

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
Исследование нетранзитивности результатов агрегирования предпочтений

УДК 658.62.018

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Ковалев Виталий Юрьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менедж. ИСГТ	Конотопский Владимир Юрьевич	Канд. эконом. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова Марина Игоревна	Канд. химических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Стукач Олег Владимирович	Доктор технич. наук		

Томск – 2016 г.

Планируемые результаты обучения

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
<i>Универсальные компетенции</i>	

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

форме:

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Ковалеву Виталию Юрьевичу

Тема работы:

Исследование нетранзитивности результатов агрегирования предпочтений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 957/с от 11.02.2016 г

Срок сдачи студентом выполненной работы:

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.).

Проанализировать нетранзитивность исходного профиля при параметрах m (число ранжирований) и n (число альтернатив).
Алгоритм нахождения медианы Кемени.
Программное обеспечение.

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>	Исследование нетранзитивности исходного профиля предпочтений при их агрегировании и анализ ее влияния на итоговое ранжирование консенсуса, получаемое по правилу Кемени.
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	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Доктор технич. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Ковалев Виталий Юрьевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Ковалеву Виталию Юрьевичу

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

Перечень графического материала:

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

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Ковалев Виталий Юрьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ41	Ковалеву Виталию Юрьевичу

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 законодательства; –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	Пустовойтова М.И.	К.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Ковалев В.Ю.		

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>10</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>20</i>

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Муравьев Сергей Васильевич	Доктор технич. наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры КИСМ	Стукач Олег Владимирович	Доктор технич. наук		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 74 страницы, 10 рисунков, 21 таблица, 23 источника, 2 приложения.

Ключевые слова: медиана Кемени, нетранзитивность, профиль предпочтения, результаты агрегирования, расстояние Кемени.

Объектом исследования является проблема нетранзитивности исходного профиля предпочтений при нахождении отношения консенсуса.

Цель работы – исследование нетранзитивности исходного профиля предпочтений при их агрегировании и анализ ее влияния на итоговое ранжирование консенсуса, получаемое по правилу Кемени.

В ходе выполнения работы проведены численные эксперименты по анализу нетранзитивности исходного профиля для нормального и равномерного законов распределения ранжирований при различных заданных числах ранжирований и ранжируемых альтернатив, а также при различных количествах эквивалентностей в исходных ранжированиях. Проведена оценка вероятности появления нетранзитивности исходного профиля. Установлено, что эта вероятность связана с вероятностью парадокса Кондорсе и вероятностью появления неединственности ранжирования Кемени.

Степень внедрения: результаты работы используются при проведении НИР в области обработки данных сличений и агрегирования данных мультисенсоров на кафедре КИСМ ТПУ.

Область применения: обработка результатов измерений разнородных величин, полученных в номинальной и порядковой шкалах.

Оглавление

Введение	11
1 Проблема нетранзитивности при агрегировании предпочтений	12
1.1 Агрегирование предпочтений	12
1.2 Правило Кемени для агрегирования предпочтений	16
1.3 Транзитивность входного профиля	18
1.4 Транзитивность выходного профиля	20
2 Экспериментальные исследования нетранзитивности входного профиля	22
2.1 Описание эксперимента	22
2.2 Результаты исследования нетранзитивности	26
2.3 Оценка вероятности появления нетранзитивности	28
2.4 Анализ расстояния между D_u и D_{least}	33
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	34
4 Социальная ответственность	52
Заключение	72
Список использованных источников	73
Приложение А	75
Приложение Б	80

Введение

В работе исследуется проблема агрегирования предпочтений, которая заключается в нахождении отношения консенсуса для m ранжирований n альтернатив. Проблема определения единственного ранжирования консенсуса интенсивно исследовалась как проблема голосования в рамках теории социального выбора. Агрегирование предпочтений может применяться распространение в различных областях: в пищевой, легкой, парфюмерной промышленности, архитектуре, медицине, спорте и т.д. В работе используется одно из наиболее обоснованных правил для определения ранжирования консенсуса – так называемое правило Кемени. Поскольку это правило может приводить не к одному, а нередко к очень большому количеству ранжирований консенсуса, приходится принимать меры по свертке полученных ранжирований консенсуса к единственному итоговому ранжированию консенсуса.

При реализации агрегирования предпочтений с использованием правила Кемени исходный профиль предпочтений может быть нетранзитивным. Нетранзитивность исходного профиля выражается в присутствии такого порядка следования некоторых альтернатив в нескольких ранжированиях, при котором одна альтернатива предпочтительнее другой, другая предпочтительнее третьей, а третья предпочтительнее первой. Эта нетранзитивность свидетельствует о несогласованности исходных ранжирований между собой и может приводить к трудностям при определении отношения консенсуса.

Целью работы является исследование нетранзитивности исходного профиля предпочтений при их агрегировании и анализ ее влияния на итоговое ранжирование консенсуса, получаемое по правилу Кемени.

1 Проблема нетранзитивности при агрегировании предпочтений

1.1 Агрегирование предпочтений

Математический подход к проблеме агрегирования предпочтений появился в теории социального выбора в качестве проблемы голосования или группового решения, где A – это множество n кандидатов (альтернатив), которые ранжируются группой из m избирателей (экспертов).

Например, рассмотрим следующую проблему голосования, :

50 избирателей: $a_1 \succ a_2 \succ a_3 \succ a_4$

40 избирателей: $a_1 \succ a_3 \succ a_2 \succ a_4$

20 избирателей: $a_4 \succ a_2 \succ a_1 \succ a_3$

60 избирателей: $a_4 \succ a_2 \succ a_3 \succ a_1$

80 избирателей: $a_3 \succ a_2 \succ a_1 \succ a_4$

20 избирателей: $a_4 \succ a_3 \succ a_2 \succ a_1$

В данной задаче $m=270$, $n=4$, чтобы определить победителя, можно воспользоваться одним из трех правил голосования:

- простое большинство;
- счет Борда;
- принцип Кондорсе.

Принцип простого большинства заключается в том, что победителем объявляется та альтернатива, которая набрала большинство голосов по сравнению с другими альтернативами. Этот принцип действует в нашей стране при выборе президента, губернатора, мэра и т.д. На основе нашего примера посчитаем сколько избирателей проголосовало за того или иного кандидата.

a_1 имеет 90 голосов за 1-ое место.

a_2 имеет 0 голосов за 1-ое место.

a_3 имеет 80 голосов за 1-ое место.

a_4 имеет 100 голосов за 1-ое место.

Согласно этому принципу победителем стала альтернатива a_4 . Однако, этот принцип имеет серьезные противоречия. Во-первых, 170 избирателей считают, что кандидат a_1 лучше, чем кандидат a_4 . А во-вторых, 180 избирателей

также предпочли бы кандидата a_2 кандидату a_1 . Отсюда, можно сделать несложный вывод, что этот метод может приводить к ошибочному решению.

Проблемы с методикой простого большинства привели к разработке двух очень распространенных приемов группового анализа. Это система счета Борда и метод попарного сравнения Кондорсе, названные в честь двух математиков, предложивших эти подходы во второй половине XVIII века.

Система счета Борда очень проста, и читатели почти наверняка знакомы с ней. Предположим, что существует n вариантов. Каждый из оценивающих ранжирует варианты от лучшего к худшему. Получившему наибольший ранг варианту выдается $n-1$ очков, второму $n-2$ очков и так далее вплоть до последнего из вариантов, получающего 0 очков. Счет Борда – это просто сумма очков для каждого из вариантов.

Посчитав очки по принципу Борда для каждого из кандидатов определим победителя:

a_1 набрал 370 очков.

a_2 набрал 480 очков.

a_3 набрал 470 очков.

a_4 набрал 300 очков.

У приема счета Борда есть две, тесно связанные технические проблемы. Первая – это проблема попарного сравнения. При использовании счета Борда возможно столкнуться с ситуацией, когда победитель по этому приему проиграет любому другому варианту при прямом сравнении с ним.

В нашем случае, победителем по принципу Борда является кандидат a_2 , однако, 140 кандидатов, больше половины, предпочли кандидата a_3 кандидату a_2 .

Другой проблемой с приемом счета Борда является его уязвимость к манипуляциям оценивающими. На результат оценки счетом Борда теоретически возможно повлиять добавлением мнимой альтернативы, которая (с точки зрения предпочтений оценивающих) очень близка к существующей. Это может привести к «разбавлению» близких альтернатив и изменению

победителя анализа. Ссылки в конце данной статьи содержат примеры данного эффекта.

Несмотря на технические недостатки приема счета Борда, эта система весьма практичная и часто эффективно работает при определении политики в среде тестирования программного обеспечения небольшими группами. Согласно моему опыту, счет Борда часто субъективно считается честным голосующими и, следовательно, если голосующие являются заинтересованными сторонами, те, кто проголосовал за проигравшие варианты, обычно принимают результаты голосования и не вырабатывают предубеждения против выигравшего варианта.

Смысл здесь в том, что в случае использования счета Борда следует знать об эффекте удаления несущественных вариантов, результатах попарного сравнения победителя по счету Борда с проигравшими вариантами, а также добавлении новой альтернативы в середине процесса и проверять свои данные на предмет всего этого [6].

Рассмотрим также на данном примере принцип Кондорсе описанный маркизом Кондорсе в 1785 году. Кондорсе определил правило, по которому сравнение выбираемых альтернатив (кандидатов) производится с учетом полной ординалистской информации о предпочтениях избирателей.

Согласно принципу Кондорсе, для определения истинной воли большинства необходимо, чтобы каждый голосующий проранжировал всех кандидатов в порядке их предпочтения. После этого для каждой пары кандидатов определяется, сколько голосующих предпочитает одного кандидата другому - формируется полная матрица попарных предпочтений избирателей, в соответствии с таблицей 1.

По принципу Кондорсе мы имеем следующее итоговое ранжирования:

$a_3 \succ a_2 \succ a_1 \succ a_4$, следовательно победителем объявляется кандидат a_3 .

Однако, при решении задачи данным методом, у нас не редко может возникнуть парадокс Кондорсе.

Таблица 1 - Полная матрица попарных предпочтений избирателей

	a_1	a_2	a_3	a_4
a_1	0	90	110	<u>170</u>
a_2	<u>180</u>	0	130	<u>170</u>
a_3	<u>160</u>	<u>140</u>	0	<u>170</u>
a_4	100	100	100	0

Он заключается в том, что при наличии более двух альтернатив и более двух избирателей коллективная ранжировка альтернатив может быть цикличной (нетранзитивна), даже если ранжировки всех избирателей не являются циклическими (транзитивны). Таким образом, волеизъявления разных групп избирателей, каждая из которых представляет большинство, могут вступать в парадоксальное противоречие друг с другом.

Покажем это на примере, в соответствии с таблицей 2.

23 избирателя: $a_1 \succ a_2 \succ a_3$

17 избирателя: $a_2 \succ a_3 \succ a_1$

2 избирателя: $a_2 \succ a_1 \succ a_3$

10 избирателя: $a_3 \succ a_1 \succ a_2$

8 избирателя: $a_3 \succ a_2 \succ a_1$

Таблица 2 – Пример цикличности

	a_1	a_2	a_3
a_1	0	<u>33</u>	25
a_2	27	0	<u>42</u>
a_3	<u>35</u>	18	0

По итогам голосования двумя третями голосов получаем три утверждения: $a_1 \succ a_2$, $a_2 \succ a_3$, $a_3 \succ a_1$. Но вместе эти утверждения противоречивы. В этом и состоит парадокс Кондорсе или парадокс коллективного выбора. Оказывается невозможным определить волю большинства и принять какое-то

согласованное решение. В силу симметрии в таком виде парадокс неразрешим никакими ухищрениями.

Существует много методов избавления от циклической неопределенности метода Кондорсе. Но каждый подход содержит некоторую степень пренебрежения мнением некоторой части избирателей:

- все альтернативы, образующие циклы, считаются эквивалентными;
- хорошим приближением принципа Кондорсе является счет Борда;
- иногда, даже выбор лучшей альтернативы случайным образом может оказаться хорошим решением.

1.2 Правило Кемени для агрегирования предпочтений

Еще один подход к проблеме борьбы с парадоксом Кондорсе был предложен американским математиком Дж. Кемени [12]. Согласно идее Дж. Кемени, следует найти среднее мнение как решение оптимизационной задачи. Метод заключается в нахождении такой перестановки строк и столбцов матрицы профиля, что сумма элементов её верхней треугольной подматрицы минимальна.

Выбор медианы основан на том, что медиана Кемени – единственное результирующее строгое ранжирование, являющееся нейтральным, согласованным и кондорсетовым. Таким образом, медиана удовлетворяет принципу выбора Кондорсе, не приводя к парадоксу Кондорсе [13]. Медиана Кемени удовлетворяет 2–5-м условиям Эрроу, не удовлетворяя лишь условию 1.

Согласно идее Дж. Кемени, для решения задачи исключения нетранзитивности, надо минимизировать суммарное расстояние от кандидата до мнений экспертов.

$$M(P_1, \dots, P_m) = \text{Arg min} \sum_{v=1}^m d(P, P_v) \quad (1)$$

где Arg min – то или те значения x , при которых достигает минимума указанная сумма расстояний от ответов экспертов до текущей переменной, по которой и проводится минимизация.

Наиболее удобно представлять ранжирования с помощью матриц отношений. Если элемент x_i предшествует элементу x_j , то на пересечении i -й строки и j -го столбца в матрице ставится для неметризованного отношения 1, в противном случае – 0. Расстояние от произвольного ранжирования P до всех ранжирований $P_1, \dots, P_m$, определяется как

$$\sum_{v=1}^m d(P, P_v) = \sum_{i < j} \sum_{v=1}^m d_{ij}(P, P_v) \quad (2)$$

Элементы матриц отношений характеризуют степень предпочтения одной другой, указанную каждым из m экспертов. Задача отыскания медианы сводится к отысканию по матрице потерь минимизирующего суммарного расстояния.

По аналогии с матрицей отношений, мы можем определить $n \times n$ матрицу профиля, которая позволяет в компактной форме представить все ранжирования профиля предпочтения.

$$P_{ij} = \sum_{k=1}^m d_{ij}^k \quad (3)$$

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

Далее нам необходимо посчитать идеальную нижнюю границу, минимально возможное расстояние, которое определяется как:

$$l_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^m \min(P_{ij}, P_{ji}) \quad (4)$$

Т.е. мы выбираем минимальное значение из двух элементов, симметричных относительно главной диагонали. Сумма верхнетреугольной матрицы всегда больше D_{least} , однако мы всегда стремимся к D_{least} .

Поскольку алгоритм полного перебора требует слишком большого времени для нахождения решения, то применим способ сокращенного перебора – метод ветвей и границ.

Нахождение отношения консенсуса в виде медианы Кемени заключается в нахождении такой перестановки строк и столбцов матрицы, чтобы сумма элементов верхней треугольной матрицы стала минимальной.

Идея метода ветвей и границ заключается в проверке не полных, а частичных решений, а именно в вычислении оценки расстояния D .

На каждом шаге k множества N разбивается на непересекающиеся подмножества, устанавливается новое положение строк и столбцов матрицы и для текущего частичного решения вычисляется $D(k)$, как оценка изменения текущего расстояния в зависимости от изменения текущего лидера. Текущий лидер изменяется путем перемещения одного элемента из одного подмножества в другое. Решение становится полным как только оно определяет порядок всех n элементов, оно характеризуется верхней границей D_{least} .

Поиск продолжается с целью выявления других частичных решений, которые могут улучшить текущее полное решение. Данный алгоритм является точным, т.к. проверяет все возможные неполные решения.

Если матрица транзитивна, т.е. $p_{ik} \leq p_{ki}$, если $p_{ij} \leq p_{ji}$ и $p_{jk} \leq p_{kj}$, то $D_u = D_{least}$ и D_{least} является достижимым. Если матрица нетранзитивна, то $D_{least} < D_u$ и значение D_{least} становится недостижимым. В этом случае медиан Кемени может быть много.

Эта проблема и является объектом наших исследований. С помощью специальной программы, мы воспроизводим различные случаи возникновения нетранзитивности в зависимости от различного закона распределения величин, а также от количества переменных m , количества ранжирований, и n , количества переменных. Но также мы попробуем выяснить влияет ли количество эквивалентностей в начальных ранжирований на итоговый профиль ранжирования.

1.3 Транзитивность входного профиля

Несмотря на то, что каждое ранжирование профиля предпочтения транзитивно, матрица профиля P является транзитивной в том случае, если все

исходные ранжирования совместимы, т.е. $p_{ik} \leq p_{ki}$, если $p_{ij} \leq p_{ji}$ и $p_{jk} \leq p_{kj}$, $i \neq j \neq k = 1, \dots, n$. Матрица P является нетранзитивной, если условия нарушаются, т.е. существует большая вероятность возникновения парадокса Кондорсе.

