процесса получает технологию, перед ним также зарождается вопрос эффективности внедрения. Возможен процесс оценивания на модели *SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats)* анализа, который служит для оценки деятельности новых компаний.

Представленный анализ охватывает четыре значимые компоненты, а именно преимущества, недостатки, возможности и угрозы.

Попарно, настоящие характеристики, имеют отношение либо к внешним, либо к внутренним факторам, влияющих на деятельность компании.

Опираясь на данную методику, анализ результативности ТТ будет совершаться в два этапа: на первом из которых требуется оценить ситуацию организации по всем четырем компонентам; на втором – выполнить аналогичную оценку после внедрения технологий.

Сперва устанавливается, какие преимущества может применить организация для достижения наибольших возможностей. Далее определяются недостатки, которые требуется ликвидировать, чтобы проще выдержать возможные угрозы на рынке. Следующим этапом анализа является составление прогноза на каком из уровней возможен эффект от вводимой технологии. Далее выполняется сопоставление больше ли возможностей возникает у принимающей стороны, для достижения максимального числа существующих возможностей и ликвидации вероятных угроз.

Итогом анализа является то, что, если его результат показывает, что после ТТ, может быть усовершенствование по одному из аспектов, без ухудшения другого, то трансфер технологий следует осуществлять.

Настоящий анализ демонстрирует ситуацию в общем, более того, разделение его этапов между пользователем и разработчиком может привести к разногласию касательно эффективности, т.е. анализ может получиться

нецелостным. С другой стороны, разделение позволяет обнаружить выгоду для обеих сторон. Значительным недостатком является субъективность мнений на каждом из этапов [9].

1.4 Динамический (дисконтированный) метод

Трансфер технологий – передача технологии между участниками инновационного процесса. Появление технологии подразумевает создание нового продукта или модернизацию уже имеющейся технологии производства. Экономические результаты по ТТ обладают довольно продолжительным характером проявления, в силу того, что это совершается только после полной реализации технологии на рынке. Тогда возможно рассмотрение процесса ТТ с точки зрения инвестиционного проекта.

Настоящее сравнение вероятно, т.к. инвестиционный проект представляет собой внедрение инноваций. Для установления наиболее рентабельного, т.е. представляющего минимальные риски проекта, требуется оценить возможную его эффективность, которая изначально заключается в оценке окупаемости. Для каждого предприятия имеется немалое число факторов, влияющих на эффективность инновационного проекта, которые обуславливаются особенностями территориального характера, уровнем профессиональной подготовки работников, состоянием основных фондов и т.д. Основным методом оценки технологии на этапах её внедрения (трансфера) является чистый дисконтированный доход. Дисконтирование дает возможность расчета стоимости денежного потока на необходимый период, учитывая динамику изменения рынка, иными словами, учитываются риски, связанные с денежными потоками, одним из инструментов, который позволяет учесть эти риски является ставка дисконтирования (RD).

Основными показателями, которые используются для расчета по дисконтированному методу, являются *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Profitability Index (PI)*.

Описание показателей:

а) *Чистая приведенная стоимость (NPV)* показывает чистый доход или убыток инвестора от материальных вложений в проект, в сравнении с сохранением денег в банке. Расчет совершается по следующей формуле:

$$NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{1+RD} + \frac{CF_2}{(1+RD)^2} + \dots + \frac{CF_j}{(1+RD)^j} + \frac{CF_n}{(1+RD)^n} \quad (1.2)$$

где CF_j – денежный поток, приведенный к j -му моменту (интервалу);

RD – требуемый уровень доходности, который заменяет ставку дисконта и рассчитывается при учете риска;

n – срок жизни проекта.

Если $NPV > 0$, то проект окупается, т.е. принесет в будущем прибыль. Также это означает, что в ценах на данный момент времени эффект от внедрения технологии будет иметь положительную величину.

Если $NPV < 0$, то проект, вероятно не окупается, т.е. риски в такой степени велики, что доход не компенсирует их, таким образом, предложение о реализации проекта следует отклонить.

Если $NPV = 0$, то итогом реализации проекта будет, как отсутствие прибыли, так и убытков, т.е. будут возмещены лишь затраты на проект. Тем не менее это приумножит масштаб производства, что возможно расценивать, как положительный фактор.

Настоящий показатель является одним из главных при оценивании инвестиций, но NPV устанавливает абсолютную величину отдачи от инвестиций, поэтому их размер взаимосвязан с этим показателем (чем больше объём инвестиций, тем больше NPV), поэтому это не единственный показатель эффективности инвестиций и внедрения технологий. Для наиболее верного анализа требуется дополнительный расчет следующих показателей:

б) *Внутренняя норма доходности (IRR)* – уровень рентабельности проекта. Определение показателя двустороннее: с одной стороны, это норма прибыли, при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, что отчетливо видно на графике, представленном на рисунке 1.4.

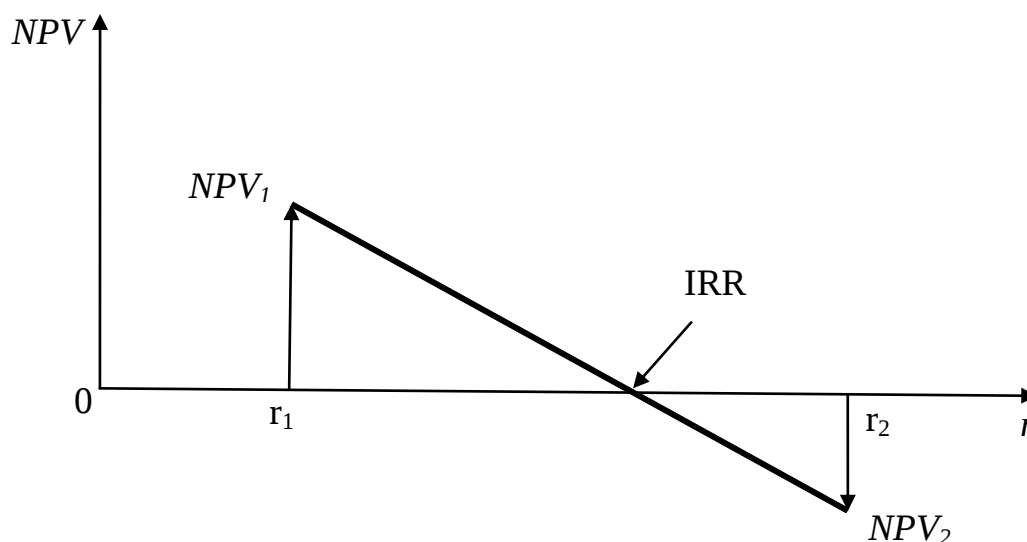


Рисунок 1.4 – Графическое объяснение IRR

С другой стороны, это ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы равны инвестиционным затратам на проект. Другими словами, представленный показатель устанавливает максимальную приемлемую ставку дисконта, при которой инвестиции потенциальны без потерь для собственника.

Таким образом, если считать условием, что *IRR*, это та ставка дисконта, при которой $NPV = 0$. То формула расчета имеет следующий вид:

$$0 = CF_0 + \frac{CF_1}{1+IRR} + CF_2(1+IRR)^{-2} + \dots + CF_n(1+IRR)^{-n} \quad (1.3)$$

Для принятия того, чтобы принять проект на основе показателя *IRR*, необходимо учитывать условие такое, что значение *IRR* должно быть выше средневзвешенной цены инвестиционных ресурсов. Если условие не выполняется, то проект возможно отклонить. Вероятны несколько недостатков для показателя *IRR*, а именно завышенный технологический эффект; отсутствует возможность рассчитать прибыль проекта в абсолютных значениях.

в) *Индекс прибыльности (PI)* – уровень генерируемых проектом доходов, получаемых на единицу капитальных вложений, т.е. отображает

отдачу от всякой вложенной единицы. Расчет производится по следующей формуле:

$$PI = \sum_t \frac{CF_t}{(1+r)^t} / IC \quad (1.4)$$

Если $PI > 1$, то начальные инвестиции возмещаются текущими денежными средствами, тогда проект следует считать эффективным и его принимают.

Если $PI < 1$, то проект подлежит отклонению.

Если $PI = 1$, то итогом реализации проекта будет, как отсутствие прибыли, так и убытков. В целом, показатель демонстрирует насколько эффективны инвестиции, но зачастую применяется в комплексе с NPV и IRR .

Разобранная методика является более точным инструментом анализа. Это связано с тем, что учитываются изменения нормы доходности, процентной ставки и т.д. Но главное преимущество заключается в возможности оценить эффективность на первоначальных этапах внедрения технологии [9].

1.5 Принцип Парето

Один из наиболее распространенных способов оценки эффективности какой-либо деятельности. При использовании метода экспертных оценок основным источником информации является эксперт – его суждения, качественные и количественные оценки. Характер информации, получаемой от эксперта, различен, следовательно, различны и методы ее анализа и обработки [11].

Принцип Парето – принцип согласованного выбора, названное в честь экономиста и социолога Вильфредо Парето.

Принцип Парето признают рациональным многие исследователи. Естественно, чтобы результирующее отношение $F(P_1, \dots, P_m)$ обладало свойством:

$$\bigcap_{v=1}^m P_v \subseteq F(P_1, \dots, P_m) \subseteq \bigcup_{v=1}^m P_v. \quad (1.5)$$

Если некоторое отношение R удовлетворяет соотношению (1.5) для отношений $P_1, \dots, P_m$, то обозначим это так: $R \in [P_1, \dots, P_m]$.

Предоставим два определения выпуклых множеств отношений. Множество всех отношений, удовлетворяющих принципу Парето для $P_1, \dots, P_m$, обозначим через $\Pi(P_1, \dots, P_m)$. Множество отношений $\{P_1, \dots, P_m\}$, для которых выполнено $\Pi(P_1, \dots, P_m) = \{P_1, \dots, P_m\}$, назовем выпуклым Парето.

Множество отношений $\{P_1, \dots, P_m\}$ будем называть выпуклым, если вместе с любой парой отношений оно содержит все отношения, лежащие между ними.

Выпуклая оболочка $C(P_1, \dots, P_m)$ множества отношений $\{P_1, \dots, P_m\}$ – это наименьшее выпуклое множество, содержащее $\{P_1, \dots, P_m\}$. Заметим, что $\Pi(P_1, \dots, P_m)$ и выпуклая оболочка $C(P_1, \dots, P_m)$ множества отношений $P_1, \dots, P_m$ совпадают [11].

Способ отыскания множества отношений:

Пусть заданы отношения частичного порядка $P_1, \dots, P_m$. Дополним их отношениями частичного порядка, лежащими между любой парой отношений $P_v, P_\mu \in \{P_1, \dots, P_m\}$. Полученное множество отношений $P'_1, \dots, P'_{m_1}$, $m \leq m_1$, в свою очередь, дополним отношениями частичного порядка, лежащими между парой отношений $P'_v, P'_\mu \in \{P'_1, \dots, P'_{m_1}\}$.

После конечного числа шагов множество отношений $C(P_1, \dots, P_m)$ будет построено, а также множеством отношений $\Pi(P_1, \dots, P_m)$ поскольку они совпадают.

Указанный способ отыскания множества отношений $C(P_1, \dots, P_m)$ эффективен только в случае, если число отношений, составляющих $\Pi(P_1, \dots, P_m)$, сравнительно мало. В противном случае он становится слишком трудоемким. Впрочем, в этом случае и выделение множества $\Pi(P_1, \dots, P_m)$ становится менее информативным. Поэтому предлагается сузить множество

отношений частичного порядка, среди которых выбирается результирующее отношение [12, 13].

1.6 Аддитивная свертка

Аддитивная свёртка – это сумма отдельных критериев, которая совершается по формуле:

$$W = \sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i, \quad (1.6)$$

где m_i – весовые коэффициенты;

x_i – числовые показатели;

n – количество показателей.

По результатам общей свёртки критериев наилучшим считается вариант, имеющий большее значение интегрального показателя.

Данная методика при всей своей простоте является по сути механистической. Она не позволяет в достаточной степени оценить индивидуальный вклад конкретных критериев в общий результат. Низкая оценка по одному показателю может быть скомпенсирована высокой по другому показателю, поскольку аддитивная свёртка нечувствительна к крайним значениям отдельных критериев.

Рассмотрим также метод анализа иерархий.

Метод анализа иерархий (МАИ) – один из самых известных методов решения практических многокритериальных задач самого различного характера и сложности. Он декларируется как метод количественного измерения многокритериальных предпочтений в шкале отношений [14].

Настоящий метод разработал американский математик Томас Саати. МАИ позволяет лицу, принимающему решение, определить такую альтернативу, которая оптимальным образом скоординируется с познанием сути проблемы и требованиями к ее решению, что помогает рационально структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии,

которая подлежит сравнению и количественной оценке альтернативных вариантов решения.

Анализ проблемы принятия решений начинается с построения иерархии, которая содержит цель, критерии, альтернативы и прочие влияющие факторы на выбор. Настоящая структура отображает понимание проблемы лицом, принимающим решение.

Всякий иерархический элемент возможен представлять разнообразные аспекты решаемой задачи, такие как материальные и нематериальные факторы, измеряемые количественные параметры и качественные характеристики, объективные данные и субъективные экспертные оценки [15, 16].

Метод анализа иерархий включает процедуру исследования приоритетов, вычисления которых происходит на основе субъективных суждений экспертов. Математические подсчеты для задач малой размерности возможно осуществить вручную или с помощью калькулятора, тем не менее гораздо удобнее применять программное обеспечение (ПО) для ввода и обработки суждений.

Последовательность применения метода:

- 1 Структурирование качественной модели проблемы в виде иерархии, которая включает цель, альтернативные вариации достижения цели и критерии для оценки качества альтернатив. Простейшая иерархия изображена на рисунке 1.5.

- 2 Установка приоритетов всех элементов иерархии с использованием метода парных сравнений;

- 3 Анализ глобальных приоритетов альтернатив с помощью линейной свертки приоритетов элементов на иерархии;

- 4 Проверка суждений на согласованность;

- 5 Принятие решения на основе полученных результатов.

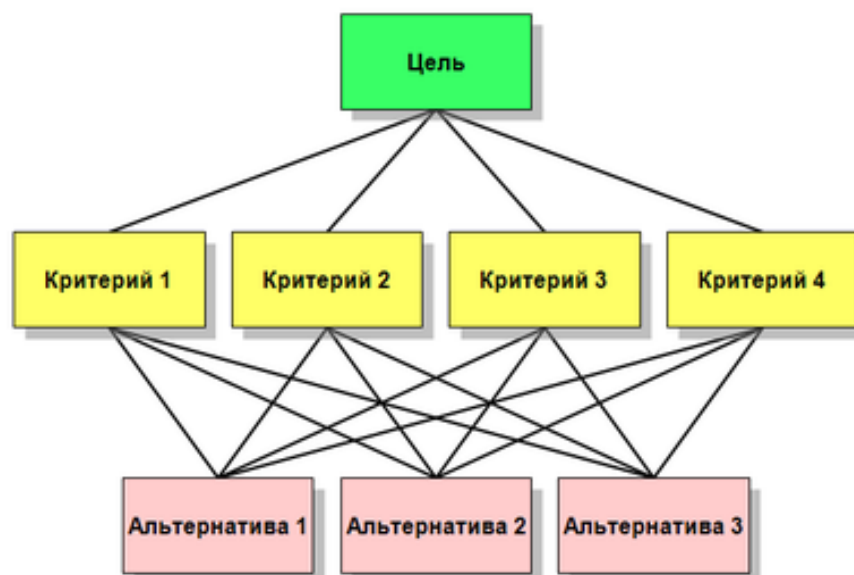


Рисунок 1.5 – Простейшая иерархия МАИ

Основная задача – оценивание высших уровней, исходя из взаимодействия различных уровней иерархии, а не из прямой зависимости от элементов на этих уровнях.

