

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Подразделение ОИТ
Направление, специальность 09.04.02 «Информационные системы и технологии»

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Статистический анализ результатов тестирования по информатике в НИ ТПУ выпускников 2018 г.

УДК 378.662.277:004(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Клековкин Вадим Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Кацман Юлий Янович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Сосковец Любовь Ивановна	Д.И.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Атепаева Наталья Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев Алексей Олегович	К.Т.Н.		

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП ПРОГРАММЫ
МАГИСТРОВ 09.04.02 «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»**

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Общепрофессиональные и профессиональные компетенции	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка.
P5	Разрабатывать стратегии и цели проектирования, критерии

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	эффективности и ограничения применимости, новые методы, средства и технологии проектирования геоинформационных систем (ГИС) или промышленного программного обеспечения.
Р6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области создания интеллектуальных ГИС и ГИС технологии или промышленного программного обеспечения с использованием методов системной инженерии.
Р7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и сопровождения ГИС и ГИС технологий или промышленного программного обеспечения с использованием методов и средств системной инженерии, осуществлять подготовку и обучение персонала.
Р8	Формировать новые конкурентоспособные идеи в области теории и практики ГИС и ГИС технологий или системной инженерии программного обеспечения. Разрабатывать методы решения нестандартных задач и новые методы решения традиционных задач. Организовывать взаимодействие коллективов, принимать управленческие решения, находить компромисс между различными требованиями как при долгосрочном, так и при краткосрочным планировании.
Общекультурные компетенции	
Р9	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
Р10	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения.

Код	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P11	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P12	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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></p>	<p>Изучение факторного, кластерного и корреляционного и регрессионного анализа. Разбор критериев Колмогорова-Смирнова, Лиллиефорса, Шапиро-Уилка, Манна – Уитни, Краскела-Уоллиса. Проведение первичного анализа исходных данных, проверка на нормальность распределения, проведение факторного, кластерного, корреляционного, регрессионного анализа. Проверка зависимости успешного выполнения контрольной работы от варианта, оценка уровня сложности выполнения задач, разделение вопросов по уровням сложности, выявление зависимости сложности заданий от варианта, а также зависимости успешности выполнения заданий от тем, сравнение данных итоговой работы за разные периоды времени. Расчет ресурсоэффективности и ресурсосбережения, анализ вредных производственных факторов.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Скриншоты интерфейса программы, диаграммы, графики, гистограммы.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Экономическая часть</p>	<p>Профессор ОСГН Сосковец Любовь Ивановна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Ст. преподаватель ООД Атепаева Наталья Александровна</p>
<p>Английская часть</p>	<p>Доцент ОИЯ Сидоренко Татьяна Валерьевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>2. Применяемые методы статистического анализа (Statistical analysis methods and their implementation/application)</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.01.2019</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень,</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
------------------	------------	------------------------	----------------	-------------

		звание		
Доцент ОИТ	Кацман Юлий Янович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Клековкин Вадим Александрович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Подразделение ОИТ
Уровень образования Магистратура
Направление, специальность 09.04.02 «Информационные системы и технологии»
Период выполнения Осенний/весенний семестр 2018/2019 учебного года

Формат представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполнения работы:	03.06.2019
---	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) виды работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.02.2019	Изучение теоретического материала (факторный, корреляционный, кластерный, регрессионный анализы)	5
25.02.2019	Проверка на нормальность распределения	5
12.03.2019	Проверка равнозначности вариантов	5
29.03.2019	Проведение кластерного анализа	15
19.04.2019	Проведение корреляционного анализа	15
30.04.2019	Сравнение результатов весеннего и летнего периодов	5
16.05.2019	Проведение регрессионного анализа	20
22.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
31.05.2019	Социальная ответственность	10
03.06.2019	Обязательное приложение на иностранном языке	10

СОСТАВИЛ:
Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
-----------	-----	------------------------	---------	------

Доцент ОИТ	Кацман Юлий Янович	к.т.н.		
------------	--------------------	--------	--	--

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Савельев Алексей Олегович	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ИМ71	Клековкину Вадиму Александровичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы	ОИТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	09.04.02 Информационные системы и технологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклад руководителя – 33664 руб. Оклад студента – 21760 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	–
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ	Определение потенциальных потребителей, анализ конкурентных решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также оценка коммерциализации.
2. Разработка устава научно-технического проекта	Цели и ожидаемые результаты исследования. Трудозатраты и основные функции исполнителей проекта.
3. Планирование научно-исследовательских работ	Составление перечня этапов и работ, составление расчета по отдельным статьям затрат на необходимые ресурсы.
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт интегрального показателя эффективности НИР за счёт определения финансовой и ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НИИ
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации
5. График проведения и бюджет НИИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ
7. Потенциальные риски и мероприятия по их минимизации

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Сосковец Любовь Ивановна	Д.И.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Клековкин Вадим Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8ИМ71	ФИО Клековкину Вадиму Александровичу
------------------------	--

Школа Уровень образования	ИШИТР Магистратура	Отделение школы Направление/специальность	ОИТ 09.04.02 Информационные системы и технологии
-------------------------------------	------------------------------	---	--

Тема ВКР:

Статистический анализ результатов тестирования по информатике в НИ ТПУ выпускников 2018 г.

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: результаты тестирования по информатике в НИ ТПУ выпускников 2018 г.</p> <p>Область применения: практическое использование результатов анализа позволит повысить эффективность и качество тестирования, в конечном итоге повысить вступительный балл абитуриента.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> • Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). • ГОСТ Р ИСО 6385-2016. Эргономика. Применение эргономических принципов при проектировании производственных систем.
<p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Отклонение показателей микроклимата; • Превышение уровня шума; • Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны; • Психофизиологические факторы; • Повышенный уровень электромагнитных излучений.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Влияние утилизации:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Твердых отходов (системный блок компьютера, принтеры, сканеры, клавиатура, манипулятор «мышь») на литосферу; • Жидких отходов (сточных вод) на гидросферу; • Люминесцентных ламп.
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Выбор типичной ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Клековкин Вадим Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит: 127 с., 63 рис., 24 табл., 24 источника.

Ключевые слова: анализ, статистика, абитуриенты, информатика, фактор, нормальность распределения, кластерный анализ, корреляционный анализ, регрессионный анализ, критерий Манна – Уитни, критерий Краскела-Уоллиса.

Объектом исследования являются результаты тестирования по информатике в НИ ТПУ абитуриентов 2018 г.

Целью работы является выявление существующих зависимостей и факторов, влияющих на результаты выполнения итогового тестирования по информатике.

Проведено изучение литературы, исследованы и применены разные статистические методы.

В результате исследования проверена равносильность вариантов, выявлены вопросы трёх уровней сложности, произведено сравнение результатов тестирования за весенний и летний периоды, проведено ранжирование результатов, выявлена вероятность получения оценки «отлично» при успешном выполнении задания, построена регрессионная модель для прогнозирования итогового балла абитуриента.

Практическое использование результатов анализа позволит повысить эффективность и качество тестирования, в конечном итоге повысить вступительный балл абитуриента.

Итоги исследования будут применены в ОИТ ИШИТР.

Работа состоит из следующих разделов:

Первый раздел включает в себя описание предметной области, роль данной работы в этой предметной области.

В разделе 2 рассматривается теоретическая часть, которая включает в себя описание применяемых методов статистического анализа в данной работе.

Раздел 3 включает в себя анализ весенних результатов тестирования: проверка на нормальность распределения, проверка зависимости выполнения работы от варианта, проверка зависимости успешности выполнения итогового тестирования от страны абитуриента, анализ выполненных заданий по странам.

Раздел 4 включает в себя анализ летних результатов тестирования: проверка на нормальность распределения, проверка зависимости выполнения работы от варианта, выполнение кластерного анализа, выполнение корреляционного анализа.

В пятом разделе содержится сравнение результатов весеннего и летнего потоков.

Шестой раздел содержит процентный и вероятностный анализ результатов.

Седьмой раздел включает в себя регрессионный анализ: построение регрессионной модели, анализ остатков, прогнозирование итогового балла абитуриента на основании построенной регрессионной модели.

В восьмом разделе говорится о финансовом менеджменте, ресурсоэффективности и ресурсосбережении.

В девятом разделе говорится о социальной ответственности.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

Нормальное распределение – распределение вероятностей, которое в одномерном случае задаётся функцией плотности вероятности, совпадающей с функцией Гаусса.

Стандартное нормальное распределение – нормальное распределение с математическим ожиданием $\mu = 0$ и стандартным отклонением $\sigma = 1$.

Математическое ожидание – среднее значение случайной величины при стремлении количества выборок или количества её измерений к бесконечности.

Стандартное отклонение – показатель рассеивания значений случайной величины относительно её математического ожидания.

Дисперсия – математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от её математического ожидания.

Корреляционная матрица – матрица коэффициентов корреляции нескольких случайных величин.

Ранг – положение в упорядоченном ряду значений. Значения в некотором измерении сообщают только положение этого значения относительно всех других, однако ничего не говорит о расстоянии между значениями.

Уровень значимости – достаточно малая вероятность, при которой событие можно считать практически невозможным.

r – коэффициент корреляции.

p -level – уровень значимости.

Multiple R – коэффициент множественной корреляции.

R^2_{adj} – (скорректированный) коэффициент детерминации.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	19
1 Описание предметной области	21
2 Применяемые методы статистического анализа.....	22
2.1 Факторный анализ.....	22
2.2 Кластерный анализ.....	26
2.3 Корреляционный анализ.....	27
2.4 Регрессионный анализ	28
2.5 Проверка параметрических гипотез.....	30
3. Анализ результатов тестирования.....	34
3.1 Анализ результатов весенней выборки.....	34
3.2 Проверка зависимости успешного выполнения итоговой работы от варианта.....	35
3.3 Проверка зависимости успешности выполнения от страны абитуриента	38
3.4 Оценка уровня сложности задач.....	39
3.5 Анализ выполненных заданий по странам	40
4. Анализ результатов летней выборки.....	45
4.1 Проверка на нормальность распределения	45
4.2 Проверка зависимости успешного выполнения итоговой работы от варианта.....	46
4.3 Кластерный анализ.....	48
4.4 Корреляционный анализ.....	57
5. Сравнение результатов весеннего и летнего потоков	64
5.1 Сравнение выборок по темам	67
6. Процентный и вероятностный анализ результатов	68
7. Построение регрессионной модели.....	72
8 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	78
8.1 Предпроектный анализ	78
8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ рынка	78

8.1.2	Технология QuaD	79
8.1.3	SWOT-анализ	81
8.1.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	83
8.1.5	Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования.....	84
8.2	Инициация проекта	85
8.2.1	Цели и результаты проекта	85
8.2.2	Ограничения и допущения проекта.....	86
8.3	Планирование управления научно-техническим проектом.....	86
8.3.1	Организация и планирование работ	86
8.3.2	Продолжительность этапов работ	87
8.3.3	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	90
8.3.4	Расчет затрат на материалы	90
8.3.5	Расчет заработной платы.....	90
8.3.6	Отчисления во внебюджетные фонды	91
8.3.7	Расчет затрат на электроэнергию	92
8.3.8	Расчет амортизированных расходов	93
8.3.9	Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	94
8.3.10	Расчет прочих расходов.....	94
8.3.11	Расчет общей себестоимости разработки	94
8.3.12	Расчет прибыли	95
8.3.13	Расчет НДС	95
8.3.14	Цена разработки	95
8.4	Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ..	95
8.5	Потенциальные риски.....	97
8.6	Выводы по разделу.....	98
9	Социальная ответственность	100
9.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	100
9.2	Производственная безопасность.....	103
9.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов	104

9.3.1 Отклонение показателей микроклимата	104
9.3.2 Превышение уровня шума	106
9.3.3 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны.....	107
9.3.4 Психофизиологические факторы	108
9.3.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	109
9.4 Экологическая безопасность.....	110
9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	110
9.6 Выводы по разделу.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	112
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	113
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	114
Приложение А	117

ВВЕДЕНИЕ

Стохастическое моделирование осуществляется методами математической статистики, позволяющими исследовать определенные причинно-следственные связи показателей результатов производственно-хозяйственной деятельности с факторами и условиями производства. Детерминированное моделирование в данном случае не всегда возможно. Использование математико-статистических приемов позволяет обойтись без специальных экспериментов. Стохастические методы основываются на предположении, что анализируемые данные являются реализациями случайного процесса. Это позволяет, используя имеющиеся измерения как зафиксированные значения, получить бесконечно много значений переменной в точке оценивания [1].

Оценка равнозначности контрольно-измерительных материалов, использующихся для оценивания знаний студентов, является актуальной задачей и в новых дисциплинах, и в тех, которые преподаются уже много лет. Контрольно-измерительные материалы, как правило, представлены в нескольких вариантах, из-за чего возникает проблема их равнозначной сложности, что может усложнить оценку знаний абитуриентов и ее объективность.

Целью работы является выявление существующих зависимостей и факторов, влияющих на результаты выполнения итогового тестирования по информатике.

Объектом исследования является результаты тестирования по информатике абитуриентов НИ ТПУ 2018 г. Практическая значимость заключается в нахождении возможных заданий и вариантов различной сложности для дальнейшего корректирования, чтобы оценка за вступительное тестирование зависела от знания студентом материала, а не от сложности вопроса или некорректного составления.

Были поставлены следующие задачи:

- подготовка данных из выборок для дальнейшего анализа;
- проверка данных на нормальность распределения;
- проверка зависимости успешного выполнения контрольной работы от варианта;
- сравнение показателей выполнения работы учениками по странам, ранжирование, выявление лучших и худших;
- оценка уровня сложности выполнения задач, разделение вопросов по уровням сложности;
- выявление существующих зависимостей между заданиями, а также зависимости выполнения заданий от варианта;
- сравнение выборок весеннего и летнего периодов;
- проведение процентного и вероятностного анализа;
- построение регрессионной модели.

1 Описание предметной области

Изучение закономерностей, по которым происходят массовые случайные явления, базируется на анализе итогов наблюдений при помощи приёмов статистического анализа.

Основная задача математической статистики – определение методов сбора и объединения статистических сведений, которые были получены при помощи наблюдений, либо же при помощи специально организованных экспериментов.

Второстепенной задачей математической статистики является (исходя из целей исследования) выработка способов анализа статистических данных:

- анализ неопределённой вероятности события; анализ неопределённой функции распределения; анализ параметров известного распределения; Анализ корреляции случайной величины от других случайных величин и т.д.;

- проверка гипотез статистики о характере неизвестного распределения, или о размере распределения параметров, характер которого известен.

В наше время математическая статистика создаёт методы установления количества необходимых испытаний ещё перед началом исследования, во время исследования, и выполняет другие задачи. Математическую статистику характеризуют как дисциплину об утверждении решений в ситуации неопределенности.

Цель математической статистики заключается в формировании способов сбора и обработки данных статистики с целью извлечения научных и практических заключений.

Для исследования были предоставлены результаты итогового тестирования по информатике абитуриентов ТПУ за 2018 год.

2 Применяемые методы статистического анализа

Существуют разные методы статистического анализа, созданные для определения конкретных зависимостей и разрешения разных задач математической статистики.

В данной работе используются следующие методы статистического анализа:

- факторный анализ;
- кластерный анализ;
- корреляционный анализ;
- регрессионный анализ.

Была проведена проверка данных на нормальность распределения, так как большое число методов статистики вытекает из предположения нормальности распределения исследуемых данных.

Также в работе использовались:

- критерий Манна – Уитни;
- ранговый критерий Краскела-Уоллиса;
- критерий Колмогорова-Смирнова;
- критерий Шапиро-Уилка;
- критерий Лиллиефорса.

2.1 Факторный анализ

Факторный анализ можно трактовать как раздел многомерного статистического анализа, который объединяет методы оценки размерностей множеств наблюдаемых переменных путем исследования структур ковариационных или корреляционных матриц.

Благодаря данному виду анализа исследователь может решить две основные задачи: компактно, но при этом всесторонне, описать предмет измерения. С помощью факторного анализа можно выявлять факторы, что

отвечают за присутствие статистических линейных корреляционных связей между наблюдаемыми переменными.

Факторный анализ — многомерный метод, применяемый для изучения взаимосвязей между значениями переменных. Предполагается, что известные переменные зависят от меньшего количества неизвестных переменных и случайной ошибки [2].

Основные задачи факторного анализа [3]:

- отбор факторов для анализа исследуемых показателей;
- классификация и систематизация их с целью обеспечения системного подхода;
- моделирование взаимосвязей между результативными и факторными показателями;
- расчет влияния факторов и оценка роли каждого из них в изменении величины результативного показателя;
- работа с факторной моделью.

При исследовании зависимостей одной из наиболее простых является ситуация, когда можно указать только один фактор, влияющий на конечный результат, и этот фактор может принимать лишь конечное число значений (уровней). Такие задачи, называемые задачами однофакторного анализа, весьма часто встречаются на практике. Типичный пример задач однофакторного анализа – сравнение по достигаемым результатам нескольких различных способов действия, направленных на достижение одной цели.

Если ничего не известно о распределении откликов, то использовать для проверки гипотезы H_0 количественные наблюдения X_{ij} становится затруднительно. В этих случаях проще основывать свои выводы на отношениях "больше – меньше" между наблюдениями, т.к. они не зависят от вида распределения. Теперь вся информация, включенная в табл. 1, содержится в тех рангах, что, получают числа X_{ij} при упорядочении всей

совокупности (направление упорядочивания $\min \rightarrow \max$, или $\max \rightarrow \min$ – не существенно) [4].

Таблица 1– Ранги результатов измерения

	Обработки (Уровни фактора)				
	1	2	3	...	k
Ранги результатов измерений	r_{11}	r_{12}			r_{1k}
	r_{21}	r_{22}			r_{2k}

	$r_{n_1,1}$	$r_{n_2,2}$			$r_{n_k,k}$

В данной работе для факторного анализа применяются: критерий Краскела-Уоллиса, критерий Манна-Уитни:

1) Критерий Краскела-Уоллиса

Критерий используется для оценки отличий одновременно между тремя и более выборками. Он даёт возможность выяснить, что признак меняется при смене одной группы на другую, но не показывает на направление изменений. Представляет собой обобщение критерия Манна-Уитни на большее количество выборок.

Все значения группируются и выстраиваются в общем ряду. Потом в каждой выборке рассчитываются суммы рангов. Если отличия оказываются случайными, то высокие и низкие ранги однородно разделятся по выборкам. Когда в какой либо группе будут доминировать высокие ранги, а в оставшейся группе низкие, то это свидетельствует о том, что отличия не случайны, а вызваны действием фактора [5].

В программе «Statistica» критерий Краскела-Уоллиса выглядит следующим образом (рис. 1).

		Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Процент выполнения (Procentzadaci) Cluster Independent (grouping) variable			
		Kruskal-Wallis test: H (2, N= 27) =22,68744 p =,0000			
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank	
Процент выполнени					
1	1	10	115,000	11,5000	
2	2	11	242,000	22,0000	
3	3	6	21,000	3,5000	

Рисунок 1 – Результаты теста Краскела-Уоллиса

Где:

H – статистика Краскела-Уоллиса;

p – вероятность принятия гипотезы H₀;

Code – уникальный код группы;

Valid N – число значений в группе;

Sum of Ranks – сумма рангов;

Mean Rank – среднее значение ранга.

2) Критерий Манна-Уитни

Критерий Манна-Уитни – непараметрический статистический критерий, употребляемый при сравнении двух независимых выборок по степени любого, измеренного количественно, признака. Способ базируется на распознавании того, довольно ли мала область перекрывающихся показателей между двумя вариативными рядами. Отличия между показателями параметра в выборках тем вернее, чем больше значение критерия [6].

В программе «Statistica» критерий Манна-Уитни выглядит следующим образом (рис. 2).