Рассмотрим исходный профиль:

$$\lambda_1: a_1 \succ a_2 \succ a_3$$

$$\lambda_2: a_2 \succ a_3 \succ a_1,$$

$$\lambda_3: a_3 \succ a_1 \succ a_2$$

Можно увидеть, что при использовании принципа Кондорсе для нахождения отношения консенсуса решение принимает циклический вид, что приводит к парадоксу Кондорсе. В таком случае альтернативы Кондорсе не существует. Если применить к этому профилю правило Кемени, будут получены три оптимальных решения (при $D(\beta, \Lambda) = 8$), совпадающие с ранжированиями исходного профиля. Действительно, матрица профиля тогда будет иметь вид

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 4 \\ 4 & 0 & 2 \\ 2 & 4 & 0 \end{bmatrix},$$

и условию Кемени $\beta = \arg \min_{\lambda \in \Pi} D(\lambda, \Lambda)$ удовлетворяют все три найденные решения, которые полностью совпадают с условиями, которые мы имели изначально.

Таким образом, используя данный пример, может показаться, что нетранзитивность исходного профиля приводит к множественности решений по правилу Кемени. Исходя из разумных соображений, будет правильно приравнять все три альтернативы друг к другу, т.е. сделать их эквивалентными. Тогда итоговое ранжирование консенсуса примет вид:

$$\beta_{\text{fin}} = \{a_1 \sim a_2 \sim a_3\}.$$

Фактически, полученное отношение слабого порядка находится на минимально возможном расстоянии, равном 9, от всех ранжирований.

В работах Литвака Б.Г. было показано, что матрицу P можно характеризовать наименьшим возможным расстоянием D_{least} от профиля

предпочтения Λ до некоторого строгого порядка [86, 88, 89]. При вычислении D_{least} в него включаются меньшие значения из каждой пары (p_{ij}, p_{ji}) , то есть т.е. необходимо определить такую перестановку строк и столбцов, чтобы сумма элементов ее верхней треугольной подматрицы была минимальной.

$$D_{least} = \sum_{i < j} \min(p_{ij}, p_{ji}), i, j = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Можно легко показать [17], что если матрица P транзитивна (это значит, что все исходные ранжирования совместимы), то $D_{least} = Du$ и D_{least} является достижимым значением. Справедливо и обратное утверждение. Таким образом, после определения ранжирования консенсуса β транзитивность любого исходного профиля по правилу Кемени может быть установлена с использованием следующего критерия:

$$\text{матрица } P \begin{cases} \text{транзитивна,} & \text{если } D_{least} = Du \\ \text{нетранзитивна,} & \text{если } D_{least} < Du \end{cases} \quad (6)$$

1.4 Транзитивность выходного профиля

Необходимым условием наличия нетранзитивности в множестве ранжирований Кемени (выходном профиле ЗРК) является выражение $N_{kem} \geq 3$. Также, если в соответствии с критерием, входной профиль является нетранзитивным, то выходной профиль также характеризуется отсутствием транзитивности. Однако, позитивным является факт, что нетранзитивные циклы в выходном профиле лексикографически упорядочены и могут быть выявлены за время, пропорциональное квадрату мощности выходного профиля.

Для иллюстрации этого утверждения рассмотрим два коротких примера.

Из таблицы 2.5 видно, что входной профиль является нетранзитивным. Выходной профиль, содержащий три решения, имеет один цикл (выделен жирной рамкой), характеризующий нетранзитивность. Следуя подходу, описанному в начале п. 2.4.1, формируем итоговое решение:

$$\beta_{fin} = \{a_1 \succ a_2 \sim a_4 \sim a_5 \succ a_3\}.$$

Таблица 3 – Примеры входного и выходного профилей, при $m = 5, n = 5$

Входной профиль	Выходной профиль
1 4 5 2 ~3	1 2 4 5 3
3 2 1 4 5	1 4 5 2 3
1 5 4 2 3	1 5 2 4 3
1 ~5 2 3 4	
2 4 1 5 3	
$D_{least} = 30$ $D_u = 32$ $N_{kem} = 3$	

Пример выходного профиля, имеющего четыре нетранзитивных цикла, представлен в таблице 4 (показаны разными цветами в рамках). Как и прежде, преобразуя эти циклы в тройки эквивалентных альтернатив, получаем итоговое ранжирование консенсуса:

$$\beta_{fin} = \{a_1 \sim a_6 \sim a_9 \succ a_2 \sim a_{10} \succ a_8 \succ a_4 \sim a_5 \sim a_7\}.$$

Таблица 4 – Примеры выходного профиля, при $m = 5$, $n = 10$

цикл 1→	1 6 9	2 10 8 4	3 7 5	
цикл 2→	1 9 6	2 10 8 4	5 3 7	←цикл 3
	6 1 9	2 10 8 4	7 5 3	
цикл 1→	6 9 1	10 2 8 4	3 7 5	
цикл 2→	9 6 1	10 2 8 4	5 3 7	←цикл 4
цикл 1→	9 1 6	10 2 8 4	7 5 3	
$D_{least} = 129$ $D_u = 131$ $N_{kem} = 6$				

Таким образом, выходной профиль ЗРК может содержать нетранзитивные циклы, которые являются следствием нетранзитивности входного профиля предпочтений. Вычислительный эксперимент показал, что наиболее вероятно появление нетранзитивных входных профилей при нечетных m . Благоприятным

обстоятельством при обработке нетранзитивных выходных профилей является то, что нетранзитивные циклы лексикографически упорядочены и могут быть устранены заменой их на тройки эквивалентных альтернатив.

2 Исследование нетранзитивности исходного профиля предпочтения

В нашей работе мы проводим эксперимент с помощью специальной программы, которая генерирует нам случайный профиль и находит всевозможные решения, медианы Кемени. Мы предполагаем, что решение проблемы может зависеть от нескольких факторов, таких как, число ранжирований m , число альтернатив n , закона распределения, числа эквивалентностей в исходном профиле.

2.1 Описание эксперимента

Данный эксперимент проводится для выявления нетранзитивности исходного профиля при нахождении медианы Кемени. План экспериментов приведен в таблице 5. Данный план относится как к нормальному, так и равномерному закону распределения.

Таблица 5 – План экспериментов

m	T=0	T=1	T=2
3	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
4	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
5	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
6	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
7	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
8	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
10	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
12	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
14	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$
15	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$	$n = 2 \div 15; 20$

Эксперимент проводится на компьютере с помощью специальной программы, которая случайным образом генерирует задачи с начальными ранжированиями, а также находит все медианы Кемени методом ветвей и границ. Программное обеспечение разработали Адриен Лекосьер и Джордан Дюранд под руководством Сергея Васильевича Муравьева. Программа разработана в формате «.exe».

При запуске программы у нас всплывает черное окно с именами разработчиков и меню. Первый вопрос, на который мы должны ответить – «*What do want to do?*», который переводится как «что вы хотите сделать?». Чтобы выполнить первое действие, программа дает нам варианты действий, которым присвоен свой индивидуальный код: 0 - *generate matrix and create solutions file*; 1 – *generate matrix*; 2 – *create a solutions file*; 3 – *exit*. Чтобы выполнить одно из предложенных действий, необходимо набрать один из кодов, которые соответственно означают: 0 – сгенерировать матрицу и создать файл с решением; 1 – сгенерировать матрицу; 2 – создать файл с решением; 3 – выход. «Сгенерировать матрицу» - это означает, что программа, нам создаст файл с начальными ранжированиями, а также матрицу профиля. «Создать файл с решением» - программа создает нам файл с решением, а именно все медианы Кемени, а также их количество, время выполнения и значения *Du* и *Dleast*. Все файлы создаются в форме «.dat».

Следующий шаг, который необходимо выполнить и который предлагает нам программа это – «*starting point minimum*» и «*starting point maximum*». Эти два шага следуют друг за другом и означают минимальную и максимальную начальную точку. Каждая точка этого диапазона – это отдельный эксперимент, т.е. какой диапазон мы выберем, столько задач и будет решать программа.

После выполнения 2 и 3 шага, приступаем к 4. Мы должны выбрать место на компьютере, куда будут сохраняться наши данные. В программе этот шаг написан как «*Where do you want to put values?*». При выборе папке и места, куда мы хотим сохранить наши файлы с матрицей, решением и ранжированием все папки должны быть написаны на английском языке, иначе программа нам

выдаст ошибку «*the folder does not exist. Please, try again...*». Эта ошибка переводится как «папка не существует, пожалуйста, попробуйте заново». И далее программа предлагает нам снова ввести место для сохранения файлов.

Следующим шагом нам необходимо выбрать количество эквивалентностей в начальном ранжировании. В программе этот шаг написан также на английском языке и выглядит как «*Choose the value of T*», дословно это переводится как «выберите значение T ». Программа предлагает нам три варианта действий, которые отличаются количеством эквивалентностей: «*Without equivalence $T=0$* », «*With equivalence $T=1$* » и «*With equivalence 2a $T=2$* ». Чтобы выбрать один из вариантов действий, необходимо ввести число, которое соответствует количеству эквивалентностей. В программе $T=0$, $T=1$ и $T=2$ обозначается условно и рассчитывается как отношение количества эквивалентностей к произведению mn . При $T=0$, эквивалентности отсутствуют, при $T=1$ это значение лежит в диапазоне от 0,02 до 0,1, а при $T=2$ от 0,2 до 0,5.

После того как мы выбрали количество эквивалентностей, программа выдает нам следующий вопрос: «*Number of rankings m* ». Здесь нам следует выбрать количество ранжирований, которые в дальнейшем будут обрабатываться программой.

Также по аналогии с предыдущим шагом, мы должны выбрать количество альтернатив n . Альтернативы будут располагаться в порядке предпочтения всеми экспертами (ранжирования) и далее будет найдено отношение консенсуса. Чтобы выбрать количество элементов ранжирования, в программе под названием шага «*number of element in ranking n* » мы выбираем нужное нам количество альтернатив.

Последним шагом в данной программе является выбор закона, по которому будет проводиться эксперимент. Наша программа содержит два встроенных закона распределения: нормальный и равномерный. В программе этот пункт называется «*Choose the law to use L* », в переводе на русский язык – «выберите закон». Чтобы выбрать нормальный закон распределения, наберите

«0», равномерный – «1». Эти пояснения также присутствуют в программе, написанные на английском языке.

После выполнения всех шагов, согласно данной инструкции, программа создает столько папок с задачами, сколько мы указали в диапазоне минимального и максимального значения. Папки именуются в соответствии с номером задачи и сохраняются в том месте, где мы указали. В каждой папке создаются файлы, в соответствии с действием, которое мы указали в первом шаге. Если мы выбрали «0», то создается максимальное количество файлов – 3, и именуются они следующим образом: «*ProfMatr.dat*», «*Rankings.dat*», «*Solutions.dat*». Эти файлы содержат матрицу профиля, ранжирования и решение соответственно.

В файле «*ProfMatr.dat*» содержится матрица профиля, а также указывается количество ранжирований. В файле «*Rankings.dat*» мы видим ранжирования, которые в дальнейшем будут обрабатываться, а также под этими ранжированиями такое же количество строк с нулями и единицами, сколько и ранжирований, где 1 означает знак эквивалентности, а 0 – знак строгого предпочтения. Также в этом файле сверху над ранжированиями есть три числа, верхнее означает количество ранжирований, следующее – количество элементов, и последнее – начальную точку отсчета. И в последнем файле «*Solutions.dat*» находятся все медианы Кемени, которые вычислила наша программа. Два верхних числа над исходными ранжированиями означают: верхнее – количество медиан Кемени, нижнее – количество начальных ранжирований. В дополнение, в программе рассчитываются *Du*, *Dleast* и время, затраченное на выполнение расчетов. Эти числовые значения указываются в конце файла в соответствующем порядке.

Для успешного проведения эксперимента мы не должны выбирать слишком большое значение m , количество ранжирований, ведь чем больше это значение, тем больше матрица, а значит и время выполнения эксперимента увеличится. От значения n , количества альтернатив, время выполнения эксперимента практически не зависит. Но это время зависит и от мощности

компьютера. В нашем случае оптимальными значениями m являются $m=10$, $m=15$, $m=20$.

2.2 Результаты исследования нетранзитивности

Мы экспериментально исследовали нетранзитивность исходных профилей с помощью метода ветвей и границ, чтобы решить проблему ранжирования Кемени. Мы использовали метод Монте-Карло, чтобы имитировать матрицу профиля. Для получения результатов и знаний о нетранзитивности нам необходимо сравнить и проанализировать данные, которые мы получили с помощью программы. Для более удобного восприятия данных, мы построим графики для всех данных. На графиках можно подробно рассмотреть результаты и выявить закономерности возникновения нетранзитивности.

При выполнении работы были проведены эксперименты по анализу нетранзитивности исходного профиля для нормального и равномерного законов распределения ранжирований при числе ранжирований $m = 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12; 14; 15$ и числе ранжируемых альтернатив $n = 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 20$, а также при различных количествах эквивалентностей в исходных ранжированиях. Всего было сгенерировано 13500 индивидуальных задач (случайных профилей). Была проведена оценка вероятности появления нетранзитивности исходного профиля при тех же значениях m и n . Графики приведены в приложении А.

Проанализировав данные графики, можно заметить, что при увеличении числа альтернатив, расстояние между Du и $Dleast$ увеличивается, что приводит к увеличению степени нетранзитивности исходного профиля. Поэтому целесообразно уменьшать количество альтернатив n .

Также из графиков видно, что профили часто были транзитивны (то есть условие $Du = Dleast$ было действующим) только для четных значений m . Нечетное m практически всегда приводило к нетранзитивным исходным профилям.

В общем, правило Кемени производит ряд N_{kem} оптимальных решений, которые формируют исходный профиль, так что может быть $N_{kem} \gg m$. Большое количество медиан Кемени не редко явление. Вычислительные эксперименты показывают, что вероятность единого решения хорошо согласуется с вероятностью существования победителя Кондорсе. Последнее уменьшается, когда значения n увеличивается. То же самое можно сказать и о m , однако, четное количество m значительно снижает шансы на победителя Кондорсе сравнительно с нечетными значениями m .

На графиках, приведенных в приложении А, для каждого значения m приведены по два графика: для нормального закона и равномерного. Принципиальных различий, которые повлияли бы на транзитивность исходного профиля, не наблюдается. Для равномерного закона распределения разница между Du и $Dleast$ постоянно изменяется, в отличии от нормального закона. Но вероятность возникновения нетранзитивности для нормального и равномерного законов приблизительно одинакова.

Также проанализировав влияние количества эквивалентностей в начальном ранжировании, мы можем сделать заключение, что оно никак не влияет на исходный профиль. Для демонстрации этого заключения приведем пример для нормального закона при $m=15$, в соответствии с рисунками 1-3.