Преимущества и недостатки метода:

Применение данного метода не предполагает общих правил организации структуры модели принятия решения, является показателем действительной ситуации принятия решения. Учитывая настоящее обстоятельство, осуществляется построение дополнительной модели для согласования всевозможных мнений, путем установления их приоритетов. Главным достоинством приведенного метода, в сравнении с другими, является то, что при подготовке принятия решения во внимание принимается *«человеческий фактор»*.

Организация структуры модели принятия решения в данном методе сравнительно трудоемкий процесс. Тем не менее в завершении удастся получить детализированное представление о том, каким образом взаимодействуют влияющие на приоритеты альтернативных решений факторы. Как именно создаются рейтинги вероятных решений и рейтинги, отражающие важность факторов.

Сбор данных для принятия решения осуществляется с помощью процедуры парных сравнений. Имеются противоречия результатов парных сравнений. В таком случае возникает необходимость пересмотра данных для их минимизации.

В рамках метода анализа иерархий отсутствуют средства для того, чтобы проверить достоверности и надежность данных. Это является важным недостатком, ограничивающим в некоторой степени возможности использования метода. Тем не менее метод применяется преимущественно в тех случаях, когда объективность данных невозможна [16, 17, 18].

2 Метод агрегирования предпочтений для оценивания критических факторов

В данной главе введено понятие ранжирования (слабого порядка) как формы представления предпочтений и рассмотрены основные правила нахождения единственного ранжирования для заданных m ранжирований n альтернатив. Нахождение единственного ранжирования называется агрегированием предпочтений, а правила его нахождения имеют эквивалентные формулировки в терминах теории голосования.

Агрегирование – операция объединения нескольких показателей для получения комплексного показателя.

Агрегировать m предпочтений, заданных на множестве n альтернатив – это значит определить *единственное* отношение предпочтения β , которое обеспечивает между ранжированиями исходного профиля наилучший компромисс. Ранжирование β будем называть *ранжированием консенсуса*.

Агрегирование позволяет оценить и сравнить объекты по совокупности различных показателей. Простота и информативность оценки, выраженная в одном агрегированном показателе, является основным достоинством агрегирования данных.

Недостатком же агрегирования является невозможность видеть, за счет каких именно факторов объект получает ту или иную агрегированную оценку. При этом полученное в результате процедуры агрегирования суждение обладает большей достоверностью по сравнению с суждениями, сформированными на основе индивидуальных измерений.

2.1 Отношение предпочтения

Пусть необходимо *ранжировать* объекты по степени проявления некоторого признака, т.е. установить некоторое *отношение предпочтения* на множестве объектов. Обычно понятие предпочтения моделируется с помощью специально построенного бинарного отношения, которое называется *слабым порядком* [19, 20].

Пусть $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – множество сравниваемых альтернатив (объектов). Бинарное отношение λ называется отношением *предпочтения* на множестве A , если

$$\lambda = \rho \cup \tau. \quad (2.1)$$

То есть отношение предпочтения λ является объединением двух отношений: отношения *строгого предпочтения* ρ , которое является:

- антирефлексивным ($\overline{a_i \rho a_i}$ для всех i);
- антисимметричным (для всех i, j из $a_i \rho a_j$ и $a_j \rho a_i$ следует $a_i = a_j$);
- транзитивным (для всех i, j, k из $a_i \rho a_j$ и $a_j \rho a_k$ следует $a_i \rho a_k$),

и отношения *безразличия* τ , которое является рефлексивным ($a_i \tau a_i$ для всех i) и симметричным (для всех i, j из $a_i \tau a_j$ следует $a_j \tau a_i$). То есть, если

- a_i *строго предпочитается* a_j , то пишут $a_i \rho a_j$ или $a_i \succ a_j$,
- выбор между a_i и a_j *безразличен*, то пишут $a_i \tau a_j$ или $a_i \sim a_j$.

Отношение безразличия удобно трактовать как эквивалентность. Поэтому в дальнейшем изложении будем альтернативы $a_i \sim a_j$ называть *эквивалентными*.

Отношение предпочтения (слабый порядок) λ является, таким образом, рефлексивным ($a_i \lambda a_i$ для любых $a_i \in A$), транзитивным (для всех i, j, k из $a_i \lambda a_j$ и $a_j \lambda a_k$ следует $a_i \lambda a_k$) и полным (для любых $a_i, a_j \in A$ выполняется либо $a_i \lambda a_j$, либо $a_j \lambda a_i$).

Слабые порядки обычно представляются *ранжированиями* объектов, имеющими вид цепочки:

$$\lambda_k = (a_1 \succ a_2 \dots \sim a_s \sim a_t \succ \dots \sim a_n). \quad (2.2)$$

Отношение предпочтения λ можно представить $(n \times n)$ *матрицей отношения* $R = [r_{ij}]$, строки и столбцы которой соответствуют альтернативам из A , а ее элементы позволяют различать отношения $\succ$, $\prec$ и $\sim$:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i \succ a_j \\ 0, & \text{если } a_i \sim a_j \\ -1, & \text{если } a_i \prec a_j \end{cases} \quad (2.3)$$

Заметим, что эта матрица *антисимметрическая*, т.е. $r_{ij} = -r_{ji}$ для всех i, j , и *транзитивная*, т.к., в силу транзитивности отношения λ , если $r_{ij} \geq 0$ и $r_{jk} \geq 0$, то $r_{ik} \geq 0$ [15, 77]. Таким образом, матрица отношений может иметь следующий вид:

$$[r_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (2.4)$$

Предположим теперь, что n объектов описываются с помощью m отношений предпочтения. Тогда на множестве n объектов $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ имеем множество отношений предпочтения (ранжирований) $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$.

Множество ранжирований Λ называется *профилем предпочтения* для заданных m и n . Например, для $m = 5$ и $n = 6$ может получиться следующий профиль предпочтения:

$$\begin{aligned} \lambda_1: a_1 \succ a_2 \sim a_5 \succ a_6 \succ a_4 \succ a_3 \\ \lambda_2: a_5 \succ a_6 \succ a_2 \succ a_3 \sim a_4 \succ a_1 \\ \lambda_3: a_3 \succ a_1 \succ a_6 \sim a_4 \succ a_2 \succ a_5. \\ \lambda_4: a_3 \succ a_6 \succ a_1 \succ a_2 \sim a_4 \succ a_5 \\ \lambda_5: a_6 \succ a_1 \succ a_2 \sim a_3 \succ a_4 \succ a_5 \end{aligned} \quad (2.5)$$

Если учесть, что порядок предпочтения в каждом ранжировании всегда ориентирован слева направо, можно использовать более компактное представление профиля:

$$\begin{aligned} 1 \ 2 \sim 5 \ 6 \ 4 \ 3 \\ 5 \ 6 \ 2 \ 3 \sim 4 \ 1 \\ 3 \ 1 \ 6 \sim 4 \ 2 \ 5. \\ 3 \ 6 \ 1 \ 2 \sim 4 \ 5 \\ 6 \ 1 \ 2 \sim 3 \ 4 \ 5 \end{aligned} \quad (2.6)$$

Математический подход к проблеме агрегирования предпочтений впервые был исследован в теории социального выбора [21, 22, 23] в качестве *проблемы голосования* или группового решения, в которой роль множества A выполняет множество n кандидатов, которые ранжируются группой из m

избирателей. То есть проблема голосования состоит в нахождении такого кандидата из n кандидатов, которому m избирателей оказывают наибольшую степень поддержки.

Трактовка понятия "наилучший компромисс" определяет содержание каждого из правил (принципов) нахождения ранжирования консенсуса для заданных m ранжирований n альтернатив. В следующем параграфе будут рассмотрены наиболее известные правила голосования (агрегирования предпочтений).

2.2 Правило простого большинства

Правило простого большинства состоит в следующем: победителем голосования является тот кандидат, который большинством избирателей поставлен на *первое место*.

Рассмотрим пример применения правила простого большинства к проблеме голосования для профиля предпочтения (2.5). Из профиля следует, что кандидаты $a_1, a_2, \dots, a_6$ получили следующие голоса за первое место: a_1 получает 1 голос, a_2 – 0 голосов, a_3 – 2 голоса, a_4 – 0 голосов, a_5 – 1 голос, a_6 – 1 голос. Следовательно, по правилу простого большинства, победителем голосования является кандидат 3, а ранжирование консенсуса для данного примера, полученное с помощью принципа простого большинства имеет вид:

$$\beta = \{a_3 \succ a_1 \sim a_5 \sim a_6 \succ a_2 \sim a_4\}. \quad (2.7)$$

Однако решение (2.7) связано с противоречием, так как из профиля (2.5) видно, что три избирателя из пяти предпочли кандидата 6 кандидату 3, следовательно, кандидат 6 должен выиграть у кандидата 3 хотя бы во втором туре выборов.

При таком способе голосования остается также неясным, кто должен занять вторую позицию в результатах голосования: кандидат 1 занял один раз первое место и два раза – второе. Кандидат 3 – два раза первое и ни одного второго, вроде бы кандидат 1 должен занять второе место, но из кандидатов 3

и 1 тремя избирателями отдано предпочтение кандидату 3 и лишь два избирателя предпочли кандидата 1.

Таким образом, правило простого большинства далеко не всегда приводит к корректным результатам, если число кандидатов больше единицы.

2.3 Правило Борда

Жан-Шарль де Борда в 1784 г. [24] предложил принцип, в соответствии с которым каждой альтернативе присваивается количество баллов в зависимости от ее места в ранжировании: 0 баллов – последнее место, 1 балл – предпоследнее место и т.д. до $(n - 1)$ баллов за первое место. Баллы каждой альтернативы суммируются по всем ранжированиям, и ее место в отношении консенсуса определяется полученной суммой.

Для подсчета баллов Борда удобно пользоваться $(n \times n)$ *электоральной матрицей* $S = [s_{ij}]$, где

$$s_{ij} = \sum_{k=1}^m b_{ij}^k, \quad i, j = 1, \dots, n; \quad (2.8)$$

$$b_{ij}^k = \begin{cases} 1 & \text{если } a_i^k \succ a_j^k \\ 1/2 & \text{если } a_i^k \sim a_j^k \\ 0 & \text{если } a_i^k \prec a_j^k \end{cases} \quad (2.9)$$

Матрица S обладает очевидным свойством: $s_{ij} + s_{ji} = m$.

В таблице 2.1 приведена электоральная матрица для профиля (2.5).

Таблица 2.1 – Электоральная матрица для профиля (2.5)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	Счет Борда
a_1	0	4	2	4	4	2	8
a_2	1	0	2½	3½	3½	1	11½
a_3	3	2½	0	3½	3	2	14
a_4	1	1½	1½	0	3	½	7½
a_5	1	1½	2	2	0	2	8½
a_6	3	4	3	4½	3	0	17½

Сумма баллов, полученных альтернативой в каждом ранжировании по правилу Борда, равна сумме элементов соответствующей строки

электоральной матрицы. Эти суммы показаны в крайнем правом столбце таблицы 2.1.

Из данных таблицы 2.1 следует, что ранжирование консенсуса в соответствии с принципом Борда имеет вид: $\beta = \{a_6 \succ a_1 \succ a_3 \succ a_2 \succ a_5 \succ a_4\}$.

Однако из электоральной матрицы видно, что три из пяти (т.е. большинство) избирателей считают, что $a_3 \succ a_1$ и $a_4 \succ a_5$, а в полученном ранжировании консенсуса отражено противоположное мнение. То есть правило Борда, как и правило простого большинства, может приводить к некорректным результатам голосования.

2.1.4 Правило Кондорсе

Пытаясь преодолеть недостатки правила Борда, маркиз де Кондорсе в 1785 г. предложил свой принцип выбора: в каждом *парном сравнении* кандидатов предпочтительным кандидатом является тот, что предпочитается большинством избирателей, т.е. $a_i \succ a_j$, если и только если $s_{ij} > s_{ji}$ для всех $i \neq j$. Иными словами, если альтернатива a_i получила большинство голосов в парном сравнении со всеми другими альтернативами, эта альтернатива объявляется победителем и называется *альтернативой Кондорсе*.

Для профиля (2.5) правило Кондорсе дает следующее ранжирование консенсуса: $\beta = \{a_6 \succ a_3 \succ a_1 \succ a_2 \succ a_4 \succ a_5\}$.

Действительно, это следует из построенной по электоральной матрице таблицы 2.2, в колонках которой, обозначенных символами $\succ$, $\prec$ и $\sim$, содержатся соответственно числа побед, поражений и ничьих для каждого из кандидатов.

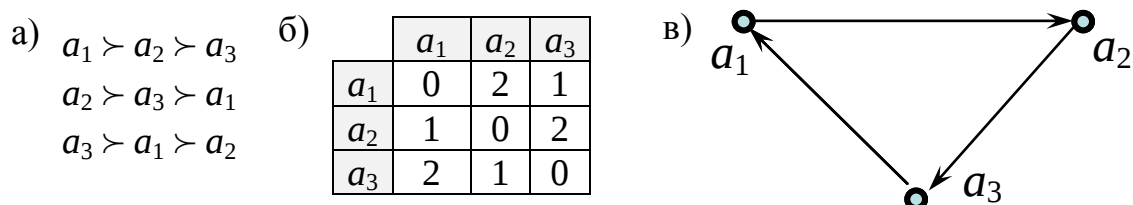
Правило Кондорсе, в отличие от предыдущих двух рассмотренных правил, учитывает информацию о всех содержащихся в профиле отношениях предпочтения и поэтому считается самым справедливым правилом голосования [24]. Но, к сожалению, правило Кондорсе, обладает существенным недостатком: *альтернатива Кондорсе может не существовать*.

Таблица 2.2 – Результаты парных сравнений кандидатов профиля (2.5)

Кандидат	$\succ$	$\prec$	$\sim$
a_1	3	2	0
a_2	2	2	1
a_3	3	1	1
a_4	1	4	0
a_5	0	5	0
a_6	5	0	0

Сам Кондорсе в своей работе 1785 г. [25, 26] указал на возможность нетранзитивности определяемого его принципом отношения консенсуса, когда может быть, что $a_i \succ a_j$ и $a_j \succ a_k$, тогда как $a_k \succ a_i$. Эта ситуация называется *парадоксом голосования Кондорсе*. Таким образом, несмотря на то, что каждое из ранжирований, входящих в профиль предпочтения, всегда является транзитивным, нет никакой гарантии, что профиль предпочтения в целом будет также транзитивным.

Стандартным примером такого случая является профиль, показанный на рисунке 2.1, а. Если попытаться применить к нему принцип Кондорсе, то, как видно из электоральной матрицы (рисунок 2.1, б), каждая из альтернатив может претендовать на роль победителя. В результате имеем так называемую циклическую неопределенность (*цикл Кондорсе*), и граф отношения консенсуса (рисунок 2.1, в) содержит соответствующий ориентированный цикл (контур), содержащий все три альтернативы.



а) профиль предпочтения; б) электоральная матрица; в) граф ранжирования консенсуса Кондорсе

Рисунок 2.1 – Пример циклической неопределенности

Опубликованная в 1951 г. Кеннетом Эрроу *теорема о невозможности* [24, 27] показала, что ни одно из правил голосования не может обеспечить одновременное выполнение следующих трех (естественных) свойств (аксиом):

- 1) *единогласие*: если кандидат a_i предпочтительнее кандидата a_j по мнению всех избирателей $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$, то $a_i \succ a_j$ и в отношении консенсуса β ;
- 2) *отсутствие диктатора*: не существует единственного избирателя λ_k , чьи предпочтения всегда превалируют над мнениями других избирателей;
- 3) *независимость от посторонних альтернатив*: добавление или удаление альтернативы a_j не изменяет отношения консенсуса, в котором альтернатива a_i признана наилучшей.