		Mann-Whitney U Test (Dissert1) By variable/variant Marked tests are significant at p <,05000								
variable	Rank Sum Group2	Rank Sum Group3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*sided exact p
Sum	843,500	986,500	315,500	-1,9559	0,05047	-1,9572	0,05031	32	28	0,04910

Рисунок 2 – Результаты теста Манна-Уитни

Где:

Rank Sum – сумма рангов выборки;

U – статистика Манна-Уитни для малых выборок;

Z – нормальная аппроксимация статистики Манна-Уитни для больших выборок;

p-value – вероятность принятия гипотезы H_0 ;

Z adjusted – скорректированная нормальная аппроксимация статистики Манна-Уитни.

2.2 Кластерный анализ

Кластерный анализ является методом классификационного анализа, его главная цель – это разделение большого количества исследуемых объектов на однородные группы, они же кластеры.

Задача кластерного анализа состоит в том, чтобы в соответствии с признаками объектов разделить их на m кластеров так, чтобы каждый объект относился только одному кластеру. Вместе с тем объекты, принадлежащие одной группе, должны быть схожими, а объекты, принадлежащие разным группам, – несхожими.

При представлении объектов кластеризации в виде точек в n -мерном пространстве признаков, похожесть объектов можно обозначить через расстояние между точками, и интуитивно понятно, что чем более схожи объекты, тем меньше расстояние между ними [7].

Понятие «кластер» не может быть точно определено, что является одной из причин, по которой существует так много алгоритмов кластеризации. Существует общий знаменатель: группа объектов данных. Однако разные исследователи используют разные кластерные модели, и для каждой из этих кластерных моделей снова могут быть приведены разные алгоритмы. Понятие кластера, найденное различными алгоритмами, существенно различается по его свойствам. Понимание этих «кластерных моделей» является ключом к пониманию различий между различными алгоритмами. Типичные кластерные модели включают в себя [8]:

- модели связности: например, иерархическая кластеризация строит модели на основе дистанционной связности;

- модели центроидов: например, алгоритм k-средних представляет каждый кластер одним средним вектором;
- модели распределения: кластеры моделируются с использованием статистических распределений, таких как многовариантные нормальные распределения, используемые алгоритмом максимизации ожидания;
- модели плотности: например, DBSCAN и OPTICS определяют кластеры как связанные плотные области в пространстве данных;
- модели подпространства: в двухкластерной кластеризации (также называемой совместной кластеризацией или двухрежимной кластеризацией) кластеры моделируются как членами кластера, так и соответствующими атрибутами;
- групповые модели: некоторые алгоритмы не предоставляют уточненную модель для своих результатов и просто предоставляют информацию о группировке;
- модели на основе графа: клик, то есть подмножество узлов в графе, такое, что каждые два узла в подмножестве, соединенные ребром, можно рассматривать как прототип формы кластера;
- нейронные модели: наиболее известной нейронной сетью без надзора является самоорганизующаяся карта, и эти модели обычно можно охарактеризовать как сходные с одной или несколькими из вышеуказанных моделей.

2.3 Корреляционный анализ

Исключительный интерес для широкого класса задач представляет обнаружение взаимных связей между двумя и более случайными величинами. В инженерных исследованиях такие задачи, обычно, сводятся к установлению связи между некоторым предполагаемым возбуждением и наблюдаемым откликом изучаемой физической системы.

Существование таких взаимосвязей и их относительную силу можно измерить коэффициентом корреляции.

Основная задача корреляционного анализа состоит в выявлении связи между случайными переменными путем точечной и интервальной оценки различных (парных, множественных, частных) коэффициентов корреляции.

Коэффициент корреляции определяется через корреляционный момент (ковариацию) по формуле:

$$\rho_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{M[(X - m_x)(Y - m_y)]}{\sigma_x \sigma_y}$$

Величина характеризует тесноту связи между случайными переменными и в генеральной совокупности. Из свойств коэффициента корреляции известно, что является показателем тесноты связи лишь в случае линейной зависимости между двумя переменными. Для линейно независимых случайных величин и даже и для зависимых СВ может быть равен 0. В этом случае СВ и называют некоррелированными [9].

2.4 Регрессионный анализ

Регрессия – это величина, выражающая зависимость среднего значения некоторой случайной величины от какой-либо другой величины, либо же от нескольких величин. Регрессия может применяться для предсказания некоего результата по некоторым предварительно измеренным характеристикам.

Кроме того, с помощью регрессии можно определять, какие показатели наиболее существенны, и важны для исследования, а какими из переменных можно пренебречь и исключить из анализа.

Регрессию используют для количественного обозначения связей между переменными, и выражают уравнением регрессии [10].

Главная задача регрессионного анализа заключается в нахождении связи между некоторым признаком Y наблюдаемого объекта и параметрами x_1, x_2, \dots, x_n , которые интерпретируют изменения Y . Признак Y является зависимой переменной (откликом), влияющие параметры x_1, x_2, \dots, x_n

являются факторами. Нахождение вида зависимости, нахождение уравнения регрессии и оценивание ее параметров – это задачи регрессионного анализа [11].

В программе «Statistica» регрессионный анализ выглядит следующим образом (рис. 3).

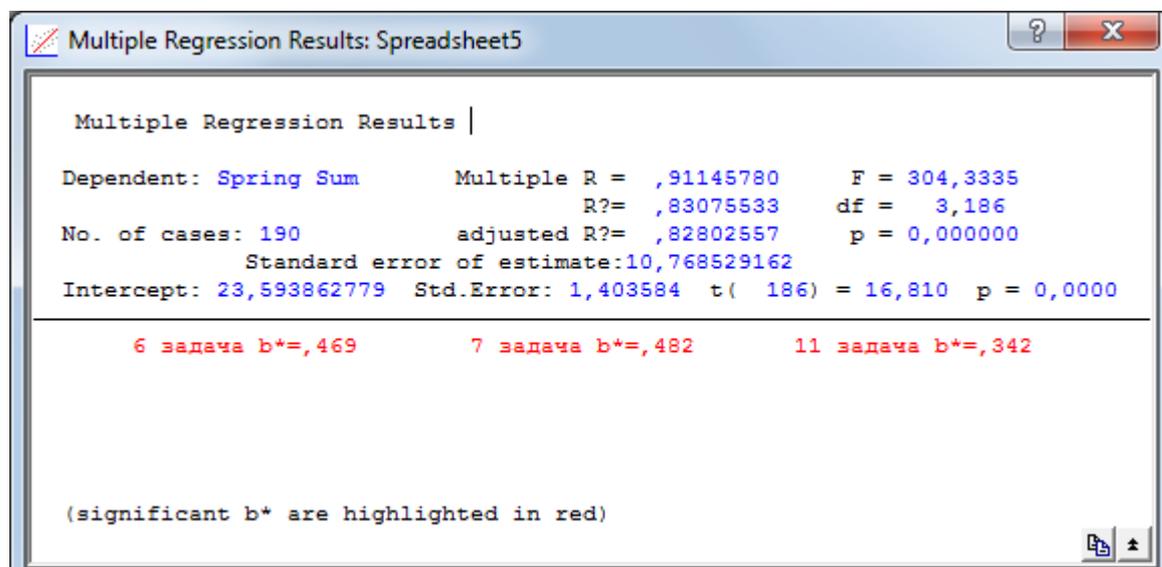


Рисунок 3 – Результаты регрессионного анализа

Где:

F – F-критерий используется для проверки значимости регрессии. В данном случае в качестве нулевой гипотезы проверяется гипотеза: между зависимой и независимыми переменными нет линейной зависимости;

df – числа степеней свободы для F-критерия;

p – вероятность нулевой гипотезы для F-критерия;

Standard error of estimate – стандартная ошибка оценки (уравнения);

Эта оценка является мерой рассеяния наблюдаемых значений относительно регрессионной прямой;

Intercept – оценка свободного члена уравнения;

Std.Error – стандартная ошибка оценки свободного члена уравнения;

t – t-критерий для оценки свободного члена уравнения;

p – вероятность нулевой гипотезы для свободного члена уравнения.

β – β -коэффициенты уравнения. Это стандартизированные регрессионные коэффициенты, рассчитанные по стандартизированным значениям переменных. По их величине можно оценить значимость зависимых переменных. Коэффициент показывает, на сколько единиц стандартного отклонения изменится зависимая переменная при изменении на одно стандартное отклонение независимой переменной, при условии постоянства остальных независимых переменных. Свободный член в таком уравнении равен 0.

2.5 Проверка параметрических гипотез

Статистической называют гипотезу о виде неизвестного распределения или о параметрах известного распределения.

Статистическая гипотеза называется параметрической, если в ней сформулированы предположения относительно значений параметров функции распределения известного вида.

Нулевой (основной) называют выдвинутую гипотезу H_0 . Конкурирующей (альтернативной) называют гипотезу H_1 , которая противоречит нулевой.

Параметрическая гипотеза называется простой, если содержит только одно предположение относительно параметра (например, если a – математическое ожидание нормально распределенной случайной величины, то гипотеза $H_0: a = 0$ – простая).

Параметрическая гипотеза называется сложной, если она состоит из конечного или бесконечного числа простых гипотез.

При проверке гипотезы могут быть допущены ошибки двух родов. Ошибка первого рода состоит в том, что будет отвергнута правильная нулевая гипотеза. Вероятность ошибки первого рода называют уровнем значимости и обозначают α [12].

Ошибка второго рода состоит в том, что будет принята неправильная нулевая гипотеза. Вероятность ошибки второго рода обозначают β .

Статистическим критерием (статистикой критерия) называют случайную величину, которая служит для проверки гипотезы.

Основной принцип проверки статистических гипотез: если наблюдаемое значение критерия принадлежит критической области, то нулевую гипотезу отвергают; если наблюдаемое значение критерия принадлежит области принятия гипотезы, то гипотеза согласуется с экспериментальными данными [13].

В работе для проверки гипотез о распределении используются следующие критерии:

1) Критерий Колмогорова-Смирнова

Характеристиками распределения, как правило, служат математическое ожидание и дисперсия. В отдельных случаях взамен дисперсии берут её корень – стандартное отклонение. Для теста гипотезы применяют следующие критерии: Колмогорова-Смирнова, либо же Шапиро-Уилка. Между тем, при анализе менее 60 наблюдений, как правило, используется критерий Шапиро-Уилка, в противном случае критерий Колмогорова-Смирнова.

Критерий Колмогорова-Смирнова представляет собой непараметрический критерий согласия, он был создан для того, чтобы проверять, принадлежит ли анализируемая выборка какому-либо закону распределения. Чаще всего этот критерий применяется для анализа выборок на нормальность распределения.

Критерий Колмогорова-Смирнова находит место, в котором сумма расхождений двух распределений является максимальной, для анализа истинности данного расхождения.

В случае, когда отличия двух распределений значительны, то в один момент разность собранных частот достигнет ключевого показателя, что будет значить, что различия являются статистически достоверными [14].

2) Критерий Шапиро-Уилка

Исследовать сходство выборки нормальному распределению возможно используя критерий Шапиро-Уилка. Данный критерий базируется на Q-Q графике, он отслеживает, как значительно точки на Q-Q графике не совпадают с прямой, анализирует гипотезу H_0 , и совершает это при помощи статистики W , вычисляемой согласно вариационному ряду, рассчитанному по выборке, и некоторых величин a . Эти значения базируются на математических ожиданиях порядковых статистик из стандартного нормального распределения, они взяты из таблиц и для них нет формул.

Тест Шапиро-Уилка применяется для тестирования гипотезы о том, что случайная величина имеет нормальное распределение и служит одним из самых действенных тестов проверки на нормальность. Критерий вычисляется как отношение квадрата суммы линейной разности выборочных порядковых статистик к обычной оценке дисперсии [15].

3) Критерий Лиллиефорса

Критерий Лиллиефорса – представляет собой статистический критерий, который является вариацией критерия Колмогорова–Смирнова. Применяется с целью теста нулевой гипотезы о том, что данные имеют нормальный закон распределения для того варианта, когда математическое ожидание и дисперсия нормального распределения заведомо неизвестны.

Как и в случае с критерием Колмогорова–Смирнова, вычисляется максимальная разница среди выборочной и теоретической интегральными функциями распределения.

Выполняется проверка, окажется ли статистически важным рассматриваемое смещение выборочной функции распределения от теоретической. При возникновении положительного решения, нулевая гипотеза отклоняется.

Главная причина погрешности критерия Лиллиефорса заключается в том, что параметры теоретического распределения считаются по тем же значениям, которые проверяются на соответствие распределению. То есть наибольшее отклонение будет меньше, если параметры распределения

вычисляются независимо. Следовательно, распределение вероятности гипотезы о верности нулевой гипотезы становится сдвинуто в сторону меньших значений в сравнении с распределением Колмогорова [16].

3. Анализ результатов тестирования

Цель математической статистики заключается в формировании способов сбора и обработки данных с целью извлечения научных и практических заключений.

Для исследования были предоставлены результаты тестирования по информатике за весенний и летний периоды 2018 года. Изначально обрабатывалась выборка за весенний период.

3.1 Анализ результатов весенней выборки

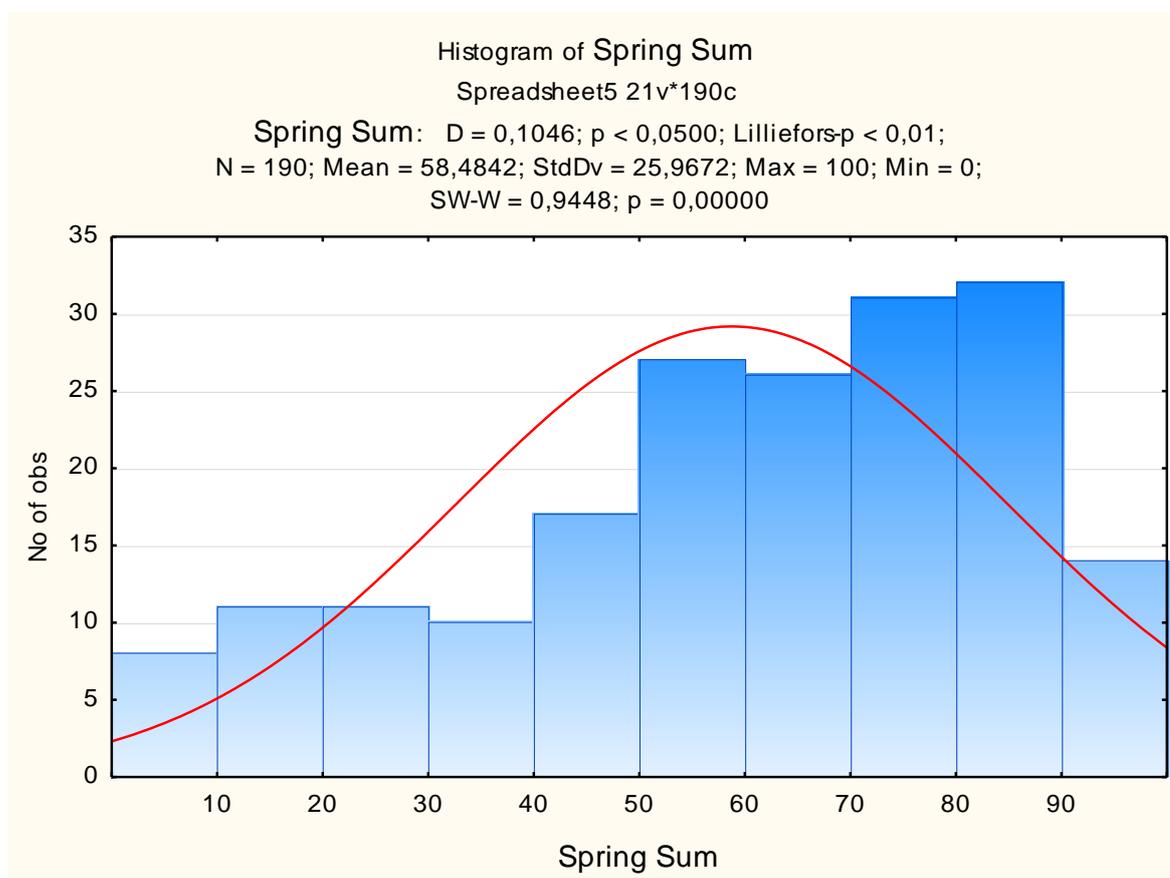


Рисунок 4 – Гистограмма суммарных баллов учеников весеннего потока

Среднее значение итогового количества баллов учеников равно 58,42.

Проанализируем уровни значимости критериев Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Если распределение является нормальным, то данные критерии должны иметь вероятность более 5%. По критерию Колмогорова-Смирнова распределение не является нормальным

($p < 0.05$). По критерию Шапиро-Уилка распределение также не является нормальным ($p = 0.0000$). Критерий Лиллиефорса подтверждает, что распределение не является нормальным ($p < 0.01$).

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что распределение не является нормальным, следовательно, можно использовать только те методы, для которых тип распределения не имеет значения. Например, применение дисперсионного анализа некорректно.

3.2 Проверка зависимости успешного выполнения итоговой работы от варианта

На следующем этапе исследований была проверена параллельность (равносильность) вариантов итоговой работы по информатике. Выполнена проверка критерия (рангового) Краскела-Уоллиса для выборки (рис.5), причем нулевая гипотеза – успешность выполнения работ разных вариантов – одинакова.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Spring Sum (Spreadsheet5)				
Independent (grouping) variable: Variant				
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 190) = 1,094022 p = ,5787				
Depend.: Spring Sum	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1	1	60	5722,00	95,3667
2	2	60	6060,50	101,0083
3	3	70	6362,50	90,8929

Рисунок 5 – Результаты теста Краскела-Уоллиса по вариантам

Из результатов следует, что статистика $H = 1,09$ и нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.5787$. Поскольку полученная вероятность много больше уровня значимости $\alpha = 0.05$, то следует принять нулевую гипотезу H_0 – успешность выполнения итоговой работы разных вариантов – одинакова.

Далее выполнен медианный тест.

		Median Test, Overall Median = 64,000 Spring Sum (Spreadsheet5)			
Dependent: Spring Sum		Independent (grouping) variable: Variant			
		Chi-Square = 1,297317 df = 2 p = ,5227			
		1	2	3	Total
<= Median:	observed	32,0000	27,0000	38,0000	97,0000
	expected	30,6315	30,6315	35,7368	
	obs.-exp.	1,3684	-3,6315	2,2631	
> Median:	observed	28,0000	33,0000	32,0000	93,0000
	expected	29,3684	29,3684	34,2631	
	obs.-exp.	-1,3684	3,6315	-2,2631	
Total:	observed	60,0000	60,0000	70,0000	190,0000

Рисунок 6 – Результаты медианного теста

Количественная оценка статистики $Q = 1,29$ свидетельствует о том, что нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.5227$, что больше уровня значимости, следовательно, принимается гипотеза H_0 .

Для проверки равносильности вариантов также применен критерий Манна-Уитни. В критерии Манна – Уитни сформулируем нулевую гипотезу H_0 исходные две выборки – однородны, соответственно гипотеза H_1 утверждает, что выборки не однородны, т. е. влияние фактора значимо.

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)										
By variable Variant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	3541,500	3718,500	1711,500	-0,461880	0,644168	-0,461991	0,644088	60	60	0,643451

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)										
By variable Variant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	4010,500	4504,500	2019,500	0,373612	0,708694	0,373705	0,708624	60	70	0,707890

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)										
By variable Variant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 2	Rank Sum Group 3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	4172,000	4343,000	1858,000	1,127840	0,259388	1,128074	0,259289	60	70	0,260356

Рисунок 7 – Результаты теста Манна-Уитни по вариантам заданий

Для вариантов 1 и 2 нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0,644088$. При 5% уровне значимости следует принять гипотезу H_0 , варианты 1 и 2 можно признать равносильными.

Сравнивая варианты 1 и 3, мы также убедились, что изменение незначимо и две выборки можно признать однородными.

Что касается вариантов 2 и 3, то нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0,259289$, что больше уровня значимости. На основании этого принимаем нулевую гипотезу, две выборки можно признать однородными.

Исходя из анализа, можно сделать вывод, что варианты заданий одинаковы по сложности, так как все выборки являются однородными и отличаются незначимо.