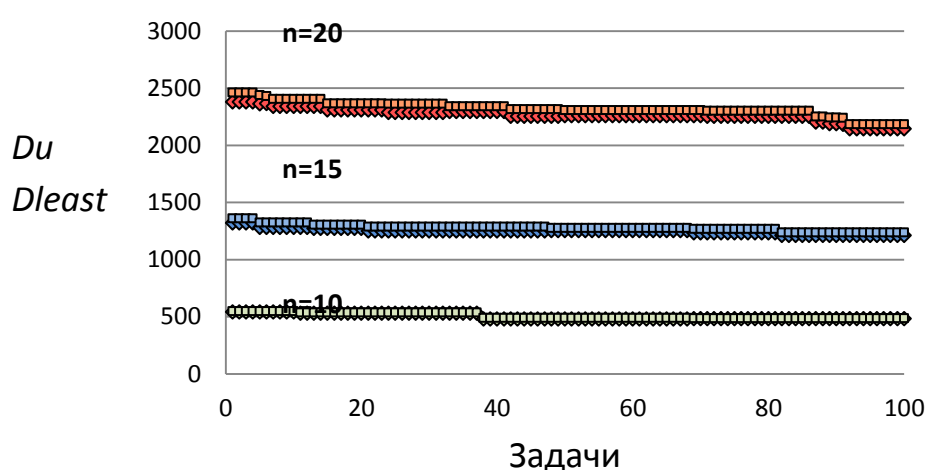


Рисунок 1 – График нетранзитивности с $T=0$

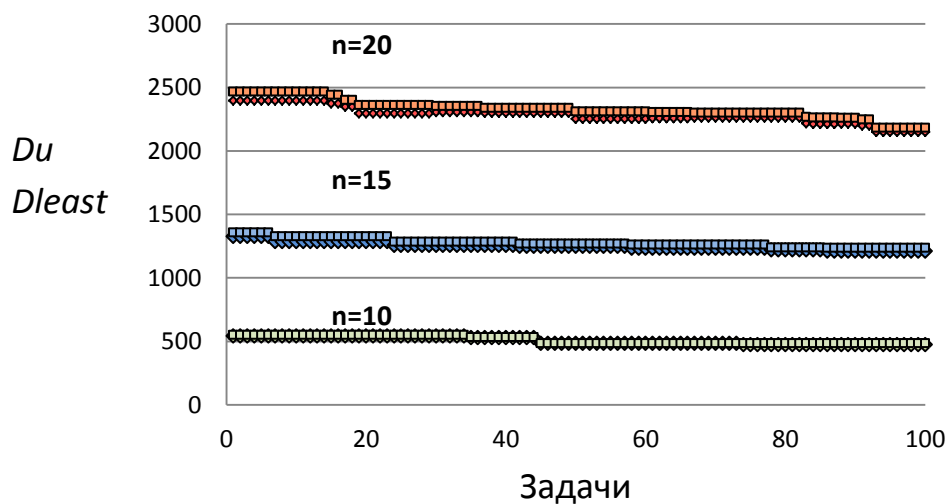


Рисунок 2 – График нетранзитивности с $T=1$

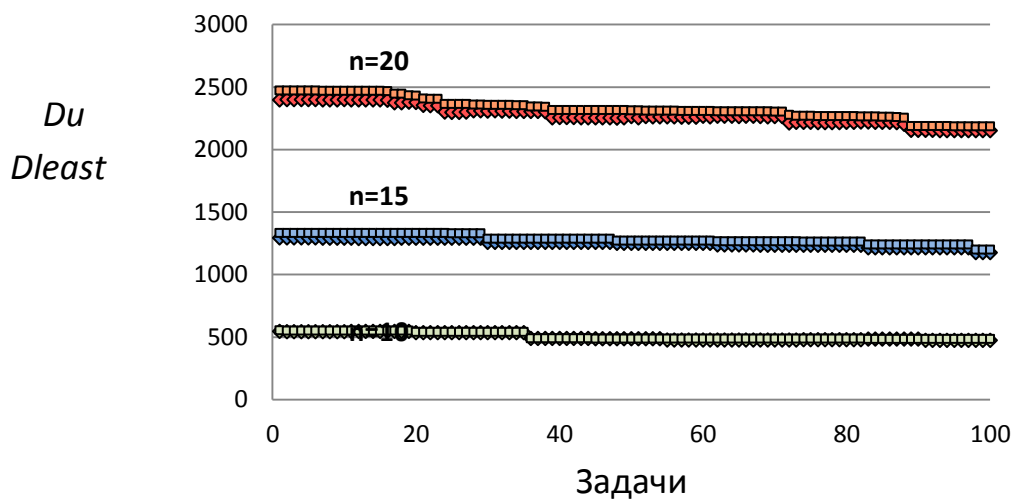


Рисунок 3 – График нетранзитивности с $T=2$

2.3 Оценка вероятности появления нетранзитивности

Используя полученные экспериментальные данные, можно оценить вероятность нетранзитивного исходного профиля P_{intr} для фиксированного m и n , разделив количество случаев, когда $Du \neq Dleast$, на 100. Таким образом были рассчитаны данные в таблице 6, они, в свою очередь, были использованы для кривых на рисунке 4.

Приведенная таблица отражает информацию о вероятности возникновения нетранзитивного исходного профиля при нахождении медианы

Кемени методом ветвей и границ. Таблица 6 характеризует равномерный закон распределения.

Таблица 6 – Вероятность возникновения нетранзитивности

n	m								
	4	5	6	7	8	10	12	14	15
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0,15	0	0,13	0	0	0,01	0,02	0,07
4	0	0,26	0,03	0,24	0,05	0,06	0,07	0,09	0,25
5	0	0,46	0,02	0,4	0,09	0,08	0,13	0,18	0,45
6	0	0,67	0,07	0,58	0,11	0,18	0,18	0,22	0,66
7	0	0,71	0,13	0,77	0,17	0,28	0,4	0,48	0,77
8	0,01	0,86	0,21	0,9	0,37	0,41	0,46	0,54	0,91
9	0,04	0,89	0,26	0,9	0,42	0,53	0,59	0,66	0,96
10	0,05	0,94	0,32	0,94	0,56	0,66	0,74	0,84	0,98
11	0,06	1	0,46	0,98	0,63	0,79	0,84	0,92	1
12	0,13	1	0,46	0,99	0,68	0,76	0,85	0,93	1
13	0,12	1	0,62	1	0,84	0,88	0,93	0,95	1
14	0,15	1	0,72	1	0,81	0,89	0,94	0,98	1
15	0,17	1	0,78	1	0,91	0,92	0,96	0,99	1
20	0,53	1	0,94	1	0,98	1	1	1	1

Проанализировав полученные результаты, мы можем подтвердить результаты, полученные при анализе графиков. Вероятность возникновения нетранзитивного исходного профиля выше для нечетных значений m , нежели четных. Причем эта вероятность отличается достаточно сильно. В целом, вероятность увеличивается, когда число альтернатив n и число ранжирований m увеличивается.

Для наглядности построим графики для таблицы вероятностей, рисунок 4. Этот графики подтверждают предположения о нетранзитивности в исходных профилях при различных значениях m .

Вычислительный эксперимент показал, что при любых нечетных m , уже при числе n альтернатив, близким к 8, вероятность нетранзитивности близка к 1. При четном значении $m = 4$ вероятность нетранзитивности довольно мала даже для $n = 15$. Уже при $m = 6$ вероятность возрастает и приближается к вероятности для нечетных m , однако при росте четных m остается заметной граница между графиками вероятности для нечетных и четных m .

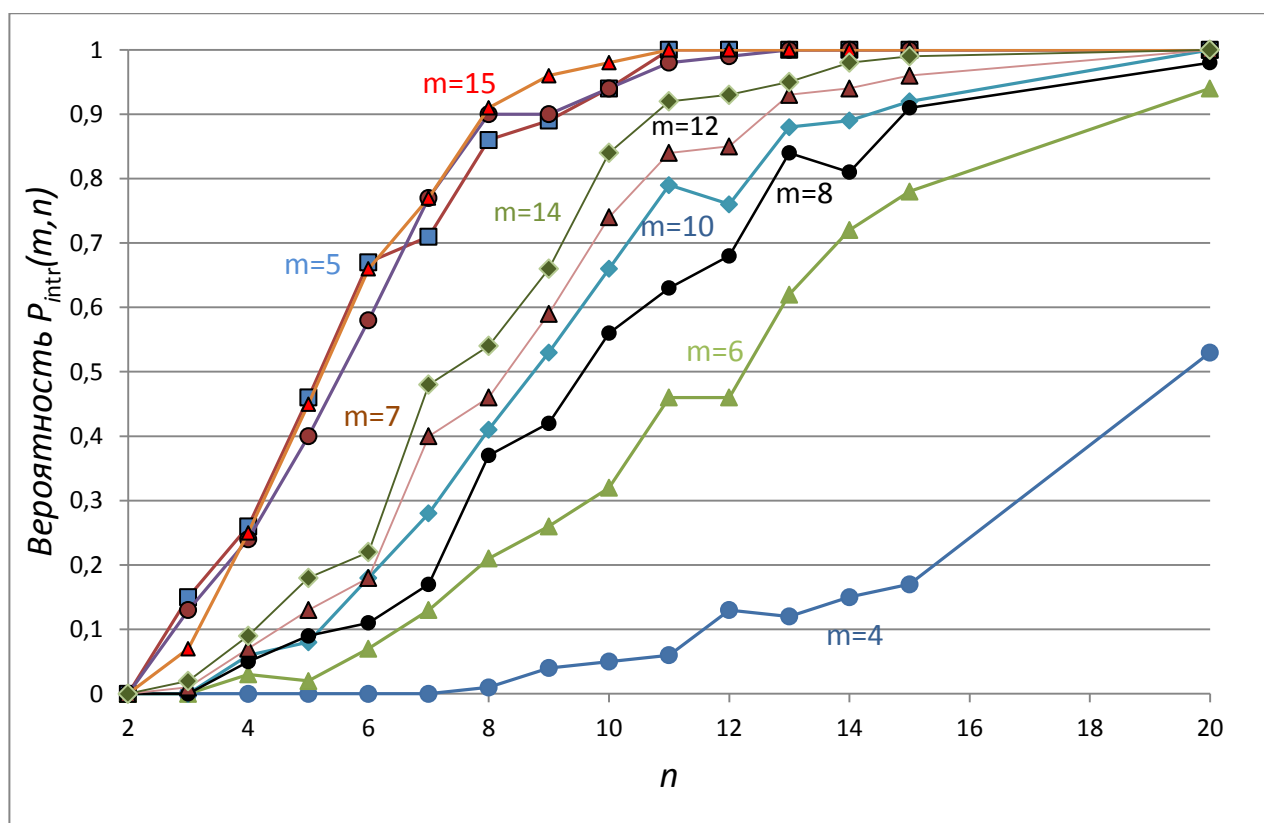


Рисунок 4 – Вероятность нетранзитивности для равномерного закона распределения ранжирований

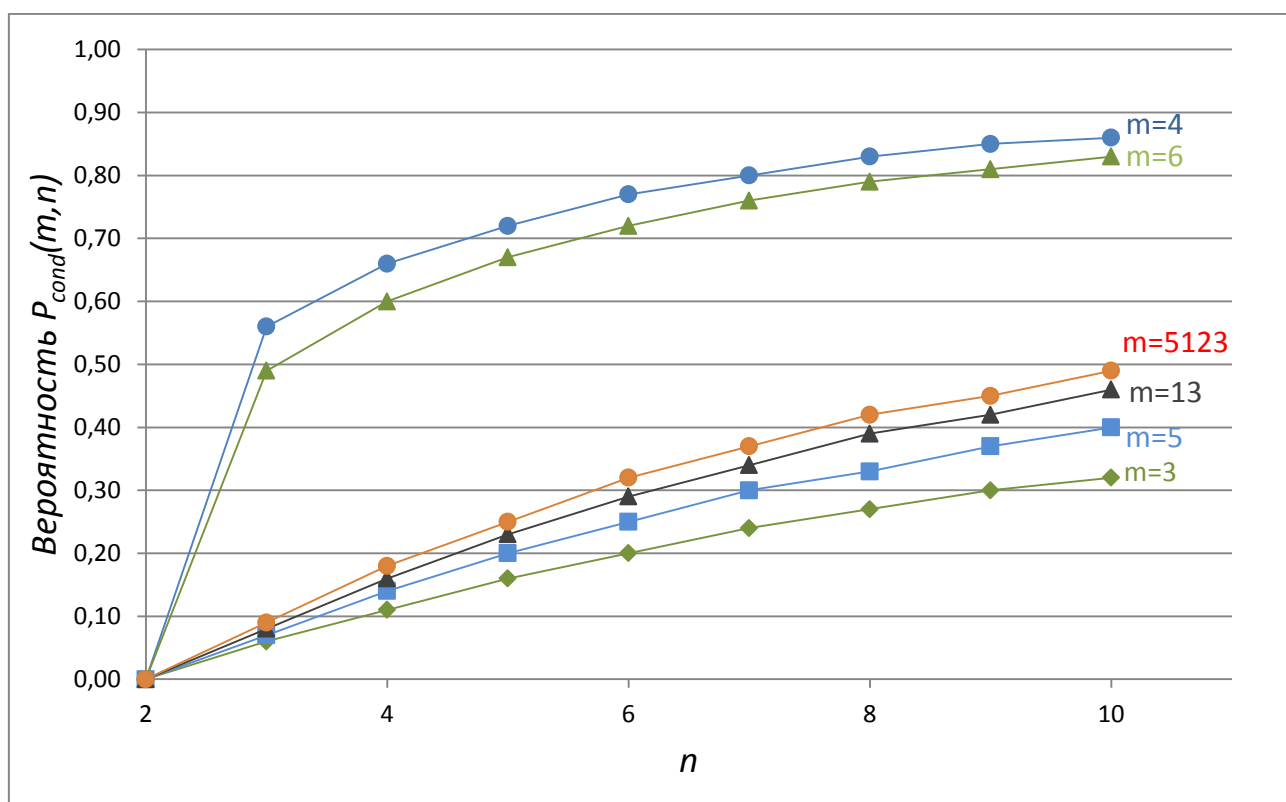


Рисунок 5 – Вероятность существования парадокса Кондорсе по данным [22]

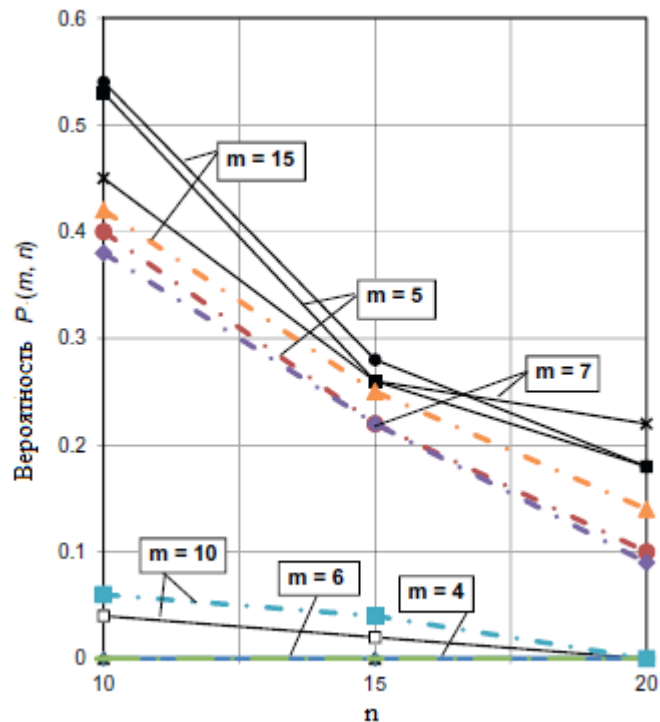


Рисунок 6 – Вероятность единственного решения Кемени

Используя теоретические данные [22] вероятности парадокса Кондорсе построили соответствующий график, рисунок 5. Сравнив полученный график с графиком вероятности возникновения нетранзитивности, рисунок 4, можно сделать вывод, что результаты взаимосвязаны. Полученные данные можно разделить на 2 группы: первая – для четных значений m , вторая – для нечетных. Но если для парадокса Кондорсе разница в вероятности весьма значима, то вероятность нетранзитивности для больших значений m отличается не так сильно. Зависимость парадокса Кондорсе и нетранзитивности исходного профиля обратно пропорциональна, т.е. чем ниже уровень нетранзитивности исходного профиля, тем выше вероятность парадокса Кондорсе. Для четных значений m уровень нетранзитивности ниже и вероятность парадокса Кондорсе выше, чем для нечетных. Полученные результаты еще раз подтверждают, что для снижения уровня нетранзитивности исходного профиля целесообразно выбирать четное значение экспертов m . Однако, используя данные и график [23] единственности решения Кемени, рисунок 6, наблюдается обратная

ситуация, для нечетных значений m количество медиан Кемени значительно меньше.

Установлено, что вероятность нетранзитивности профиля связана с вероятностью парадокса Кондорсе и вероятностью единственности ранжирования Кемени. В частности, вероятность парадокса Кондорсе значительно выше для четных, чем для нечетных m , т.е. имеет место ситуация, противоположная той, которая наблюдается для вероятности нетранзитивности. Вероятность единственности ранжирования Кемени ведет себя подобно вероятности парадокса Кондорсе и, следовательно, таким же образом соотносится с вероятностью нетранзитивности.

2.4 Анализ расстояния между D_u и D_{least}

По разности расстояния между значениями D_u и D_{least} можно судить о степени нетранзитивности исходного профиля, чем больше это расстояние, тем сильнее проявляется нетранзитивность.