Теорема Эрроу является разъяснением парадокса Кондорсе, которая объясняет, что профиль предпочтения необязательно является транзитивным, даже если всякое k -ое ранжирование является линейным порядком.

Потенциальные пути разрешения парадокса привели к появлению разных правил голосования [28, 29]. Один из которых – правило Кемени – наиболее аргументированный из них с формальной точки зрения.

2.5 Правило Кемени

Правило, предложенное Дж. Кемени в работе [28, 30], заключается в нахождении такого линейного порядка (ранжирования Кемени) β альтернатив, что расстояние (определенное в терминах числа парных несоответствий между ранжированиями) от β до ранжирований исходного профиля минимально.

Введенная Кемени [28] функция расстояния $d(\lambda_k, \lambda_l)$ между двумя ранжированиями λ_k и λ_l определяется формулой

$$d(\lambda_k, \lambda_l) = \sum_{i < j} |r_{ij}^k - r_{ij}^l| \quad (2.10)$$

и может рассматриваться как число различий между двумя ранжированиями. В формуле (2.10) суммируются только элементы верхней треугольной подматрицы r_{ij} , $i < j$, матрицы R .

Расстояние между произвольным ранжированием λ и профилем Λ можно теперь определить следующим образом:

$$D(\lambda, \Lambda) = \sum_{k=1}^m d(\lambda, \lambda_k) = \sum_{i < j} \sum_{k=1}^m |r_{ij}^k - r_{ij}|. \quad (2.11)$$

Из (2.11), с учетом $r_{ij} = 1$ для всех $i < j$, что соответствует естественному линейному порядку $a_1 \succ a_2 \succ \dots \succ a_n$, следует, что для любого $k = 1, \dots, m$ $|r_{ij}^k - r_{ij}| = |1 - 1| = 0$ если $a_i^k \succ a_j^k$; $|r_{ij}^k - r_{ij}| = |0 - 1| = 1$ если $a_i^k \sim a_j^k$ и $|r_{ij}^k - r_{ij}| = |-1 - 1| = 2$ если $a_i^k \prec a_j^k$. Таким образом, обозначив $|r_{ij}^k - r_{ij}|$ через d_{ij}^k , имеем

$$D(\lambda, \Lambda) = \sum_{i < j} \sum_{k=1}^m d_{ij}^k. \quad (2.12)$$

Теперь можно определить $(n \times n)$ матрицу профиля $P = [p_{ij}]$, где

$$p_{ij} = \sum_{k=1}^m d_{ij}^k, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (2.13)$$

и число избирателей (ранжирований) m профиля Λ представлено в каждом из элементов матрицы как $\frac{1}{2}(p_{ij} + p_{ji}) = m$, $i, j = 1, \dots, m$. Таким образом, значение $0,5p_{ij}$ можно понимать как число предпочтений a_j относительно a_i .

Сумма элементов верхней треугольной подматрицы P_u матрицы P равна расстоянию Кемени $D(\lambda, \Lambda)$:

$$D(\lambda, \Lambda) = \sum_{i < j} p_{ij}. \quad (2.14)$$

Порядок элементов a в ранжировании λ соответствует порядку (перестановке) соответствующих строк и столбцов матрицы P .

Например, матрица профиля для профиля предпочтения (2.5) будет выглядеть следующим образом:

$$[p_{ij}] = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 6 & 2 & 2 & 6 \\ 8 & 0 & 5 & 3 & 3 & 8 \\ 4 & 5 & 0 & 3 & 4 & 6 \\ 8 & 7 & 7 & 0 & 4 & 9 \\ 8 & 7 & 6 & 6 & 0 & 6 \\ 4 & 2 & 4 & 1 & 4 & 0 \end{bmatrix}, \quad (2.15)$$

В частности, элемент матрицы p_{24} был получен следующим образом:
 $p_{24} = 0+0+2+1+0 = 3$.

Пусть пространство Π является множеством всех $n!$ линейных (строгих) отношений порядка $\succ$ на A . Каждый линейный порядок соответствует одной из перестановок первых n натуральных чисел $\mathbf{N}_n = \{1, 2, \dots, n\}$.

При реализации правила Кемени наша цель состоит в нахождении такого линейного порядка $\beta \in \Pi$ элементов $a_1, \dots, a_n$, что расстояние $D(\lambda, \Lambda)$ от β до профиля предпочтения Λ является минимальным, то есть

$$\beta = \arg \min_{\lambda \in \Pi} D(\lambda, \Lambda). \quad (2.16)$$

Таким образом, ранжирование консенсуса β , найденное по правилу Кемени, является решением оптимизационной задачи (2.16) и называется *ранжированием (медианой) Кемени* [28]. При этом каждая перестановка объектов из A соответствует перестановке соответствующих строк и столбцов матрицы профиля. Поэтому задача (2.16) фактически заключается в нахождении такой перестановки строк и столбцов матрицы, что сумма элементов ее верхней треугольной подматрицы минимальна.

Для профиля (2.5) правило Кемени дает такое же решение, что и правило Кондорсе, т.е. $\beta = \{a_6 \succ a_3 \succ a_1 \succ a_2 \succ a_4 \succ a_5\}$, что подтверждает наличие у правила Кемени достоинств, близких положительным свойствам правила Кондорсе. Кроме того, правило Кемени не может приводить к парадоксу.

Однако, правило Кемени, в свою очередь, имеет два недостатка:

- задача о ранжировании Кемени является NP-полной [19, 26, 31, 32];
- число найденных по правилу Кемени оптимальных решений (ранжирований консенсуса) может значительно превышать 1 и достигать значений $> 10^7$ даже для небольших m и n [19, 31, 33].

3 Применение агрегирования предпочтений для оценивания критических факторов организации инновационной деятельности университета

В настоящее время предложено немало методик оценивания эффективности трансфера технологий деятельности вузов, каждая из которых различается целями проводимой оценки, набором исходных параметров, показателей и т.д. В данной главе рассмотрено применение метода агрегирования предпочтений. Полагаем, что предложенный метод позволит усовершенствовать процедуру оценки инновационного потенциала вуза, выявить возможности для повышения его уровня.

3.1 Алгоритм поиска итогового ранжирования

Основные этапы метода агрегирования предпочтений реализуют следующие функции:

- 1 Формирование множества объектов $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$.
- 2 Построение профиля предпочтений Λ из m ранжирований на множестве n объектов.
- 3 Формирование матрицы профиля $P = [p_{ji}]$.

Матрица профиля предпочтения определяется формулой:

$$p_{ij} = \sum_{k=1}^m d_{ij}^k, \quad i, j = 1, \dots, 20, \quad (3.1)$$

$$\text{где } d_{ij}^k = \begin{cases} 0, & \text{если } a_i^k > a_j^k \\ 1, & \text{если } a_i^k \sim a_j^k \\ 2, & \text{если } a_i^k < a_j^k \end{cases}$$

- 4 Нахождение ранжирования консенсуса по правилу Кемени $B = \{\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_{N_{\text{kem}}}\}$.
- 5 Определение итогового ранжирования консенсуса β .

3.2 Формирование списка критических факторов и барьеров

В ходе исследования на основе изучения и обобщения теоретического материала выявили пять основных барьеров для трансфера инноваций от вузов в промышленность, где каждый барьер разбит на более мелкие характеризующие его критические факторы:

1 Отсутствие спроса на инновации со стороны бизнеса (Б1)

- 1.1 Недоверие к уровню разработок вузов;
- 1.2 Недостаточная осведомленность о разработках вузов;
- 1.3 Неактуальность разработок для бизнеса;
- 1.4 Отсутствие внешних условий для правильного применения разработок;
- 1.5 Неразвитость рынка объектов интеллектуальной собственности;
- 1.6 Преимущественная ориентация на зарубежные технологии с реализацией «под ключ»;
- 1.7 Недостаток уникальных технологий.

2 Несовершенство законодательства в области интеллектуальной собственности (Б2)

- 2.1 Низкий риск привлечения к ответственности, который приводит к недобросовестной конкуренции и незаконному предпринимательству; слабая результативность правоприменительной практики;
- 2.2 Отсутствие системы конкретных мер, направленных на стимулирование создания и использования результатов интеллектуальной деятельности;
- 2.3 Слабый опыт международного патентования и реализации патентов.

3 Нежелание вузов заниматься проблемами промышленности (Б3)

- 3.1 Отсутствие комплекса компетенций, которые можно использовать для исполнения проектов любой сложности;
- 3.2 Отсутствие государственных механизмов стимулирования инновационной деятельности;

3.3 Отсутствие механизмов стимулирования инновационной деятельности со стороны бизнес-сообщества.

4 Недостаточный опыт вузов в продвижении своих разработок (Б4)

4.1 Слабая подготовка руководства в вопросах коммерциализации разработок;

4.2 Недостаток квалифицированных кадров, имеющих профессиональную подготовку в области бизнес-планирования, коммерциализации научных знаний;

4.3 Неумение и нежелание работать по общепринятым правилам мирового рынка и с учетом национальной специфики.

5 Отсутствие устоявшейся системы взаимоотношений науки, бизнеса и государства (Б5)

5.1 Не сформирована инфраструктура производства и внедрения инновационной продукции;

5.2 Отсутствие рынка результатов инновационной деятельности;

5.3 Отсутствие инновационного потенциала и бизнес-навыков.

3.3 Формирование списка вузов

Для исследования были выбраны 15 российских университетов из состава участников всероссийского Проекта 5-100, которые являются победителями конкурса на предоставление государственной поддержки для повышения конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Для того чтобы найти решение поставленной задачи, необязательно рассматривать деятельность 21 вуза, поэтому выбираем из них случайным образом пятнадцать объектов, на основе которых будет проводиться оценивание критических факторов для трансфера инноваций от вузов в промышленность:

1 Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ);

2 Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС);

3 Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ);

4 Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ);

5 Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ);

6 Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ);

7 Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ);

8 Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева;

9 Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ);

10 Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО);

11 Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ);

12 Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ);

13 Российский университет дружбы народов (РУДН);

14 Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского);

15 Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ).

3.4 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера «Б1»

Установим отношения предпочтений на множестве объектов, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг (10), а наименее предпочтительному – наименьший (1), т.е. каждому вузу

назначаются показатели – это числа, присвоенные оцениваемым объектам, которые указывают положение каждого объекта в построенном ряду предпочтения по отношению к другим объектам, но не обеспечивают равенство приращений уровня оцениваемого свойства между объектами. Результаты приведены в таблице 3.1.

Имеется $m = 7$ ранжирований на множестве $n = 15$ объектов $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$, то есть имеем множество отношений предпочтений $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7\}$. Множество отношений Λ – это профиль предпочтения для данных семи ранжирований (свойств) и является отношением слабого порядка.

Таблица 3.1

№	Наименование вуза	Факторы						
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
1	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)	3	2	2	3	5	3	4
2	Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС)	7	2	6	7	6	7	8
3	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	1	3	2	3	5	2	4
4	Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)	2	1	1	3	5	2	4
5	Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)	6	5	5	6	7	6	6
6	Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ)	3	1	4	4	5	3	2
7	Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ)	4	3	3	4	6	4	2
8	Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	8	6	9	10	9	7	8
9	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	5	4	6	5	7	5	3
10	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО)	5	4	3	6	4	6	4
11	Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	10	7	9	10	10	9	10
12	Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ)	9	7	6	9	7	6	8

Продолжение таблицы 3.1

13	Российский университет дружбы народов (РУДН)	8	9	7	8	6	8	8
14	Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского)	7	8	9	9	8	7	6
15	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)	9	10	8	9	10	9	9

Запишем профиль предпочтений, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг, а наименее предпочтительному – наименьший:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 4 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \sim 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 8 \sim 13 \succ 12 \sim 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{4 \sim 6 \succ 1 \sim 2 \succ 3 \sim 7 \succ 9 \sim 10 \succ 5 \succ 8 \succ 11 \sim 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15\};$$

$$\lambda_3 = \{4 \succ 1 \sim 3 \succ 7 \sim 10 \succ 6 \succ 5 \succ 2 \sim 9 \sim 12 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \sim 11 \sim 14\};$$

$$\lambda_4 = \{1 \sim 3 \sim 4 \succ 6 \sim 7 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \sim 14 \sim 15 \succ 8 \sim 11\};$$

$$\lambda_5 = \{10 \succ 1 \sim 3 \sim 4 \sim 6 \succ 2 \sim 7 \sim 13 \succ 5 \sim 9 \sim 12 \succ 14 \succ 8 \succ 11 \sim 15\};$$

$$\lambda_6 = \{3 \sim 4 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \sim 12 \succ 2 \sim 8 \sim 14 \succ 13 \succ 11 \sim 15\};$$

$$\lambda_7 = \{6 \sim 7 \succ 9 \succ 1 \sim 3 \sim 4 \succ 10 \succ 5 \sim 14 \succ 2 \sim 8 \sim 12 \succ 13 \succ 15 \succ 11\}.$$

Профиль предпочтений является входным параметром для алгоритма, осуществляющего построение матрицы профиля предпочтений.

Тогда матрица профиля предпочтений выглядит следующим образом:

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 8 & 11 & 0 & 7 & 2 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 13 & 0 & 12 & 14 & 10 & 14 & 11 & 2 & 9 & 12 & 0 & 4 & 1 & 4 & 0 \\ 6 & 2 & 0 & 8 & 0 & 5 & 3 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 6 & 0 & 0 & 4 & 2 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 14 & 4 & 14 & 14 & 0 & 14 & 14 & 0 & 11 & 12 & 0 & 2 & 2 & 1 & 0 \\ 7 & 0 & 9 & 10 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 12 & 3 & 11 & 12 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 14 & 12 & 14 & 14 & 14 & 14 & 14 & 0 & 14 & 14 & 2 & 9 & 7 & 10 & 4 \\ 12 & 5 & 12 & 12 & 3 & 14 & 14 & 0 & 0 & 6 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 \\ 12 & 2 & 12 & 12 & 2 & 10 & 11 & 0 & 8 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 14 & 14 & 14 & 14 & 14 & 14 & 14 & 12 & 14 & 14 & 0 & 13 & 12 & 11 & 10 \end{vmatrix}$$

14	10	14	14	12	14	14	5	12	13	1	0	6	5	2
14	13	14	14	12	14	13	7	12	14	2	8	0	8	0
14	10	14	14	13	14	14	4	14	14	3	9	6	0	3
14	14	14	14	14	14	14	10	14	14	4	12	14	11	0

Используя программное обеспечение RecursAllSing1.exe, находим все решения:

$$\lambda_1 = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_3 = \{4 \succ 3 \succ 6 \succ 1 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_4 = \{4 \succ 3 \succ 6 \succ 1 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\}.$$

Одной из основных проблем, возникающих при обработке экспертной информации – проблема выбора наилучшей альтернативы. Задача агрегирования предпочтений заданного профиля Λ заключается в нахождении единственного строго ранжирования – отношение консенсуса. Поскольку получено четыре решения определим наиболее близкое ранжирование ко всем отношениям профиля.

В ранжированиях существуют различия по четырем позициям:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \{4 \succ 3 \succ \boxed{1 \succ 6} \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11\}; \\ \lambda_2 &= \{4 \succ 3 \succ \boxed{1 \succ 6} \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11\}; \\ \lambda_3 &= \{4 \succ 3 \succ \boxed{6 \succ 1} \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11\}; \\ \lambda_4 &= \{4 \succ 3 \succ \boxed{6 \succ 1} \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11\}. \end{aligned}$$

Заметим, что между альтернативами 1 и 6, как и между 8 и 13, выбор безразличен, так как они меняются местами только между собой, очевидно, что они эквивалентны. Таким образом, результирующее ранжирование вузов:

$$\lambda_{Б1} = \{4 \succ 3 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \sim 13 \succ 15 \succ 11\}.$$

3.5 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера «Б2»

Установим отношения предпочтений на множестве объектов, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг (10), а наименее предпочтительному – наименьший (1). Результаты приведены в таблице 3.2.