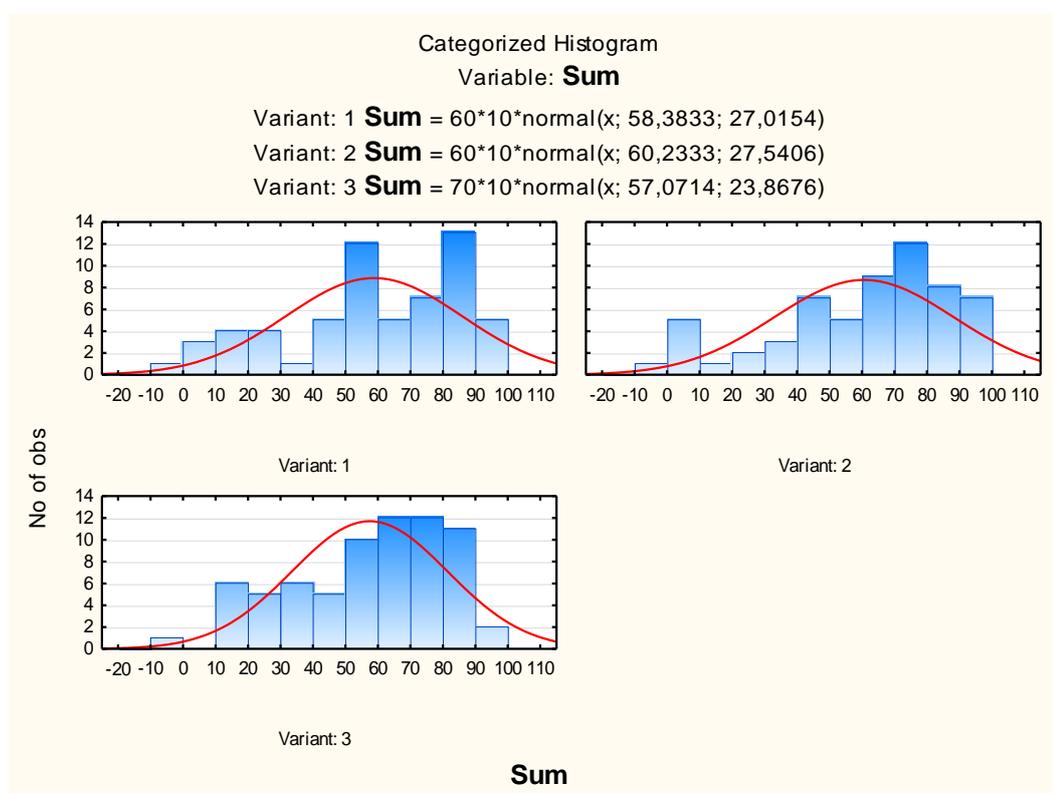


Рисунок 8 – Гистограммы итоговых баллов по вариантам

Исходя из визуального анализа, также можно сделать вывод, что варианты заданий одинаковы по сложности, так как ученики из всех стран имеют примерно одинаковый средний балл, сильных разбросов не наблюдается. 3 вариант имеет меньше всего неудовлетворительных выполнений работы.

3.3 Проверка зависимости успешности выполнения от страны абитуриента

Далее проверена зависимость успешности выполнения итогового тестирования от страны абитуриента.

Depend.: Суммарный балл	Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Суммарный балл (Spreadsheet3) Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: $H(4, N=190) = 47,04292$ $p = ,0000$			
	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Казахстан	101	98	10542,00	107,5710
Киргизия	102	20	794,50	39,7250
Таджикистан	103	15	1105,50	73,7000
Узбекистан	104	16	788,00	49,2500
Россия	105	41	4915,00	119,8780

Рисунок 9 – Результаты теста Краскела – Уоллиса по странам

В нашем случае статистика $H = 47,04$ и нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.000$. Поскольку заданный нами уровень значимости много больше $\alpha = 0.05$, то нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы H_1 – влияние фактора существенное, т.е. качество выполнения контрольной работы у выпускников разных стран – различно.

Анализируя средние значения рангов, представленные в результирующем отчете, можно говорить о влиянии уровня фактора на успешность выполнения контрольной. Из результатов следует, что лучшие показатели у учеников из России (119,9), а худшие – у учеников из Киргизии (39,7).

Дополнительно построена диаграмма размаха (рис. 10).

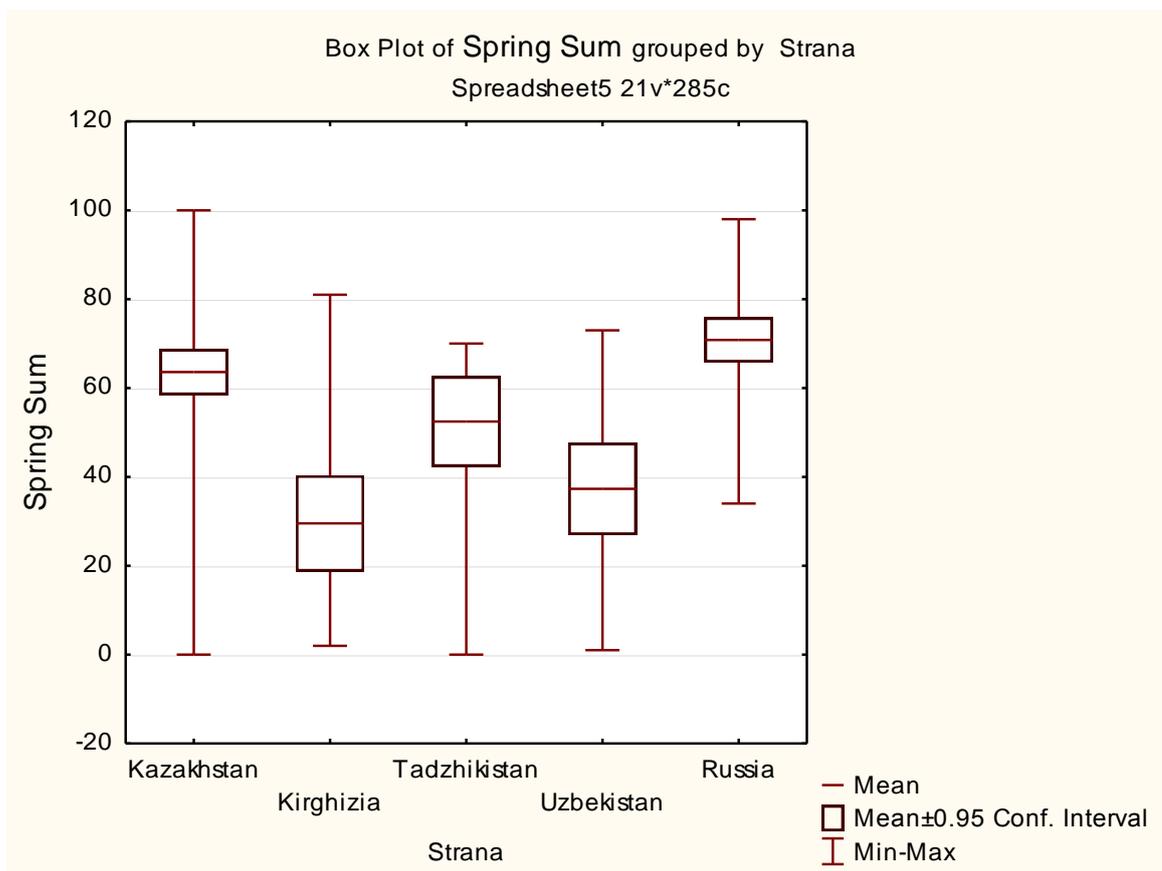


Рисунок 10 – Диаграмма размаха итогового балла по странам

Визуальный анализ также подтверждает, что лучшие показатели у учеников из России, т.к. среднее значение итогового балла больше, чем в других и странах, а также меньше учеников, которые выполнили контрольную работу плохо.

3.4 Оценка уровня сложности задач

Произведена оценка уровня сложности выполнения задач, а также выявлены минимальные и максимальные полученные баллы за задания.

Variable	Descriptive Statistics (Spreadsheet5)						
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Standard Error
1 задача	190	3,83157	0,00	5,00000	3,44238	1,85536	0,13460
2 задача	190	4,44736	0,00	7,00000	9,62420	3,10228	0,22506
3 задача	190	3,43684	0,00	5,00000	4,74467	2,17822	0,15802
4 задача	190	5,06842	0,00	10,00000	20,1804	4,49226	0,32590
5 задача	190	4,93157	0,00	7,00000	9,66190	3,10836	0,22550
6 задача	190	6,75789	0,00	12,00000	31,5495	5,61689	0,40749
7 задача	190	6,11578	0,00	12,00000	28,84360	5,37063	0,38962
8 задача	190	4,52105	0,00	8,00000	1,99697	1,41312	0,10251
9 задача	190	9,31052	0,00	11,00000	14,0882	3,75343	0,27230
10 задача	190	6,14210	0,00	15,00000	23,8156	4,88013	0,35404
11 задача	190	3,75263	0,00	15,00000	30,9914	5,56699	0,40387

Рисунок 11 – Сводная таблица данных по всем заданиям

Исходя из данной таблицы, можно сделать вывод, что ученики наиболее успешно справились с заданиями 1 и 9 (средний балл минимально отличается от максимума). Самой сложной задачей для учеников стала 11 (средний балл слишком далек от максимума).

Что касается 6, 7, 11 задач, то можно убедиться, что данные задания были выполнены неоднозначно, с большим разбросом в плане результатов (об этом говорят высокие показатели дисперсии). Наиболее одинаково была решена 8 задача.

3.5 Анализ выполненных заданий по странам

Далее будет произведен анализ выполненных заданий по странам.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 1 задача (Spreadsheet5)				
Independent (grouping) variable: Страна				
Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =20,91988 p =,0003				
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1 задача				
Kazakhstan	106	98	9765,00	99,6429
Kirghizia	107	20	1518,00	75,9000
Tadzhikistan	108	15	1276,50	85,1000
Uzbekistan	109	16	950,00	59,3750
Russia	110	41	4635,50	113,0610

Рисунок 12 – Сравнение по странам, 1 задача

Можно сделать вывод, что с первой задачей лучшего всего справились ученики из России, а хуже всего первую задачу выполнили ученики из Узбекистана.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 2 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =24,56533 p =,0001					
Depend.: 2 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank	
Kazakhstan	106	98	10288,00	104,9790	
Kirghizia	107	20	1004,00	50,2000	
Tadzhikistan	108	15	1796,50	119,7667	
Uzbekistan	109	16	1327,00	82,9375	
Russia	110	41	3729,50	90,9634	

Рисунок 13 – Сравнение по странам, 2 задача

Можно сделать вывод, что со второй задачей лучшего всего справились ученики из Таджикистана, а хуже всего вторую задачу выполнили ученики из Киргизии.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 3 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =69,08742 p =,0000					
Depend.: 3 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank	
Kazakhstan	106	98	10644,50	108,6173	
Kirghizia	107	20	890,00	44,5000	
Tadzhikistan	108	15	746,00	49,7333	
Uzbekistan	109	16	857,00	53,5625	
Russia	110	41	5007,50	122,1341	

Рисунок 14 – Сравнение по странам, 3 задача

Можно сделать вывод, что с третьей задачей лучшего всего справились ученики из России, а хуже всего третью задачу выполнили ученики из Киргизии, Таджикистана, Узбекистана.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 4 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =26,17339 p =,0000					
Depend.: 4 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank	
Kazakhstan	106	98	9997,50	102,0153	
Kirghizia	107	20	1060,00	53,0000	
Tadzhikistan	108	15	1084,50	72,3000	
Uzbekistan	109	16	1238,50	77,4062	
Russia	110	41	4764,50	116,2073	

Рисунок 15 – Сравнение по странам, 4 задача

Можно сделать вывод, что с четвертой задачей лучшего всего справились ученики из России, а хуже всего четвертую задачу выполнили ученики из Киргизии.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 5 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =26,03395 p =,0000				
Depend.: 5 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	9686,00	98,8367
Kirghizia	107	20	1419,00	70,9500
Tadzhikistan	108	15	1222,00	81,4667
Uzbekistan	109	16	1001,50	62,5938
Russia	110	41	4816,50	117,4756

Рисунок 16 – Сравнение по странам, 5 задача

Можно сделать вывод, что с пятой задачей лучшего всего справились ученики из России, а хуже всего пятую задачу выполнили ученики из Узбекистана.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 6 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =54,36793 p =,0000				
Depend.: 6 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	9602,50	97,9847
Kirghizia	107	20	1429,50	71,4750
Tadzhikistan	108	15	747,50	49,8333
Uzbekistan	109	16	829,50	51,8438
Russia	110	41	5536,00	135,0244

Рисунок 17 – Сравнение по странам, 6 задача

Можно сделать вывод, что с шестой задачей лучшего всего справились ученики из России, а хуже всего шестую задачу выполнили ученики из Таджикистана и Узбекистана.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 7 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =27,27995 p =,0000				
Depend.: 7 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	10542,00	107,5714
Kirghizia	107	20	1038,50	51,9250
Tadzhikistan	108	15	1505,00	100,3333
Uzbekistan	109	16	945,00	59,0625
Russia	110	41	4114,50	100,3537

Рисунок 18 – Сравнение по странам, 7 задача

Можно сделать вывод, что с седьмой задачей лучшего всего справились ученики из России, Казахстана, Таджикистана, а хуже всего седьмую задачу выполнили ученики из Киргизии и Узбекистана.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 8 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =5,533355 p =,2368				
Depend.: 8 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	9086,500	92,7194
Kirghizia	107	20	1969,000	98,4500
Tadzhikistan	108	15	1508,000	100,5333
Uzbekistan	109	16	1334,000	83,3750
Russia	110	41	4247,500	103,5976

Рисунок 19 – Сравнение по странам, 8 задача

Можно сделать вывод, что с восьмой задачей лучшего всего справились ученики из России, Таджикистана, а хуже всего восьмую задачу выполнили ученики из Узбекистана.

Однако это различие для учеников из разных стран незначимое $p = 0.2368$, что значительно больше уровня значимости. Это значит, что следует принять нулевую гипотезу: за решение 8 задачи ученики из разных стран получили одинаковые баллы.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; 9 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =24,66409 p =,0001				
Depend.: 9 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	9912,500	101,1480
Kirghizia	107	20	1394,500	69,7250
Tadzhikistan	108	15	1527,500	101,8333
Uzbekistan	109	16	1024,000	64,0000
Russia	110	41	4286,500	104,5488

Рисунок 20 – Сравнение по странам, 9 задача

Можно сделать вывод, что с девятой задачей лучшего всего справились ученики из России, Таджикистана и Казахстана, а хуже всего девятую задачу выполнили ученики из Узбекистана и Киргизии.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks, 10 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =32,08043 p =,0000				
Depend.: 10 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	9771,500	99,7092
Kirghizia	107	20	956,000	47,8000
Tadzhikistan	108	15	1947,500	129,8333
Uzbekistan	109	16	1012,000	63,2500
Russia	110	41	4458,000	108,7317

Рисунок 21 – Сравнение по странам, 10 задача

Можно сделать вывод, что с десятой задачей лучшего всего справились ученики из Таджикистана, а хуже всего десятую задачу выполнили ученики из Киргизии.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks, 11 задача (Spreadsheet Independent (grouping) variable: Страна Kruskal-Wallis test: H (4, N= 190) =8,160546 p =,0859				
Depend.: 11 задача	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Kazakhstan	106	98	9968,500	101,7193
Kirghizia	107	20	1416,500	70,8250
Tadzhikistan	108	15	1244,500	82,9667
Uzbekistan	109	16	1447,000	90,4375
Russia	110	41	4068,500	99,2317

Рисунок 22 – Сравнение по странам, 11 задача

Можно сделать вывод, что с одиннадцатой задачей лучшего всего справились ученики из Казахстана, а хуже всего одиннадцатую задачу выполнили ученики из Киргизии.

4. Анализ результатов летней выборки

4.1 Проверка на нормальность распределения

Для выбора используемых методов статистического анализа была проведена проверка данных на нормальность распределения.

Построена гистограмма по суммарному баллу всех учеников за выполнение итоговой работы (рис. 23).

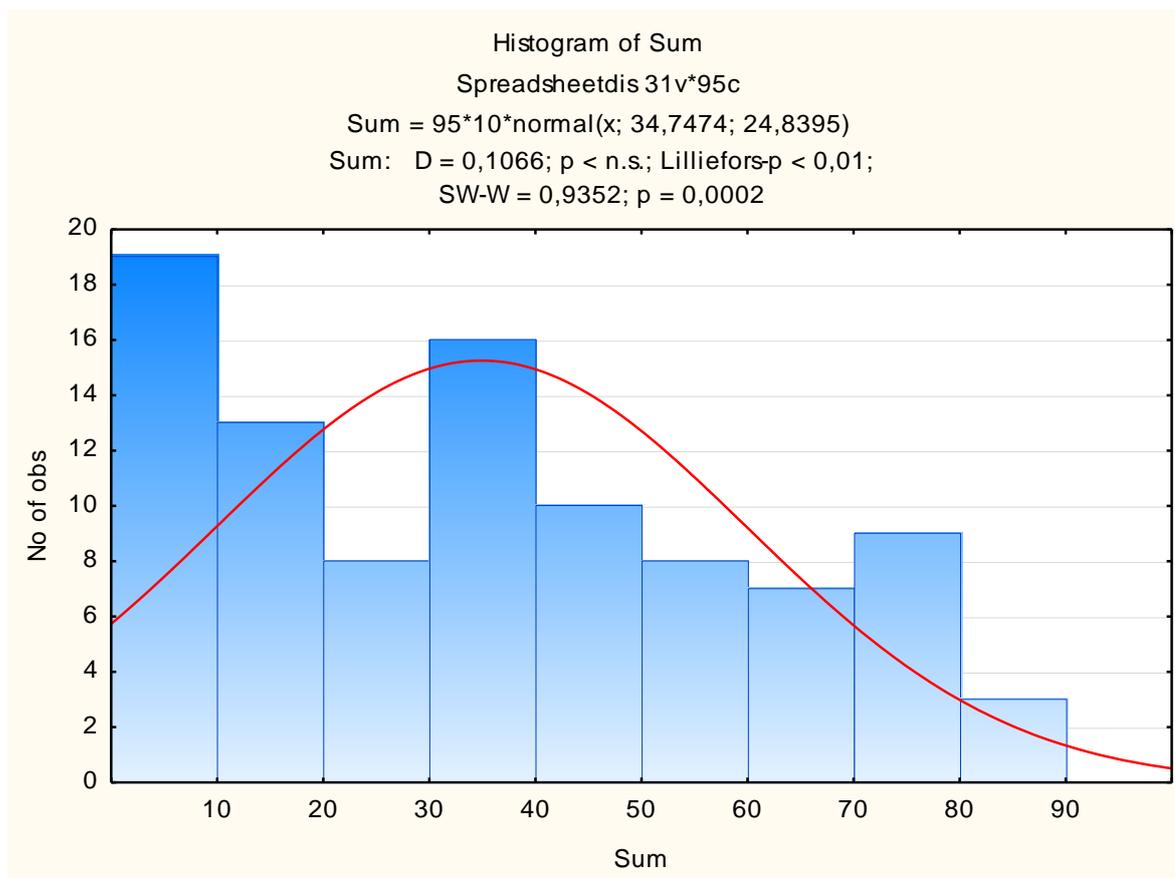


Рисунок 23 – Гистограмма суммарных баллов учеников

Среднее значение итогового количества баллов учеников равно 34,74.

Проанализируем уровни значимости критериев Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Если распределение является нормальным, то данные критерии должны иметь вероятность более 5%. По критерию Колмогорова-Смирнова распределение не является нормальным ($p < n.s.$). По критерию Шапиро-Уилка распределение также не является

нормальным ($p=0.0002$). Критерий Лиллиефорса подтверждает, что распределение не является нормальным ($p<0.01$).

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что распределение не является нормальным, следовательно, можно использовать только те методы, для которых тип распределения не имеет значения. Например, применение дисперсионного анализа некорректно.