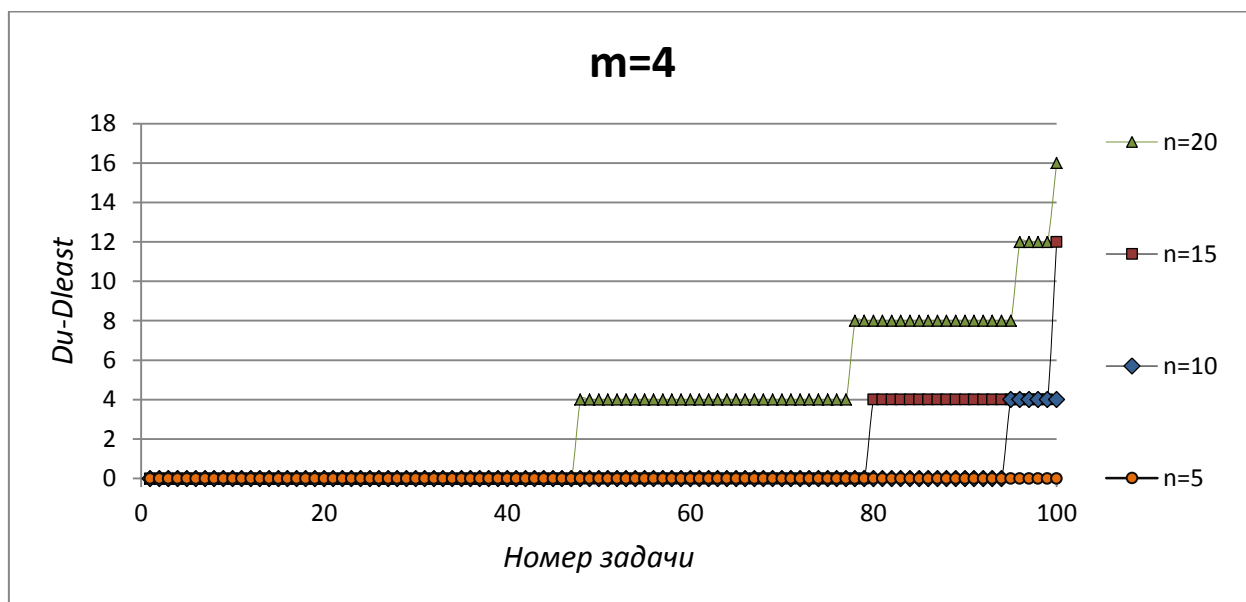


Рисунок 7 – Расстояние между D_u и D_{least} при $m=4$

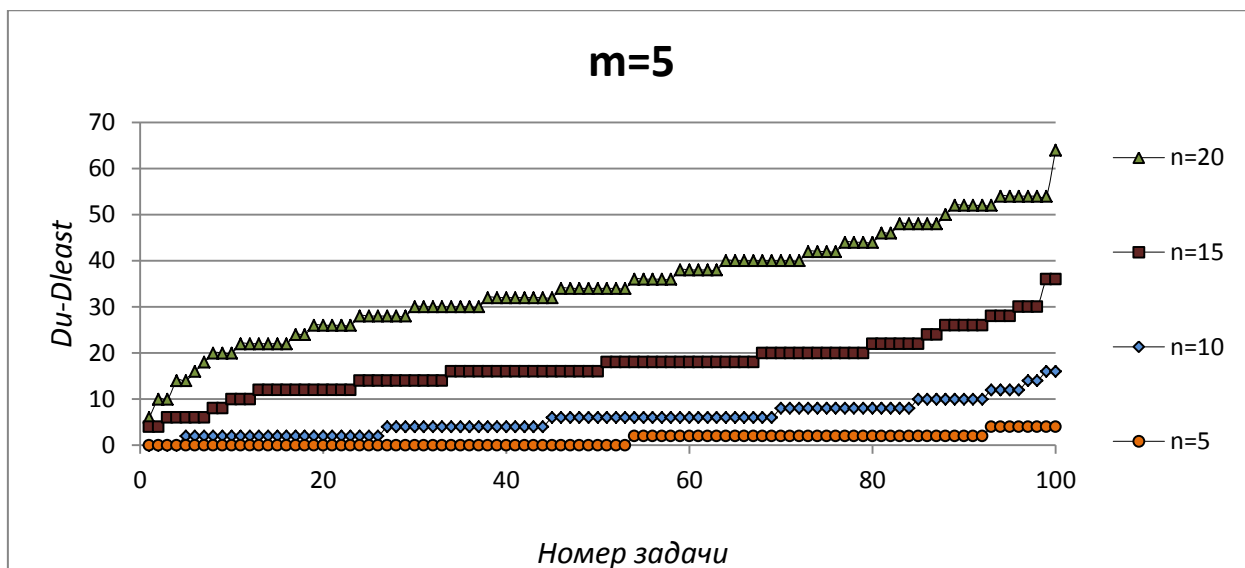


Рисунок 8 – Расстояние между Du и $Dleast$ при $m=5$

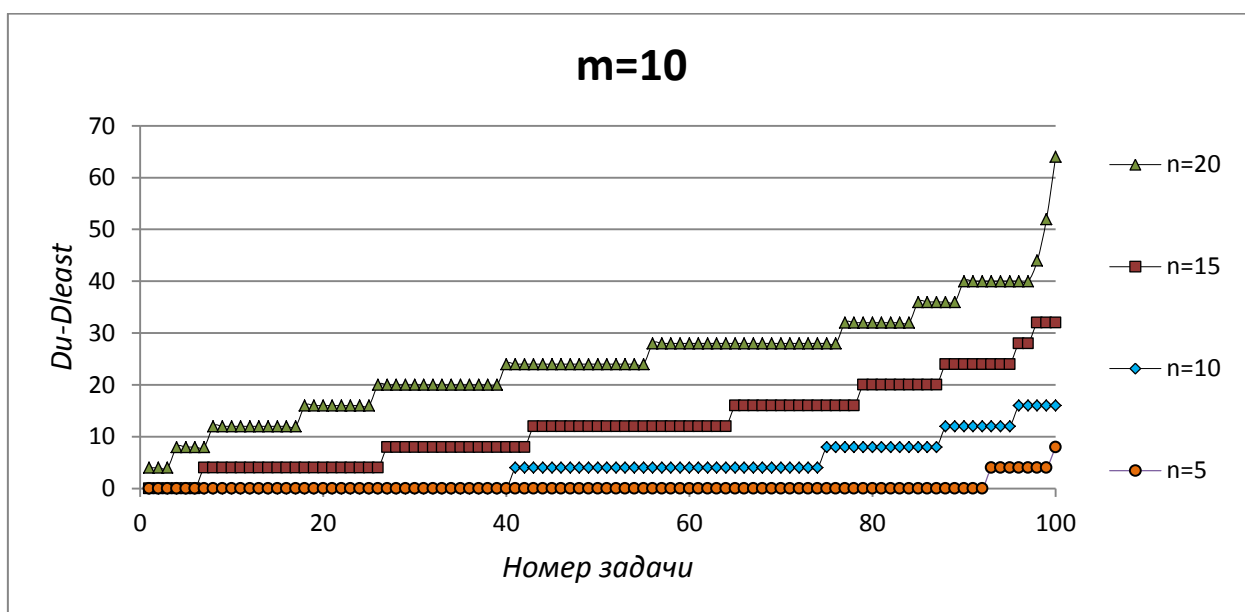


Рисунок 9 – Расстояние между Du и $Dleast$ при $m=10$

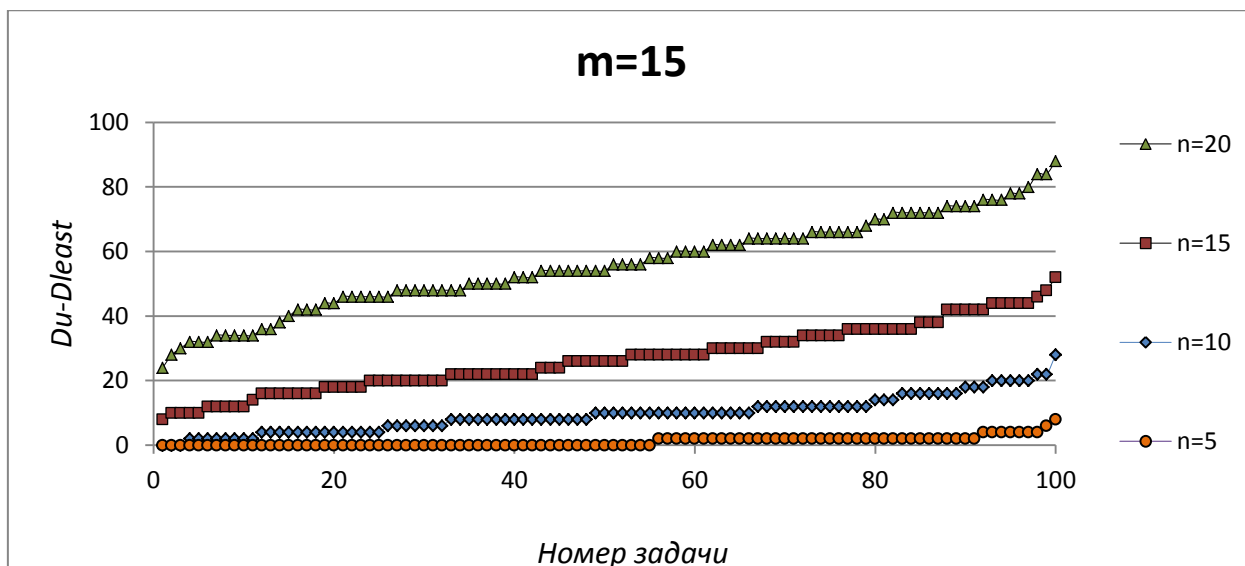


Рисунок 10 – Расстояние между Du и D_{least} при $m=15$

Проанализировав полученные графики, можно заметить, что разница Du и D_{least} для четных значений m меньше, чем для нечетных, следовательно, уровень нетранзитивности ниже. Данный опыт также подтверждает, что необходимо использовать нечетное m для снижения уровня нетранзитивности. Также из графиков видно, что значение n напрямую влияет на транзитивность профиля, чем меньше это значение, тем меньше уровень нетранзитивности, рекомендуется его снижать до минимального значения.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательских работ проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности.

Результатом планирования работ является сетевой, либо линейный график реализации проекта. Наиболее удобным, простым и наглядным способом для этих целей является использование линейного графика, поэтому в нашей работе мы будем пользоваться именно им.

Финансовое обоснование выпускных квалификационных работ проводится с целью анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности. Рациональное управление финансовыми операциями обеспечит привлечение необходимых финансовых ресурсов и целесообразное использование в соответствии с намеченными целями.

Эффективность данной работы заключается в получении сложных (многомерных процессов и объектов), более адекватных показателей, что представляет образовательный процесс. В результате чего, используя полученные знания, мы сможем получать более адекватные решения.

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 7.

Таблица 7 – Перечень работ

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Определение и утверждение темы	НР	НР – 100%
Составление и утверждение задания на выполнение ВКР	НР, И	НР – 100% И – 20%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 10% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 50% И – 100%
Обсуждение литературы, теоретический анализ	НР, И	НР – 40% И – 100%

Проведение исследования, расчеты и аналитика	НР, И	НР – 20% И – 100%
Подведение итогов работы	НР, И	НР – 50% И – 100%
Обоснование безопасности и экономичности производства	НР, И	НР – 10% И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%

Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может осуществляться двумя методами:

- технико-экономическим;
- опытно-статистическим.

Первый применяется в случаях наличия достаточно развитой нормативной базы трудоемкости планируемых процессов, что в свою очередь обусловлено их высокой повторяемостью в устойчивой обстановке. Так как исполнитель работы зачастую не располагает соответствующими нормативами, то используется опытно-статистический метод, который реализуется двумя способами:

- аналоговый;
- экспертный.

Аналоговый способ привлекает внешней простотой и околонулевыми затратами, но возможен только при наличии в поле зрения исполнителя НИР не устаревшего аналога, т.е. проекта в целом или хотя бы его фрагмента, который по всем значимым параметрам идентичен выполняемой НИР. В большинстве случаев он может применяться только локально – для отдельных элементов (этапов работы).

Экспертный способ используется при отсутствии вышеуказанных информационных ресурсов и предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} \quad (7.a)$$

$$t_{ож} = \frac{t_{\min} + 4 \cdot t_{\text{prob}} + t_{\max}}{6} \quad (7.б)$$

где $t_{\min}$ – минимальная продолжительность работы, дн.;

$t_{\max}$ – максимальная продолжительность работы, дн.;

t_{prob} – наиболее вероятная продолжительность работы, дн.

Вторая формула дает более надежные оценки, но предполагает большую «нагрузку» на экспертов.

Для выполнения перечисленных в таблице 7 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д} \quad (8)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{\text{вн}} = 1$;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{\text{д}} = 1\text{--}1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (9)$$

где $T_{\text{кд}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{к}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле¹

$$T_{\text{к}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}} - T_{\text{пд}}} \quad (10)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни ($T_{\text{кал}} = 365$);

$T_{\text{вд}}$ – выходные дни ($T_{\text{вд}} = 52$);

$T_{\text{пд}}$ – праздничные дни ($T_{\text{пд}} = 10$).

$$T_{\text{к}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 8 приведен пример определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (7.а), при использовании формулы (7.б) необходимо вставить в таблицу дополнительный столбец для t_{prob} . Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_d = 1,2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{ож} * K_d$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на T_k (здесь оно равно 1,212). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоемкости этапов по исполнителям T_{kd} (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта – см. пример в табл. 9.

Таблица 8 - Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка задачи	НР	2	4	2,8	3,36	–	4,07	–
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,29	3,5	0,35
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	12	15	13,2	4,75	15,84	5,75	19,16
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,8	3,36	0,33	4,07	0,39
Обсуждение литературы	НР, И	3	6	4,2	1,51	5,04	1,83	6,1
Проведение исследования, расчеты и аналитика	НР, И	21	37	27,4	20,4	27,62	24,72	33,36
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	6	9	7,2	–	8,64	–	10,45
Оформление графического материала	И	5	6	5,4	–	6,48	–	7,84
Подведение итогов	НР, И	5	8	6,2	4,46	7,44	5,4	9
Итого:				71,6	40,54	63,01	49,34	86,65

Таблица 9 - Линейный график работ

Этап	Н	И	Март			Апрель			Май			Июнь	
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
1	4,07	–											
2	3,5	0,35	 										
3	5,75	19,16											
4	4,07	0,39											
5	1,83	6,1						 					
6	24,72	9,9					 						
7	–	10,45											
8	–	7,84											
9	5,4	9									 		

НР – ; И – 

Расчет накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. 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 (5.5)

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}. \quad (11)$$

Применительно к таблице 7 величины TP_{ij} (TP_{kj}) находятся в столбцах (6, j = 1) и (7, j = 2). $TP_{\text{общ.}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Пример расчета TP_i (%) и CG_i (%) на основе этих данных содержится в таблице 10.

Таблица 10 - Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	ТР _i , %	СГ _i , %
Постановка задачи	2.99	2.99
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	2.82	5.81
Подбор и изучение материалов по тематике	18.32	24.13
Разработка календарного плана	3.28	27.41
Обсуждение литературы	5.83	33.24
Проведение исследования, расчеты и аналитика	42.71	75.96
Оформление расчетно-пояснительной записки	7.69	83.65
Оформление графического материала	5.77	89.41
Подведение итогов	10.59	100.00

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;
- основная заработная плата;
- отчисления в социальные фонды;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- работы, выполняемые сторонними организациями;
- прочие расходы.

Расчет материальных затрат

К данным расходам относится стоимость материалов, полуфабрикатов, покупных изделий и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Стоимости материальных ресурсов определяются по соответствующим ценникам и приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Расходные материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Тетрадь	40	1 шт.	40
Бумага для принтера формата А4	170	1 уп.	170
Ручка шариковая	30	2 шт.	60
Итого:			270

Расходы на материалы составили $C_{\text{мат}} = 270$.

Расчет основной заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Основная заработная плата рассчитывается на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Расчет заработной платы основных исполнителей проекта

Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий день.

$$ЗП_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot СЗП, \quad (12)$$

где n - количество участников в i -ой работе;

T_i - затраты труда (трудоемкость), необходимые для выполнения i -го вида работ, дни;

СЗП - среднедневная заработная плата исполнителя, выполняющего i-ый вид работ, руб./дней.

Среднедневная заработная плата рассчитывается следующим образом:

$$СЗП = \frac{\text{Месячный оклад}}{\text{Количество рабочих дней в месяце}}, \quad (13)$$

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 12. Затраты времени на выполнение работы по каждому исполнителю взяты из таблицы 11. В дополнение был принят во внимание коэффициент, учитывающий коэффициент по премиям $K_{\text{ПР}} = 0,1$ и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 0,3$ ($K = 1 + K_{\text{ПР}} + K_{\text{РК}} = 1 * 1,1 * 1,3 * 1,18 = 1,687$).

Таблица 12 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33162,87	1317,56	40,54	1,687	90109,22
И	14874,45	590,96	63,01	1,687	62817,79
Итого:					152927,01

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили $C_{\text{ОСН}} = 152927,01$ руб.

Расчет отчислений от заработной платы

Затраты по этой статье составляют отчисления по единому социальному налогу (ЕСН).

Отчисления по заработной плате определяются по формуле:

$$C_{\text{СОЦ}} = K_{\text{СОЦ}} \cdot C_{\text{ОСН}}, \quad (14)$$

где $K_{\text{СОЦ}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы.

Данный коэффициент составляет 30% от затрат на заработную плату и включает в себя:

- отчисления в пенсионный фонд;
- социальное страхование;
- медицинское страхование.

Следовательно, отчисления от заработной платы составили

$$C_{\text{соц}} = 0,3 \cdot 152927,01 = 45878,10 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию при работе оборудования. Затраты на электроэнергию при работе оборудования для технологических целей рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ОБ}} = P_{\text{ОБ}} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}} \cdot t_{\text{ОБ}}, \quad (15)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ОБ}}$ – затраты на электроэнергию, потребляемую оборудованием, руб.;
 $P_{\text{ОБ}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;
 $\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ – тарифная цена за 1 кВт·ч, руб.;
 $t_{\text{ОБ}}$ – время работы оборудования, ч.

Время работы оборудования вычисляется на основе данных для $T_{\text{РД}}$ таблицы 5.3 для инженера из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{ОБ}} = P_{\text{УСТ.ОБ}} \cdot K_{\text{С}}, \quad (16)$$

где $P_{\text{УСТ.ОБ}}$ – установленная мощность оборудования, кВт;
 $K_{\text{С}}$ – коэффициент спроса, зависящий от количества загрузки групп электроприемников.