Имеется $m = 3$ ранжирования на множестве $n = 15$ объектов $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$, то есть имеем множество отношений предпочтений $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}$.

Таблица 3.2

№	Наименование вуза	Факторы		
		2.1	2.2	2.3
1	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)	3	2	3
2	Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС)	7	5	8
3	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	1	1	2
4	Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)	2	2	1
5	Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)	6	5	5
6	Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ)	3	4	4
7	Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ)	4	3	3
8	Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	8	9	8
9	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	5	4	4
10	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО)	5	6	4
11	Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	10	9	10
12	Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ)	9	7	8
13	Российский университет дружбы народов (РУДН)	8	9	8
14	Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского)	7	8	6
15	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)	8	9	7

Запишем профиль предпочтений:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 4 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \sim 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \sim 8 \sim 13 \succ 12 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{3 \succ 1 \sim 4 \succ 7 \succ 6 \sim 9 \succ 2 \sim 5 \succ 10 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \sim 11 \sim 13 \sim 15\};$$

$$\lambda_3 = \{4 \succ 3 \succ 1 \sim 7 \succ 6 \sim 9 \sim 10 \succ 5 \succ 14 \succ 15 \succ 2 \sim 8 \sim 12 \sim 13 \succ 11\}.$$

Тогда матрица профиля предпочтений выглядит следующим образом:

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 6 & 5 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 5 & 6 & 6 & 1 & 6 & 4 & 0 & 1 & 1 & 2 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 1 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 6 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 6 & 6 & 0 & 0 & 4 & 0 & 2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 6 & 6 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 1 & 3 & 2 & 6 & 4 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 4 & 6 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 2 & 6 & 6 & 2 & 5 & 6 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 5 & 6 & 6 & 0 & 6 & 5 & 6 & 5 \\ 6 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 3 & 6 & 6 & 0 & 0 & 2 & 4 & 4 \\ 6 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 4 & 6 & 6 & 1 & 4 & 0 & 6 & 5 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 2 & 6 & 6 & 1 & 2 & 1 & 6 & 0 \end{vmatrix}$$

Используя программное обеспечение RecursAllSing1.exe, находим все решения:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 12 \succ 13 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \succ 12 \succ 8 \succ 13 \succ 11\}.$$

Получено два решения, определим наиболее близкое ранжирование ко всем отношениям профиля. В ранжированиях существуют различия по двум позициям:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 12 \succ 13 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \succ 12 \succ 8 \succ 13 \succ 11\}.$$

Обратим внимание, что выбор между альтернативами 8 и 12 безразличен, так как они меняются местами только между собой, следовательно, они эквивалентны. Тогда результирующее ранжирование вузов выглядит следующим образом:

$$\lambda_{B2} = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \sim 12 \succ 13 \succ 11\}.$$

3.6 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера «БЗ»

Установим отношения предпочтений на множестве объектов, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг (10), а наименее предпочтительному – наименьший (1). Результаты приведены в таблице 3.3.

Имеется $m = 3$ ранжирования на множестве $n = 15$ объектов $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$, то есть имеем множество отношений предпочтений $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}$.

Таблица 3.3

№	Наименование вуза	Факторы		
		3.1	3.2	3.3
1	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)	2	3	5
2	Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС)	6	7	6
3	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	2	3	5
4	Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)	1	3	5
5	Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)	5	6	7
6	Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ)	4	4	5

Продолжение таблицы 3.3

7	Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ)	3	4	4
8	Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	9	10	9
9	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	6	5	7
10	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО)	3	6	6
11	Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	9	10	10
12	Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ)	6	9	7
13	Российский университет дружбы народов (РУДН)	7	8	6
14	Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского)	9	9	8
15	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)	8	9	10

Запишем профиль предпочтений, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг, а наименее предпочтительному – наименьший:

$$\lambda_1 = \{4 \succ 1 \sim 3 \succ 7 \sim 10 \succ 6 \succ 5 \succ 2 \sim 9 \sim 12 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \sim 11 \sim 14\};$$

$$\lambda_2 = \{1 \sim 3 \sim 4 \succ 6 \sim 7 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \sim 14 \sim 15 \succ 8 \sim 11\};$$

$$\lambda_3 = \{7 \succ 1 \sim 3 \sim 4 \sim 6 \succ 2 \sim 10 \sim 13 \succ 5 \sim 9 \sim 12 \succ 14 \succ 8 \succ 11 \sim 15\}.$$

Тогда матрица профиля предпочтений выглядит следующим образом:

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 4 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 4 & 6 & 6 & 0 & 3 & 5 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 0 & 0 & 4 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 2 & 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 2 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 3 & 5 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 5 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 4 & 4 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 2 & 6 & 6 & 5 & 4 \\ 6 & 3 & 6 & 6 & 3 & 6 & 6 & 0 & 0 & 4 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 \\ 6 & 1 & 6 & 6 & 1 & 4 & 5 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 4 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 5 & 5 \end{vmatrix}$$

6	5	6	6	5	6	6	0	4	6	0	0	4	1	1
6	5	6	6	4	6	6	0	4	5	0	2	0	0	0
6	6	6	6	6	6	6	1	6	6	1	5	6	0	3
6	6	6	6	6	6	6	2	6	6	1	5	6	3	0

Используя программное обеспечение RecursAllSing1.exe, находим все решения:

$$\begin{aligned}
\lambda_1 &= \{4 \succ 1 \succ 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 9 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_2 &= \{4 \succ 1 \succ 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 9 \succ 13 \succ 12 \succ 15 \succ 14 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_3 &= \{4 \succ 1 \succ 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 9 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_4 &= \{4 \succ 1 \succ 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 9 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 15 \succ 14 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_5 &= \{4 \succ 1 \succ 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_6 &= \{4 \succ 1 \succ 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 15 \succ 14 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_7 &= \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 9 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_8 &= \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 9 \succ 13 \succ 12 \succ 15 \succ 14 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_9 &= \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 9 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_{10} &= \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 9 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 15 \succ 14 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_{11} &= \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_{12} &= \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 15 \succ 14 \succ 8 \succ 11\}.
\end{aligned}$$

Получено 12 решений определим наиболее близкое ранжирование ко всем отношениям профиля. В ранжированиях существуют различия по семи позициям:

$$\begin{aligned}
\lambda_1 &= \{4 \succ \boxed{1 \succ 3} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 2 \succ 9} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{14 \succ 15} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_2 &= \{4 \succ \boxed{1 \succ 3} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 2 \succ 9} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{15 \succ 14} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_3 &= \{4 \succ \boxed{1 \succ 3} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 9 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{14 \succ 15} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_4 &= \{4 \succ \boxed{1 \succ 3} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 9 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{15 \succ 14} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_5 &= \{4 \succ \boxed{1 \succ 3} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{9 \succ 5 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{14 \succ 15} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_6 &= \{4 \succ \boxed{1 \succ 3} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{9 \succ 5 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{15 \succ 14} \succ 8 \succ 11\};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\lambda_7 &= \{4 \succ \boxed{3 \succ 1} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 2 \succ 9} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{14 \succ 15} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_8 &= \{4 \succ \boxed{3 \succ 1} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 2 \succ 9} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{15 \succ 14} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_9 &= \{4 \succ \boxed{3 \succ 1} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 9 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{14 \succ 15} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_{10} &= \{4 \succ \boxed{3 \succ 1} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{5 \succ 9 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{15 \succ 14} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_{11} &= \{4 \succ \boxed{3 \succ 1} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{9 \succ 5 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{14 \succ 15} \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_{12} &= \{4 \succ \boxed{3 \succ 1} \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ \boxed{9 \succ 5 \succ 2} \succ 13 \succ 12 \succ \boxed{15 \succ 14} \succ 8 \succ 11\}.
\end{aligned}$$

Заметим, что между альтернативами 1 и 3, как и между 14 и 15, выбор безразличен, так как они меняются местами только между собой, очевидно, что они эквивалентны.

Поскольку альтернатива 5 большее количество раз занимает 7 место, а альтернатива 2 – 9 место, в то время как альтернатива 9 одинаковое количество раз имеет один порядок на всех трех местах, поэтому логичным решением является присвоение альтернативам 5, 9, 2 мест 7, 8, 9 соответственно.

Таким образом, результирующее ранжирование вузов:

$$\lambda_{БЗ} = \{4 \succ 1 \sim 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 9 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \sim 15 \succ 8 \succ 11\}.$$

3.7 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера «Б4»

Установим отношения предпочтений на множестве объектов, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг (10), а наименее предпочтительному – наименьший (1). Результаты приведены в таблице 3.4.

Имеется $m = 3$ ранжирования на множестве $n = 15$ объектов $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$, то есть имеем множество отношений предпочтений $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}$.

Таблица 3.4

№	Наименование вуза	Факторы		
		4.1	4.2	4.3
1	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)	4	3	2
2	Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС)	8	7	5
3	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	4	3	1
4	Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)	5	3	2
5	Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)	7	6	5
6	Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ)	5	4	4
7	Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ)	4	4	3
8	Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	10	10	9
9	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	7	5	4
10	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО)	5	6	6
11	Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	10	10	9
12	Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ)	8	9	7
13	Российский университет дружбы народов (РУДН)	9	8	9
14	Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского)	9	9	8
15	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)	9	9	9

Запишем профиль предпочтений, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг, а наименее предпочтительному – наименьший:

$$\lambda_1 = \{1 \sim 3 \sim 7 \succ 4 \sim 6 \sim 10 \succ 5 \sim 9 \succ 2 \sim 12 \succ 13 \sim 14 \sim 15 \succ 8 \sim 11\};$$

$$\lambda_2 = \{1 \sim 3 \sim 4 \succ 6 \sim 7 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \sim 14 \sim 15 \succ 8 \sim 11\};$$

$$\lambda_3 = \{3 \succ 1 \sim 4 \succ 7 \succ 6 \sim 9 \succ 2 \sim 5 \succ 10 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \sim 11 \sim 13 \sim 15\}.$$

Тогда матрица профиля предпочтений выглядит следующим образом:

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 4 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 5 & 6 & 6 & 0 & 6 & 4 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 5 & 0 & 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 1 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 5 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 5 & 0 & 5 & 4 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 3 & 6 & 5 & 6 & 5 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 1 & 5 & 6 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 2 & 6 & 6 & 3 & 6 & 6 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 3 & 6 & 6 & 0 & 6 & 5 & 6 & 5 \\ 6 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 0 & 2 & 1 & 1 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 1 & 6 & 6 & 1 & 4 & 0 & 3 & 2 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 5 & 3 & 0 & 2 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 1 & 6 & 6 & 1 & 5 & 4 & 4 & 0 \end{vmatrix}$$

Используя программное обеспечение RecursAllSing1.exe, находим все решения:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 11 \succ 8\};$$

$$\lambda_3 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11\};$$

$$\lambda_4 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 11 \succ 8\};$$

$$\lambda_5 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\};$$

$$\lambda_6 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 11 \succ 8\};$$

$$\lambda_7 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11\};$$

$$\lambda_8 = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 11 \succ 8\}.$$

Так как получено 8 решений определим наиболее близкое ранжирование ко всем отношениям профиля. В ранжированиях существуют различия по шести позициям:

$$\begin{aligned}
\lambda_1 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_2 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 11 \succ 8\}; \\
\lambda_3 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_4 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \succ 10 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 11 \succ 8\}; \\
\lambda_5 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_6 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \succ 14 \succ 15 \succ 11 \succ 8\}; \\
\lambda_7 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}; \\
\lambda_8 &= \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 11 \succ 8\}.
\end{aligned}$$

Выбор между альтернативами 5 и 10, а также – 13 и 14, 8 и 11, безразличен, так как они меняются местами только между собой, очевидно, что они эквивалентны.

Таким образом, результирующее ранжирование вузов:

$$\lambda_{B4} = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \sim 14 \succ 15 \succ 8 \sim 11\}.$$

3.8 Получение отношения консенсуса для критических факторов барьера «Б5»

Установим отношения предпочтений на множестве объектов, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг (10), а наименее предпочтительному – наименьший (1). Результаты приведены в таблице 3.5.

Имеется $m = 3$ ранжирования на множестве $n = 15$ объектов $A = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15\}$, то есть имеем множество отношений предпочтений $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3\}$.

Таблица 3.5

№	Наименование вуза	Факторы		
		5.1	5.2	5.3
1	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)	3	3	2

Продолжение таблицы 3.5

2	Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС)	7	7	6
3	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)	1	2	2
4	Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)	2	2	1
5	Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)	6	6	5
6	Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ)	3	3	4
7	Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ)	4	4	3
8	Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева	8	7	9
9	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)	5	5	6
10	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО)	5	6	3
11	Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	10	9	9
12	Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ)	9	6	6
13	Российский университет дружбы народов (РУДН)	8	8	7
14	Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского)	7	7	9
15	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)	9	9	8

Запишем профиль предпочтений, учитывая, что самому предпочтительному значению присваивается наибольший ранг, а наименее предпочтительному – наименьший:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 4 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \sim 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 8 \sim 13 \succ 12 \sim 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{3 \sim 4 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \sim 12 \succ 2 \sim 8 \sim 14 \succ 13 \succ 11 \sim 15\};$$

$$\lambda_3 = \{4 \succ 1 \sim 3 \succ 7 \sim 10 \succ 6 \succ 5 \succ 2 \sim 9 \sim 12 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \sim 11 \sim 14\}.$$

Тогда матрица профиля предпочтений выглядит следующим образом:

$$\begin{vmatrix} 0 & 0 & 5 & 6 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 1 & 5 & 6 & 0 & 3 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

$$P = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 4 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 4 & 0 & 6 & 6 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 1 & 4 & 3 & 4 & 2 \\ 6 & 1 & 6 & 6 & 2 & 6 & 6 & 0 & 0 & 3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 0 & 6 & 6 & 1 & 4 & 5 & 0 & 3 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 5 & 6 & 6 & 0 & 6 & 6 & 5 & 5 \\ 6 & 3 & 6 & 6 & 5 & 6 & 6 & 2 & 5 & 5 & 0 & 0 & 2 & 2 & 1 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 3 & 6 & 6 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 \\ 6 & 4 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 2 & 6 & 6 & 1 & 4 & 2 & 0 & 2 \\ 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 4 & 6 & 6 & 1 & 5 & 6 & 4 & 0 \end{vmatrix}$$

Используя программное обеспечение RecursAllSing1.exe, находим все решения:

$$\lambda_1 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_2 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_3 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_4 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_5 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_6 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_7 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_8 = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_9 = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{10} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{11} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{12} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{13} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{14} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{15} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 8 \succ 13 \succ 15 \succ 11\};$$

$$\lambda_{16} = \{4 \succ 3 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 10 \succ 9 \succ 5 \succ 12 \succ 2 \succ 14 \succ 13 \succ 8 \succ 15 \succ 11\}.$$

Получено 16 решений определим наиболее близкое ранжирование ко всем отношениям профиля. В ранжированиях существуют различия по восьми позициям: Выбор между альтернативами 3 и 4, а также – 9 и 10, 2 и 12, 8 и 13, безразличен, так как они меняются местами только между собой, очевидно, что они эквивалентны.