4.2 Проверка зависимости успешного выполнения итоговой работы от варианта

На следующем этапе исследований была проверена параллельность (равносильность) вариантов итоговой работы по информатике. Выполнена проверка критерия (рангового) Краскела-Уоллиса для выборки (рис. 24), причем нулевая гипотеза – успешность выполнения работ разных вариантов – одинакова.

Результаты теста представлены на рисунке 24.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Sum (Disser1)				
Independent (grouping) variable: Variant				
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 95) =4,998231 p =,082				
Depend.: Sum	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1	1	35	1763,500	50,38571
2	2	32	1263,500	39,48438
3	3	28	1533,000	54,75000

Рисунок 24 – Результаты теста Краскела-Уоллиса по вариантам

Из результатов следует, что статистика $H = 4,99$ и нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.082$. Поскольку полученная вероятность больше уровня значимости $\alpha = 0.05$, то следует принять нулевую гипотезу H_0 – успешность выполнения итоговой работы разных вариантов – одинакова.

Далее выполнен медианный тест.

Median Test, Overall Median = 34,0000; Sum (Disser1)				
Independent (grouping) variable: Variant				
Chi-Square = 3,226730 df = 2 p = ,1992				
Dependent: Sum	1	2	3	Total
<= Median: observed	18,00000	21,00000	12,00000	51,00000
expected	18,78947	17,17895	15,03158	
obs.-exp.	-0,78947	3,82105	-3,03158	
> Median: observed	17,00000	11,00000	16,00000	44,00000
expected	16,21053	14,82105	12,96842	
obs.-exp.	0,78947	-3,82105	3,03158	
Total: observed	35,00000	32,00000	28,00000	95,00000

Рисунок 25 – Результаты медианного теста

Количественная оценка статистики $Q = 3,22$ свидетельствует о том, что нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.1992$, что больше уровня значимости, следовательно, принимается гипотеза H_0 .

Для проверки равносильности вариантов также применен критерий Манна-Уитни. В критерии Манна – Уитни сформулируем нулевую гипотезу H_0 исходные две выборки – однородны, соответственно гипотеза H_1 утверждает, что выборки не однородны, т. е. влияние фактора значимо.

Mann-Whitney U Test (Disser1)										
By variable/ariant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	1330,00	948,000	420,000	1,75106	0,07993	1,75198	0,07977	35	32	0,07988

Mann-Whitney U Test (Disser1)										
By variable/ariant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	1063,50	952,500	433,500	-0,77459	0,43857	-0,77505	0,43830	35	28	0,43719

Mann-Whitney U Test (Disser1)										
By variable/ariant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group2	Rank Sum Group3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	843,500	986,500	315,500	-1,9559	0,05047	-1,9572	0,05031	32	28	0,04910

Рисунок 26 – Результаты теста Манна-Уитни по вариантам заданий

Для вариантов 1 и 2 нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0,07977$. При 5% уровне значимости следует принять гипотезу H_0 , варианты 1 и 2 можно признать равносильными.

Сравнивая варианты 1 и 3, мы также убедились, что изменение незначимо и две выборки можно признать однородными.

Что касается вариантов 2 и 3, то нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0,050318$, что больше уровня значимости. На основании этого принимаем нулевую гипотезу, две выборки можно признать однородными.

Исходя из анализа, можно сделать вывод, что варианты заданий одинаковы по сложности, так как все выборки являются однородными и отличаются незначимо.

4.3 Кластерный анализ

Так как оценка в виде баллов за выполнение каждого задания разная, то приведем баллы за выполнение каждого задания к единой шкале, в которой максимальный балл будет равен 1.

Таблица 2 – Средний балл за выполнение заданий

1 Задача	2 Средний балл за выполнение задачи
1	0,875
2	0,65625
3	0,703125
4	0,890625
5	0,671875
6	0,78125
7	0,84375
8	0,6875
9	0,625
10	0,484375
11	0,4375
12	0,515625
13	0,46875
14	0,125
15	0,6875
16	0,71875
17	0,5625
18	0,1875
19	0,484375
20	0,4375
21	0,296875
22	0,21875
23	0,375
24	0,37640625
25	0,40625
26	0,2755555555555555
27	0,1595972222222222

К данным из таблицы был применен кластерный анализ, метод к-средних.

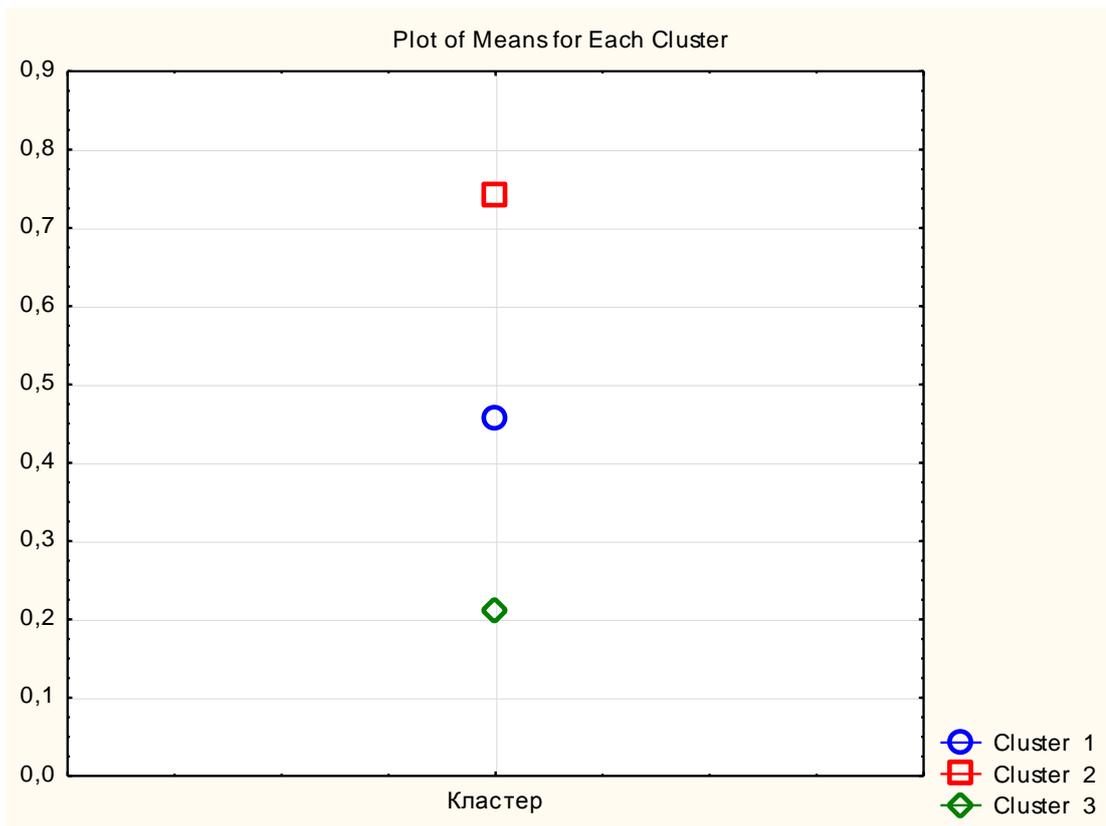


Рисунок 27 – Точки средних значений кластеров

Задачи разбиты на 3 уровня сложности: лёгкие, средние, сложные.

Кластер 2 – простые задания, задачи с высокими результатами;

Кластер 1 – задания средней сложности;

Кластер 3 – сложные задания.

Далее выявляем задания, входящие в кластеры:

Members of Cluster Number 2 (Procentzadac and Distances from Respective Cluster Cente Cluster contains 11 cases	
Case No.	Distance
C_1	0,13494;
C_2	0,08380;
C_3	0,03693;
C_4	0,15056;
C_5	0,06818;
C_6	0,04119;
C_7	0,10369;
C_8	0,05255;
C_9	0,11505;
C_15	0,05255;
C_16	0,02130;

Рисунок 28 – Задания из кластера 2

Members of Cluster Number 1 (Procentzadaci and Distances from Respective Cluster Center) Cluster contains 10 cases	
Case No.	Distance
C_10	0,029544
C_11	0,017321
C_12	0,060791
C_13	0,013921
C_17	0,107671
C_19	0,029544
C_20	0,017321
C_23	0,079821
C_24	0,078411
C_25	0,048591

Рисунок 29 – Задания из кластера 1

Members of Cluster Number 3 (Procentzadaci and Distances from Respective Cluster Center) Cluster contains 6 cases	
Case No.	Distance
C_14	0,085541
C_18	0,023041
C_21	0,086321
C_22	0,008201
C_26	0,065011
C_27	0,050941

Рисунок 30 – Задания из кластера 3

Следовательно, каждый кластер содержит следующие задания:

Кластер 1: 10,11,12,13,17,19,20,23,24,25

Кластер 2: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,15,16

Кластер 3: 14,18,21,22,26,27

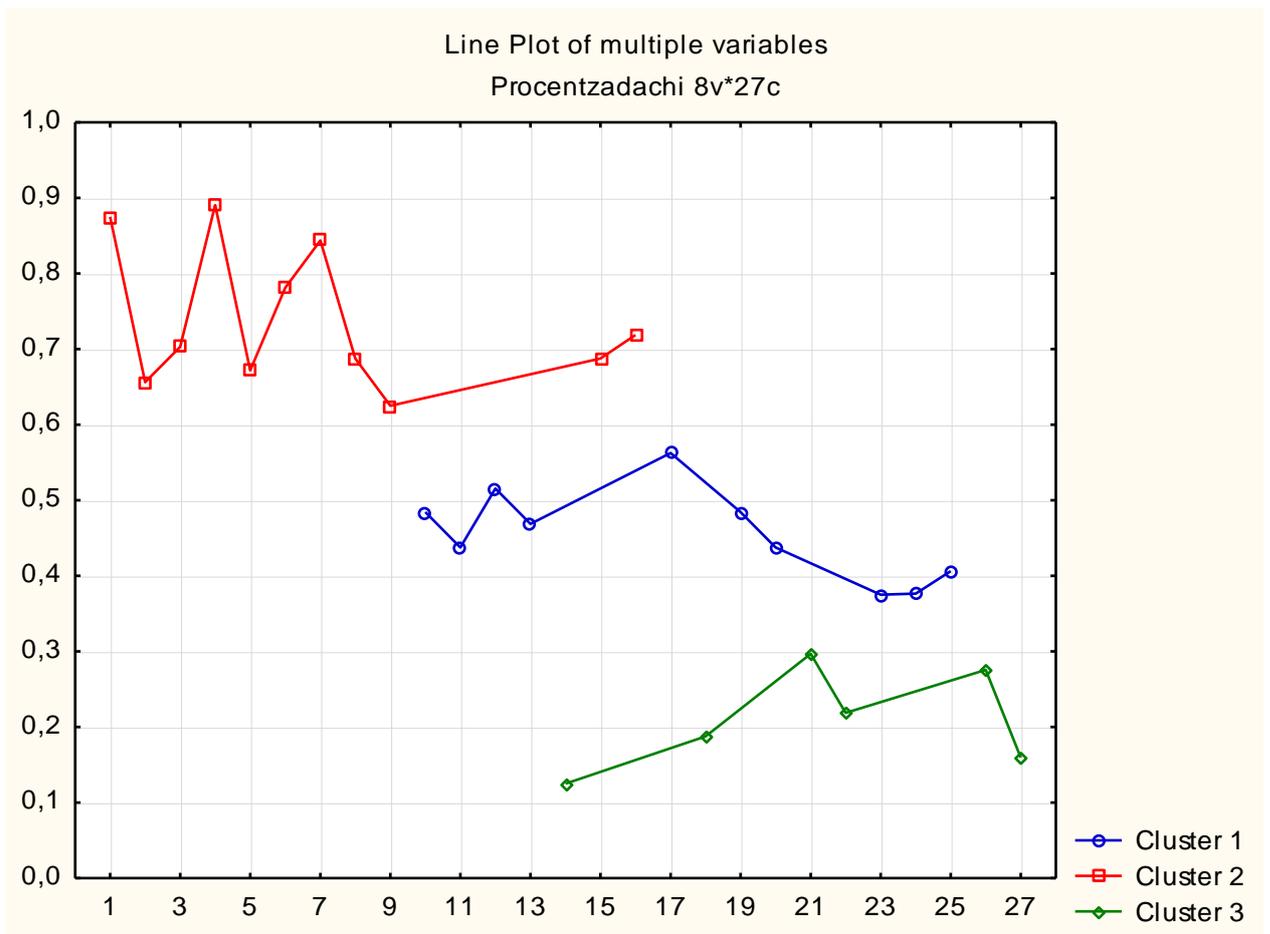


Рисунок 31 – Распределение задач по кластерам

Далее проверено разделение кластеров. Верно ли разделение, принадлежат ли баллы одному распределению или нет.

Выполнен тест Краскела-Уоллиса.

Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Процент выполнения (Procentzadachi 8v*27c)				
Independent (grouping) variable: Cluster				
Kruskal-Wallis test: H (2, N= 27) =22,68744 p =,0000				
Depend.: Процент выполнения	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
1	1	10	115,0000	11,50000
2	2	11	242,0000	22,00000
3	3	6	21,0000	3,50000

Рисунок 32 – Результат теста Краскела-Уоллиса

Нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.0000$. Поскольку заданный уровень значимости много меньше $\alpha = 0.05$, то нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы H_1 – влияние фактора существенное. Значит, баллы из трёх кластеров не принадлежат одному и тому же распределению.

Выполнен медианный тест.

Median Test, Overall Median = ,484375; Процент выполнения (Procentzadachi) Cluster Independent (grouping) variable				
Dependent: Процент выполнения	Chi-Square = 20,59121 df = 2 p = ,0000			
	1	2	3	Total
<= Median: observed	8,0000	0,0000	6,0000	14,0000
expected	5,1851	5,7037	3,1111	
obs.-exp.	2,8148	-5,7037	2,8888	
> Median: observed	2,0000	11,0000	0,0000	13,0000
expected	4,8148	5,2963	2,8888	
obs.-exp.	-2,8148	5,7037	-2,8888	
Total: observed	10,0000	11,0000	6,0000	27,0000

Рисунок 33 – Результаты медианного теста

Количественная оценка статистики $Q = 20,59$ свидетельствует о том, что нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0.0000$, что меньше уровня значимости, следовательно, принимается гипотеза H_1 .

Выполнен тест Манна-Уитни.

Mann-Whitney U Test (Procentzadachi) By variable Cluster Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Процент выполнения	55,0000	176,0000	0,00	-3,8377	0,00012	-3,8415	0,00012	10	11	0,00000

Mann-Whitney U Test (Procentzadachi) By variable Cluster Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Процент выполнения	115,0000	21,0000	0,00	3,19972	0,00137	3,20444	0,00135	10	6	0,00025

Mann-Whitney U Test (Procentzadachi) By variable Cluster Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group 2	Rank Sum Group 3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Процент выполнения	132,0000	21,0000	0,00	3,26637	0,00108	3,26837	0,00108	11	6	0,00016

Рисунок 34 – Результаты теста Манна-Уитни

Сравнивая кластеры, можно убедиться, что везде значения $p < 0.05$, и это означает, что баллы из трёх кластеров не принадлежат одному и тому же распределению.

Так как предварительный ранговый однофакторный анализ подтвердил гипотезу о значимом влиянии фактора, попробуем оценить это влияние количественно в рамках дисперсионного анализа.

Analysis of Variance (Procentzadachi)								
Marked effects are significant at p < ,05000								
Variable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p
Процент выполнения	1,14943	2	0,57471	0,14048	24	0,00585	98,1809	0,00000

Рисунок 35 – Результаты дисперсионного анализа

Статистика Фишера $F=98,1809$ незначимо отличается от единицы с вероятностью $p=0.000000$, что значительно меньше уровня значимости.

Следовательно, нулевую гипотезу следует отвергнуть в пользу альтернативной гипотезы - влияние фактора существенно.

Это также подтверждает, что разделение заданий на 3 кластера было верным.

Оценка эффектов обработки:

Breakdown Table of Descriptive Statistics (Procentzadachi)						
N=27 (No missing data in dep. var. list)						
Cluster	Процент выполнения Means	Confidence -95,000%	Confidence +95,000%	Процент выполнения N	Процент выполнения Sum	Процент выполнения Std.Dev.
1	0,45482	0,41169	0,49795	10	4,5482	0,06028
2	0,74005	0,67790	0,80220	11	8,1406	0,09251
3	0,21054	0,14063	0,28046	6	1,2632	0,06662
All Grps	0,51674	0,42863	0,60486	27	13,9521	0,22273

Рисунок 36 – Влияние кластеров на количество баллов

Полученные результаты (средние) свидетельствуют о существенном различии точечных и интервальных характеристик для различных групп.

Scheffe test; variable Процент выполнения (Procentzadachi)					
Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,00585, df = 24,000					
Cell No.	Cluster	{1}	{2}	{3}	
1	1	,45483	,74006	,21055	
2	2	0,00000		0,00000	
3	3	0,00001	0,00000		

Рисунок 37 – Тест Шеффе

В результате проверки гипотезы о незначимом различии средних, для всех пар вероятность нулевой гипотезы много меньше уровня значимости. Поэтому нулевая гипотеза отклоняется, влияние фактора значительное.

Все задания из данного тестирования подразделены на 9 следующих тем:

- 1) Информация и ее кодирование;
- 2) Моделирование и компьютерный эксперимент;
- 3) Системы счисления;
- 4) Логика и алгоритмы;
- 5) Элементы теории алгоритмов;
- 6) Программирование;
- 7) Архитектура компьютеров и компьютерных сетей;
- 8) Обработка числовой информации;
- 9) Технологии поиска и хранения информации.

Задания из тестирования соответствуют следующим темам:

- 1) 5,9,10,13
- 2) 14,22
- 3) 1,16
- 4) 2,3,6,15,18,23
- 5) 8,11,19,20,21
- 6) 24,25,26,27
- 7) 12
- 8) 7
- 9) 4,17

	1 Тема	2 Процент выполнения
1	Информация и ее кодирование	56,25
2	Моделирование и компьютерный эксперимент	17,18
3	Системы счисления	79,68
4	Логика и алгоритмы	56,51
5	Элементы теории алгоритмов	46,87
6	Программирование	30,44
7	Архитектура компьютеров и компьютерных се	51,56
8	Обработка числовой информации	84,37
9	Технологии поиска и хранения информации	72,65

Рисунок 38 – Средний процент выполнения по темам

Можно сделать вывод, что самыми сложными темами являются 2,6: Моделирование и компьютерный эксперимент; Программирование.

Самыми легкими темами являются 3,8,9: Системы счисления; Обработка числовой информации; Технологии поиска и хранения информации.

Исходя из кластерного анализа, можно сделать следующие выводы:

Тема 1 «Информация и ее кодирование» содержит в себе задания из кластера с простыми вопросами – 5,9, содержит задания из кластера с вопросами средней сложности – 10, 13, не содержит заданий из кластера с трудными вопросами.

Тема 2 «Моделирование и компьютерный эксперимент» не содержит в себе задания из кластера с простыми вопросами, не содержит заданий из кластера с вопросами средней сложности, содержит задания из кластера с трудными вопросами – 14,22.

Тема 3 «Системы счисления» содержит в себе задания из кластера с простыми вопросами – 1,16, не содержит заданий из кластера с вопросами средней сложности, не содержит заданий из кластера с трудными вопросами.

Тема 4 «Логика и алгоритмы» содержит в себе задания из кластера с простыми вопросами – 2,3,6,15, содержит задание из кластера с вопросами

средней сложности – 23, содержит задание из кластера с трудными вопросами – 18.

Тема 5 «Элементы теории алгоритмов» содержит в себе задание из кластера с простыми вопросами – 8, содержит задания из кластера с вопросами средней сложности – 11,19,20, содержит задание из кластера с трудными вопросами – 21.