Для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{С}} = 1$.

Затраты на электроэнергию для технологических целей приведены в таблице 13.

Таблица 13– Затраты на электроэнергию для технологических целей

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{ОБ}}$, ч	Потребляемая мощность $P_{\text{ОБ}}$, кВт	Тариф цена $C_{\text{Э}}$, руб./кВт·ч	Затраты $\text{Э}_{\text{ОБ}}$, руб.
Персональный компьютер	497,04	0,3	4,3	641,18
Итого:				641,18

3.2.5 Расчет амортизационных расходов

Данная статья отражает сумму амортизационных отчислений на полное восстановление основных средств, используемых при реализации проекта. К амортизируемым основным фондам относится оборудование, стоимость которого выше 20000 рублей и срок эксплуатации более года. В противном случае оно включается в материальные расходы.

Амортизационные отчисления рассчитываются на время использования ЭВМ по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{\text{ОБ}}}{F_D} \cdot t_{\text{ВТ}} \cdot n, \quad (17)$$

где H_A – годовая норма амортизации, %;

$C_{\text{ОБ}}$ – цена оборудования, руб;

F_D – действительный годовой фонд рабочего времени, ч;

$t_{\text{ВТ}}$ – время работы вычислительной техники, ч;

n – количество, задействованных ПЭВМ.

Расчет величины амортизационных отчислений в месяц и за весь срок реализации проекта представлен в таблице 13.

Таблица 14– Величина амортизационных отчислений

Наименование	n , шт	$C_{\text{об}}$, руб.	H_A , %	F_d , ч.	$t_{\text{вт}}$, ч.	$C_{\text{ам}}$, руб
Персональный компьютер	1	24000	33,3	2416	650	2150,17
Итого						2150,17

Расчет прочих расходов

В данной статье отражены расходы на разработку проекта, которые не учтены в предыдущих статьях.

Накладные расходы составляют 10 % от единовременных затрат на проектирование проводятся по формуле:

$$C_{\text{накл}} = (C_{\text{осн}} + C_{\text{соц}}) * 0,1 \quad (18)$$

Следовательно, прочие расходы составили:

$$C_{\text{накл}} = (152927,01 + 45878,10 + 2150,17 + 641,18 + 270) * 0,1 = 20186,65 \quad (19)$$

Расчет общей себестоимости разработки

Совершив расчет сметы затрат на разработку, можно определить общую стоимость разработки.

Таблица 15 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
1 Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	270
2 Основная заработная плата	$C_{\text{осн}}$	152927,01
3 Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	45878,10
4 Расходы на электроэнергию	$\mathcal{E}_{\text{об}}$	641,18
5 Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	2150,17
6 Работы, выполняемые сторонними организациями	$C_{\text{стор}}$	–
7 Накладные расходы	$C_{\text{накл}}$	20186,65
Итого:		222053,11

Таким образом, расходы на разработку составили $C = 222053,11$ руб.

Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Если исполнитель работы не располагает данными для применения «сложных» методов, то прибыль следует принять в размере $5 \div 20 \%$ от полной себестоимости проекта. В нашем примере она составляет 33307,97 руб. (15 %) от расходов на разработку проекта.

Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(222053,11 + 33307,97) * 0,18 = 45964,99$ руб.

Цена разработки НИР

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

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 222053,11 + 33307,97 + 45964,99 = 301326,07 \text{ руб.}$$

Оценка эффективности проекта

Выполнение данной выпускной квалификационной работы оценивается уровнями достижения научно-технического и социального эффектов. В рамках данной работы оценка экономической эффективности не корректна.

Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический эффект характеризует возможность применения результатов в прочих проектах и обеспечивает получение информации, необходимой для оценивания качества.

Данный уровень описывает, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной сфере. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, применяется метод бальных оценок, то есть каждому

фактору по принятой шкале присваивается установленное количество баллов.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется коэффициент ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{HTY} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (20)$$

где K_{HTY} – коэффициент научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, балл.

Таблица 16– Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признак НТУ	Примерное значение весового коэффициента n_i
Уровень новизны	0,6
Теоретический уровень	0,2
Возможность реализации	0,5

Таблица 17 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Уровень новизны	Характеристика уровня новизны	Баллы
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 18 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов	Баллы
1 Установка закона, разработка новой теории	10
2 Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ, взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
3 Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
4 Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
5 Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 19 – Возможность реализации научных, теоретических результатов по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Результаты оценок признаков научно-технического уровня приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Количественная оценка признаков НТЭ НИР

Признак научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НТЭ НИР	n_i	R_i
Уровень новизны	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	4	0,6
Теоретический уровень	Элементарный анализ связей между фактами	2	0,2
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	10	0,5

Таблица 21 – Оценка уровня научно-технического эффекта

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-8
Высокий	8-10

Исходя из оценки признаков, показатель научно-технического уровня для данного объекта составил:

$$K_{НТУ}=2,4+0,4+5=7,8 \quad (21)$$

Таким образом, согласно данным таблицы 21, проект имеет средний уровень научно-технического эффекта.

Поскольку результаты ВКР носят чисто научный характер, то оценка экономической эффективности в данном случае некорректна.

4 Социальная ответственность

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) представляет собой область научных знаний, охватывающих теорию и практику защиты человека от опасных и вредных факторов в среде обитания, во всех сферах человеческой деятельности, в том числе и на производстве.

Безопасность труда - это такое состояние его условий, при котором исключено негативное воздействие на работающих опасных и вредных производственных факторов. К вредным относятся такие факторы, которые становятся в определённых условиях причиной заболевания или снижения работоспособности. Опасными называются такие факторы, которые приводят в определённых условиях к травматическим повреждениям или внезапным и резким нарушениям здоровья.

Техника безопасности - система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих

опасных и вредных производственных факторов. Для каждого вида работ существуют определённые правила техники безопасности, и человек допускается к работе только после их изучения.

Охрана труда - система мер организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих вредных производственных факторов.

Техногенная безопасность

По мере ускоренного развития технологий формируется так называемая техногенная сфера. Это искусственная среда, созданная руками человека, в отличие от природной среды, сформировавшейся много веков тому назад.

В целях предупреждения травматизма и профессиональных заболеваний при воздействии опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) на предприятиях применяются меры по их предупреждению и устранению, а также снижению степени воздействия на работающий персонал.

Факторы подразделяются на четыре группы:

- физические;
- химические;
- биологические;
- психофизиологические.

В помещении при работе на метролога должны быть соблюдены следующие физические факторы:

- освещенность рабочего места;
- уровень статического электричества;
- температура воздуха;
- запыленность и загазованность воздуха;
- влажность воздуха;
- уровень ионизирующего излучения;
- шум;
- уровень электромагнитных полей;

- опасность поражения электрическим током.

К химически опасным факторам, постоянно действующим на метролога относится возникновение, в результате ионизации воздуха при работе компьютера, активных частиц.

К психологически вредным факторам, воздействующим на метролога в течение его рабочей смены можно отнести следующие:

- нервно-эмоциональные перегрузки;
- умственное напряжение;
- перенапряжение зрительного анализатора.

Биологические вредные производственные факторы в данном помещении отсутствуют.

Следом более подробно рассмотрены опасные и вредные факторы, воздействующие на работника, возникающие в связи с проектированием данной работы.

Микроклимат рабочей зоны программиста

На рабочих местах пользователей персональных компьютеров должны обеспечиваться наилучшие параметры микроклимата [14].

Факторы:

- температура в помещении, согласно нормам, должна поддерживаться равной от 20 °С до 22 °С в холодное и от 20 °С до 25 °С в теплое время года;
- Относительная влажность должна быть в пределах от 40 % до 60 %;
- скорость движения воздуха не должна превышать 0.2 м/с в холодное время года и 0.5 м/с в теплое.

Кроме того, необходимо проводить влажные уборки чаще, чем один раз в день, так как влажность воздуха оказывает большое влияние на терморегуляцию организма: повышенная влажность (выше 85%) затрудняет терморегуляцию из-за снижения испарения пота, а слишком низкая (ниже 20%) вызывает пересыхание слизистых оболочек дыхательных путей.

Освещение рабочего места

В компьютерных залах должно быть естественное и искусственное освещение.

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.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Воздействие шума

При длительном воздействии шума снижается острота слуха, изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходит изменение в дыхательных центрах, что вызывает изменения в координации движений, кроме того значительно увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке. Интенсивный шум является причиной нарушений нормальной работы сердечно-сосудистой системы, нормальной функции желудка и ряда других функциональных нарушений в организме человека.

В помещениях с низким уровнем общего шума, каким является лаборатория, где работает программист, источниками шумовых помех могут стать вентиляционные установки, кондиционеры или периферийное оборудование для ЭВМ (принтеры и др.). Длительное воздействие этих шумов отрицательно сказывается на эмоциональном состоянии персонала.

Уровень шума не должен превышать 50 дБА [14].

Для того, чтобы добиться этого уровня шума рекомендуется применять звукопоглощающее покрытие стен.

В качестве мер по снижению шума можно предложить следующее:

- экранирование рабочего места (постановкой перегородок, диафрагм);
- необходимо удаление рабочих мест от постоянно шумящих устройств. Также необходимы перерывы на отдых, которые нужно предусмотреть в регламенте работы.
- облицовка потолка и стен звукопоглощающим материалом (снижает шум на от 6 до 8 дБ);
- рациональная планировка помещения.

Защиту от шума следует выполнять в соответствии с [15], а звукоизоляция ограждающих конструкций должна отвечать требованиям [16].

Опасность повышенного уровня напряженности электромагнитного поля

Электромагнитные поля, характеризующиеся напряженностями электрических и магнитных полей, наиболее вредны для организма человека. Основным источником этих проблем, связанных с охраной здоровья людей, использующих в своей работе персональных компьютеров, являются дисплеи (мониторы), особенно дисплеи с электронно-лучевыми трубками. Они представляют собой источники наиболее вредных излучений, неблагоприятно влияющих на здоровье человека.

ПЭВМ являются источниками таких излучений как:

- ультрафиолетового от 200 до 400 нм;
- видимого от 400 до 700 нм;
- мягкого рентгеновского;
- ближнего инфракрасного от 700 до 1050 нм;
- радиочастотного от 3 кГц до 30 МГц;
- электростатических полей.

Уровни напряженности электростатических полей должны составлять не более 20 кВ/м. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. При повышенном уровне напряженности полей следует

сократить время работы за компьютером, делать пятнадцатиминутные перерывы в течение полутора часов работы и, конечно же, применять защитные экраны. Защитный экран, изготавливаемый из мелкой сетки или стекла, собирает на себе электростатический заряд. Для снятия заряда экран монитора заземляют.

Вероятна опасность по уровням напряженности электромагнитного поля. На расстоянии от 5 до 10 см от экрана и корпуса монитора уровни напряженности могут достигать 140 В/м по электрической составляющей, что значительно превышает допустимые значения [17].

Поскольку работа метролога по виду трудовой деятельности относится к группе В – творческая работа в режиме диалога с ЭВМ, а по напряженности работы ко II категории тяжести [17], предлагаю уменьшить время работы за компьютером, делать перерывы суммарное время которых должно составлять 50 минут при 8-ми часовой смене и, применять защитные экраны.

Электробезопасность. Статическое электричество

Помещение лаборатории по опасности поражения электрическим током можно отнести к 1 классу, т. е. это помещение без повышенной опасности [18] (сухое, не пыльное, с нормальной температурой воздуха, изолированными полами и малым числом заземленных приборов).

На рабочем месте метролога размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

Здесь используются системные блоки, в которых кроме рабочей изоляции предусмотрен элемент для заземления и провод с заземляющей жилой для присоединения к источнику питания. Таким образом, оборудование обменного пункта выполнено по классу 1 (ПУЭ).

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека.

Электробезопасность в помещении лаборатории обеспечивается техническими способами и средствами защиты, а также организационными и техническими мероприятиями.

В течение работы на корпусе компьютера накапливается статическое электричество. На расстоянии от 5 до 10 см от экрана напряженность электростатического поля составляет от 60 до 280 кВ/м, то есть в 10 раз превышает норму 20 кВ/м.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

Кроме того, при неисправности каких-либо блоков компьютера корпус может оказаться под током, что может привести к электрическим травмам или электрическим ударам. Для устранения этого я предлагаю обеспечить подсоединение металлических корпусов оборудования к заземляющей жиле.

Электробезопасность обеспечивается в соответствии с [15].

Обеспечение электробезопасности техническими способами и средствами

Как было сказано выше, при работе за компьютером наиболее опасным фактором является питающее напряжение, то есть напряжение промышленной сети. Приборы питаются от электрической сети

напряжением 220 В с частотой 50 Гц. Сопротивление тела человека при времени взаимодействия тока с телом человека $t_b=1\text{с}$ составляет $(1 \pm 0,1)$ кОм, а при $t_b>1\text{с}$ – $(6 \pm 0,6)$ кОм. Поэтому при замыкании на человека напряжения электросети, ток будет равен

$$I = U / R = 220/1000 = 0.22\text{А} = 220 \text{ мА} (t_b = 1\text{с}).$$

Таким образом, в случае замыкания сетевого напряжения на человека в течении хотя бы одной секунды через него будет протекать ток 220 мА. Согласно установленным ГОСТ 12.1.038-82 предельно допустимый ток равен 100 мА. Основными мерами защиты от напряжения являются.

Защитное заземление. Основная техническая мера, применяемая в сетях с изолированной нейтралью. Под защитным заземлением понимается преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.009-76). Для компьютеров предусмотрена так же контур-шина схемного заземления, для повышения помехоустойчивости ПЭВМ. Требования к электробезопасности предполагают изоляцию всех токоведущих частей. Согласно требованиям "Правил Устройства Электроустановок", сопротивление защитного заземления не должно превышать 4 Ом в установках напряжением до 1000 В. Напряжение на рабочем месте не должно превышать 220 В, сопротивление изоляции токоведущих частей – выше 500 кОм. Необходима так же инструкция по эксплуатации электрооборудования;

Зануление. Соединение с нулевым проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением, с целью уменьшения времени замыкания на корпус. Зануление применяется в сетях напряжением до 1000 В.

Зануление превращает замыкание на корпус в однофазное короткое замыкание, в результате чего срабатывает максимальная токовая защита, которая селективно отключает поврежденный участок. Произведем расчет

зануления. Цель расчета – определить сечение нулевого провода, удовлетворяющее условию максимальной токовой защиты.

Организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности

Инструктаж и обучение безопасным методам труда, а также проверка знаний правил безопасности и инструкций в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе, необходимое организационное мероприятие.

При проведении незапланированного и планового ремонта вычислительной техники выполняются следующие действия:

- отключение компьютера от сети;
- проверка отсутствия напряжения;
- после выполнения этих действий проводится ремонт неисправного оборудования;
- если ремонт проводится на токоведущих частях, находящихся под напряжением, то выполнение работы проводится не менее чем двумя лицами с применением электрозащитных средств;

Региональная безопасность

Работа с ПК и навигационной системой не влечет за собой негативных воздействий на окружающую среду, поэтому создание санитарно-защитной зоны и принятие мер по защите атмосферы, гидросферы, литосферы не являются необходимыми.

Исключением являются лишь случаи утилизации персонального компьютера и системы навигации как твердого отхода и как следствие загрязнение почвы или выбросы в атмосферу загрязняющих веществ, углекислого газа, образование тепла в случае пожара.

При завершении срока службы ИНС и ПК, их можно отнести к отходам электронной промышленности. Переработка таких отходов осуществляется разделением на однородные компоненты, химическим выделением

пригодных для дальнейшего использования компонентов и направлением их для дальнейшего использования (например, кремний, алюминий, золото, серебро, редкие металлы) согласно [19]. Пластмассовые части ПК утилизируются при высокотемпературном нагреве без доступа воздуха. Части компьютера, печатные платы, содержащие тяжелые металлы и замедлители горения могут при горении выделять опасные диоксиды. Поэтому для опасных отходов существуют специальные печи, позволяющие использовать теплоту сжигания. Но подобный способ утилизации является дорогостоящим, поэтому не стоит исключать вероятность образования токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и вторичному использованию подлежат захоронению на полигонах или в почве. Предельно допустимые концентрации токсичных веществ в почве (ПДКп, мг/кг) должны быть соблюдены в соответствии с [19].

Организационные мероприятия обеспечения безопасности

Рациональная организация рабочего места обеспечивает удобство при выполнении работ, экономию сил и времени работающего, безопасность условий труда. К этому кругу вопросов относятся также размещение рабочего места с учетом психофизиологических характеристик, общее оформление помещений с точки зрения эстетических требований. Для создания условий безопасной и эффективной работы существуют определенные требования. Технические требования обеспечивают безопасность и безвредность труда.