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_2 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_3 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_4 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_5 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_6 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_7 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_8 &= \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_9 &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{10} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{11} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{12} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{9 \succ 10} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{13} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{14} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{2 \succ 12} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{15} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{8 \succ 13} \succ 15 \succ 11 \}; \\ \lambda_{16} &= \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ \boxed{10 \succ 9} \succ 5 \succ \boxed{12 \succ 2} \succ 14 \succ \boxed{13 \succ 8} \succ 15 \succ 11 \}. \end{aligned}$$

Таким образом, результирующее ранжирование вузов:

$$\lambda_{B5} = \{3 \sim 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \sim 10 \succ 5 \succ 2 \sim 12 \succ 14 \succ 8 \sim 13 \succ 15 \succ 11\}.$$

3.9 Получение отношения консенсуса для барьеров

На основе полученных отношений консенсуса для критических факторов барьеров, сформируем профиль предпочтений из 5 ранжирований:

$$\lambda_{Б1} = \{4 \succ 3 \succ 1 \sim 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 8 \sim 13 \succ 15 \succ 11\}.$$

$$\lambda_{Б2} = \{3 \succ 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 14 \succ 15 \succ 8 \sim 12 \succ 13 \succ 11\};$$

$$\lambda_{Б3} = \{4 \succ 1 \sim 3 \succ 7 \succ 6 \succ 10 \succ 5 \succ 9 \succ 2 \succ 13 \succ 12 \succ 14 \sim 15 \succ 8 \succ 11\};$$

$$\lambda_{Б4} = \{3 \succ 1 \succ 4 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 5 \sim 10 \succ 2 \succ 12 \succ 13 \sim 14 \succ 15 \succ 8 \sim 11\}.$$

$$\lambda_{Б5} = \{3 \sim 4 \succ 1 \succ 6 \succ 7 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \sim 12 \succ 14 \succ 8 \sim 13 \succ 15 \succ 11\};$$

Тогда матрица профиля предпочтений выглядит следующим образом:

P =	0	0	9	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	10	10	10	10	10	0	10	10	0	1	0	0
	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	10	10	0	10	10	0	8	9	0	0	0	0
	9	0	10	10	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	10	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10	1	9	6	10
	10	0	10	10	2	10	10	0	0	3	0	0	0	0
	10	0	10	10	1	10	10	0	7	0	0	0	0	0
	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	0	10	10	10
	10	9	10	10	10	10	10	1	10	10	0	0	2	2
	10	10	10	10	10	10	10	4	10	10	0	8	0	7
	10	10	10	10	10	10	10	0	10	10	0	8	3	0
	10	10	10	10	10	10	10	4	10	10	0	8	8	9

Получено 2 решения, поэтому определим единственное ранжирование консенсуса. В ранжированиях существуют различия по двум позициям:

$$\lambda_1 = \{ \boxed{3 \succ 4} \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11 \};$$

$$\lambda_2 = \{ \boxed{4 \succ 3} \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11 \}.$$

Выбор между альтернативами 3 и 4 безразличен, так как они меняются местами только между собой, очевидно, что они эквивалентны.

Таким образом, результирующее ранжирование вузов принимает вид:

$$\lambda_{АП} = \{ 3 \sim 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11 \}.$$

В таблице 3.6 представлен рейтинг вузов, которые ранжируются по убыванию воздействия пяти основных барьеров для трансфера инноваций, т.е. указывает положение каждого вуза в построенном ряду предпочтений по отношению к другим.

Таблица 3.6 Рейтинг вузов

Место	№	Наименование вуза
1-2	3	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ)
	4	Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ)
3	1	Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (МИФИ)
4	7	Новосибирский национальный исследовательский государственный университет (НГУ)
5	6	Московский физико-технический институт (Государственный университет) (МФТИ)
6	9	Казанский (Приволжский) федеральный университет (КФУ)
7	10	Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (ИТМО)
8	5	Национальный исследовательский Томский государственный университет (ТГУ)
9	2	Национальный исследовательский технологический университет НИТУ «МИСиС» (МИСиС)
10	12	Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина (УрФУ)
11	14	Университет Лобачевского (ННГУ имени Н.И. Лобачевского)
12	13	Российский университет дружбы народов (РУДН)
13	15	Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет (СПбГЭТУ) «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (ЛЭТИ)
14	8	Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева
15	11	Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)

3.10 Анализ результатов

Разделив 1 место, победителями рейтинга стали вузы СПбПУ и ТПУ, которые обеспечивают наилучшие условия для трансфера технологий от вузов к промышленным предприятиям по сравнению с другими вузами, подлежащих исследованию. Вузы МИФИ, НГУ, МФТИ следом входят в первую пятерку по результатам нынешнего рейтинга. На улучшение их позиций оказали прямое влияние показатели, в частности, инновационный потенциал, опыт реализации патентов, открытая информация о разработках вузов.

Во вторую пятерку вошли вузы, такие как КФУ, ИТМО, ТГУ, МИСиС и УрФУ, которые демонстрируют средние значения по всем показателям, т.е. обеспечивается средний уровень научно-исследовательской деятельности.

Среди вузов ННГУ имени Н.И. Лобачевского, РУДН, ЛЭТИ, Самарский университет, ДВФУ, чьи позиции в рейтинге ниже других, можно отметить университет ДВФУ (15-е место). Последнее место свидетельствует о низкой инвестиционной привлекательности и о слабой связи науки, бизнеса и государства, следствием этого является спад инновационной активности. Статистика результатов взаимодействия науки и производства показывает низкий процент внедрения разработок, а именно менее 5% вузовских разработок доходят до внедрения в промышленность, большая часть работ заканчивается публикациями и выступлениями на конференциях. Основными проблемами активизации инновационной деятельности является недостаток финансовых ресурсов, отсутствие государственных механизмов стимулирования и низкий платежеспособный спрос на инновации.

Сравним полученный в работе топ-15 с официальным рейтингом университетов Проекта 5-100, который составляется на основе рекомендаций Совета по повышению конкурентоспособности ведущих университетов России среди ведущих мировых научно-образовательных центров. При составлении этого рейтинга лучшие вузы России оцениваются по следующим критериям: личностный потенциал студентов, интеллектуальная составляющая, профессиональный уровень преподавателей и т.д., в то время

как наш рейтинг основывается только на результатах инновационной деятельности.

Для сопоставления разработанного и официального рейтингов представим их в таблице 3.7.

Итоговое ранжирование вузов по результатам исследования:

$$\lambda_{АП} = \{3 \sim 4 \succ 1 \succ 7 \succ 6 \succ 9 \succ 10 \succ 5 \succ 2 \succ 12 \succ 14 \succ 13 \succ 15 \succ 8 \succ 11\}.$$

Ранжирование вузов по версии Проекта 5-100:

$$\lambda_{5-100} = \{1 \sim 2 \sim 6 \sim 7 \sim 9 \sim 10 \succ 3 \sim 4 \sim 5 \sim 8 \sim 11 \succ 12 \sim 13 \sim 14 \sim 15\}.$$

Таблица 3.7 Сопоставление разработанного и официального рейтингов

Место	№	Наименование вуза	Место «5-100»	№	Наименование вуза
1-2	3	СПбПУ	1	1	МИФИ
	4	ТПУ	2	2	МИСиС
3	1	МИФИ	3	6	МФТИ
4	7	НГУ	4	7	НГУ
5	6	МФТИ	5	9	КФУ
6	9	КФУ	6-10	10	ИТМО
7	10	ИТМО		3	СПбПУ
8	5	ТГУ		4	ТПУ
9	2	МИСиС		5	ТГУ
10	12	УрФУ		8	Самарский университет
11	14	ННГУ имени Н.И. Лобачевского	11-15	11	ДВФУ
12	13	РУДН		12	УрФУ
13	15	ЛЭТИ		13	РУДН
14	8	Самарский университет		14	ННГУ имени Н.И. Лобачевского
15	11	ДВФУ		15	ЛЭТИ

В первой пятёрке рейтинга по версии Проекта 5-100 оказались такие вузы, как МИФИ, МФТИ, НГУ, МИСиС и КФУ, однако в разработанном рейтинге МИСиС и КФУ входят во вторую пятёрку.

Составы последней пятёрки в двух рейтингах отличаются только одним наименованием вуза: по версии рейтинга Проекта 5-100 – УрФУ, а по разработанному рейтингу – Самарский университет. УРФУ по нашему

рейтингу занимает 10 место и входит во вторую пятерку. Самарский университет по официальному рейтингу входит во вторую пятерку.

Сопоставив результаты двух рейтингов, можем сделать вывод о том, что различие результатов минимальное, несмотря на то, что оценивание проводилось по разным показателям.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Финансовое обоснование выпускных квалификационных работ проводится с целью анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

Создана модель процесса реализации работы, который необходим для планирования загруженности каждого из его участников, определения трудоемкости и сроков проведения отдельных работ. Расчеты экономической эффективности на всех стадиях данной работы проводится по единым методологическим положениям.

После определения затрат и стоимости разработки обосновали прогноз экономического эффекта от внедрения разработки в соответствующую отрасль.

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо оптимально планировать загруженность каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

На данном этапе составляется полный перечень проводимых работ, и определяются их исполнители и оптимальная продолжительность и сведем их в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень работ

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Определение и утверждение темы	НР*	НР – 100%
Составление и утверждение задания на выполнение работы	НР, И**	НР – 100% И – 20%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%

Продолжение таблицы 4.1

Обсуждение литературы, теоретический анализ	НР, И	НР – 30% И – 100%
Проведение эксперимента, расчеты и аналитика	НР, И	НР – 10% И – 100%
Интерпретация результатов, подведение итогов работы	НР, И	НР – 40% И – 100%
Обоснование безопасности и экономичности производства	НР, И	НР – 10% И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%

* И – инженер (в его роли действует исполнитель ВКР);

**НР – научный руководитель.

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Для определения затрат на оплату труда на этапе проектирования необходимо первоначально установить продолжительность каждой работы (начиная с составления технического задания (ТЗ) и до оформления документации включительно).

Расчет продолжительности этапов работ осуществляется двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

В данном случае используется опытно-статистический метод. Продолжительность работ $t_{ож}$ определяется либо по нормативам (с использованием специальных справочников) для каждого исполнителя в отдельности, либо расчетом с помощью экспертных оценок t_{min} и t_{max} по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость работ, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость работ, чел/дн.

Для выполнения работ, перечисленных в таблице 4.1, требуются специалисты:

- инженер (И);
- научный руководитель (НР).

Необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{о\text{ж}}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.2)$$

где $t_{о\text{ж}}$ – трудоемкость работы, чел/дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ ($K_{ВН} = 1$);

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсации и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (4.3)$$

где $T_{РД}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 12$).

$$T_K = \frac{366}{366 - 52 - 12} = 1,212. \quad (4.5)$$

В таблице 4.2 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 4.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел/дн			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Определение и утверждение темы	НР	2	5	3,2	3,84	–	4,65	–
Составление и утверждение задания на выполнение работы	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,58	3,49	0,70
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	14	21	16,8	4,03	20,16	4,88	24,43
Разработка календарного плана	НР, И	2	5	3,2	3,84	0,38	4,65	0,46
Обсуждение литературы, теоретический анализ	НР, И	7	12	9,0	3,24	10,80	3,93	13,09
Проведение исследования, расчеты и аналитика	НР, И	3	7	4,6	0,55	5,52	0,67	6,69
Подведение итогов работы	НР, И	2	4	2,8	1,34	3,36	1,62	4,07
Обоснование безопасности и экономичности производства	НР, И	7	14	9,8	1,18	11,76	1,43	14,25
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	8	13	10,0	–	12	–	14,54
Итого:				61,8	20,90	64,56	25,32	78,25

4.1.2 Расчет накоплений готовности работы

На данном этапе оценим текущее состояние (результатов) работы. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по

окончании текущего (i -го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом.

Введем обозначения:

- $TP_{\text{общ}}$ – общая трудоемкость проекта;
- TP_i (TP_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении;
- TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в нашем примере $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой (4.6):

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{K=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}; \quad (4.6)$$

На основе данных таблицы 4.2 посчитаем нарастание технической готовности работы, данные представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап работы	TP_i , %	CG_i , %
Определение и утверждение темы	4,49	4,49
Составление и утверждение задания на выполнение работы	4,05	8,54
Подбор и изучение материалов по тематике	28,3	36,8
Разработка календарного плана	4,94	41,8
Обсуждение литературы, теоретический анализ	16,4	58,2
Проведение исследования, расчеты и аналитика	7,1	65,3
Подведение итогов работы	5,5	70,8
Обоснование безопасности и экономичности производства	15,1	86
Оформление расчетно-пояснительной записки	14	100

4.2 Расчет сметы затрат на проектирование

Под проектированием будем понимать совокупность работ, которые необходимо выполнить, чтобы решить поставленную задачу.

На создание проекта в состав затрат включается стоимость расходов, необходимых для исполнения комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости на выполнение данной разработки производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.2.1 Расчет материальных затрат

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю. Стоимости материальных ресурсов определяются по соответствующим ценникам и приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расходные материалы

Наименование материалов	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Блокнот	шт.	2	80	160,00
Ручка шариковая	шт.	2	24	48,00
Бумага для принтера формата А4	упаковка	1	304	304,00
Картридж для принтера	шт.	1	1750	1750,00
Итого:				2262,00

Возьмем ТЗР 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 2262,00 \cdot 1,05 = 2375,10$ руб.

4.2.2 Расчет заработной платы

Рассчитаем заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным 7864,11 руб. в месяц.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле (4.7):

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО/24,83; \quad (4.7)$$

В году 298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе и 247 при пятидневной и, следовательно, в месяце в среднем 24,83 рабочих дня и 20,6 соответственно.

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4.5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 4.2.

Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используем следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{пр}} = 1,1$; для шестидневной рабочей недели $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$, $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$ – для пятидневной рабочей недели; $K_p = 1,3$. Таким образом, интегральный коэффициент будет

равен $K_{и} = 1,699$ (при шестидневной рабочей недели) и $K_{и} = 1,62$ (при пятидневной рабочей недели).

Таблица 4.5 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	К–т	Фонд з/платы, руб.
НР	33162,87	1335,59	17	1,699	38575,85
И	7864,11	381,75	64	1,62	39579,84
Итого					78155,69

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} \cdot 0,3$.
Итак, в нашем случае $C_{соц.} = 78155,69 \cdot 0,3 = 23446,71$ руб.

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле (4.8):

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э} \quad (4.8)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $Ц_{э} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Для вычисления время работы оборудования (формула 8) берем итоговые данные таблицы 2 для инженера ($T_{рд}$), и продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} \cdot K_{т}; \quad (4.9)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рд}$, возьмем коэффициент равный 0,9.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле (4.10):

$$P_{об} = P_{ном.} \cdot K_C; \quad (4.10)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчеты затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Затраты на технологическую электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, час	Потребляемая мощность, кВт	Затраты, руб
Персональный компьютер	$512 \cdot 0,9 = 460,8$	0,3	726,73
Итого			726,73

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данном пункте рассчитываем амортизацию используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула (4.11):

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot Ц_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_d} \quad (4.11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку $C_{ам}$ (298 рабочих дней при шестидневной рабочей неделе и 247 при пятидневной);

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Результаты расчета представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Расчет амортизации

Оборудование	Стоимость за ед., руб	Время пользования, час	F_d , час	N_A	Кол-во используемых ед.	Амортизация, руб.
Персональный компьютер	35000	512	1976	0,33	2	5985,43
Итого						5985,43

Командировочных расходов нет.

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1; \quad (4.12)$$

$$C_{\text{проч.}} = (2375,1 + 78155,69 + 23446,71 + 726,73 + 5985,43) \cdot 0,1 = 11068,97 \text{ руб.}$$

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить ее общую себестоимость.

Таблица 4.8 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	2375,1

Продолжение таблицы 4.8

Основная заработная плата	$C_{зп}$	78155,69
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	23446,71
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	726,73
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	5985,43
Прочие расходы	$C_{проч}$	10891,00
Итого:		121758,63

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 121758,63$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль следует принять в размере 15 % от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 18263,80 руб. (15 %) от расходов на разработку проекта.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(121758,63 + 18263,80) \cdot 0,18 = 25204,00$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае:

$$C_{НИР(КР)} = 121758,63 + 18263,80 + 25204,00 = 165226,43 \text{ руб.}$$

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

В данной выпускной квалификационной работе предполагается провести оценивание критических факторов трансфера технологий методом агрегирования предпочтений на примере процесса внедрения инновационных разработок вузов на промышленных предприятиях.