Тема 6 «Программирование» не содержит в себе заданий из кластера с простыми вопросами, содержит задания из кластера с вопросами средней сложности – 24,25, содержит задания из кластера с трудными вопросами – 26,27.

Тема 7 «Архитектура компьютеров и компьютерных сетей» не содержит в себе заданий из кластера с простыми вопросами, содержит задание из кластера с вопросами средней сложности – 12, не содержит заданий из кластера с трудными вопросами.

Тема 8 «Обработка числовой информации» содержит в себе задание из кластера с простыми вопросами – 7, не содержит заданий из кластера с вопросами средней сложности, не содержит заданий из кластера с трудными вопросами.

Тема 9 «Технологии поиска и хранения информации» содержит в себе задание из кластера с простыми вопросами – 4, содержит задание из кластера с вопросами средней сложности – 17, не содержит заданий из кластера с трудными вопросами.

4.4 Корреляционный анализ

На данном этапе исследования была построена корреляционная матрица, включающая в себя все задания итоговой работы по информатике, для выявления существующих зависимостей между заданиями, а также зависимости выполнения заданий от варианта.

		Correlations (Spreadsheets)								
		Marked correlations are significant at $p < ,05000$								
		N=64 (Casewise deletion of missing data)								
Variable	Variant	1 задача	2 задача	3 задача	4 задача	5 задача	6 задача	7 задача	8 задача	9 задача
Variant	1,0000	-,1863	,0757	,0443	,1563	,0395	,1477	,1776	,0813	,0330
	p= ---	p=,140	p=,552	p=,728	p=,217	p=,757	p=,244	p=,160	p=,523	p=,796
1 задача	-,1863	1,0000	,1243	,2714	,0189	,2390	,1429	,2277	-,0510	,0976
	p=,140	p= ---	p=,328	p=,030	p=,882	p=,057	p=,260	p=,070	p=,689	p=,443
2 задача	,0757	,1243	1,0000	,2498	,3788	,1248	,4924	,5946	,2928	,1869
	p=,552	p=,328	p= ---	p=,047	p=,002	p=,326	p=,000	p=,000	p=,019	p=,139
3 задача	,0443	,2714	,2498	1,0000	,3202	,4200	,3180	,2855	,2997	,2737
	p=,728	p=,030	p=,047	p= ---	p=,010	p=,001	p=,010	p=,022	p=,016	p=,029
4 задача	,1563	,0189	,3788	,3202	1,0000	-,0317	,2990	,4007	,5198	,3490
	p=,217	p=,882	p=,002	p=,010	p= ---	p=,804	p=,016	p=,001	p=,000	p=,005
5 задача	,0395	,2390	,1248	,4200	-,0317	1,0000	,2742	,0659	,1032	,1461
	p=,757	p=,057	p=,326	p=,001	p=,804	p= ---	p=,028	p=,605	p=,417	p=,249
6 задача	,1477	,1429	,4924	,3180	,2990	,2742	1,0000	,7092	,3771	-,0195
	p=,244	p=,260	p=,000	p=,010	p=,016	p=,028	p= ---	p=,000	p=,002	p=,878
7 задача	,1776	,2277	,5946	,2855	,4007	,0659	,7092	1,0000	,2669	,0222
	p=,160	p=,070	p=,000	p=,022	p=,001	p=,605	p=,000	p= ---	p=,033	p=,862
8 задача	,0813	-,0510	,2928	,2997	,5198	,1032	,3771	,2669	1,0000	,3830
	p=,523	p=,689	p=,019	p=,016	p=,000	p=,417	p=,002	p=,033	p= ---	p=,002
9 задача	,0330	,0976	,1869	,2737	,3490	,1461	-,0195	,0222	,3830	1,0000
	p=,796	p=,443	p=,139	p=,029	p=,005	p=,249	p=,878	p=,862	p=,002	p= ---
10 задача	,0531	,0827	,3065	,2192	,0391	,2112	,3616	,3310	,1138	,1049
	p=,677	p=,516	p=,014	p=,082	p=,759	p=,094	p=,003	p=,008	p=,370	p=,409
11 задача	,3060	,0476	,1741	,2284	,2081	,1467	,2381	,2060	,1869	,1627
	p=,014	p=,709	p=,169	p=,070	p=,099	p=,247	p=,058	p=,102	p=,139	p=,199
12 задача	,3854	,2009	,0885	,2598	,2614	,3215	,3191	,2718	,1560	,2825
	p=,002	p=,111	p=,487	p=,038	p=,037	p=,010	p=,010	p=,030	p=,218	p=,024
13 задача	,0149	,0710	,2843	,3362	,3292	,1896	,1183	,2318	,3631	,5336
	p=,907	p=,577	p=,023	p=,007	p=,008	p=,133	p=,352	p=,065	p=,003	p=,000
14 задача	,4624	-,0000	,2736	,2456	,1325	,2641	,2000	,1627	,2548	,0976
	p=,000	p=1,000	p=,029	p=,050	p=,297	p=,035	p=,113	p=,199	p=,042	p=,443
15 задача	-,0369	,3568	,1508	,3735	,5198	,1750	,2956	,2669	,3455	,2437
	p=,772	p=,004	p=,234	p=,002	p=,000	p=,167	p=,018	p=,033	p=,005	p=,052
16 задача	,0063	,2890	,3521	,4302	,5602	,1550	,4256	,4008	,4780	,2333
	p=,960	p=,021	p=,004	p=,000	p=,000	p=,221	p=,000	p=,001	p=,000	p=,064
17 задача	,1725	,0476	,0912	,3921	,2964	,1887	,0667	,2277	,2208	,3578
	p=,173	p=,709	p=,474	p=,001	p=,017	p=,135	p=,601	p=,070	p=,079	p=,004
18 задача	-,0205	-,0605	,2634	,2245	,1683	,1652	,1574	,2067	,0648	,1240
	p=,872	p=,635	p=,035	p=,074	p=,184	p=,192	p=,214	p=,101	p=,611	p=,329
19 задача	-,1296	,0827	,3723	,2192	,1393	,0780	,5129	,3310	,1138	,1049
	p=,307	p=,516	p=,002	p=,082	p=,272	p=,540	p=,000	p=,008	p=,370	p=,409
20 задача	,1219	-,0476	,3067	,2284	,3091	,1467	,3905	,2928	,3228	,1627
	p=,337	p=,709	p=,014	p=,070	p=,013	p=,247	p=,001	p=,019	p=,009	p=,199
21 задача	-,2442	,1422	,0383	,1977	,2277	,0171	,1784	,0912	,3643	,0795
	p=,052	p=,262	p=,764	p=,117	p=,070	p=,893	p=,158	p=,473	p=,003	p=,532
22 задача	-,0594	,0857	-,0149	,1784	,0643	,0478	,0057	,0195	,1121	,1757
	p=,641	p=,501	p=,907	p=,158	p=,614	p=,708	p=,964	p=,878	p=,378	p=,165
23 задача	-,2216	-,0000	,0849	,2208	,1680	-,0086	,1757	,0667	,3133	,1333
	p=,078	p=1,000	p=,505	p=,080	p=,184	p=,946	p=,165	p=,601	p=,012	p=,294
24 задача	,1939	,0861	,2335	,3632	,3145	,1778	,3209	,3124	,1716	,0865
	p=,125	p=,499	p=,063	p=,003	p=,011	p=,160	p=,010	p=,012	p=,175	p=,497
25 задача	,2088	,1341	,2109	,4338	,3014	,1207	,3751	,2790	,2944	,2003
	p=,098	p=,291	p=,094	p=,000	p=,016	p=,342	p=,002	p=,026	p=,018	p=,112
26 задача	,1409	-,0078	,2220	,1548	,2336	,1804	,2612	,2773	,1825	,0266
	p=,267	p=,951	p=,078	p=,222	p=,063	p=,154	p=,037	p=,027	p=,149	p=,835
27 задача	-,0260	-,0517	,0398	,1543	,1984	,0838	,0517	-,0387	,2133	,2672

Рисунок 39 – Корреляционная матрица (1-9 задания)

Correlations (Spreadsheetdis)										
Marked correlations are significant at $p < ,05000$										
N=64 (Casewise deletion of missing data)										
Variable		10 задача	11 задача	12 задача	13 задача	14 задача	15 задача	16 задача	17 задача	18 задача
Variant		,0531	,3060	,3854	,0149	,4624	-,0369	,0069	,1729	-,0209
		p=,677	p=,014	p=,002	p=,907	p=,000	p=,772	p=,960	p=,173	p=,872
1 задача		,0827	,0476	,2009	,0710	-,0000	,3568	,2890	,0476	-,0609
		p=,516	p=,709	p=,111	p=,577	p=1,000	p=,004	p=,021	p=,709	p=,639
2 задача		,3069	,1741	,0889	,2849	,2739	,1509	,3521	,0912	,2634
		p=,014	p=,169	p=,487	p=,029	p=,029	p=,234	p=,004	p=,474	p=,039
3 задача		,2192	,2284	,2599	,3362	,2459	,3739	,4302	,3921	,2249
		p=,082	p=,070	p=,039	p=,007	p=,050	p=,002	p=,000	p=,001	p=,074
4 задача		,0391	,2081	,2614	,3292	,1329	,5199	,5602	,2964	,1689
		p=,759	p=,099	p=,037	p=,009	p=,297	p=,000	p=,000	p=,017	p=,184
5 задача		,2112	,1467	,3219	,1899	,2641	,1750	,1550	,1887	,1652
		p=,094	p=,247	p=,010	p=,139	p=,039	p=,167	p=,221	p=,139	p=,192
6 задача		,3619	,2381	,3191	,1189	,2000	,2959	,4259	,0667	,1574
		p=,009	p=,059	p=,010	p=,352	p=,119	p=,019	p=,000	p=,601	p=,214
7 задача		,3310	,2060	,2719	,2319	,1627	,2669	,4009	,2277	,2067
		p=,009	p=,102	p=,030	p=,069	p=,199	p=,039	p=,001	p=,070	p=,101
8 задача		,1139	,1869	,1560	,3631	,2549	,3459	,4780	,2209	,0649
		p=,370	p=,139	p=,219	p=,009	p=,042	p=,009	p=,000	p=,079	p=,611
9 задача		,1049	,1627	,2829	,5339	,0979	,2437	,2339	,3579	,1240
		p=,409	p=,199	p=,024	p=,000	p=,449	p=,052	p=,064	p=,004	p=,329
10 задача		1,0000	,2797	,1261	,0294	,2009	-,0889	,3977	,1619	,2559
		p=---	p=,029	p=,321	p=,819	p=,111	p=,487	p=,001	p=,202	p=,042
11 задача		,2797	1,0000	,2879	,1819	,3339	-,0170	,2719	,3339	,2219
		p=,029	p=---	p=,021	p=,151	p=,007	p=,894	p=,030	p=,007	p=,079
12 задача		,1261	,2879	1,0000	,4092	,3669	,3589	,2977	,4057	,1452
		p=,321	p=,021	p=---	p=,001	p=,009	p=,004	p=,017	p=,001	p=,252
13 задача		,0294	,1819	,4092	1,0000	,1189	,2280	,3090	,4497	,2707
		p=,819	p=,151	p=,001	p=---	p=,352	p=,070	p=,019	p=,000	p=,030
14 задача		,2009	,3339	,3669	,1189	1,0000	,0510	,2364	,3339	-,0609
		p=,111	p=,007	p=,009	p=,352	p=---	p=,689	p=,060	p=,007	p=,639
15 задача		-,0889	-,0170	,3589	,2280	,0510	1,0000	,4030	,2209	,1511
		p=,487	p=,894	p=,004	p=,070	p=,689	p=---	p=,001	p=,079	p=,239
16 задача		,3977	,2719	,2977	,3090	,2364	,4030	1,0000	,4991	,2119
		p=,001	p=,030	p=,017	p=,019	p=,060	p=,001	p=---	p=,000	p=,099
17 задача		,1619	,3339	,4057	,4497	,3339	,2209	,4991	1,0000	,1819
		p=,202	p=,007	p=,001	p=,000	p=,007	p=,079	p=,000	p=---	p=,151
18 задача		,2559	,2219	,1452	,2707	-,0609	,1511	,2119	,1819	1,0000
		p=,042	p=,079	p=,252	p=,030	p=,639	p=,239	p=,099	p=,151	p=---
19 задача		,2499	,2169	,0639	,2179	-,0827	-,0211	,1891	,0359	,0150
		p=,047	p=,089	p=,619	p=,089	p=,519	p=,869	p=,139	p=,781	p=,909
20 задача		,2797	,1749	,0989	,1819	,2381	,0510	,2719	,1429	,0609
		p=,029	p=,169	p=,439	p=,151	p=,059	p=,689	p=,030	p=,260	p=,639
21 задача		,0549	,0474	,0829	,0750	-,0389	,3649	,3304	,0219	,0389
		p=,669	p=,710	p=,519	p=,559	p=,761	p=,009	p=,009	p=,869	p=,764
22 задача		,0169	,2190	,2860	,4119	,1429	,0300	,2469	,3909	,0369
		p=,897	p=,082	p=,022	p=,001	p=,260	p=,810	p=,049	p=,001	p=,779
23 задача		,0889	,0979	-,0242	,1779	-,0000	,2437	,2692	,2929	,1240
		p=,489	p=,449	p=,849	p=,160	p=1,000	p=,052	p=,031	p=,019	p=,329
24 задача		,3969	,3699	,2269	,1904	,3089	,1649	,2560	,1839	-,0107
		p=,001	p=,009	p=,072	p=,132	p=,019	p=,194	p=,041	p=,146	p=,939
25 задача		,3699	,4054	,2499	,2587	,2387	,2429	,3300	,1769	,0799
		p=,009	p=,001	p=,049	p=,039	p=,059	p=,054	p=,009	p=,169	p=,530
26 задача		,2202	,0289	,0754	,1794	,1949	,2569	,2412	,2900	,2079
		p=,080	p=,829	p=,554	p=,159	p=,129	p=,041	p=,059	p=,020	p=,099
27 задача		,0569	,2681	-,0177	,1239	,1107	,1399	,0829	,1949	,1907

Рисунок 40 – Корреляционная матрица (9-18 задания)

		Correlations (Spreadsheetdis)								
		Marked correlations are significant at p < ,05000								
		N=64 (Casewise deletion of missing data)								
Variable		19 задача	20 задача	21 задача	22 задача	23 задача	24 задача	25 задача	26 задача	27 задача
Variant		-,129€	,121€	-,244€	-,0594	-,221€	,193€	,208€	,140€	-,026€
		p=,307	p=,337	p=,052	p=,641	p=,07€	p=,12€	p=,09€	p=,267	p=,83€
1 задача		,0827	-,047€	,142€	,0857	-,000€	,0861	,1341	-,007€	-,0517
		p=,51€	p=,70€	p=,26€	p=,501	p=1,0€	p=,49€	p=,291	p=,951	p=,68€
2 задача		,372€	,3067	,038€	-,014€	,084€	,233€	,210€	,222€	,039€
		p=,002	p=,014	p=,76€	p=,907	p=,50€	p=,06€	p=,094	p=,07€	p=,75€
3 задача		,219€	,2284	,1977	,1784	,220€	,363€	,433€	,154€	,154€
		p=,08€	p=,07€	p=,117	p=,15€	p=,08€	p=,00€	p=,00€	p=,22€	p=,22€
4 задача		,139€	,3091	,2277	,064€	,168€	,314€	,3014	,233€	,1984
		p=,27€	p=,01€	p=,07€	p=,614	p=,184	p=,011	p=,01€	p=,06€	p=,11€
5 задача		,078€	,1467	,0171	,047€	-,008€	,177€	,1207	,1804	,083€
		p=,54€	p=,247	p=,89€	p=,70€	p=,94€	p=,16€	p=,34€	p=,154	p=,51€
6 задача		,512€	,390€	,1784	,0057	,1757	,320€	,3751	,2612	,0517
		p=,00€	p=,001	p=,15€	p=,964	p=,16€	p=,01€	p=,002	p=,037	p=,68€
7 задача		,331€	,292€	,091€	,019€	,0667	,3124	,279€	,277€	-,0387
		p=,00€	p=,01€	p=,47€	p=,87€	p=,601	p=,01€	p=,02€	p=,027	p=,76€
8 задача		,113€	,322€	,364€	,1121	,313€	,171€	,2944	,182€	,213€
		p=,37€	p=,00€	p=,00€	p=,37€	p=,01€	p=,17€	p=,01€	p=,14€	p=,091
9 задача		,104€	,1627	,079€	,1757	,133€	,086€	,200€	,026€	,267€
		p=,40€	p=,19€	p=,53€	p=,16€	p=,294	p=,497	p=,11€	p=,83€	p=,03€
10 задача		,249€	,2797	,054€	,016€	,088€	,396€	,369€	,220€	,056€
		p=,047	p=,02€	p=,66€	p=,897	p=,48€	p=,001	p=,00€	p=,08€	p=,65€
11 задача		,216€	,174€	,0474	,219€	,097€	,369€	,4054	,028€	,2681
		p=,08€	p=,16€	p=,71€	p=,08€	p=,44€	p=,00€	p=,001	p=,82€	p=,03€
12 задача		,063€	,098€	,082€	,286€	-,024€	,226€	,249€	,0754	-,0177
		p=,61€	p=,43€	p=,51€	p=,02€	p=,84€	p=,07€	p=,04€	p=,554	p=,89€
13 задача		,217€	,181€	,075€	,411€	,177€	,1904	,2587	,1794	,123€
		p=,08€	p=,151	p=,55€	p=,001	p=,16€	p=,13€	p=,03€	p=,15€	p=,331
14 задача		-,0827	,2381	-,038€	,142€	-,000€	,308€	,2387	,194€	,1107
		p=,51€	p=,05€	p=,761	p=,26€	p=1,0€	p=,01€	p=,05€	p=,12€	p=,384
15 задача		-,0211	,051€	,364€	,030€	,2437	,164€	,242€	,256€	,139€
		p=,86€	p=,68€	p=,00€	p=,81€	p=,05€	p=,194	p=,054	p=,041	p=,271
16 задача		,1891	,271€	,3304	,246€	,269€	,256€	,330€	,241€	,082€
		p=,13€	p=,03€	p=,00€	p=,04€	p=,031	p=,041	p=,00€	p=,05€	p=,51€
17 задача		,035€	,142€	,021€	,390€	,292€	,183€	,176€	,290€	,194€
		p=,781	p=,26€	p=,86€	p=,001	p=,01€	p=,14€	p=,16€	p=,02€	p=,124
18 задача		,015€	,060€	,038€	,036€	,124€	-,0107	,079€	,207€	,1907
		p=,90€	p=,63€	p=,764	p=,77€	p=,32€	p=,93€	p=,53€	p=,09€	p=,131
19 задача		1,000€	,4687	,1914	,0922	,3471	,389€	,412€	,096€	,1447
		p= ---	p=,00€	p=,13€	p=,46€	p=,00€	p=,001	p=,001	p=,44€	p=,254
20 задача		,4687	1,000€	,2542	,0667	,032€	,416€	,3872	,194€	,179€
		p=,00€	p= ---	p=,04€	p=,601	p=,79€	p=,001	p=,002	p=,12€	p=,15€
21 задача		,1914	,2542	1,000€	,152€	,2737	,3257	,349€	,176€	,1342
		p=,13€	p=,04€	p= ---	p=,22€	p=,02€	p=,00€	p=,00€	p=,164	p=,29€
22 задача		,0922	,0667	,152€	1,000€	,2147	,075€	,068€	,021€	,196€
		p=,46€	p=,601	p=,22€	p= ---	p=,08€	p=,551	p=,59€	p=,867	p=,12€
23 задача		,3471	,032€	,2737	,2147	1,000€	,1764	,191€	,2572	,0454
		p=,00€	p=,79€	p=,02€	p=,08€	p= ---	p=,16€	p=,131	p=,04€	p=,72€
24 задача		,389€	,416€	,3257	,075€	,1764	1,000€	,7941	,3752	,261€
		p=,001	p=,001	p=,00€	p=,551	p=,16€	p= ---	p=,00€	p=,00€	p=,037
25 задача		,412€	,3872	,349€	,068€	,191€	,7941	1,000€	,3842	,3811
		p=,001	p=,00€	p=,00€	p=,59€	p=,131	p=,00€	p= ---	p=,00€	p=,00€
26 задача		,096€	,194€	,176€	,021€	,2572	,3752	,3842	1,000€	,2934
		p=,44€	p=,12€	p=,164	p=,867	p=,04€	p=,00€	p=,00€	p= ---	p=,01€
27 задача		,1447	,179€	,1342	,196€	,0454	,261€	,3811	,2934	1,000€

Рисунок 41 – Корреляционная матрица (18-27 задания)

Correlations (Spreadsheet13)									
Marked correlations are significant at $p < ,05000$									
N=64 (Casewise deletion of missing data)									
Variable	Var1	Var2	Var3	Var4	Var5	Var6	Var7	Var8	Var9
Var1	1,0000	,2641	,2390	,1248	,1032	,1778	,3215	,0659	-,0317
	p= ---	p=,035	p=,057	p=,326	p=,417	p=,160	p=,010	p=,605	p=,804
Var2	,2641	1,0000	-,0000	,2736	,2548	,3088	,3663	,1627	,1325
	p=,035	p= ---	p=1,000	p=,029	p=,042	p=,013	p=,003	p=,199	p=,297
Var3	,2390	-,0000	1,0000	,1243	-,0510	,0861	,2009	,2277	,0189
	p=,057	p=1,000	p= ---	p=,328	p=,689	p=,499	p=,111	p=,070	p=,882
Var4	,1248	,2736	,1243	1,0000	,2928	,2335	,0885	,5946	,3788
	p=,326	p=,029	p=,328	p= ---	p=,019	p=,063	p=,487	p=,000	p=,002
Var5	,1032	,2548	-,0510	,2928	1,0000	,1716	,1560	,2669	,5198
	p=,417	p=,042	p=,689	p=,019	p= ---	p=,175	p=,218	p=,033	p=,000
Var6	,1778	,3088	,0861	,2335	,1716	1,0000	,2265	,3124	,3145
	p=,160	p=,013	p=,499	p=,063	p=,175	p= ---	p=,072	p=,012	p=,011
Var7	,3215	,3663	,2009	,0885	,1560	,2265	1,0000	,2718	,2614
	p=,010	p=,003	p=,111	p=,487	p=,218	p=,072	p= ---	p=,030	p=,037
Var8	,0659	,1627	,2277	,5946	,2669	,3124	,2718	1,0000	,4007
	p=,605	p=,199	p=,070	p=,000	p=,033	p=,012	p=,030	p= ---	p=,001
Var9	-,0317	,1325	,0189	,3788	,5198	,3145	,2614	,4007	1,0000
	p=,804	p=,297	p=,882	p=,002	p=,000	p=,011	p=,037	p=,001	p= ---

Рисунок 42 – Корреляционная матрица по темам

Были обнаружены статистически достоверные зависимости между переменными. Стоит отметить, что все корреляции являются положительными.