Важную роль играет требование к планировке рабочего места, которое должно быть удобным для выполнения работ, удовлетворять требованиям экономии энергии и времени оператора и рационального использования рабочих площадей, расстановка оборудования, используемого инженером-исследователем (недопущение наличия лишнего, неиспользуемого оборудования). Приведем требования по эргономике и

технической эстетики для рабочего стола [20]: рабочая поверхность стола должна быть гладкой, легко моющейся (правильный выбор основного технологического оборудования, удобство выполнения работ):

- высота рабочей поверхности - 870 мм;
- высота сиденья - 420 мм;
- размер пространства для ног - 600 мм × 500 мм × 650 мм.

При наличии подставки для ног ее размеры должны составлять 300 × 400 мм. Сидение должно иметь выемку, соответствующую форме бедер и наклон назад. Спинка стула должна быть изогнутой формы, обнимающей поясницу. Длина ее должна быть равна 0,3 м, ширина 0,11 м, радиус изгиба от 0,3 до 0,35 м.

Для уменьшения нагрузки на глаза и снижения уровня зрительной утомляемости помещение должно содержать не более двух – трех основных цветов.

Работа инженера по характеристикам зрительных работ относится к третьему разряду. Рекомендуемая освещенность при работе с экраном дисплея компьютера составляет 200 Лк, при работе с экраном в сочетании с работой над документами 400 Лк.

Площадь и объем помещений должны соответствовать количеству работающих. Для обеспечения нормальных условий труда, санитарные нормы СН 245-71 устанавливают на одного работающего объем не менее 15 м³, а площадь 4,5 м². Необходимо учесть эргономические свойства человека, силовые и скоростные возможности его анализаторов (слуха, зрения, осязания, восприятия, памяти и мышления), скорость реакции.

При операторской деятельности 25% времени предоставляется человеку для отдыха. Поток информации ограничивается с учетом пропускной способности работающего – 30 ед/с.

Предпочтительный угол наблюдения равен 90° к плоскости экрана. Оптимальный угол зрения – в пределах от 10 до 30 ° в боковым или вертикальном направлениях от горизонтали.

Из выше сказанного можно сделать вывод, что при работе с компьютером должны быть обеспечены дистанция и угол наблюдения за экраном дисплея. Должны быть правильно подобраны освещенность и размещение источников света. Поток информации должен быть ограничен в соответствии с возможностями зрительных анализаторов человека. Необходимо оптимально подобрать цвета для окраски помещения. Информация на экране дисплея (цифры, буквы и другие символы) должны быть представлены в удобной для глаз форме. Для снижения напряжения при работе и последующего утомления зрительных анализаторов должен быть правильно организован режим работы, введены паузы и перерывы.

Клавиатура должна иметь регулируемую подставку для изменения угла ее наклона, так как при длительной работе нагрузка на руки очень большая.

Особенности законодательного регулирования проектных решений

Законодательство РФ об охране труда основывается на Конституции РФ и состоит из федерального закона, других федеральных законов и иных нормативных правовых актов субъектов РФ. Среди них можно выделить федеральный закон “Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний”. Для реализации этих законов приняты Постановления Правительства РФ “О государственном надзоре и контроле за соблюдением законодательства РФ о труде и охране труда”, “О службе охраны труда”, “О Федеральной инспекции труда” и др.

Существующие правовые условия обеспечения безопасности в основном позволяют государственным и иным правоохранительным структурам организовывать противодействие противоправным посягательствам на государство, общество, человека.

Правовая охрана природы представляет собой совокупность установленных государством правовых норм и возникающих в результате их реализации правоотношений, направленных на выполнение мероприятий по сохранению естественной среды, рациональному использованию природных ресурсов, оздоровлению окружающей человека жизненной среды в интересах настоящего и будущих поколений. Эта система государственных мероприятий, закреплённых в праве и направленных на сохранение, восстановление и улучшение благоприятных условий, необходимых для жизни людей и развития материального производства.

В систему правовой охраны природы России входят четыре группы юридических мероприятий [21]:

- правовое регулирование отношений по использованию, сохранению и возобновлению природных ресурсов;
- организация воспитания и обучения кадров, финансирование и материально-техническое обеспечение природоохранных действий;
- государственный и общественный контроль за выполнением требований охраны природы;
- юридическая ответственность правонарушителей.

В соответствии с экологическим законодательством объектом правовой охраны выступает природная среда – объективная, существующая вне человека и независимо от его сознания реальность, служащая местом обитания, условием и средством его существования.

Источниками экологического права признаются нормативно-правовые акты, в которых содержатся правовые нормы, регулирующие экологические отношения. К ним относятся законы, указы, постановления и распоряжения, нормативные акты министерств и ведомств, законы и нормативно-правовые акты субъектов Российской Федерации.

Система экологического законодательства включает в себя две подсистемы: природоохранное и природоресурсное законодательство.

В природоохранное законодательство входит Закон РФ «Об охране окружающей природной среды» и другие законодательные акты комплексного правового регулирования. В подсистему природоресурсного законодательства входят: Земельный кодекс РСФСР, Закон РФ о недрах, Основы лесного законодательства РФ, Водный кодекс и др.

Центральное место среди экологических норм Конституции РФ занимает ст. 9, ч. 1, где указывается, что земля и другие природные ресурсы в Российской Федерации используются и охраняются как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории.

Управление перечисленными видами контроля осуществляет служба производственного контроля, отслеживающая выполнение санитарных правил и санитарно-противоэпидемических мероприятий. Общественный экологический контроль проводится профсоюзными и общественными организациями и объединениями.

Государственное управление в условиях чрезвычайных ситуаций осуществляется на базе Единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС. Территориальная подсистема предназначена для предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на подведомственной территории и включает в себя координационный орган – комиссию по чрезвычайным ситуациям (КЧС) на подведомственной территории, в том числе и на Вашем предприятии (организации). Комиссия решает финансовые, продовольственные, медицинские и информационные проблемы, связанные с возникновением чрезвычайной ситуации.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для современного состояния России и других промышленно-развитых стран мира характерно нарастание угроз в природно-техногенной сфере, а техногенные и природные катастрофы становятся постоянно действующими факторами не только экономики, но и политики. 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.

В соответствии с федеральным законом “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” под чрезвычайной ситуацией природного и техногенного характера понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушения условий жизнедеятельности людей.

Причины аварий:

- просчеты при проектировании и недостаточный уровень современных знаний;
- непродуманное размещение производства;
- некачественное строительство или отступление от проекта;
- нарушение требований технологического процесса из-за недостаточной подготовки или недисциплинированности и халатности персонала.

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.

Причины возникновения пожара

Проблема обеспечения пожарной безопасности требует постоянного внимания со стороны государства, так как пожары оказывают негативное влияние на социально-экономическое развитие России и экологическую обстановку. Пожары являются мощным дестабилизирующим фактором. Урон от пожаров не только невосполним, но и требует еще больших затрат для восстановления уничтоженных материальных ценностей.

Пожар в лаборатории, может привести к очень неблагоприятным последствиям (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:

- неисправности электропроводки, розеток и выключателей которые могут привести к короткому замыканию или пробое изоляции;
- использование поврежденных (неисправных) электроприборов;

- использование в помещении электронагревательных приборов с открытыми нагревательными элементами;
- возникновение пожара вследствие попадания молнии в здание;
- возгорание здания вследствие внешних воздействий;
- неаккуратное обращение с огнем и несоблюдение мер пожарной безопасности.

Профилактика пожара

Противопожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей в случае пожаров.

Пожарная профилактика представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, на предотвращении пожара, ограничение его распространения, а также создание условий для успешного тушения пожара. Для профилактики пожара чрезвычайно важна правильная оценка пожароопасности здания, определение опасных факторов и обоснование способов и средств пожаропредупреждения и защиты.

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;
- неисправные электроприборы. Необходимые меры для исключения пожара включают в себя своевременный ремонт электроприборов, качественное исправление поломок, не использование неисправных электроприборов;

– обогревание помещения электронагревательными приборами с открытыми нагревательными элементами. Открытые нагревательные поверхности могут привести к пожару, так как в помещении находятся бумажные документы и справочная литература в виде книг, пособий, а бумага — легковоспламеняющийся предмет. В целях профилактики пожара предлагаю не использовать открытые обогревательные приборы в помещении лаборатории;

– короткое замыкание в электропроводке. В целях уменьшения вероятности возникновения пожара вследствие короткого замыкания необходимо, чтобы электропроводка была скрытой.

– попадание в здание молнии. В летний период во время грозы возможно попадание молнии вследствие чего возможен пожар. Во избежание этого я рекомендую установить на крыше здания молниеотвод.

Средства пожаротушения

Помещение должно быть обеспечено исправными и пригодными к применению средствами пожаротушения (в соответствии с установленными нормами и проектом здания корпуса):

- огнетушителями (из расчета 2 огнетушителя на 800 квадратных метров коридора, но не менее 2-х на этаж). Проверка огнетушителей проводится не реже одного раза в год. Не реже одного раза в 5 лет каждый огнетушитель должен быть переразряжен, проведен внешний и внутренний осмотр, а также проведены гидроиспытания на прочность баллона и пневмоиспытания на герметичность корпуса, пусковой головки, шланга и запорного устройства;

- пожарными кранами ПК. Каждый пожарный кран должен быть укомплектован рукавом, стволом, вентилем, гайками и проверяться на работоспособность (специальной комиссией в присутствии коменданта корпуса) не реже одного раза в 6 месяцев, с оформлением результатов проверки актом.

Системы противопожарного водоснабжения должны включаться в работу от автоматических пожарных извещателей, устанавливаемых в коридорах этажей, а также дистанционно от кнопок, установленных в шкафах кранов (для корпусов, оборудованных пожарной автоматикой).

Ручное и дистанционное включение и выключение отдельных агрегатов систем (пожарных насосов) должно быть предусмотрено с каждого этажа здания.

У пусковых устройств систем, сигнализационных приборов, включаемых при пожаре, должны быть вывешены таблички, определяющие назначение и порядок приведения их в действие.

Правила пользования огнетушителем порошковым унифицированным ОПУ-2-02

- снять огнетушитель, прочистить сопло и поднести к месту загорания.
- выдернуть чеку, отвести ручку до отказа.
- направить сопло на огонь и нажать кнопку.
- тушить с расстояния 2 метра.
- применять для тушения твердых, газообразных, жидких веществ и электроустановок до 1000 в.
- температура эксплуатации от -50 °С до + 50 °С
- предохранять от воздействия прямых солнечных лучей и нагревательных приборов.

План эвакуации приведен в приложении Б.

Техника безопасности на рабочем месте

Перед поступлением на работу сотрудник должен пройти вводный инструктаж по технике безопасности (проводит инженер по технике безопасности), инструктаж на рабочем месте (проводит заведующий лабораторией), а так же ознакомиться с настоящей инструкцией.

К работе в лаборатории допускаются лица достигшие 18-ти лет, имеющие техническое образование, признанные годным к этой работе в результате медицинского обследования.

Перед началом работы необходимо убедиться в наличии надежного зануления.

Выполняя какое-либо действие, убедиться, что само действие, либо его возможные последствия, не причинят вреда другим.

При возникновении неисправностей немедленно выключать неисправное устройство от сети питания.

При поражении человека электрическим током необходимо выключить рубильник, вызвать врача и немедленно приступить к оказанию пострадавшему доврачебной помощи.

При возгорании принять меры по эвакуации людей, вызвать пожарных и приступить к тушению пожара своими силами.

По окончании работы:

- отключить все тумблеры питания;
- вынуть вилки из разъемов;
- отключить рубильники общего питания.

При работе с радиоизмерительными приборами запрещается:

- включать устройства без необходимости;
- включать устройства при нарушении изоляции на шнуре питания;
- пользоваться неисправным и нестандартным шнурами;
- оставлять включенные приборы без присмотра;
- работать при неисправном освещении.

Запрещается курить на рабочем месте, курить можно только в отведенных для этого местах.

Заключение

При агрегировании предпочтений по правилу Кемени исходный профиль предпочтений может быть нетранзитивным.

При выполнении работы были проведены эксперименты по анализу нетранзитивности исходного профиля для нормального и равномерного законов распределения ранжирований при числе ранжирований $m = 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12; 14; 15$ и числе ранжируемых альтернатив $n = 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 20$, а также при различных количествах эквивалентностей в исходных ранжированиях. Всего было сгенерировано 13500 индивидуальных задач (случайных профилей). Была проведена оценка вероятности появления нетранзитивности исходного профиля при тех же значениях m и n . Вычислительный эксперимент показал, что при любых нечетных m , уже при числе n альтернатив, близким к 8, вероятность нетранзитивности близка к 1. При четном значении $m = 4$ вероятность нетранзитивности довольно мала даже для $n = 15$. Уже при $m = 6$ вероятность возрастает и приближается к вероятности для нечетных m , однако при росте четных m остается заметной граница между графиками вероятности для нечетных и четных m .

Установлено, что вероятность нетранзитивности профиля связана с вероятностью парадокса Кондорсе и вероятностью единственности ранжирования Кемени. В частности, вероятность парадокса Кондорсе значительно выше для четных, чем для нечетных m , т.е. имеет место ситуация, противоположная той, которая наблюдается для вероятности нетранзитивности. Вероятность единственности ранжирования Кемени ведет себя подобно вероятности парадокса Кондорсе и, следовательно, таким же образом соотносится с вероятностью нетранзитивности.

Список использованных источников

1. Шишкин И. Ф. Лекции по метрологии : учеб. пособие / И. Ф. Шишкин. – Москва : РИЦ «Татьянин день», 1993. – 54 с.
2. Шишкин И. Ф. Теоретическая метрология : учеб.-метод. комплекс / И. Ф. Шишкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург : Изд-во СЗТУ, 2008. – Ч. 1. Общая теория измерений. – 189 с.
3. Азгальдов Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – Москва : Изд-во стандартов, 1972. – 172 с.
4. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (Основы квалиметрии) / Г. Г. Азгальдов. – Москва : Экономика, 1982. – 256 с.
5. Экспертные методы оценки качества [Электронный ресурс]: Центр управления финансами. – Режим доступа: [<http://www.center-yf.ru/data/Marketologu/Ekspertnye-metody-ocenki-kachestva.php>] - Загл. с экрана (дата обращения: 10.05.14).
6. Литвак Б. Г. Экспертные технологии в управлении / Б. Г. Литвак. – Москва, 2004. – 400 с.
7. Литвак Б.Г. Экспертная информация. Методы получения и анализа/ Б.Г. Литвак. – Москва, 1982. – 271 с.
8. Шишкин И. Ф. «О квалиметрии» / И. Ф. Шишкин // Электрика. – 2007. – № 1. – С. 39-42.
9. Поддьяков А. Н. Непереходность (нетранзитивность) отношений превосходства и принятие решений / А. Н. Поддьяков // Психология. Журн. ВШЭ. – 2006. – № 3. – С. 111.
10. Ларичев О. И., Теория и методы принятия решений/ О. И. Ларичев – Москва : Логос, 2000.
11. Arrow K. Social choice and individual values / K. Arrow. – New Haven : Yale University Press, 1963.
12. Кемени Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения / Дж. Кемени, Дж. Снелл. – Москва : Сов. Радио, 1972. – 192 с.
13. Блэйр Д. Х. Рациональный коллективный выбор / Д. Х. Блэйр, Р.

Э. Поллак // В мире науки. – 1983. – № 10.

14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 - 03. Санитарно — эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно - вычислительным машинам и организации работы».

15. ГОСТ 12.1.003-76. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

16. СанПиН 11 – 12 – 77. Санитарные правила и нормы «Защита от шума. Нормы проектирования».

17. СанПиН 2.2.2. 542-96. Санитарные правила и нормы «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».

18. ГОСТ 12.1. 030 – 81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

19. 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.

20. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

21. ФЗ "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ [Электронный ресурс]: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. - Режим доступа: <http://www.consultant.ru/popular/okrsred>. - Загл. с экрана (дата обращения: 25.05.14).

22. H. Maassen, T. Bezembinder, Generating random weak orders and the probability of a Condorcet winner, Soc. Choice Welfare 19 (3) (2002) 517–532.