Результативность данной работы заключается в получении сложных (многомерных процессов и объектов), наиболее адекватных показателей.

В рамках данной работы оценка эффективности невозможна.

5 Социальная ответственность

В данной работе проводится выявление и оценивание критических факторов трансфер технологий методом агрегирования предпочтений. Данный метод позволяет корректно дать оценку качеству полученных решений, а именно их близость к отношению консенсуса, принятому за «истинное». Его использование позволит получить более полную, достоверную информацию, тем самым автоматизировать многие задачи принятия решений.

В связи с автоматизацией многих технологических процессов, а также увеличением объёмов информации, в современных условиях основная работа сосредоточена на компьютере, что способствует интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии.

Обеспечение безопасной жизнедеятельности человека в большей степени зависит от правильной оценки опасных, вредных производственных факторов. Поэтому каждый должен знать о необходимых мерах защиты, чтобы сохранить свое здоровье. Безусловно существует ряд способов, которые если не полностью избавляют от вредных факторов, то существенно уменьшают их пагубное воздействие на организм.

5.1 Характеристика рабочей зоны

Рабочее место, хорошо приспособленное к трудовой деятельности работника, обеспечивает ему благоприятное положение при работе и высокую производительность труда при наименьшем физическом и психическом напряжении.

В первую очередь, рабочее помещение должно соответствовать количеству сотрудников и объему размещаемых в нем мебели и технических средств. Для обеспечения нормальных условий труда санитарные нормы устанавливают на одного работающего, объем производственного помещения не менее 15 м³, а площадь помещения, выгороженного стенами или глухими перегородками не менее 4,5 м².

Помещение с компьютерами должны оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха и эффективной приточно–вытяжной вентиляцией. Для внутренней отделки помещений с компьютерами должны использоваться диффузно–отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка 0,7 – 0,8, для стен 0,5 – 0,6, для пола 0,3 – 0,5. Поверхность пола в таких помещениях должна быть ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладать антистатическим свойством [35].

В таблице 5.1 приведены показатели используемого рабочего места, а именно рабочей аудитории 204 кафедры КИСМ.

Таблица 5.1 – Показатели рабочего места студента

Показатели	Рабочая аудитория кафедры КИСМ № 204
Общая площадь помещения, м ²	30
Площадь на одно рабочее место, м ²	10
Количество рабочих мест	3
Система отопления	Есть
Система приточно-вытяжной вентиляции	Есть
Система кондиционирования воздуха	Отсутствует
Покрытие стен, потолка и пола	Пол ровный, не антистатический, во внутренней отделке помещения диффузно-отражающие материалы не использовались

По данным таблицы 5.1 можно сделать выводы о том, что рабочее место, расположенное на кафедре КИСМ, не соответствует санитарным нормам, указанным в СанПиН 2.2.2.542–96.

Значительное влияние на работоспособность оказывает правильный выбор типа и размещения устройств управления компьютером. При их компоновке необходимо знать, что в горизонтальной плоскости допустимый угол обзора по горизонтали оси зрения составляет 130°, оптимальный – 30° вверх и 40° вниз. Клавиатуру следует располагать так, чтобы плоскости

лицевых частей индикаторов были перпендикулярны линиям взора оператора, а необходимые органы управления находились в пределах досягаемости. Максимальные размеры зоны досягаемости правой руки – 70 – 110 см. Глубина рабочей зоны не должна превышать 80 см. Панель пульта может быть наклонена к горизонтальной плоскости на 10 – 20°, наклон спинки кресла при положении сидя 0–10 °.

Для лучшего различия органов управления они должны быть разными по форме и размеру, окрашиваться в разные цвета либо иметь маркировку или соответствующие надписи. Также необходимо обеспечить благоприятные условия в рабочем помещении путем периодического его проветривания [36].

Расположение устройств управления на задействованном рабочем месте студента соответствует вышеуказанным нормам. Цвет монитора в рабочей зоне черный, органы управления: клавиатура – белого цвета, мышь – черного цвета.

5.2 Микроклимат рабочего места

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха [37].

На рабочем месте пользователя необходимо обеспечить оптимальные условия микроклимата для категории тяжести работ Ia, как указано в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [3]

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 – 24	21 – 25	60 – 40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23 – 25	22 – 26	60 – 40	0,1

Для поддержания в рабочей аудитории оптимальных значений независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности используется система отопления и кондиционирования воздуха. Для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха с дистиллированной или кипяченой питьевой водой.

5.3 Освещение рабочего места

Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2 %, в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5 %, на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения документа должна быть 300 – 500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов как с люминесцентными лампами, так и с лампами накаливания, располагаться они должны в виде сплошных или прерывистых линий сбоку от рабочих мест. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Для искусственного освещения помещений с компьютерами следует применять люминесцентные светильники с зеркализированными решетками. Освещенность в кабинетах, где выполняется напряженная зрительная работа с документами и используются компьютеры, коэффициент пульсации не должен превышать 5 %.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещения следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить замену перегоревших ламп [38].

На рабочем месте окно находится слева от студента, что способствует хорошему освещению рабочего места. На экране источник естественного освещения не создает бликов. В помещении установлены 4 люминесцентных

светильника с зеркализированными решетками, но не все лампы работают исправно. Источники дополнительного искусственного освещения не установлены, при отсутствии необходимости. За последний год оконные проемы чистили один раз.

Значения коэффициентов пульсации для люминесцентных ламп составляет 30–40 %, что значительно выше всех норм.

5.4 Электрическая безопасность

Поскольку основная часть работы предусмотрена на компьютере, который включен в сеть. При возникновении неполадок в сети, пользователь может быть поражен электрическим током.

Большинство специалистов и исследователей в области электробезопасности указывают на следующие действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека:

а) термическое действие – проявляется в ожогах отдельных участков тела, нагреве до высоких температур внутренних тканей человека, что вызывает в них серьезные функциональные расстройства;

б) электролитическое действие – проявляется в разложении органической жидкости, в том числе и крови, что вызывает значительные нарушения их физико-химического состава;

в) механическое действие – приводит к разрыву тканей и переломам костей;

г) биологическое действие – проявляется в раздражении и возбуждении живых тканей в организме, а также в нарушении внутренних биоэлектрических процессов, присущих нормально действующему организму; с биологической точки зрения исход поражения человека электрическим током может быть следствием тех физиологических реакций, которыми ткани отвечают на протекание через них электрического тока.

Средства защиты:

а) *защитное заземление* – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.). Эквивалентом земли может быть вода реки или моря, каменный уголь в карьерном залегании и т. п.;

б) *зануление* – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности;

в) *защитное отключение* – это автоматическое отключение электроустановок при однофазном прикосновении к частям, находящимся под напряжением, недопустимым для человека, и (или) при возникновении в электроустановке тока утечки (замыкания), превышающего заданные значения [39].

Компьютер, находящийся на рабочем месте студента, оснащен кабелем питания с заземлением. По окончании работы, компьютер отключается от общей сети для безопасности. Огнетушитель находится на этаже, где расположена аудитория, аптечка находится на первом этаже у охранника.

5.5 Уровень шума на рабочих местах

При работе с компьютером его элементы, например, встроенные вентиляторы, принтер и т.д. также являются источниками шума.

Уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА, уровень вибрации допустимых значений относится к категории 3. В таблице 3 приведены предельные уровни звука на рабочих местах.

Шум на рабочем месте снижают, ослабляя шумы самих источников и специальными техническими решениями [37].

Возможности измерить уровень шума на рабочем месте нет возможности, но уровень шума можно считать низким, компьютеры работают очень тихо.

Таблица 5.3 – Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА

Категория напряженности трудового процесса	Категория тяжести трудового процесса				
	легкая физическая нагрузка	средняя физическая нагрузка	тяжелый труд 1 степени	тяжелый труд 2 степени	тяжелый труд 3 степени
Напряженность легкой степени	80	80	75	75	75
Напряженность средней степени	70	70	65	65	65
Напряженный труд 1 степени	60	60	-	-	-
Напряженный труд 2 степени	50	50	-	-	-

5.6 Региональная безопасность

По мере повышения интенсивности использования информационных и коммуникационных технологий их доля в выделении углекислого газа становится все более заметной. Все мощные ресурсы Сети обладают большими серверными лабораториями, в которых может находиться отнюдь не один аппарат, а десятки, а, возможно, даже и сотни таких машин. А потому каждый раз, когда серверу приходится работать, в окружающую среду выделяется очень большое количество тепла и углекислого газа. Компании–владельцы этих серверных лабораторий никогда не признаются в том, что они каким–либо образом пагубно влияют на природу вокруг, в частности на выбросы углекислоты. Особенно это опасно сейчас, когда большинство людей полагает, что на земле имеет место опасный парниковый эффект. Но это далеко не самое страшное.

Заинтересовавшись подобными данными, *Intel* открыли в Германии лабораторию, которая помогала бы исследовать возможности по снижению энергопотребления в сфере ИТ. Рост выбросов смотрится ужасающе на фоне того, что аналогичную мощность серверов могут выдать в настоящее время в 8 раз меньшее количество машин. А значит, как минимум восьмикратное уменьшение охлаждения и выделения тепла могло бы наблюдаться за последние четыре года. Однако этого не произошло. Другие методы борьбы – установка нового ПО на процессоры, материнские платы, мощные блоки и сервера приведут к тому, что, затрачивая меньшее количество энергии будет получаться большая производительность, что, в конце концов, должно привести к снижению темпов роста выбросов углекислоты [40].

На селитебные и природные зоны негативно воздействуют:

- объекты экономики, выделяющие газообразные, жидкие и твердые;
- отходы, в том числе химические и радиоактивные, при работе в штатных и аварийных ситуациях;
- городская среда, выделяющая отходы жилищно–коммунального хозяйства, отходы транспортных средств, ливневые сточные воды, снежную массу и т.п.;
- бытовая среда, выделяющая жидкие и твердые отходы.

В современных условиях основная задача защиты окружающей среды сводится к минимизации отходов техносферы за счет рационального использования природных ресурсов, а также за счет утилизации отходов [41, 42].

5.7 Правовые вопросы обеспечения охраны труда

Организация работы по охране труда заключается в планомерном и целенаправленном осуществлении различных мероприятий по охране труда в целях создания здоровых и безопасных условий труда как в целом на предприятии, в учреждении и организации, так и на отдельном рабочем месте. Подлежащие планированию и осуществлению мероприятия в области охраны

труда предусмотрены Рекомендациями, утвержденными Постановлением Минтруда России от 27 февраля 1995 г. № 11. Данные мероприятия должны быть оформлены соответствующим разделом в коллективном договоре или отдельным соглашением по охране труда.

Ответственность за обеспечение охраны труда на предприятии, в учреждении, организации возлагается на работодателя. Работодатель обязан обеспечить:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве сырья и материалов;

- применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников;

- соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте;

- режим труда и отдыха работников в соответствии с законодательством РФ и законодательством субъектов Российской Федерации;

- приобретение за счет собственных средств и выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств в соответствии с установленными нормами работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;

- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочих местах работников и проверку их знаний требований охраны труда, недопущение к работе лиц, не прошедших в установленном порядке указанные обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний требований охраны труда;

- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также за правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты;

- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда в организации;
- проведение за счет собственных средств обязательных предварительных (*при поступлении на работу*) и периодических (*в течение трудовой деятельности*) медицинских осмотров (*обследований*) работников и внеочередных медицинских осмотров (*обследований*) работников по их просьбам в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ними места работы (*должности*) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров;
- недопущение работников к выполнению ими трудовых обязанностей без прохождения обязательных медицинских осмотров, а также в случае медицинских противопоказаний;
- информирование работников о состоянии условий и охраны труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях, и средствах индивидуальной защиты;
- предоставление органам государственного управления охраной труда, органам государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда информации и документов, необходимых для осуществления ими своих полномочий;
- принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций, сохранению жизни и здоровья работников при возникновении таких ситуаций, в том числе по оказанию пострадавшим первой помощи;
- расследование в установленном Правительством Российской Федерации порядке несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- санитарно-бытовое и лечебно-профилактическое обслуживание работников в соответствии с требованиями охраны труда;
- беспрепятственный допуск должностных лиц органов государственного управления охраной труда, органов государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда, органов Фонда

социального страхования РФ, а также представителей органов общественного контроля в целях проведения проверок условий и охраны труда в организации и расследования несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

- выполнение предписаний должностных лиц органов государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда и рассмотрение представлений органов общественного контроля в установленные законодательством сроки;

- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;

- ознакомление работников с требованиями охраны труда [43].

5.8 Пожарная безопасность

Количество аварий во всех сферах производственной деятельности неуклонно растет в связи с широким использованием новых технологий и материалов, нетрадиционных источников энергии, массовым применением опасных веществ в промышленности и сельском хозяйстве.

Причины аварий могут являться: просчеты при проектировании и недостаточный уровень современных знаний; некачественное строительство или отступление от проекта; непродуманное размещение производства; нарушение требований технологического процесса из-за недостаточной подготовки или недисциплинированности и халатности персонала [44].

В зависимости от вида производства аварии и катастрофы на промышленных объектах и транспорте могут сопровождаться взрывами, выходом АХОВ, выбросом радиоактивных веществ, возникновением пожаров и т.п.

Степень огнестойкости зданий принимается в зависимости от их назначения, категории по взрывопожарной и пожарной опасности, этажности, площади этажа в пределах пожарного отсека.

Здание, в котором находится лаборатория по пожарной опасности строительных конструкций относится к категории К1 (малопожароопасное), поскольку здесь присутствуют горючие (книги, документы, мебель, оргтехника и т. д.) и трудносгораемые вещества (сейфы, различное оборудование и т. д.), которые при взаимодействии с огнем могут гореть без взрыва.

По конструктивным характеристикам здание можно отнести к зданиям с несущими и ограждающими конструкциями из естественных или искусственных каменных материалов, бетона или железобетона, где для перекрытий допускается использование деревянных конструкций, защищенных штукатуркой или трудногорючими листовыми, а также плитными материалами.

Следовательно, степень огнестойкости здания можно определить, как третью (III).

Помещение лаборатории по функциональной пожарной опасности относится к классу Ф 4.2 – высшие учебные заведения, учреждения повышения квалификации [45].

5.8.1 Причины возникновения пожара

Пожар в рабочих помещениях, может привести к очень неблагоприятным последствиям, таким как потеря ценной информации, порча имущества, гибель людей и т. д., поэтому необходимо: выявить и устранить все причины возникновения пожара; разработать план мер по ликвидации пожара в здании; план эвакуации людей из здания.

Причинами возникновения пожара могут быть:

- здание построено без соблюдения СанПиНов и Правил пожарной безопасности;
- несоблюдение Норм Пожарной Безопасности персоналом предприятия;

- нарушение технологического процесса (сварочные работы, использование электрооборудования), которое приводит к возникновению пожара;
- использование неисправного оборудования в процессе работы на предприятии;
- здание не оборудовано необходимым пожарным оборудованием: оборудованные пожарные шкафы, пожарные щиты, а также огнетушители различного типа [46].

5.8.2 Профилактика пожара

Под пожарной профилактикой понимаются обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров. Противопожарная защита – это мероприятия, направленные на уменьшение ущерба в случае возникновения пожара. Между этими двумя основными задачами пожарной безопасности не всегда можно провести четкую границу, как, например, в случае действий, направленных на ограничение сферы распространения огня при загорании.