Вариант: 11 задача (коэффициент корреляции Пирсона $R=0,306$); 12 задача ($R=0,3854$); 14 задача ($R=0,4624$).

Как мы видим, 11,12,14 задания имеют зависимость от варианта (рис.18).

Имеет смысл обратить на это внимание. Возможно, задания из разных вариантов составлены по-разному: некорректно, недостаточно понятно.

Задания:

Обратим внимание только на те задания, коэффициент корреляции Пирсона которых больше 0.5:

Задача 2: 7 задача ($R=0,5946$).

Задача 4: 8 задача ($R=0,5198$); 15 задача ($R=0,5198$); 16 задача ($R=0,5602$).

Задача 6: 7 задача ($R=0,7092$); 19 задача ($R=0,5129$).

Задача 7: 2 задача ($R=0,5946$); 6 задача ($R=0,7092$).

Задача 8: 4 задача ($R=0,5198$).

Задача 9: 13 задача ($R=0,5336$).

Задача 13: 9 задача ($R=0,5336$).

Задача 15: 4 задача ($R=0,5198$).

Задача 16: 4 задача ($R=0,5602$).

Задача 19: 6 задача ($R=0,5129$).

Задача 24: 25 задача ($R=0,7941$).

Задача 25: 24 задача ($R=0,7941$).

Стоит отметить, что все корреляции являются положительными.

Следовательно, можно сделать следующие выводы:

Если ученик успешно справляется с задачей 4, то с высокой вероятностью задачи 8,15,16 также не составят труда для ученика, и наоборот.

Если ученик успешно справляется с задачей 6, то с высокой вероятностью задачи 7,19 также не составят труда для ученика, и наоборот.

Если ученик успешно справляется с задачей 7, то с высокой вероятностью задачи 2,6 также не составят труда для ученика, и наоборот.

Если ученик успешно справляется с задачей 9, то с высокой вероятностью задача 13 также не составит труда для ученика, и наоборот.

Если ученик успешно справляется с задачей 24, то с высокой вероятностью задача 25 также не составит труда для ученика, и наоборот.

Темы:

Имеются зависимости между следующими темами: 1-2,1-7,2-4,2-5,2-6,2-7,4-5,4-8,4-9,5-8,5-9,6-8,6-9,7-8,7-9,8-9.

Обратим внимание только на те темы, коэффициент корреляции Пирсона которых больше 0.4: 4-8,5-9,8-9.

Следовательно, можно сделать следующие выводы:

Если ученик успешно справляется с темой «Технологии поиска и хранения информации», то с высокой вероятностью задания из тем

«Элементы теории алгоритмов» или «Обработка числовой информации» также не составят труда для ученика, и наоборот.

Если ученик успешно справляется с темой «Логика и алгоритмы», то с высокой вероятностью задания из темы «Обработка числовой информации» также не составят труда для ученика, и наоборот.

5. Сравнение результатов весеннего и летнего потоков

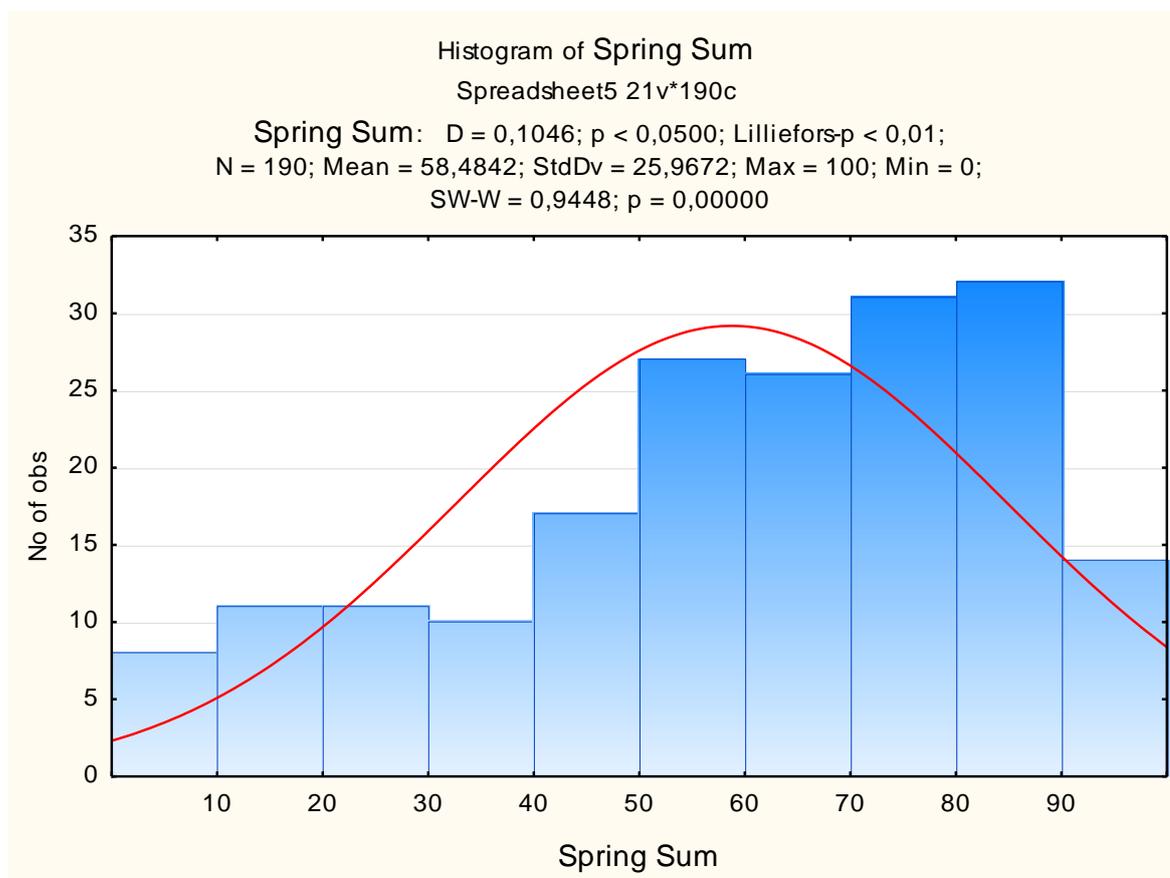


Рисунок 43 – Гистограмма суммарных баллов учеников весеннего потока

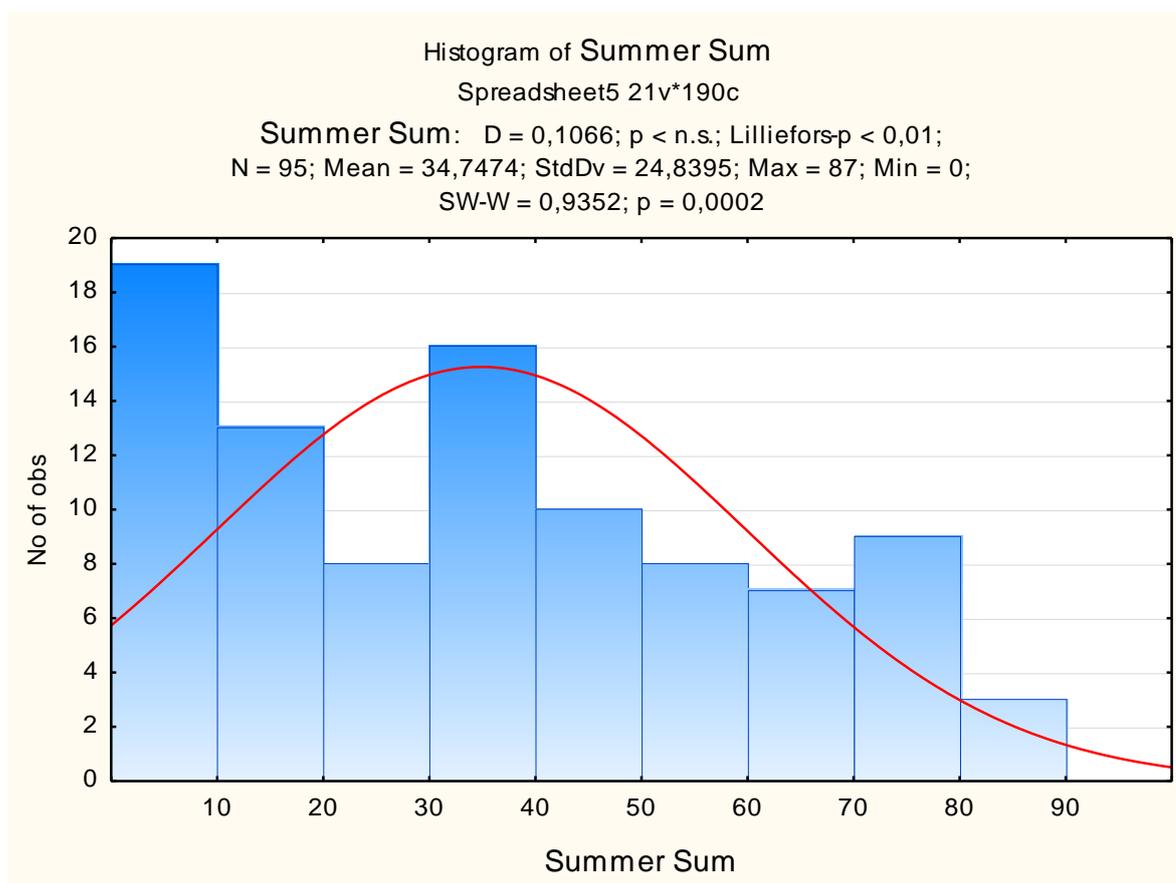


Рисунок 44 – Гистограмма суммарных баллов учеников летнего потока

Проанализируем уровни значимости критериев Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и Лиллиефорса. Если распределения являются нормальными, то данные критерии должны иметь вероятность более 5%. По критерию Колмогорова-Смирнова оба распределения не являются нормальными ($p < 0.05$, $p < n.s.$). По критерию Шапиро-Уилка распределения также не являются нормальными ($p = 0.0000$, $p = 0.0002$). Критерий Лиллиефорса подтверждает, что распределения не являются нормальными ($p < 0.01$).

Так как две выборки являются независимыми и не нормально распределены, то применяем критерий Манна-Уитни.

Сформулируем нулевую гипотезу H_0 исходные две выборки – однородны, соответственно гипотеза H_1 утверждает, что выборки не однородны, т. е. влияние фактора значимо.

Mann-Whitney U Test (Spreadsheet5)									
By variable Var16									
Marked tests are significant at p <,05000									
variable	Rank Sum Group 1	Rank Sum Group 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2
Sum	31601,5	9153,50	4593,50	6,75570	0,00000	6,75655	0,00000	190	95

Рисунок 45 – Результат теста Манна-Уитни

Нулевую гипотезу можно принять с вероятностью $p = 0,00$. При 5% уровне значимости следует отвергнуть гипотезу H_0 , выборки следует признать неоднородными.

Для визуального представления построена диаграмма размаха (рис. 46).

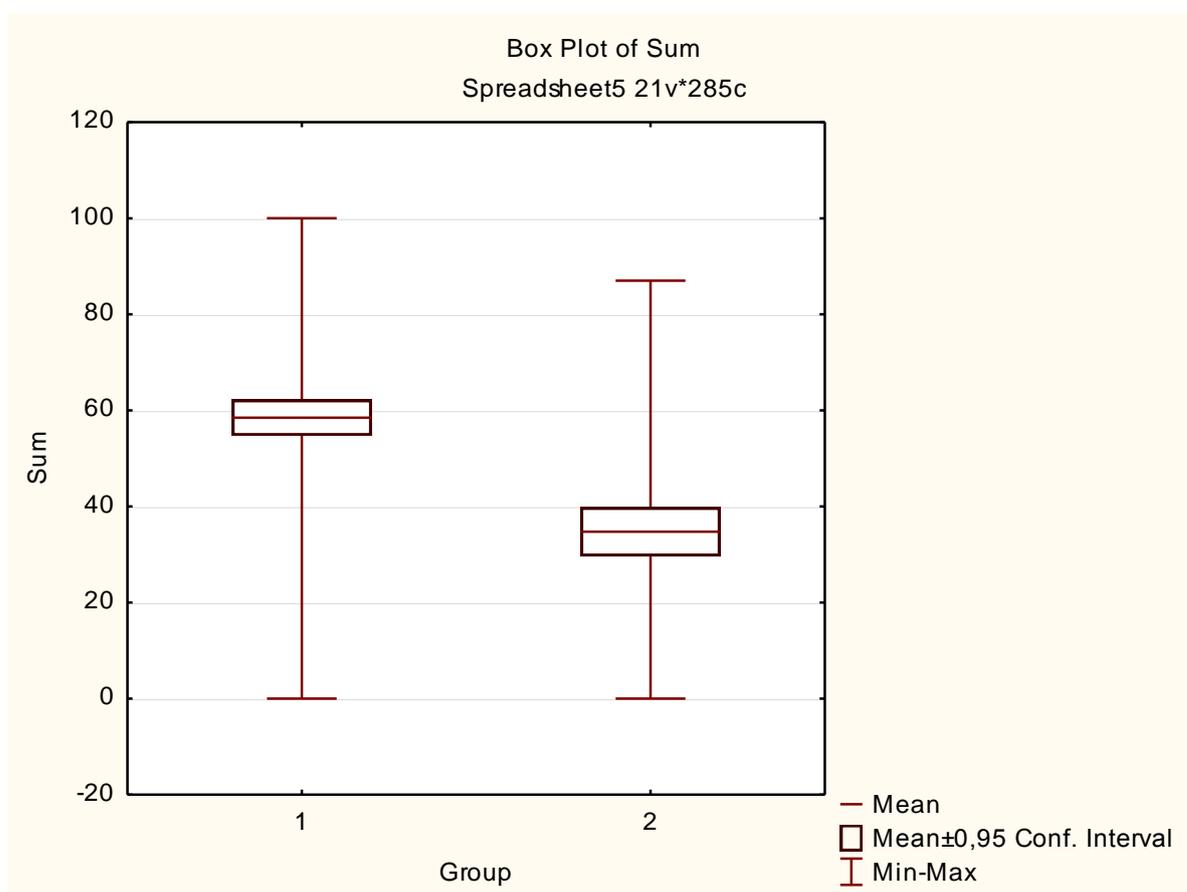


Рисунок 46 – Диаграмма размаха

Исходя из визуального анализа, можно сделать вывод, что работа весеннего потока (1 блок) выполнена лучше, об этом говорят показатели средних значений.

5.1 Сравнение выборок по темам

	1 Тема	2 Процент выполнения
	Логика и алгоритмы	75,66
	Системы счисления	58,13
	Информация и ее кодирован	60,32
	Программирование	40,95

Рисунок 47 – Средний процент выполнения по темам (весенний поток)

Можно сделать вывод, что самой сложной темой является 4: Программирование.

Самой легкой темой является 1: Логика и алгоритмы.

	1 Тема	2 Процент выполнения
1	Информация и ее кодирование	56,25
2	Моделирование и компьютерный эксперимен	17,18
3	Системы счисления	79,68
4	Логика и алгоритмы	56,51
5	Элементы теории алгоритмов	46,87
6	Программирование	30,44
7	Архитектура компьютеров и компьютерных се	51,56
8	Обработка числовой информации	84,37
9	Технологии поиска и хранения информации	72,65

Рисунок 48 – Средний процент выполнения по темам (летний поток)

Можно сделать вывод, что задания по всем темам, кроме «Системы счисления», были выполнены успешнее весенним потоком.

6. Процентный и вероятностный анализ результатов

Сравнение выборок показало, что с заданиями тестирования весеннего периода абитуриенты справляются намного лучше, задания и варианты заданий составлены правильно, явных разбросов в плане результатов не наблюдается. Большинство заданий имеют сложность, сопоставимую с весом темы. Поэтому имеет смысл далее работать с выборкой весеннего периода, строить по ней модель прогнозирования.

Таблица 3 – Успешность выполнения заданий учениками, которые получили оценку «отлично»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
47	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
86	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
88	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
93	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
110	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
136	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
141	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0
142	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
152	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
155	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
160	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
169	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
171	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
177	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
181	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
186	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0

По оси ординат – порядковый номер абитуриента, по оси абсцисс – номер задания.

В данной таблице единицами отмечены те задания, которые были выполнены полностью, а 0 – это неуспешное выполнение задания.

1 Задание	2 Процент успешности выполнения заданий
1	76,63
2	63,53
3	68,73
4	52,73
5	70,45
6	56,66
7	51,92
8	90,1
9	84,47
10	55,78
11	26,13

Рисунок 49 – Процент успешности выполнения заданий

Как мы видим, что самыми легкими заданиями являются: 1,8,9. А самыми сложными: 11.

1 Задание	2 Процент
1	92,5
2	74,07
3	92,5
4	81,48
5	100
6	100
7	88
8	100
9	100
10	96,29
11	59,25

Рисунок 50 – Процент выполнения заданий среди учеников, которые получили оценку «отлично»

Как мы видим, что даже для учеников, которые выполнили работу на «отлично», 11 задача оказалась трудновыполнимой.