23. Muravyov S. V. Dealing with chaotic results of Kemeny ranking determination. *Measurement* submitted.

Приложение А (обязательное)

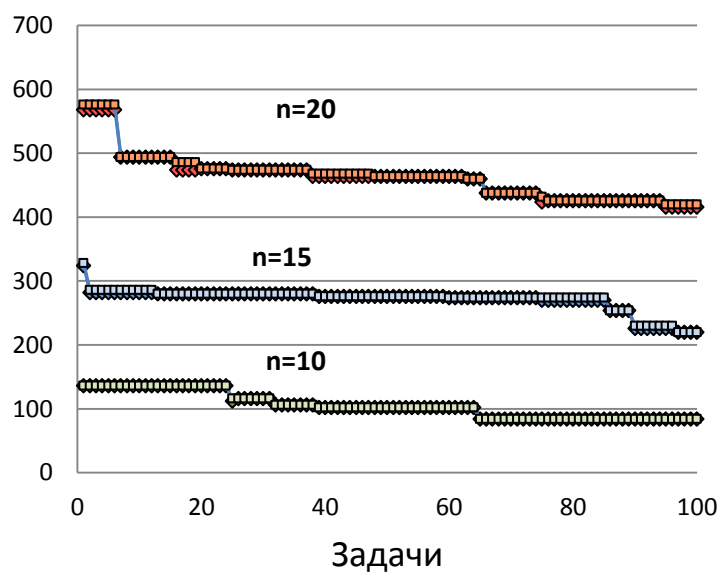


Рисунок 11 – Анализ нетранзитивности для нормального закона при $m=4$

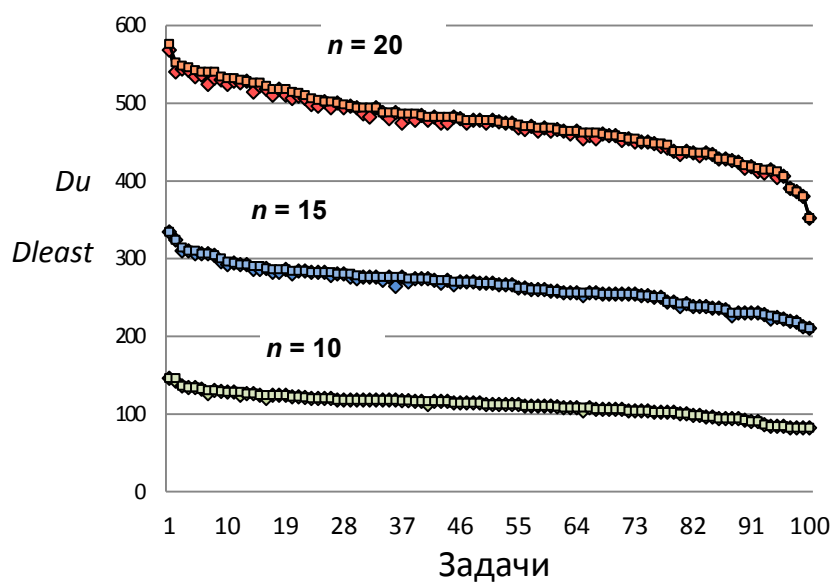


Рисунок 12 – Анализ нетранзитивности для равномерного закона при $m=4$

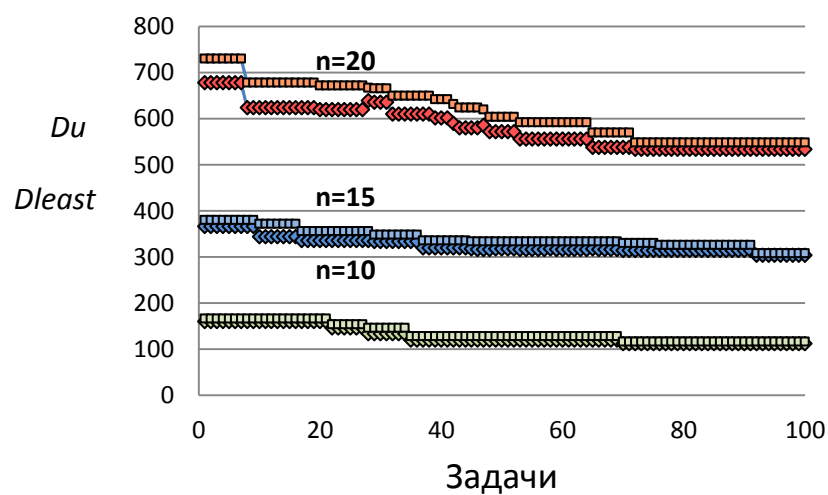


Рисунок 13 – Анализ нетранзитивности для нормального закона при $m=5$

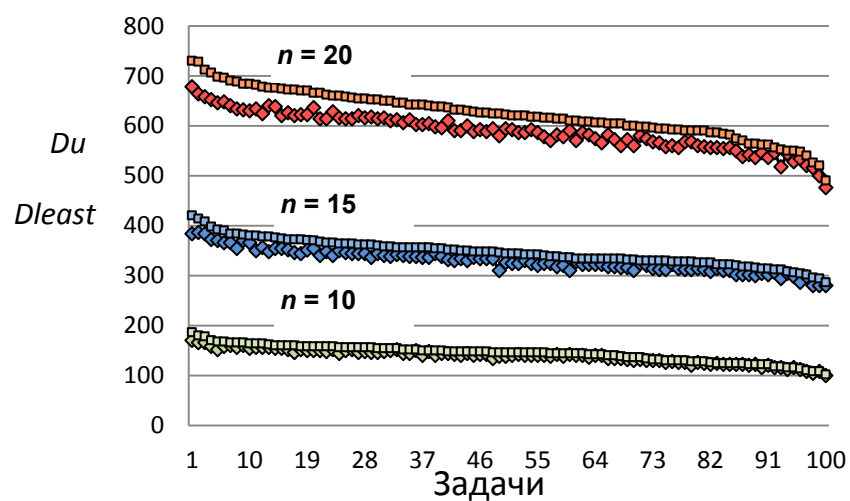


Рисунок 14 – Анализ нетранзитивности для равномерного закона при $m=5$

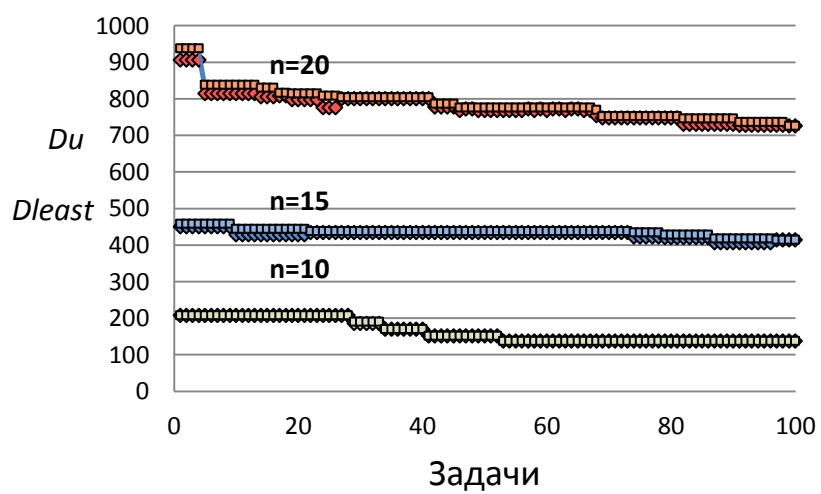


Рисунок 15 – Анализ нетранзитивности для нормального закона при $m=6$

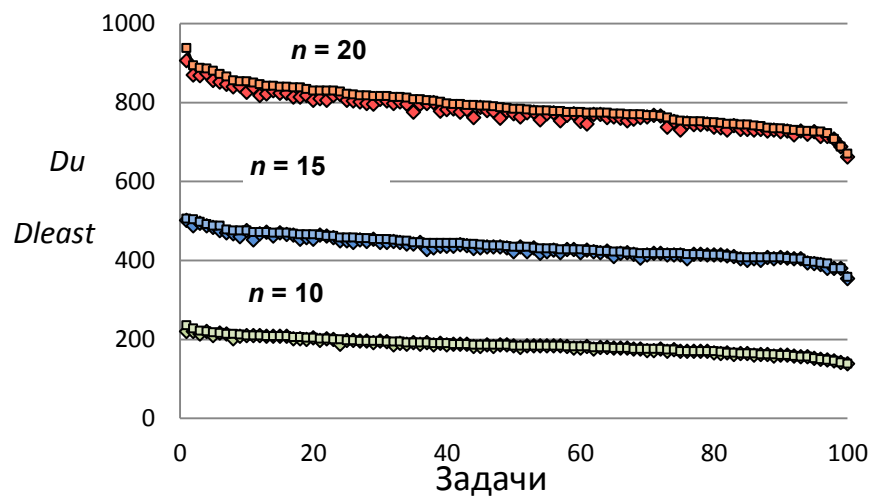


Рисунок 16 – Анализ нетранзитивности для равномерного закона при $m=6$

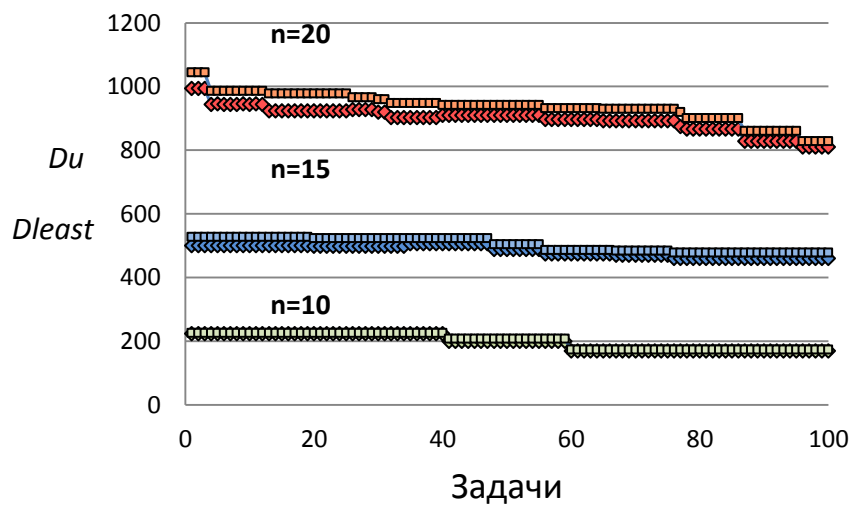


Рисунок 17 – Анализ нетранзитивности для нормального закона при $m=7$

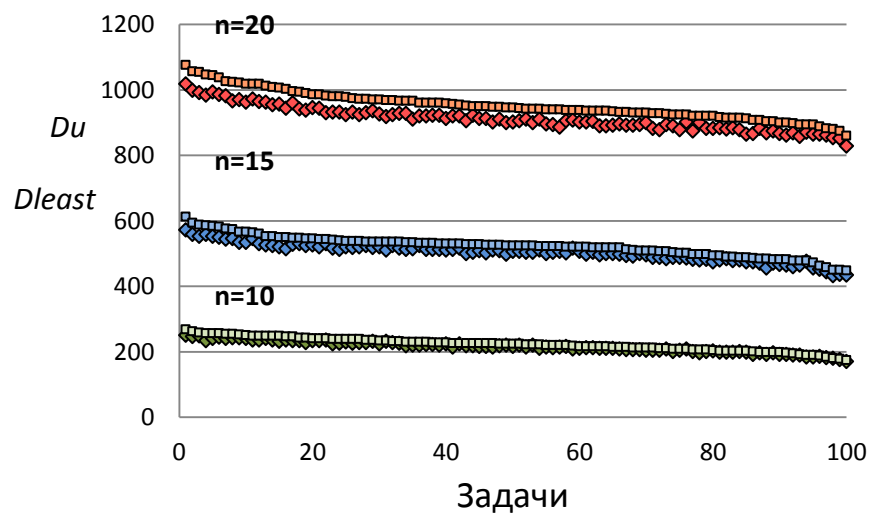


Рисунок 18 – Анализ нетранзитивности для равномерного закона при $m=7$

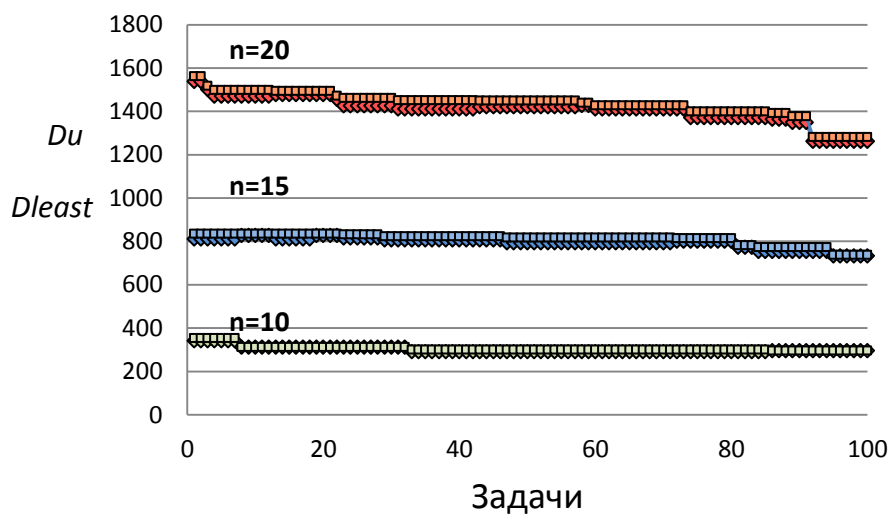


Рисунок 19– Анализ нетранзитивности для нормального закона при $m=10$

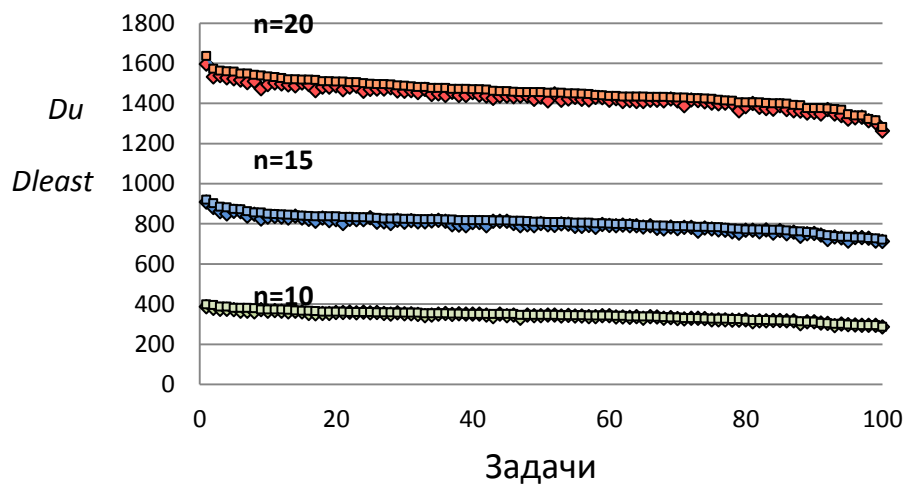


Рисунок 20 – Анализ нетранзитивности для равномерного закона при $m=10$

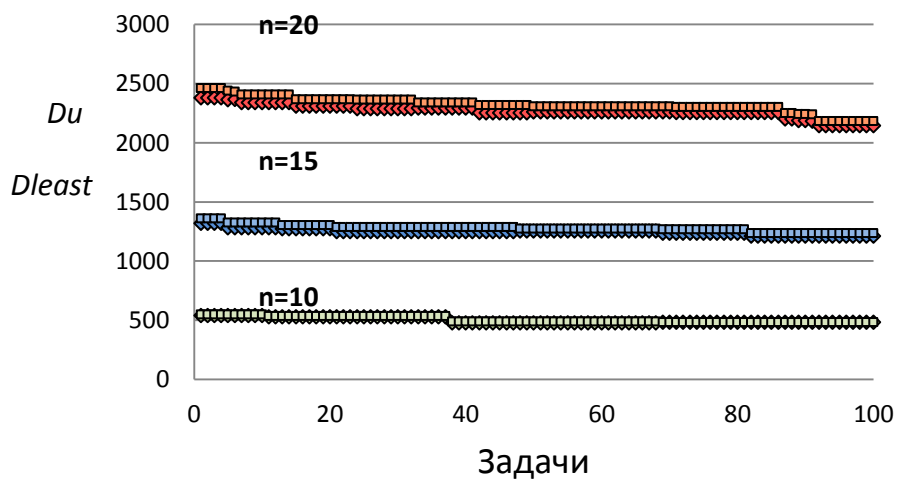


Рисунок 21 – Анализ нетранзитивности для нормального закона при $m=15$

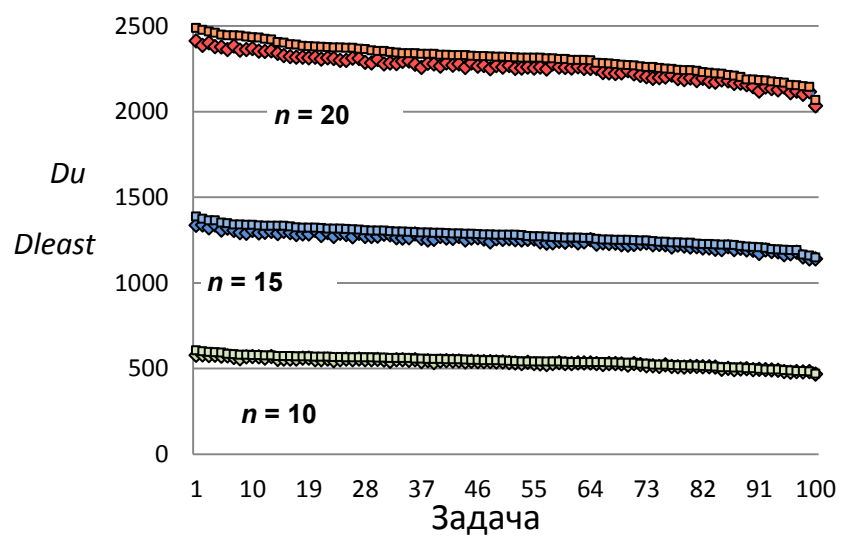


Рисунок 22 – Анализ нетранзитивности для равномерного закона при $m=15$

**Приложение Б
(обязательное)**

Раздел

Intransitivity in multiple solutions of Kemeny Ranking Problem

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ41	Ковалев В.Ю.		
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.		