Поскольку большую часть времени большинство людей проводят в зданиях, основное внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности зданий. Специализированных мер пожарной профилактики и защиты требует пожарная безопасность лесов, автотранспорта, железнодорожного, воздушного и морского транспорта, а также подземных туннелей и шахт.

Одно из условий обеспечения пожаробезопасности - ликвидация возможных источников воспламенения.

В лаборатории источниками воспламенения могут быть неисправное электрооборудование, неисправности в электропроводке, электрических розетках и выключателях.

Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неисправности, проводить плановый осмотр и

своевременно устранять все неисправности и неисправные электроприборы и не использовать неисправные электроприборы.

Обогревание помещения открытыми электронагревательными приборами могут привести к пожару, т.к. в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага - легковоспламеняющийся предмет.

В целях профилактики пожара предлагается не использовать открытые обогревательные приборы в помещении лаборатории. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

В летний период во время грозы возможно попадание молнии вследствие чего возможен пожар. Во избежание этого рекомендуется установить на крыше здания молниеотвод.

Несоблюдение мер пожарной безопасности и курение в помещении также может привести к пожару. Поэтому его в помещении лаборатории предлагается категорически запретить.

В целях предотвращения пожара также предлагается проводить с инженерами, работающими в лаборатории, противопожарный инструктаж.

В случае возникновения пожара необходимо отключить электропитание, вызвать по телефону пожарную команду, эвакуировать людей из помещения согласно плану эвакуации, приведенному на рисунке А.1 и приступить к ликвидации пожара огнетушителями. При наличии небольшого очага пламени можно воспользоваться подручными средствами с целью прекращения доступа воздуха к объекту возгорания [47, 48].

Заключение

На пути реализации трансфера технологий (процесса внедрения инновационных разработок вузов на промышленных предприятиях) существуют множество критических факторов. В ходе исследования были выявлены пять основных барьеров для трансфера инноваций от вузов в промышленность: отсутствие спроса на инновации; несовершенство законодательства в области интеллектуальной собственности; нежелание вузов заниматься проблемами промышленности; недостаточный опыт вузов в продвижении своих разработок; отсутствие устоявшейся системы взаимоотношений науки, бизнеса и государства. Каждый из пяти барьеров был разбит на более детальные характеризующие его критические факторы.

Для проведения оценки критических факторов трансфера технологий методом агрегирования предпочтений были выбраны 15 российских университетов из состава участников всероссийского Проекта 5-100, которые являются победителями конкурса на предоставление государственной поддержки для повышения конкурентоспособности ведущих университетов Российской Федерации среди ведущих мировых научно-образовательных центров. Были составлены несколько профилей предпочтений, состоящих из ранжирований 15 вузов по критическим факторам и барьерам, для каждого из которых были решены задачи о ранжировании Кемени. Полученное итоговое ранжирование вузов позволило выявить как лучшие, так и проблемные вузы, с точки зрения осуществления трансфера технологий.

Первое и второе места в итоговом ранжировании заняли СПбПУ и ТПУ. Первую пятерку замыкают МИФИ, НГУ и МФТИ. Во вторую пятерку вошли такие вузы, как КФУ, ИТМО, ТГУ, МИСиС и УрФУ. В последней пятерке оказались ННГУ имени Н.И. Лобачевского, РУДН, ЛЭТИ, Самарский университет и ДВФУ.

Сравнение полученного в работе рейтинга с официальным рейтингом университетов Проекта 5-100 показывает, что различие результатов

минимальное, несмотря на то, что оценивание проводилось по разным показателям.

Разработанная методика оценивания критических факторов (барьеров) может применяться для анализа проблем внедрения инноваций в самых различных областях.

Список используемых источников

1 Погодаева Т.В., Симонова М.В. Развитие процессов трансфера и коммерциализации технологий как условие формирования в России экономики инновационного типа // Вестник Тюменского государственного университета. – 2010. - № 4. – С. 178-186.

2 Терехова С.В. Трансфер технологий как элемент инновационного развития экономики // Проблемы развития территории. – 2010. - № 4 (50). – С. 31-36.

3 Лушников А.В. Роль центров трансфера технологий в развитии малого и среднего инновационного бизнеса // Наука. Инновации. Образование. 2012. № 11. С. 112–120.

4 Muscatello, J. R., Small, M. H., Chen, I. 2003, Implementing enterprise resource planning (ERP) systems in small and midsize manufacturing firms, International Journal of Operations and Production Management, Vol. 23, No.8, pp.850.

5 Ifinedo, P. 2006a, Enterprise systems success measurement model: a preliminary study, Journal of Information Technology Management, Vol.17, No. 1, pp.14-33.

6 Валдайцев С. В. Антикризисное управление на основе инноваций. М. : ТК Велби, Проспект, 2005. 312 с.

7 Санто Б. Инновация как средство экономического развития: пер. с венг. М. : Прогресс, 90. 296 с.

8 Управление исследованиями, разработками и инновационными проектами / под ред. С. В. Валдайцева. СПб. : Изд-во С.-Петербург. гос. ун-та, 1995. 208 с.

9 Митяков С., Митякова О., Максимов Ю. Инновационное развитие экономической системы: оценка эффективности трансфера технологий // Инновационная экономика. - 2007. - № 7 (94). – С. 84-86.

10 Wisniewska J. The place of technology transfer processes in the system of methods for researching the area of Science // International Cross-Industry Journal.2010.

11 Литвак Б. Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

12 Кузьмин В. Б. Геометрический подход к обработке экспертных оценок. – В.кн.: Статистические методы анализа экспертных оценок. – М.: Наука, 1977.

13 Кузьмин В.Б. Геометрический подход к согласованию индивидуальных предпочтений: Канд.дис./ВНИИСИ – М., 1978.

14 Подиновский В. В. О некорректности метода анализа иерархий / В. В. Подиновский, О. В. Подиновская // Проблемы управления. – 2011. – №1. – С.1-6

15 Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. — М.: Радио и связь, 1989. — 316 с.

16 Миркин Б. Г. Проблема группового выбора. – М.: МЦНТИ, 1975.

17 Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.

18 Ширенкова М.Ю. Многокритериальный выбор. – М.: ФИНАНСЫ, 1997. – 765 с.

19 Barthélemy, J.P. Human centered processes and decision support systems / J.P. Barthélemy, R. Bisdorff, G. Coppin // European Journal of Operational Research. – 2002 – Vol. 136. – № 2. – P. 233-252.

20 Barthélemy, J.P. Median linear orders: heuristics and a branch and bound algorithm / J.P. Barthélemy, A. Guenoche, O. Hudry // European Journal of Operational Research. – 1989 – Vol. 42. – № 2. – P. 313-325.

21 Kemeny, J. Mathematics without numbers / J. Kemeny // Daedalus. – 1959. – Vol. 88. – P. 571–591.

22 NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, 1.3.6.6.18.
Binomial Distribution
<http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/eda/section3/eda366i.htm>.

23 Young, H.P. Optimal voting rules / H.P. Young // Journal of Economic Perspectives. – 1995. – № 9. – P. 51-64.

24 Литвак, Б.Г. Экспертная информация: Методы получения и анализа. / Б.Г. Литвак – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.

25 Davenport, A. A computational study of the Kemeny rule for preference aggregation / A. Davenport, J. Kalagnanam // AAAI– 2004.– P. 697-702.

26. Dutta, B. Covering sets and a new Condorcet choice correspondence / B. Dutta // Journal of Economic Theory. – 1988. –44. – P. 63-80.

27 Barthelemy, J.P., Arrow's theorem: unusual domains and extended codomains / J.P. Barthélemy // Mathematical Social Sciences. – 1982 – Vol. 3. – Issue 1. – P. 79-89.

28 Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки. М.: Наука, 1973. – 161 с.

29 Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Экспертные оценки в принятии плановых решений. М.: Экономика, 1976. – 287 с.

30 Kemeny, J.G. Mathematical Models in the Social Sciences / J.G. Kemeny, J.L.Snell // New York Ginn. –1962 – P. 159.

31 Muravyov, S.V. Multiple solutions of an exact algorithm for determination of all Kemeny rankings: preliminary experimental results / S.V.Muravyov, E.V.Tarakanov // Proc. Intern. Conf. on Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems (ICIMCS 2011, 13-14 December 2011, Hong Kong) ASME Press New York. – Vol. 1. – P. 17-20.

32 Thompson, M. The International harmonized protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC Technical report) / M. Thompson, S.L.R. Ellison, R. Wood // In pure and applied chemistry. – 2006. – Vol. 78. – № 1. – P. 145-196.

33 Box, G.E.P. A note on the generation of random normal deviates / G.E.P. Box, M.E. Muller // The Annals of Mathematical Statistics. – 1958. – Vol. 29. – № 2. – P. 610-611.

34 Muravyov, S.V. Ordinal measurement, preference aggregation and interlaboratory comparisons / S.V.Muravyov // Measurement. – 2013. – Vol. 46. – № 8. – P. 2927-2935.

35 СанПиН 2.2.2.542–96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно–вычислительным машинам и организации работы»

36 Р 2.2.2006 – 05. Руководство, по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. – М.: Минздрав России, 2006.

37 СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

38 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 «Естественное и искусственное освещение».

39 ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

40 Экология, охрана природы и экологическая безопасность: учебное пособие / А. Т. Никитин, С. А. Степанов, Ю. М. Забродин [и др.]; под общ. ред. В. И. Данилова – Данильяна. – М.: Издательство МНЭПУ. 1997. – 744 с.

41 Панин, В. Ф. Экология для инженера. Общеэкологическая концепция биосферы и экономические рычаги преодоления глобального экологического кризиса: обзор современных принципов и методов защиты биосферы: учебное пособие / В. Ф. Панин, А. И. Сечин, В. Д. Федосова; под ред. В. Ф. Панина. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2000. – 284 с.

42 Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович; Томский политехнический университет. - 3-е изд., перераб. И доп. - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013. – 178 с.

43 Борзова И.Д., Служба охраны труда. Санитарно–бытовое обслуживание. М., 2013.

44 Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1999. – 318с.

45 Аверин Ю.Ф., Антонов А.В., Атаманенко М.Э., Баратов А.Н., и др. Научно-технический прогресс в пожарной охране / Под ред.: Юрченко Д.И. - М.: Стройиздат, 1987. - 384 с.

46 Шувалов М.Г. Основы пожарного дела. М., 1979

47 Щербина Я.Я. Щербина И.Я. Основы противопожарной защиты. Киев, 1985.

48 В.М.Нагорный, Г.М.Федоров. Организация работы комиссии по чрезвычайным ситуациям объекта / Под ред. В.В. Шевченко. - [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gochs.info/download/Organizacija-raboty-KChS.pdf>. - (дата обращения: 25.05.14)

Приложение А (обязательное)

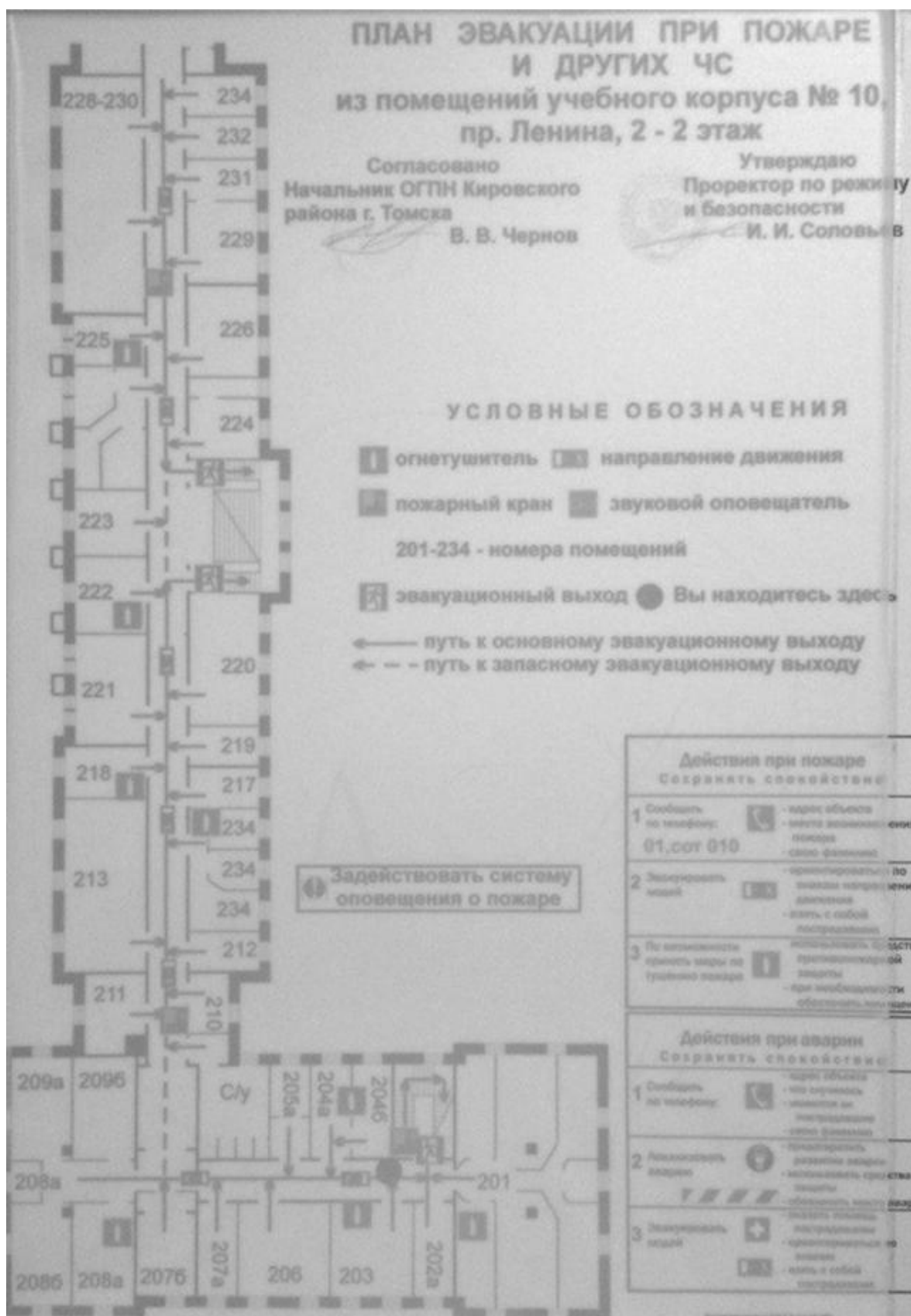


Рисунок А.1 – План эвакуации при пожаре и других ЧС из помещений учебного корпуса №10, пр. Ленина, 2 – 2 этаж

**Приложение Б
(обязательное)**

**Раздел
Technology Transfer**

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Куделина Е.С.		
Консультант с кафедры КИСМ			
Должность	ФИО	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев С.В.		
Консультант– лингвист кафедры иностранных языков ИК			
Должность	ФИО	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Шепетовский Д.В.		

Terms

Трансфер технологий	Technology transfer
Инновация	Innovation
Коммерциализация инноваций	Commercialization of innovation
Барьер	Barrier
Ранжирование	Ranking
Отношение предпочтения	Preference relations
Отношение консенсуса	Consensus ranking

Introduction

In the modern world, the level of economic development of the state is determined by the degree of organization of the processes of creation and innovation. Innovation is widely recognized as essential condition for business success ensuring growth, sustainability and competitiveness. Innovation is a very broad concept and involves many different stakeholders varying from governments and scientists to business executives, marketing specialists and consumers. The diversity of the involved parties leads to different perspectives to innovation, thus resulting in different understanding of the concept.

From the very general point of view, innovation can be understood as a process from idea generation to commercialization – bringing the idea or invention to the market as a new product, process or service through the phases of idea generation, research and development, product development, marketing and selling a new product or service. The idea becomes an invention, when it is converted into a tangible new artifact. The inventions are necessary seed for innovations, but the inventions do not inevitably lead to the innovation. Innovation is mostly regarded as the commercial and practical application of ideas or inventions.