	1	2
	Задание	Процент
	1	19,8
	2	20,2
	3	21,5
	4	29,3
	5	21
	6	29
	7	33
	8	16,5
	9	17,7
	10	35,1
	11	47

Рисунок 51 – Вероятность получения оценки «отлично» при успешном выполнении задания

Исходя из данных вероятностей, можно сделать вывод, что успешное выполнение 7,10,11 задач является неким индикатором, что ученик вероятнее всего получит оценку «хорошо» или «отлично» за выполнение данной работы.

1 Задание	2 Процент успешности выполнения заданий	3 Процент выполнения заданий среди учеников, которые получили оценку «отлично»	4 Вероятность получения оценки «отлично» при успешном выполнении задания
1	76,63	92,5	0,198
2	63,53	74,07	0,202
3	68,73	92,5	0,215
4	52,73	81,48	0,293
5	70,45	100	0,21
6	56,66	100	0,29
7	51,92	88	0,33
8	90,1	100	0,165
9	84,47	100	0,177
10	55,78	96,29	0,351
11	26,13	59,25	0,47

Рисунок 52 – Процентный и вероятностный анализ результатов весеннего потока

7. Построение регрессионной модели

В качестве отклика выберем суммарный балл учеников за работу, а факторами будут являться все задания итоговой работы.

Осуществим поиск мультиколлинеарных факторов.

Variable	Correlations (Spreadsheet5)											
	1 задача	2 задача	3 задача	4 задача	5 задача	6 задача	7 задача	8 задача	9 задача	10 задача	11 задача	Spring Sum
1 задача	1,00000	0,30088	0,35476	0,20072	0,33377	0,37176	0,35507	0,25052	0,30157	0,31368	0,10966	0,50402
2 задача	0,30088	1,00000	0,47281	0,36719	0,31045	0,34146	0,43670	0,14355	0,46875	0,42654	0,19393	0,64654
3 задача	0,35476	0,47281	1,00000	0,42896	0,48972	0,59769	0,48185	0,24465	0,37549	0,32186	0,19265	0,69135
4 задача	0,20072	0,36719	0,42896	1,00000	0,23943	0,41332	0,34660	0,16975	0,24914	0,29730	0,24631	0,61240
5 задача	0,33377	0,31045	0,48972	0,23943	1,00000	0,61453	0,35925	0,33485	0,33061	0,34265	0,18583	0,63252
6 задача	0,37176	0,34146	0,59769	0,41332	0,61453	1,00000	0,30787	0,23115	0,32983	0,36419	0,34833	0,73673
7 задача	0,35507	0,43670	0,48185	0,34660	0,35925	0,30787	1,00000	0,23795	0,31474	0,42835	0,03210	0,63708
8 задача	0,25052	0,14355	0,24465	0,16975	0,33485	0,23115	0,23795	1,00000	0,38133	0,20002	0,13310	0,40125
9 задача	0,30157	0,46875	0,37549	0,24914	0,33061	0,32983	0,31474	0,38133	1,00000	0,42232	0,23260	0,62436
10 задача	0,31368	0,42654	0,32186	0,29730	0,34265	0,36419	0,42835	0,20002	0,42232	1,00000	0,35841	0,69389
11 задача	0,10966	0,19393	0,19265	0,24631	0,18583	0,34833	0,03210	0,13310	0,23260	0,35841	1,00000	0,52093
Spring Sum	0,50402	0,64654	0,69135	0,61240	0,63252	0,73673	0,63708	0,40125	0,62436	0,69389	0,52093	1,00000

Рисунок 53 – Корреляционная матрица задач и итогового балла

Из данной матрицы можно сделать вывод, что мультиколлинеарных факторов нет, так как ни один коэффициент корреляции не равен 0,7 и больше.

		Regression Summary for Dependent Variable Spring Sum (Spreadsheet5)					
		R= ,99784669 R ² = ,99569801 Adjusted R ² = ,99543216 F(11,178)=3745,3 p<0,0000 Std.Error of estimate: 1,7550					
N=190		b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(178)	p-value
	Intercept			-0,13600	0,48949	-0,2778	0,78144
	1 задача	0,07364	0,00565	1,03075	0,07908	13,0330	0,00000
	2 задача	0,12797	0,00635	1,07117	0,05321	20,1309	0,00000
	3 задача	0,08001	0,00704	0,95382	0,08398	11,3571	0,00000
	4 задача	0,17753	0,00582	1,02621	0,03369	30,4577	0,00000
	5 задача	0,11517	0,00668	0,96216	0,05580	17,2410	0,00000
	6 задача	0,20478	0,00744	0,94673	0,03441	27,5083	0,00000
	7 задача	0,20526	0,00636	0,99247	0,03076	32,2575	0,00000
	8 задача	0,05790	0,00557	1,08121	0,10416	10,3801	0,00000
	9 задача	0,14682	0,00621	1,01574	0,04299	23,6275	0,00000
	10 задача	0,18242	0,00629	0,98275	0,03389	28,9906	0,00000
	11 задача	0,22232	0,00562	1,03703	0,02624	39,5132	0,00000

Рисунок 54 – Регрессионные результаты по всем факторам

Как мы видим, все факторы являются статистически значимыми (p-value < 0,05).

Будем исключать по очереди те факторы, стандартизированные коэффициенты регрессии Beta которых меньше.

Обозначим минимальную значимость Beta каждого фактора 0,3.

Regression Summary for Dependent Variable Spring Sum (Spreadsheet5)						
R= ,91145780 R ² = ,83075533 Adjusted R ² = ,82802557 F(3,186)=304,33 p<0,0000 Std.Error of estimate: 10,769						
N=190	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(186)	p-value
Intercept			23,5938	1,40358	16,8097	0,00000
6 задача	0,46933	0,03392	2,16974	0,15684	13,8339	0,00000
7 задача	0,48161	0,03181	2,3286	0,15384	15,1364	0,00000
11 задача	0,34198	0,03229	1,59518	0,15064	10,5893	0,00000

Рисунок 55 – Регрессионные результаты по самым значимым факторам

Произведем анализ качества модели. Анализ остатков, т.е. разности фактических значений отклика и значений, предсказанных по уравнению регрессии.

1. Построим частотную гистограмму остатков.

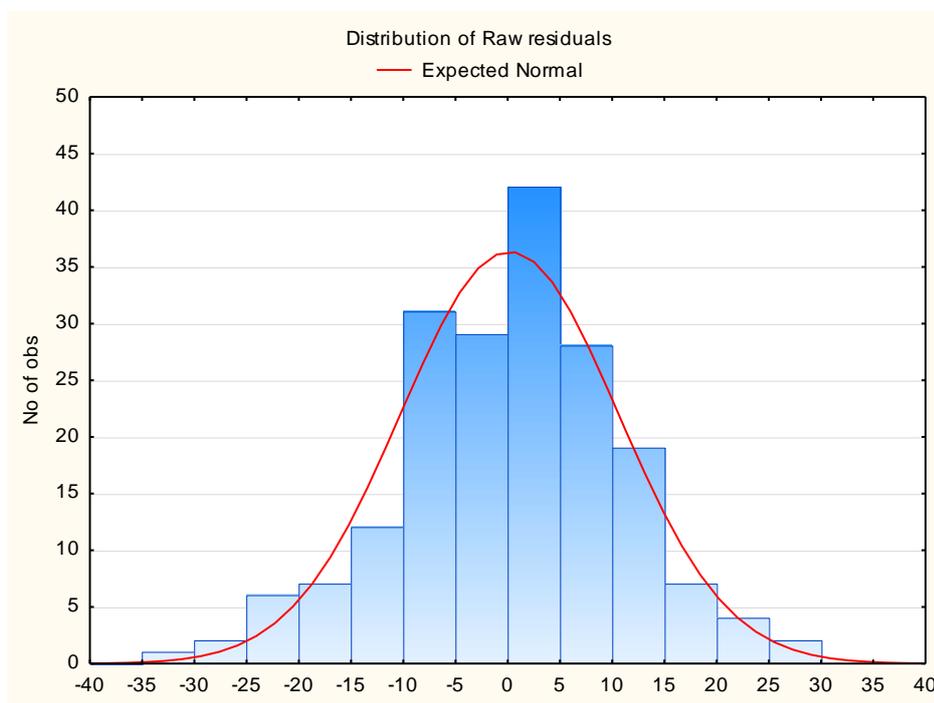


Рисунок 56 – Частотная гистограмма остатков

Визуальный анализ говорит о том, что частотная гистограмма относительно симметрична, следовательно, гипотеза о нормальности распределения не отклоняется.

2. Построим график остатков на нормальной вероятностной бумаге

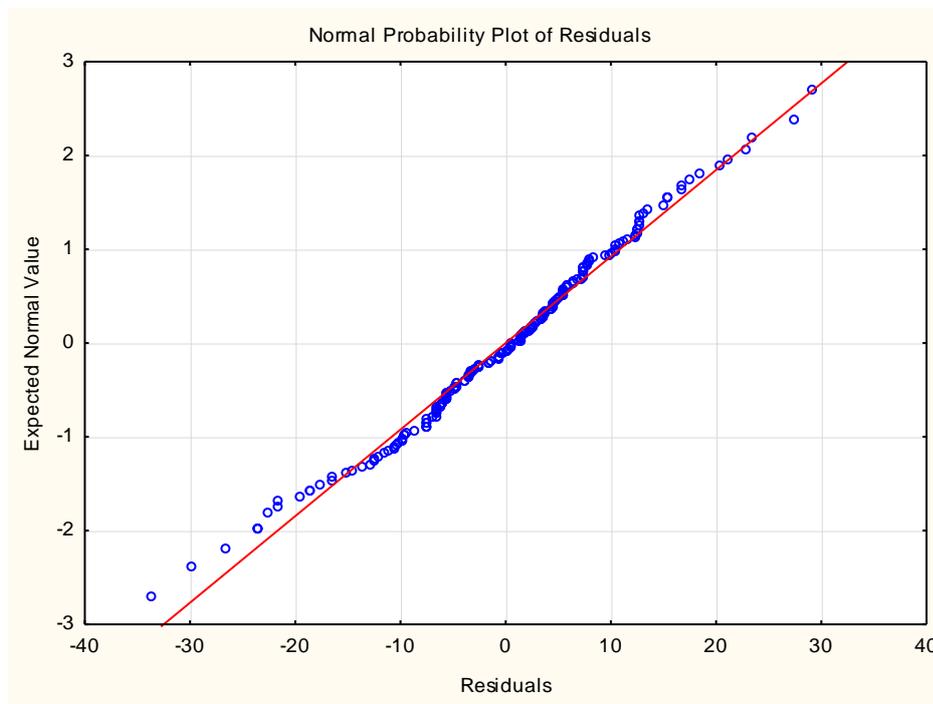


Рисунок 57 – График остатков на нормальной вероятностной бумаге

Систематических отклонений фактических данных от теоретической нормальной прямой не наблюдается, следовательно, остатки распределены нормально.

3. Построим диаграмму рассеяния зависимости остатков от предсказанных значений

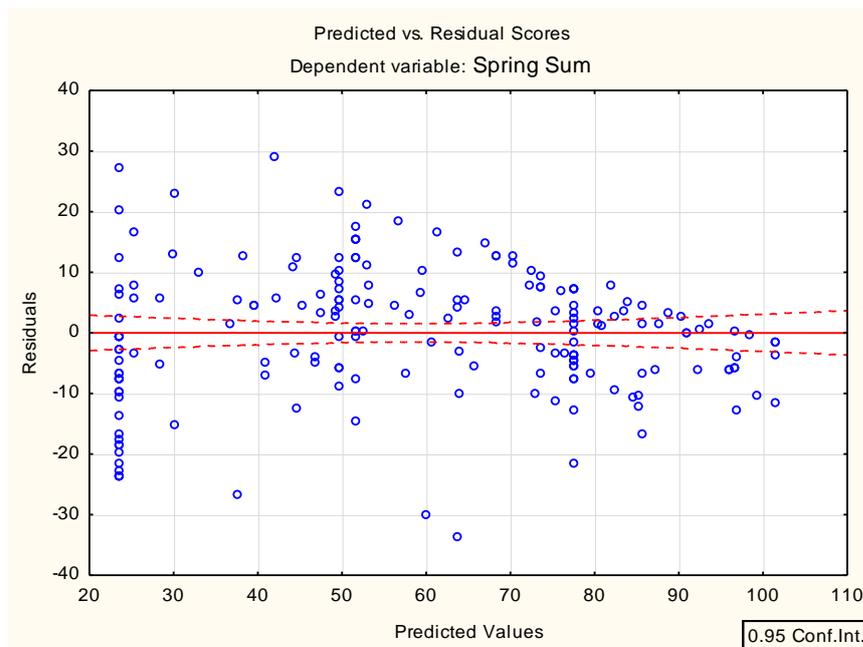


Рисунок 58 – Диаграмма рассеяния

На диаграмме рассеяния не наблюдается определенной систематичности расположения точек, что говорит об отсутствии зависимостей остатков от предсказанных по уравнению регрессии значений откликов.

4. Произведем оценку приемлемости модели

Analysis of Variance; DV: Spring Sum (Spreadsheet5)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-value
Regress.	105872,1	3	35290,8	304,333	0,00
Residual	21568,8	186	115,96		
Total	127441,0				

Рисунок 59 – ANOVA-тест

Поскольку уровень значимости (p-value) меньше 0,05, то можно утверждать, что данная модель принимается.

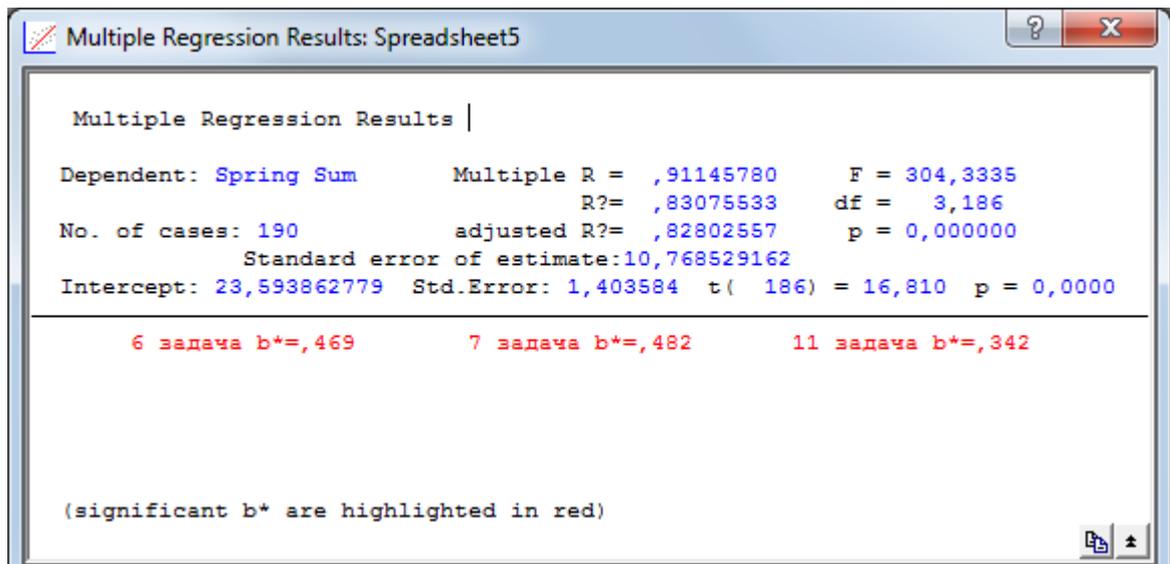


Рисунок 60 – Регрессионные результаты

R^2 - Коэффициент детерминации равен 0,83. Это говорит нам о том, что изменение отклика на 83% происходит под воздействием учтенных в модели факторов.

5. Проверка построения прогноза

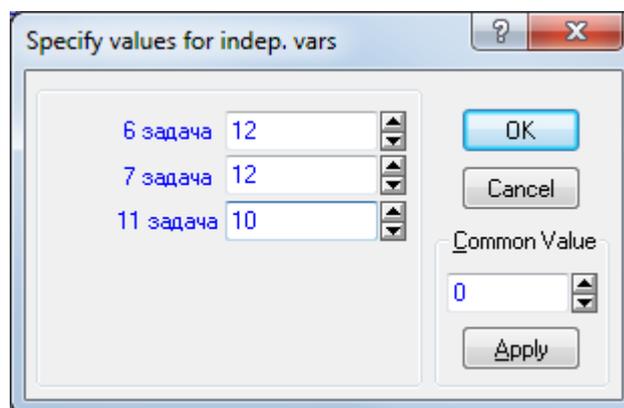


Рисунок 61 – Прогнозируемые значения переменных

Predicting Values for (Spreadsheet5 variable) Spring Sum			
Variable	b-Weight	Value	b-Weight * Value
6 задача	2,16975	12,0000	26,0370
7 задача	2,32860	12,0000	27,9432
11 задача	1,59517	10,0000	15,9517
Intercept			23,5938
Predicted			93,5259
-95,0%CL			90,6584
+95,0%CL			96,3935

Рисунок 62 – Результат прогнозирования

Прогнозируемый суммарный балл ученика равен 93,5. Фактический результат равен 95 баллов. Расхождение минимальное, что опять же говорит нам о хорошей и рабочей модели прогнозирования.

Регрессионная модель имеет следующий вид:

$$\begin{array}{l} \text{Суммарный} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \text{балл} \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = \\ 23,593+2,169*\text{Задача№6}+2,328*\text{Задача№7}+1,595*\text{Задача№11} \end{array}$$

Или:

$$Y=23,593+2,169X_1+2,328X_2+1,595X_3$$

8.1 Предпроектный анализ

Научно-исследовательская работа включает в себя проведение стохастического моделирования влияния факторов на результаты выполнения итогового тестирования по информатике.

Данный анализ позволит повысить эффективность и качество модели оценивания знаний абитуриентов ТПУ, чтобы оценка за вступительный экзамен зависела от знания студентом материала, а не от сложности вопроса.

Практическое использование результатов анализа позволит повысить эффективность и качество тестирования, в конечном итоге повысить вступительный балл абитуриента.

8.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования и анализ рынка

Анализ данных используется при оценке эффективности обучения, что позволяет выявить различные недостатки существующих образовательных программ, оценить влияние различных факторов, например, социально-экономических, на результаты обучения. Разрабатываемые модели характеризуют зависимость результатов обучения от некоторого набора факторов (демографических, экономических и др.), описывают количественные оценки данной зависимости. Внедрение данных моделей в процесс оценки результатов обучения позволит выявлять зависимости между различными факторами, прогнозировать данные результатов тестирования и вносить соответствующие корректировки в процесс обучения.

Итоги исследования будут применены в ОИТ ИШИТР. Таким образом, портрет будущего потребителя такой: кафедры и преподаватели, разрабатывающие учебные материалы, а также различного рода центры по оценке качества обучения.

8.1.2 Технология QuaD

Данная технология является средством для количественной оценки качественных характеристик разрабатываемого проекта, таких как эффективность, конкурентоспособность и прочих. Оценка формируется агрегированием показателей разработки, основанных на распределении значимости характеристик и оценки каждой из характеристик отдельно. Результаты анализа проекта с использованием технологии QuaD представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Средний балл	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,01	80	100	0,8	0,008
2. Надежность	0,04	75	100	0,75	0,03
3. Помехоустойчивость	0,02	50	100	0,5	0,01
4. Унифицированность	0,02	85	100	0,85	0,017
5. Уровень материалоемкости разработки	0,05	85	100	0,85	0,0425
6. Уровень шума	0,01	95	100	0,95	0,0095
7. Безопасность	0,05	80	100	0,8	0,04
8. Потребность в ресурсах памяти	0,09	75	100	0,75	0,0675

9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	85	100	0,85	0,085
10. Простота эксплуатации	0,1	90	100	0,9	0,09
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,06	80	100	0,8	0,048
12. Ремонтопригодность	0,05	85	100	0,85	0,0425
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,05	90	100	0,9	0,045
14. Уровень проникновения на рынок	0,09	95	100	0,9	0,081
15. Перспективность рынка	0,09	75	100	0,75	0,0675
16. Цена	0,03	87	100	0,87	0,0261
17. Послепродажное обслуживание	0,08	95	100	0,95	0,076
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,03	75	100	0,75	0,0225
19. Срок выхода на рынок	0,02	65	100	0,65	0,013
20. Наличие сертификации разработки	0,01	50	100	0,5	0,005
Итого	1				82,61%

Полученный результат можно считать перспективным – 82,61%, что говорит о больших возможностях в реализации рассматриваемого проекта (полученный результат от 80 до 100 процентов по технологии QuaD говорит о перспективности проекта, а значит его целесообразности для реализации).