Kemeny rule is one of deeply justified ways to solve the problem allowing to find such a linear order (Kemeny ranking) of alternatives that a distance from it to the initial rankings (input preference profile) is minimal. The approach can give considerably more than one optimal solutions. The multiple solutions (output profile) can involve intransitivity of the input profile. Favorable obstacle in dealing with intransitive output profile is that the intransitive cycles are lexicographically ordered what can help when algorithmically revealing them.

Introduction

In this work we deal with multidimensional ordinal measurements. Their results are consensus preference relations being discovered for given m rankings, possibly including ties, of n alternatives. A classical problem of single consensus ranking determination for m voters of n candidates has been intensively investigated as a Voting Problem in the framework of Social Choice Theory, see, e.g. [1-3]. Modern control and measurement systems frequently investigate complicated objects characterized by multiple heterogeneous properties using multisensors and distributed networking. This is just the domain where the problem could be effectively applied; see, for example [4-6]. Also promising is a development of measurement systems based on mobile agents, collective purposeful work of which could be organized using consensus ranking determination. We use here a widely known and deeply justified distance-based approach to determination of the consensus relation, so called Kemeny rule. However, it may result in not single and considerably greater amount of consensus relations. A set of the relations may include intransitivities. Although (in)transitivity of preferences is a subject of many papers (e.g. [7,8]), non-transitive Kemeny rankings were ignored by researchers. Aim of this paper is to demonstrate examples of this phenomenon and draw up some ways how to deal with it.

Definitions

To find the consensus ranking we use the *Kemeny rule* [9] that is shortly described as follows. Let us have m rankings on set $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ of n alternatives and the relation set $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$, where each of m rankings (also called preference relations or weak orders) $\lambda = \{a_1 \succ a_2 \succ \dots \sim a_s \sim a_t \succ \dots \sim a_n\}$ may include $\succ$, a strict preference relation π , and $\sim$, an equivalence relation (or tie) ν , so that $\lambda = \pi \cup \nu$. The relation set Λ we will call an *input preference profile* for the given m rankings. Let Π be a set of all $n!$ linear (strict) order relations $\succ$ on A . Each linear order corresponds to one of permutations of first n natural numbers N_n .

Kemeny rule allows to find a consensus relation as such a linear order (Kemeny ranking) $\beta \in \Pi$ of alternatives that a *distance* $D(\beta, \Lambda)$ from β to the profile Λ is minimal, that is

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

The problem (1) is called *Kemeny Ranking Problem (KRP)*.

The *distance* $D(\lambda, \Lambda)$ between arbitrary ranking λ and profile Λ is defined as

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

$$\text{where } d_{ij}^k = \begin{cases} 0 & \text{if } a_i^k \succ a_j^k \\ 1 & \text{if } a_i^k \sim a_j^k \\ 2 & \text{if } a_i^k \prec a_j^k \end{cases}, \quad i, j = 1, \dots, n.$$

To describe all rankings of a preference profile we use the *profile matrix* P , rows and columns of which are labeled by the alternatives' numbers, where

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

Then the KRP statement (1) is changed to

$$\beta = \arg \min \sum_{i < j} p_{ij} ,$$

that means the determination of such a transposition of profile matrix rows and columns that the sum of elements of its upper triangle submatrix is minimal.

Profile intransitivity

Though each ranking of the preference profile is transitive, the corresponding matrix P (and, hence, the preference profile) may be both *transitive*, i.e. $p_{ik} \leq p_{ki}$ if $p_{ij} \leq p_{ji}$ and $p_{jk} \leq p_{kj}$, for all $i \neq j \neq k = 1, \dots, n$, and *non-transitive* if the condition fails. Well known *Condorcet paradox* (Condorcet rule: if some alternative obtains a majority of votes in pair-wise contests against every other alternative, the alternative is chosen as the *winner* in the consensus ranking β ; however, for some β and $a_i, a_j, a_k \in \beta$ it can be that $a_i \succ a_j$ and $a_j \succ a_k$ while $a_k \succ a_i$) just takes place if the given preference profile is non-transitive.

The following profile

$$\lambda_1: a_1 \succ a_2 \succ a_3$$

$$\lambda_2: a_2 \succ a_3 \succ a_1$$

$$\lambda_3: a_3 \succ a_1 \succ a_2$$

includes an evident circular ambiguity (shortly, cycle) that leads to the Condorcet paradox if we would apply the Condorcet rule to determine a consensus ranking. In this case a Condorcet winner does not exist. The Kemeny rule being applied in this case gives three optimal solutions (with $D(\beta, \Lambda) = 8$) coinciding with rankings of the initial profile.

Thus, in this case, the initial profile intransitivity seems to produce multiple solutions by the Kemeny rule. Reasonable way to resolve the situation is to declare all three alternatives to be equivalent to each other, that is the final solution is $a_1 \sim$

$a_2 \sim a_3$. In fact, this weak order is in minimal feasible distance, equal to 9, from all the rankings (5).

Matrix P can be characterized by a *least distance* D_{least} from its preference profile Λ to some linear order [5,10]. To find the distance a lesser element of each pair (p_{ij}, p_{ji}) should be included into it, that is

$$D_{\text{least}} = \sum_{i < j} \min(p_{ij}, p_{ji}), \quad i, j = 1, \dots, n.$$

It can be easily shown that if matrix P is *transitive* (this means all initial rankings are consistent), then $D_{\text{least}} = D(\beta, \Lambda)$ and D_{least} is an accessible value. An inverse proposition is also valid. Thus, for any input profile, after determination of β by Kemeny rule (4), its transitivity can be determined using the following criterion:

$$\text{matrix } P \text{ is } \begin{cases} \text{transitive} & \text{if } D_{\text{least}} = D(\beta, \Lambda) \\ \text{intransitive} & \text{if } D_{\text{least}} < D(\beta, \Lambda) \end{cases}.$$

Monte-Carlo investigation of input profile intransitivity

We have experimentally investigated intransitivity of input profiles using our branch-and-bound (B&B) algorithm described in [5] to solve the Kemeny Ranking Problem. We used Monte-Carlo approach in order to simulate profile matrices calculated for weak orders that were obtained by uniting pseudo-random strict orders and ties generated separately. Strict orders were generated using the *uniform distribution* of integers in a specified range $1, \dots, n$.

For each combination (m, n) , where number of rankings $m = 4, 5, 6$, and 15 and number of ranking elements $n = 10, 15$ and 20 , 100 individual profiles (problems) were generated (solved). Thus, totally 1500 profiles were generated each served as input of the B&B algorithm.

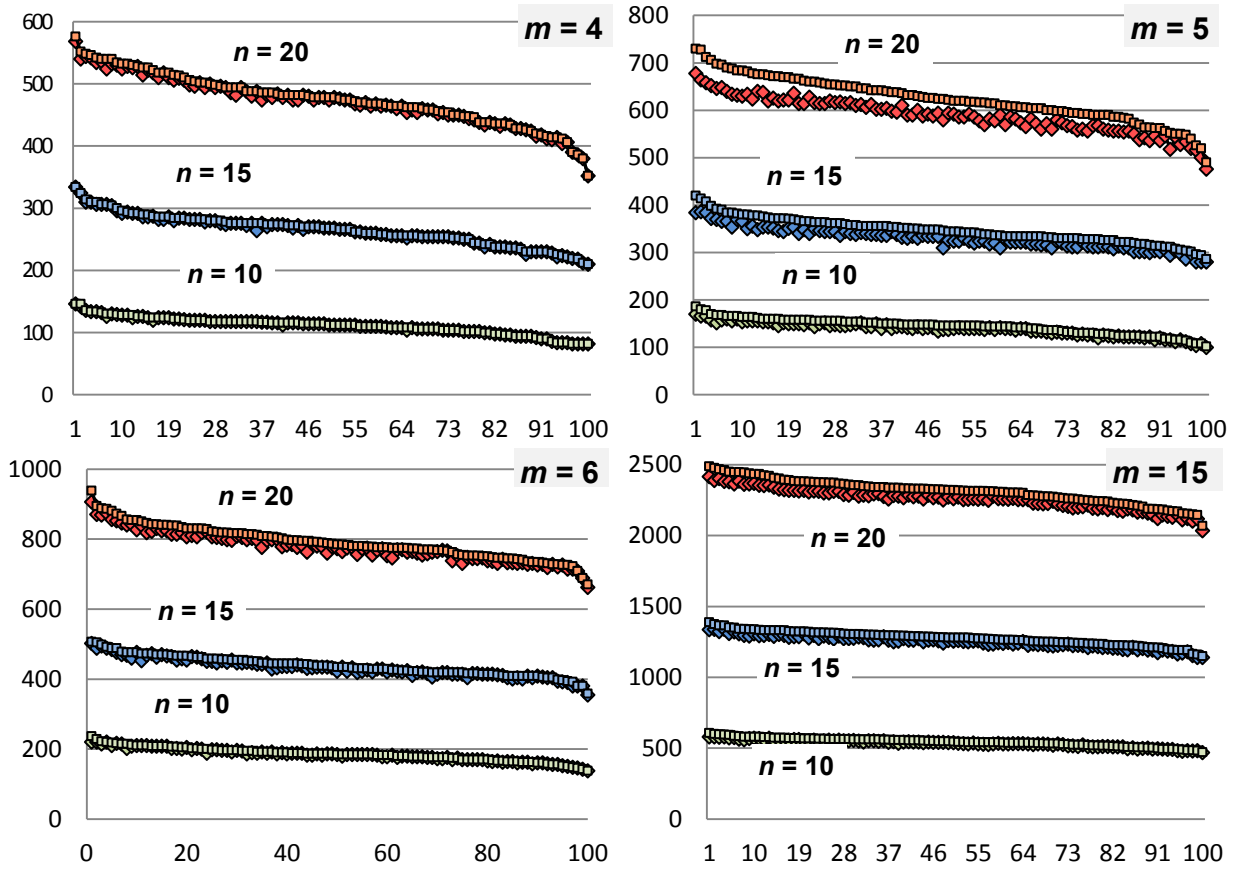


Figure 22. Distances D_{least} and $D(\beta, \Lambda)$ (vertical axis) for each of 100 individual problems (horizontal axis) for $m = 4, 5, 6$ and 15 and candidate numbers $n = 10, 15$ and 20 ; $D(\beta, \Lambda)$ curves are shown with boxes, D_{least} – with diamonds.

Figure 22 shows curves of distances D_{least} and $D(\beta, \Lambda)$ plotted by their values obtained for each of 100 individual problems and sorted by distance $D(\beta, \Lambda)$ in descending order.

One can see from figure 1 that, for the given n and m , profiles were frequently transitive (that is the condition $D_{\text{least}} = D(\beta, \Lambda)$ was valid) *only for even* values of m . Odd m have practically always resulted in intransitive input profiles. In all cases amount of transitive profiles decreases as the number n of alternatives increases.

Generally, the Kemeny rule produces a number N_{kem} of optimal solutions which shape *output profile* so that there can be $N_{\text{kem}} \gg m$. Multiple solutions of the KRP is not a seldom phenomenon. Computing experiments [5,10-12] show that a probability of single KRP solution is in close agreement with the probability of

Condorcet winner existence [13-15]. The latter decreases as the values of n increase. The same can be said of m , however, evenness of m seriously decreases chances of Condorcet winner comparatively to odd values of m [13].

Using the obtained experimental data presented in figure 22 it is possible to estimate probabilities of intransitive input profiles $P_{\text{intr}}(m, n)$ for fixed m and n , dividing a number of cases where $D_{\text{least}} \neq D(\beta, \Lambda)$ by 100. In this way the data in table 1 were calculated; they, in turn, were used to build the curves in figure 23.

Table 1

Experimental estimations of probability $P_{\text{intr}}(m, n)$ of intransitive profile.

m	n		
	10	15	20
4	0.06	0.21	0.53
5	0.96	1	1
6	0.33	0.7	0,94
15	0.97	1	1

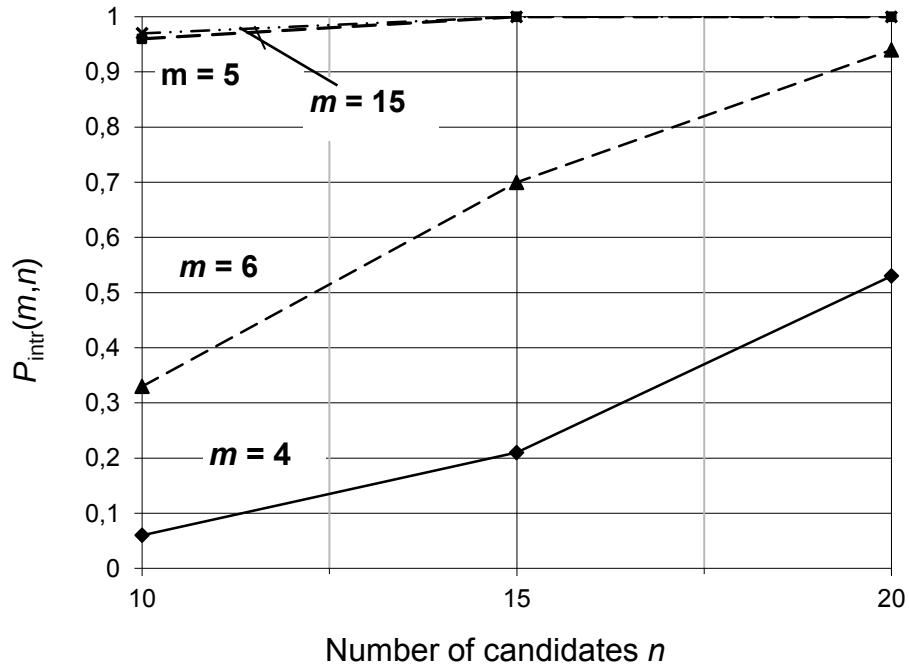


Figure 23. Experimental curves of probability $P_{\text{intr}}(m, n)$ of intransitive input profile.

One can see from figure 2 that probability $P_{\text{intr}}(m, n)$ of intransitive input profile is close to one for *odd* values of m in the range $10 \leq n \leq 20$. If m is even, the input profile can rather frequently be transitive (or intransitive) in dependence on particular values of m and n . On the whole, the probability increases as both the number n of alternatives and the number m of rankings increase. This observation is in satisfactory agreement with findings presented in papers [13-15].

Multiple solutions and their intransitivity

Necessary condition of intransitivity presence in the KRP multiple solutions is $N_{\text{kem}} \geq 3$. Also, if, in accordance with criterion (7), an initial profile is intransitive, an output profile is intransitive too but the cycles are lexicographically ordered and can be algorithmically revealed. To illustrate this let us consider two short examples.

In table 2 one can see that the initial profile is intransitive, the output profile consisting of three solutions has one cycle (shown by bold frame) attesting

intransitivity. Following to approach described in Section 2 we have the final solution $a_1 \succ a_2 \sim a_4 \sim a_5 \succ a_3$.

Table 2

Examples of input and corresponding output profiles at $m = 5, n = 5$.

Input profile					Output profile				
1	4	5	2	~ 3	1	2	4	5	3
3	2	1	4	5	1	4	5	2	3
1	5	4	2	3	1	5	2	4	3
1	~ 5	2	3	4					
2	4	1	5	3					
$D_{\text{least}} = 30$					$D(\beta, \Lambda) = 32$				
					$N_{\text{kem}} = 3$				

An example of output profile having four cycles reduced in table 3. In this case the final optimal solution could be $a_1 \sim a_6 \sim a_9 \succ a_2 \sim a_{10} \succ a_8 \succ a_4 \succ a_3 \sim a_7 \sim a_5$.

Table 3

Example of output profile at $m = 5, n = 10$.

cycle 1→	1 6 9	2 10 8 4	3 7 5	
cycle 2→	1 9 6	2 10 8 4	5 3 7	←cycle 3
	6 1 9	2 10 8 4	7 5 3	
cycle 1→	6 9 1	10 2 8 4	3 7 5	
cycle 2→	9 6 1	10 2 8 4	5 3 7	←cycle 4
cycle 1→	9 1 6	10 2 8 4	7 5 3	
$D_{\text{least}} = D(\beta, \Lambda) = N_{\text{kem}} = 6$ 129 131				

Conclusion

Output profile of the Kemeny Ranking Problem can involve intransitivity of an input preference profile. Computing experiment had shown that most likely intransitivities of input profiles are in case of odd values of m in the range $10 \leq n \leq 20$. Favorable obstacle in dealing with intransitive output profile is that the intransitive cycles are lexicographically ordered and can be algorithmically revealed.