The main form of promotion of innovation is technology transfer (TT). This transfer of knowledge, technologies and the rights to use them between organizations with a view to their subsequent implementation and / or commercialization.

While in foreign literature, the theory and practice of technology transfer are studied intensively over the past 20 years, these issues are not sufficiently covered in the national literature.

1 Technology Transfer

Technology transfer has become an important research topic in technology transfer and diffusion as successful execution of a technology transfer provides benefits for all parties including the technology suppliers, technology supplying countries, technology receivers among others. Yet, transfer of technology in global scale is complex and risky due to the intricate processes, dynamism of the technology, low technology absorption capacity of recipients, and requirements of significant resources (e.g. financial, human and physical resources). Due to these challenges companies participating in technology transfer (ITT) fail to maintain schedules, manage costs, and achieve quality and projects end up being cancelled.

We conceptualize technology as knowledge systematically applied, as well as the skills and competencies of individuals and teams. In addition, technology involves the work-organization that enables the innovative design of products, services, efficient production being brought to market quickly, practical solutions to problems, etc. We define high technology as that which requires high utilization of scientific manpower, engineering manpower, and extensive R&D expenditure to be at the forefront of technological leadership. High technology is expected to change relentlessly, and its life cycle is expected to become shorter while markets grow competitive.

We define international technology transfer as a process by which a technology supplier communicates and transmits the technology through multiple activities to the receiver, across national borders. This will ultimately enhance the technological capability of the receiver. We view TT from a holistic perspective of both technology transfer and utilization. TT is not a singular event but rather forms a process of a set of interlinked activities that starts with identifying the needs and demands for technology, and follows by activities relating to technology transfer and implementation, and finally culminates in the assurance that the technology has been acquired by the recipient.

Discussions by the publications implies that there are two significant components of innovation process: knowledge and successful diffusion of that

knowledge resulting in new products or services being offered to customers or in other more common words – invention and successful implementation. Inventions are very often made in universities and research institutes. To turn those inventions into successful innovations they must be transferred to organizations with adequate marketing experience, global presence and real implementation power. This is the responsibility of technology transfer process.

In general, the concept of technology transfer covers not only the technology transfer from academia to industry. It is a broad field that ranges from internal corporate technology transfer to international technology transfer.

Technology transfer can be defined as the process of sharing of or acquiring/providing/licensing skills, knowledge, technologies, intellectual property, technology development personnel or entire teams, methods of manufacturing, samples of manufacturing and facilities among governments, companies, research institutions and other organizations to enable the accessibility of scientific and technological developments to a wider range of users, who can then further develop and exploit the technology into new products, processes, applications, materials or services.

The ways of technology transfer depend on the involved parties and the reasons behind technology transfer. They vary from acquisitions of companies through technology transfer in order to release a new product or service based on the technology acquired, to collaborations in technology transfer efforts among companies located in a cluster.

Technology transfer is a fast-growing activity in research, and one, which has received substantial attention from governments, industry, and universities. The exact nature of this activity is difficult to pin down, partly because the term has many different connotations. Some of the varieties of technology transfer commonly discussed in business periodicals include:

- International technology transfer: the transfer of technologies developed in one country to firms or other organizations in another country. In the United States,

this issue is sometimes associated with the undesired transfer of weapons technology to hostile nations.

- North-South technology transfer: activities for the transfer of technologies from industrial nations (the North) to less-developed countries (the South), usually for the purpose of accelerating economic and industrial development in the poor nations of the world.

- Private technology transfer: the sale or other transfer of a technology from one company to another.

- Public-private technology transfer: the transfer of technology from universities or government laboratories to companies.

The major categories of technology transfer and commercialization involve the transfer of:

- a) technology codified and embodied in tangible artifacts;
- b) processes for implementing technology;
- c) knowledge and skills that provide the basis for technology and process development.

The following Table 1 shows the classification of TT.

Table 1 – Classification of Technology Transfers

Classification	Descriptor
• Transfer from universities and research laboratories to industrial companies; • Transfer between firms in advanced industrial countries; • Transfer from an advanced country to a developing country	Location of transfer
• Market mediated transfers; • Non-market mediated transfers	Contractual arrangement
• Transfer within an organisation from research to commercialization;	Location of transfer

• Transfer from one company to another; • Transfer between countries	
• Transfer through sales of products that embody the technology; • Transfer through contractual arrangements including licensing, co-operation and sharing among firms as part of strategic alliances; • Transfer through acquisition	Mode of transfer and contractual arrangement
• Transfer tangible assets such as new products, plants and equipment; • Transfer intangible forms through formal mechanisms such as patents and licenses; • Transfer informally through knowledge and information flows	Mode of transfer and nature of asset
• Managing innovation; • Contracting out R&D and outsourcing; • Transferring to divisions or subsidiaries; • Buying or selling proven technologies	Nature of technology and location of transfer
• Non-commercial transfer; • Commercial transfer; • New company generation	Location of transfer

2 Ranking of barriers by recursive branch and bound method: a description

Let us designate i -th factor in Table 3.6 by a_i , $i = 1, \dots, n$, where n is number of factors. In our case, $n = 5$. Then we have 5 rankings ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \alpha_5$) constructed from appropriate focus groups (5 barriers). The rankings are as follows:

$$\begin{aligned}\alpha_1: & a_4 \succ a_3 \sim a_5 \succ a_1 \sim a_7 \sim a_{11} \sim a_{14} \succ a_2 \sim a_6 \sim a_9 \sim a_{10} \sim a_{18} \succ a_8 \sim a_{12} \sim a_{13} \succ a_{16} \sim a_{19} \\ \alpha_2: & a_3 \sim a_7 \succ a_4 \succ a_{11} \sim a_{14} \sim a_{16} \succ a_1 \sim a_2 \sim a_5 \sim a_9 \sim a_{10} \sim a_{15} \sim a_{18} \succ a_6 \sim a_8 \sim a_{12} \succ a_{13} \\ \alpha_3: & a_3 \sim a_4 \sim a_5 \succ a_1 \sim a_7 \sim a_{10} \sim a_{14} \succ a_2 \sim a_8 \sim a_{18} \succ a_6 \sim a_9 \sim a_{11} \sim a_{12} \succ a_{13} \sim a_{16} \succ a_{19} \\ \alpha_4: & a_3 \sim a_4 \sim a_5 \succ a_2 \succ a_1 \sim a_7 \sim a_8 \sim a_9 \sim a_{11} \sim a_{14} \sim a_{18} \succ a_6 \sim a_{12} \succ a_{10} \sim a_{13} \sim a_{16} \succ a_{19} \\ \alpha_5: & a_3 \sim a_7 \succ a_4 \succ a_{11} \sim a_{14} \sim a_{16} \succ a_1 \sim a_2 \sim a_5 \sim a_9 \sim a_{10} \sim a_{15} \sim a_{18} \succ a_6 \sim a_8 \sim a_{12} \succ a_{13}\end{aligned}$$

Here “ $\succ$ ” means “better”, and “ $\sim$ ” means “equivalent”.

Our aim is to find a linear (strict) order β of the factors $a_1, \dots, a_n$, which would be nearest to all the given rankings $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ (in our case $m = 5$). The ranking β will therefore be a consensus ranking. Determination of such a nearest ranking is possible due to measure of distance between pairs of rankings first introduced in Kemeny and Snell and discussed in Bogart. The distance function $d(\alpha, \alpha_k)$ between α and α_k is defined by formula

$$d(\alpha, \alpha_k) = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n |\rho_k(a_i, a_j) - \rho(a_i, a_j)| = \sum_{i < j} |\rho_k(a_i, a_j) - \rho(a_i, a_j)| \quad (\text{B.1})$$

Here $k = 1, 2, \dots, m$ and for our case $m = 5$. α is any arbitrary ranking.

By general convention

$$\rho_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 1 & \text{if } a_i \succ a_j \\ 0 & \text{if } a_i \sim a_j \\ -1 & \text{if } a_i \prec a_j \end{cases} \quad (\text{B.2})$$

ρ_k corresponds to α_k and ρ corresponds to an initial test ranking α which is a logical guess for β . β that we want to find will satisfy the following condition.

$$\beta = \arg \min_{\alpha} \sum_{k=1}^m d(\alpha, \alpha_k) \quad (\text{B.3})$$

Which means we will start with an arbitrary ranking α and minimize with respect to α to arrive at β , which is a ranking such that the sum of its distances from the four given rankings is minimized. To do this minimization, we introduce the distance matrix. We have started with a test ranking (which is an initial arbitrary α) such that $\rho(a_i, a_j) = 1$, for all $i < j$. This basically means that the initial test ranking is α : $a_1 \succ a_2 \succ a_3 \succ \dots \succ a_n$.

Consider two elements a_i, a_j in all the given rankings where $i < j$. The $(n \times n)$ distances matrix $R = [r_{ij}]$ is constructed on the basis of (2) and defined by formula

$$r_{ij} = \sum_{k=1}^m d_{ij}^k, \quad i, j = 1, \dots, n, \quad (\text{B.4})$$

where $d_{ij}^k = |\rho_k(a_i, a_j) - \rho(a_i, a_j)|$ for $i < j$.

$$\text{Thus } d_{ij}^k = \begin{cases} 0 & \text{if } a_i^k \succ a_j^k \\ 1 & \text{if } a_i^k \sim a_j^k \\ 2 & \text{if } a_i^k \prec a_j^k \end{cases}.$$

This is so as we have assumed that $\rho(a_i, a_j) = 1$. Then from formula (2)

$$\begin{aligned}
d_{ij}^k &= |1-1| = 0 \quad \text{if } a_i^k \succ a_j^k \\
d_{ij}^k &= |0-1| = 1 \quad \text{if } a_i^k \sim a_j^k \\
d_{ij}^k &= |-1-1| = 2 \quad \text{if } a_i^k \prec a_j^k
\end{aligned}$$

Eq. 4 therefore defines the upper triangular elements of R . All diagonal elements will be 0 as is obvious from Eqs. 2 and 4. The elements in the lower triangle of R are obtained on replacing $\rho(a_i, a_j) = 1$ with $\rho(a_i, a_j) = -1$. It essentially means that we interchange the positions of a_i and a_j in the test rank α . For our particular problem, the distance matrix R constructed by the initial rankings has the following form:

$$P = \begin{vmatrix}
0 & 0 & 9 & 8 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
1 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
2 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
10 & 0 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 0 & 8 & 9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
9 & 0 & 10 & 10 & 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
10 & 0 & 10 & 10 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 1 & 9 & 6 & 10 & 6 \\
10 & 0 & 10 & 10 & 2 & 10 & 10 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
10 & 0 & 10 & 10 & 1 & 10 & 10 & 0 & 7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 9 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 10 & 10 \\
10 & 9 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 1 & 10 & 10 & 0 & 0 & 2 & 2 & 2 \\
10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 4 & 10 & 10 & 0 & 8 & 0 & 7 & 2 \\
10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 0 & 10 & 10 & 0 & 8 & 3 & 0 & 1 \\
10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 10 & 4 & 10 & 10 & 0 & 8 & 8 & 9 & 0
\end{vmatrix}$$

It is important to note that every interchange of two elements of the test ranking corresponds to interchanging some element r_{ij} by r_{ji} . Hence the problem

defined in Eq. 3 corresponds to finding such a permutation of the test ranking elements such that sum of the elements in the upper triangle of R is the minimum. It can be proved that any arbitrary permutation of the test ranking elements can be obtained by interchanging two elements at a time and successively apply the operation many times. So the idea is to keep interchanging two elements of test ranking unless the sum of elements in the upper triangle of R reaches the minimum. The space of solutions for this problem is large. Its cardinality is $n!$ and it is well known that this problem is NP-hard. However, for reasonable size (up to $n \approx 30$) there are exact algorithms.

The input of the algorithm will be the distance matrix $R = [r_{ij}]$ and the output will be the optimal $T^* = \beta$ and the corresponding upper bound value of the distance function l^u . The sequence of the elements in the initial test ranking is represented by the first n natural numbers. A permutation of the sequence of elements of the test ranking is therefore represented by a permutation of the first n natural numbers $\mathbf{N}_n = \{1, 2, \dots, n\}$.

The algorithm of determining an optimal interchange of the distance matrix elements uses the *recursive branch and bound* technique and works in the following way. First of all it calculates l^0 that is the minimal possible value (lower bound) for the overall distance l^u from β (or α) to all other given rankings. It can be found from the formula

$$l^0 := \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \min\{r_{ij}, r_{ji}\}. \quad (\text{B.5})$$

If the matrix R is *transitive*, then $r_{ik} \leq r_{ki}$ iff $r_{ij} \leq r_{ji}$ and $r_{jk} \leq r_{kj}$, $i \neq j \neq k = 1, \dots, n$. It means that the test ranking is consistent. In accordance with Litvak, on finding the problem solution we will satisfy this transitive property and $l^0 = l^u$.

At each step $k(i)$ the set $\mathbf{N}_n$ is partitioned into two non-intersecting subsets: T_{k-1}^1 and T_{k-1}^2 , where T_{k-1}^1 sets a new ordering of the test ranking elements and is a current *incomplete solution*. The current subset T_k^1 is obtained by exchanging one element of T_{k-1}^2 with one element of T_{k-1}^1 . For T_k^1 sum of distances from the four given rankings, i.e., l , is the sum of all the elements in the upper triangle of R defined by T_k^1 . For T_k^1 there also exists an l^0 defined by Eq. 5. Since T_k^1 is an incomplete solution, l thus obtained is greater than l^0 and so we replace l^u by l . And then we consider further permutation until $l^u = l^0$. T_k^1 becomes the *complete solution* T^* as soon as this happens and it defines an order for all n elements. Then we continue to see if any other incomplete solutions might feasibly lead to a better complete solution. The algorithm is an exact one as it checks all the feasible incomplete solutions.

The algorithm has the following form:

$$l^0 := \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \min\{r_{ij}, r_{ji}\}; l^u := \infty; T_0^2 := \mathbf{N}_n; [\text{initialization}]$$

OSM(1, 0);

procedure OSM(k, l^1):

for $i = 0$ **to** $n - k + 1$ **do if** $l^u \neq l^0$ **then**

$$\left\{ \begin{array}{l}
T_{k-1}^1 := \mathbf{N}_{\mathbf{n}} \setminus T_{k-1}^2; [\text{partition of } \mathbf{N}_{\mathbf{n}} \text{ into } T_1 \text{ and } T_2] \\
T_k^1 := T_{k-1}^1 \cup \{t_k^1 \mid t_k^1 = t_i^2, t_i^2 \in T_{k-1}^2\}; [\text{branching}] \\
l := l^1 + \sum_{j=1}^{n-k} r_{t_k^1 t_j^2} + \sum_{s=1}^{n-k} \sum_{j=s+1}^{n-k} \min \left\{ r_{t_s^2 t_j^2}, r_{t_j^2 t_s^2} \right\} \text{ with } t_s^2, t_j^2 \neq t_k^1; [\text{calculate the distance}] \\
\\
\text{if } l < l^u \text{ then } \left\{ \begin{array}{l}
\text{if } k < n-1 \text{ then OSM}(k+1, l^1 + \sum_{j=1}^{n-k} r_{t_k^1 t_j^2}); \\
\\
\text{else } \left\{ \begin{array}{l}
T^* := T_k^1; [\text{remember the complete solution}] \\
l^u := l; \quad [\text{and its total distance}] \\
T_k^1 := T_k^1 \setminus t_k^1; [\text{pruning}]
\end{array} \right.
\end{array} \right.
\end{array} \right.$$

On applying this algorithm, we obtain the consensus ranking shown.