8.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта. После SWOT-анализа выявляется отчетливая картина, состоящая из наиболее подходящей возможной информации и данных, а также выявляются тенденции, угрозы и возможности, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализован.

Анализ заключался в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. В таблице 5 приведен результат SWOT-анализа для разрабатываемого продукта.

Таблица 5 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта: Сил1: Применение различных методов анализа математической статистики Сил2: Хорошо изученная предметная область Сил3: Использование мощного пакета математической статистики Сил4: Ясность и доступность для специалистов данного профиля Сил5: Ориентированность модели на сферу образования</p>	<p>Слабые стороны проекта: Слаб1: Математическая сложность моделей Слаб2: Работа только при наличии специального ПО Слаб3: Погрешность результатов моделей Слаб4: Для оценки результатов работы моделей необходимы знания в области математики Слаб5: Отсутствие аналогов в общем доступе</p>
<p>Возможности: В1: Заинтересованность государства в повышении эффективности образования В2: Любая сфера нуждается в</p>	<p>В1-Сил1: Применение модели поможет усовершенствовать текущую систему образования</p>	<p>В2- Сил 3: В модель могут быть добавлены новые данные, что позволит усовершенствовать модель В3- Сил 1, В3- Сил 3, В3- Сил</p>

оценке результатов своей деятельности В3: Проведение эффективного анализа	В1- Сил 1, В1- Сил 5: Привлечение внимания государства к введению требований изучения предмета математической статистики в различных образовательных программах В2- Сил 1, В2- Сил 3: Услуги по обучению и поддержка разрабатываемой модели позволят повысить заинтересованность клиентов	4, В3- Сил 5: Применение различных методов анализа и оценки позволяет рассмотреть имеющиеся данные, выявить зависимости в данных, произвести качественное оценивание моделей В3- Сил 1, В3- Сил 2, В3- Сил 3: добавление в модель дополнительных данных и проведение дополнительных исследований позволит увеличить точность моделей
Угрозы: У1: Невостребованность разрабатываемой модели У2: Изменение формата итогового тестирования, использование иного метода сбора данных	У1-Слаб1, У1-Слаб2, У1-Слаб3, У1-Слаб4: Разрабатываемая модель может не иметь спроса, так как является сложной, может иметь недопустимую погрешность в результатах. Для использования данной модели нужны соответствующие знания.	У2-Слаб2, У2-Слаб4, У2-Слаб5: Незапланированные изменения могут повлечь за собой проблемы функционирования модели, коррекция модели может занять много времени, повысить затраты.

SWOT-анализ позволил выявить слабые (математическая сложность модели, погрешность результатов) и сильные (конкретная направленность на потребителя, применение метода математической статистики, ясность для пользователя) стороны проекта, которые могут быть учтены в соответствии с имеющимися возможностями и угрозами. Перспективы проекта заключаются в том, что любая компания нуждается в анализе и оценке результатов своей деятельности, в частности, в сфере образования. Применение различных статистических методов анализа и оценки позволяет обеспечить гибкость модели, а математическая сложность требует обучения кадров компании, что также повышает прибыльность проекта.

8.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Важно реально оценить степень готовности представленного проекта к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

При проведении анализа по таблице 6 каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (8.1)$$

Таблица 6 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	2	3
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	5	5
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	2
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	2

13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	5	5
	Итого баллов	47	48

Итоговые значения проработанности научного проекта и знания у разработчика лежат в диапазоне от 40 до 50, что говорит о средней перспективности проекта. Некоторые аспекты вывода продукта на рынок не были учтены в должной мере (см. пункты 8, 9, 11, 12, 13, 14), а также проявляется недостаток знаний у разработчика. Следовательно, требуются дополнительные затраты на наём или консультации у соответствующих специалистов.

Таким образом, в ходе анализа получены сведения, подтверждающие, что разработка данного проекта и продолжение исследований перспективны.

8.1.5 Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Перспективность данного научного исследования выше среднего, это говорит о том, что не все аспекты рассмотрены и изучены. Следовательно, для организации предприятий данной стадии готовности проекта недостаточно. Основной научно-технический задел, в свою очередь, определен, этого достаточно для коммерциализации для следующих методов: торговля патентной лицензией; передача ноу-хау и инжиниринг. Степени проработанности научного проекта и уровня имеющихся знаний разработчика достаточно для реализации методов, которые были выбраны.

8.2 Инициация проекта

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Устав научного проекта должен иметь следующую структуру:

- Цели и результат проекта;
- Организационная структура проекта;
- Ограничения и допущения проекта.

8.2.1 Цели и результаты проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта. Информация о заинтересованных сторонах представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидание заинтересованных сторон
Пользователь	Простота в использовании готовых моделей
Разработчик	Получение прибыли со своего продукта
Научный руководитель, студент	Выполненная выпускная квалификационная работа

Цели и результат проекта представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Изучение, анализ и исследование результатов итогового тестирования по информатике абитуриентов ТПУ, используя факторный, кластерный, корреляционный и регрессионный анализы.
Ожидаемые результаты проекта	Выявление существующих связей, повышение эффективности и качества модели оценивания знаний абитуриентов ТПУ.
Критерии приемки результата проекта	Надежность, точность получаемых результатов, функциональность.

Требования к результату проекта	Выполненный статистический анализ, построенные модели, итоги исследования.
---------------------------------	--

8.2.2 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – факторы, которые могут ограничить степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта.

Таблица 9 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	360 тыс. рублей
Источники финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта	3 месяца
Дата утверждения плана управления проектом	1 март 2019 г.
Дата завершения проекта	1 июня 2019 г.
Прочие ограничения и допущения	Отсутствие финансирования на начальном этапе

8.3 Планирование управления научно-техническим проектом

8.3.1 Организация и планирование работ

Для организации оптимального процесса реализации проекта необходимо было спланировать занятость каждого участника разработки, а также сроки проведения отдельных работ.

Этот этап служил для составления списка проводимых работ, определения исполнителей для данных работ, а также определения продолжительности работ по времени. Так как число исполнителей не превышает двух, линейный график работ является наиболее удобным и компактным способом представления данных планирования.

График выполнения научно-исследовательской работы представлен в таблице 10.

НР – научный руководитель, И – исполнитель.

Таблица 10 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузки исполнителей
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
2. Составление и утверждение технического задания	НР, И	НР – 90% И – 10%
3. Подбор и изучение теоретического материала по тематике	НР, И	НР – 10% И – 90%
4. Разработка календарного плана	НР, И	НР – 80% И – 20%
5. Обсуждение решений и доработок	НР, И	НР – 50% И – 50%
6. Реализация	НР, И	И – 100%
7. Анализ результатов	НР, И	НР – 40% И – 60%
8. Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
9. Подведение итогов	НР, И	НР – 50% И – 50%

8.3.2 Продолжительность этапов работ

Расчет продолжительности этапов работ может быть осуществлен двумя способами: технико-экономическим или опытно-статическим. В данном случае выбран был опытно-статический метод, который реализуется при помощи следующих способов: аналоговый или вероятностный.

Для того чтобы определить ожидаемое значение продолжительности работ $t_{ож}$ применяется вероятностный метод – метод двух оценок t_{min} и t_{max}

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (8.2)$$

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

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

Для того чтобы реализовать весь план работ, перечисленных в таблице 10, необходимы следующие специалисты: исполнитель и научный

руководитель. Сделаем расчет длительности этапов в рабочих днях, далее переведем в календарные дни по следующей формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (8.3)$$

где $t_{ОЖ}$ – трудоемкость работы, чел/дн;

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

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

Расчет продолжительности в календарных днях рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К} \quad (8.4)$$

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

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

$T_{К}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (8.5):

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (8.5)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$),

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

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Таблица 11 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этапы	Исполнители	Продолжительность работ, дни	Длительность работ, чел/дн.	
			$T_{РД}$	$T_{КД}$

		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1. Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2.00	3.00	2.80	3.36	0.00	4.09	0.00
2. Составление и утверждение технического задания	НР, И	2.00	3.00	2.80	3.03	0.33	3.70	0.40
3. Подбор и изучение теоретического материала	НР, И	8.00	9.00	8.40	1.00	9.08	1.22	11.08
4. Разработка календарного плана	НР, И	2.00	3.00	2.80	2.69	0.67	3.28	0.81
5. Обсуждение решений и доработок	НР, И	6.00	8.00	6.80	4.08	4.08	4.98	4.98
6. Реализация	НР, И	28.00	35.00	30.80	0.00	36.96	0.00	44.35
7. Анализ результатов	НР, И	10.00	15.00	12.00	5.76	8.64	7.02	10.54
8. Оформление пояснительной записки	И	4.00	6.00	4.80	0.00	5.76	0.00	7.02
9. Подведение итогов	НР, И	5.00	8.00	6.20	3.72	3.72	4.54	4.54
Итого:		67.00	90.00	77.40	23.64	69.24	31.83	83.72

Полученные значения этапов трудоемкости по исполнителям $T_{КД}$ позволили построить линейный график осуществления данного проекта (рисунок 63).

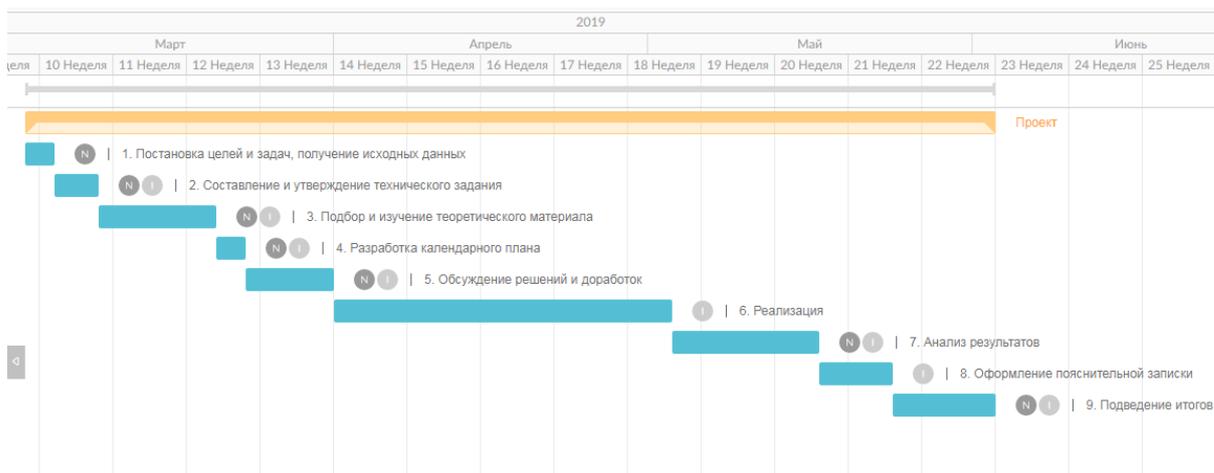


Рисунок 63 – График проведения работ

8.3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

Затраты на создание проекта – это все расходы, необходимые для реализации комплекса работ, входящих в данную разработку. Сметная стоимость ее выполнения рассчитывается по следующим статьям затрат:

- Заработная плата;
- Материалы и покупные изделия;
- Отчисления во внебюджетные фонды;
- Расходы на электроэнергию (без освещения);
- Отчисления за амортизацию;
- Прочие, накладные расходы.

8.3.4 Расчет затрат на материалы

Так как работа полностью выполнена на персональном компьютере, то затрат на материалы нет. Следовательно, $C_{\text{мат}} = 0$.

8.3.5 Расчет заработной платы

Для выполнения расчета основной заработной платы осуществляется на основе трудоемкости каждого этапа и величины месячного оклада

исполнителя. Средняя дневная ставка должна рассчитываться по следующей формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{D_{\text{раб}}} \quad (8.6)$$

где $МО$ – месячный оклад,

$D_{\text{раб}}$ – количество рабочих дней в месяце.

В таблице 9 приведен расчет затрат на полную заработную плату. При данном расчете учитывается, что рабочих дней в году – 299, при 6-дневной рабочей неделе, в месяце всего 24,92 рабочих дня. Затраты на выполнение данной работы по каждому исполнителю берутся из таблицы по трудозатратам.

Чтобы рассчитать в составе заработной платы таких пунктов как премия, дополнительная дополнительная зарплаты и районной надбавки, используются следующие коэффициенты: $K_{\text{ПР}} = 1,1$, коэффициент дополнительной заработной платы $K_{\text{ДОП}} = 1,188$ для шестидневной ($K_{\text{ДОП}} = 1,113$) рабочей недели и районный коэффициент $K_{\text{РК}} = 1,3$. Формула расчета:

$$K = K_{\text{ПР}} \cdot K_{\text{РК}} \cdot K_{\text{ДОП}}. \quad (8.7)$$

Далее рассчитываем ЗП за проект по формуле:

$$ЗП_{\text{П}} = ЗП_{\text{дн-т}} * K * T \quad (8.8)$$

где T - затраты времени, дни

Таблица 12 – Затраты на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	К	Фонд з/платы, руб.
НР	33664	1350,9	24	1,699	55084,3
И	21760	873,2	69	1,59	95798,8
Итого:					150883,1

8.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды

Данная статья расходов отвечает за отчисления во внебюджетные фонды.

Отчисления рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{соц} = K_{соц} \cdot C_{осн}, \quad (8.9)$$

где $K_{соц}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений из заработной платы, он равен 30,2%.

Далее вычислим социальные отчисления для полученных данных:

$$C_{соц} = 0,302 \cdot 150883,1 = 45566,7 \text{ руб}$$

8.3.7 Расчет затрат на электроэнергию

В этот вид расходов включается электроэнергия, потраченная на работу используемого для проекта оборудования, расчет производится по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_э \quad (8.10)$$

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

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

$Ц_э$ – тариф на 1 кВт*час.

Время работы оборудования рассчитывается исходя из итоговых данных таблицы из расчета, что продолжительность рабочего дня составляет 8 часов, формула:

$$t_{об} = T_{рД} \cdot K_t, \quad (8.11)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рД}$, в данном случае будет приравняться к 0,7.

Мощность определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} \cdot K_c, \quad (8.12)$$

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

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

Для ТПУ $C_э = 5,782$ руб./кВт*час (с НДС) заполним таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования, $t_{об} = T_{пд} * K_t$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $Э_{об}$, руб.
ПК	69*8*0,7	0,3	670,25
Итого:			670,25

8.3.8 Расчет амортизированных расходов

Далее проведем расчет амортизации используемого оборудования за время выполнения проекта. Для этого используется следующая формула:

$$C_{AM} = \frac{C_{об} * t_{рф}}{365}, \quad (8.13)$$

где $C_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;
 $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта;

Для расчета амортизации ПК необходимо рассчитать амортизацию за год для данного оборудования:

$$C_{AM ПК} = \frac{51000}{3} = 17000 \text{ р.}$$

Теперь находим амортизацию во время выполнения проекта для ПК:

$$C_{AM ПК} = \frac{17000 * 69}{365} = 3213,7 \text{ р.}$$

Для ПО разработки:

$$C_{AM ПО} = \frac{70122 * 69}{365} = 13255,9 \text{ р.}$$

Итого по разработке:

$$C_{AM} = 3213,7 + 13255,9 = 16469,6 \text{ р.}$$

8.3.9 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

В ходе выполнения проекта не было совершено никаких командировок, не были привлечены сторонние организации, не арендовались никакие помещения, следовательно, данную статью расходов можно приравнять к нулю.

$$C_{\text{НП}} = 0 \text{ руб.}$$

8.3.10 Расчет прочих расходов

Рассчитаем расходы на выполнение тех пунктов проекта, которые не были учтены ранее:

$$C_{\text{пр}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,16 \quad (8.14)$$

Для данного проекта:

$$C_{\text{пр}} = (150883,1 + 45566,7 + 670,25 + 16469,6) \cdot 0,16 = 34174,3 \text{ руб}$$

8.3.11 Расчет общей себестоимости разработки

Определим общую себестоимость, объединив все затраты в таблицу 14.

Таблица 14 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	0
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	150833,1
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	45566,7
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	670,25
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	16469,6
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	34174,3
Итого:		247714

Таким образом, затраты на разработку проекта составили $C = 247714$ руб.

8.3.12 Расчет прибыли

Прибыль должна составлять 20% от расходов на разработку. Поэтому, прибыль получается равной $247714 * 0,2 = 49542,8$ руб.

8.3.13 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку, а также полученной прибыли. Таким образом, НДС составляет $(247714 + 49542,8) * 0,2 = 59451,4$ руб.

8.3.14 Цена разработки

Данный показатель равен сумме полной себестоимости, прибыли и НДС. Следовательно $C_{НИР(КР)} = 247714 + 49542,8 + 59451,4 = 356708,2$ руб.

8.4 Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Для определения эффективности необходимо было рассчитать интегральный показатель. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Формула интегрального финансового показателя разработки:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (8.15)$$

Где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующие численное увеличение бюджета затрат на разработку в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Так как данная разработка имеет одно исполнение, то

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i * b_i^a, \quad I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i * b_i^p \quad (8.16)$$

Где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i-го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i-го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i-го варианта исполнения разработки;

n – число параметров сравнения.

Таблица 15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект
Сложность структуры	0.10	4
Функциональная мощность	0.20	5
Кроссплатформенность	0.10	4
Наличие дополнительных подсистем (условий)	0.15	5
Потребность в ресурсах памяти	0.10	3
Конкурентоспособность продукта	0.10	2
Законченность работы	0.20	4
Финансирование	0.05	1

В итоге: $I_{\text{ТП}} = 3.90$.

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

(8.17)

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p}, \quad I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} \quad (8.17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволила определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта (8.18):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}, \quad (8.18)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная характеристика проекта.

Таблица 16 – Сравнительная эффективность проекта

№ п/п	Показатели	Разработка
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1.000
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3.900
3	Интегральный показатель эффективности	0.256
4	Сравнительная эффективность исполнения	–

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять, какой вариант решения является максимально эффективным с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Но данная задача не имеет особо различающихся по бюджету вариантов.

8.5 Потенциальные риски

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Риски, которые могут возникнуть при реализации проекта, приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Риски проекта

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Условия наступления
Отсутствие финансирования	Снижение качества и увеличение сроков выхода на рынок	средняя	среднее	высокий	Недостаточно проработанная стратегия привлечения средств
Низкая производительность	Увеличение сроков разработки	средняя	высокое	средний	Недостаточная квалификация исполнителей
Недостаток кадров	Снижение производительности и качества	низкая	высокое	средний	Отсутствие финансирования
Неправильно разработанные модели	Снижение качества результата, неточные итоги	низкая	высокое	средний	Неправильно заданные условия, неправильные формулировки

Мероприятия по минимизации рисков приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Мероприятия по минимизации рисков

Риск	Мероприятия по минимизации
Отсутствие финансирования	Юридическое закрепление договоренностей между проектирующей и другими сторонами проектного финансирования, фиксирование стоимости работы
Низкая производительность	Устранение факторов, приводящих к производственным потерям, определение наиболее рациональных способов увеличения эффективности работы
Недостаток кадров	Финансовые поощрения, рациональное распределение труда, переквалификация персонала
Неправильно разработанные модели	Формализация требований, постановка определенных задач, соответствие алгоритмам при построении моделей

8.6 Выводы по разделу

В данном разделе проводился финансовый анализ разрабатываемого проекта. Изначально определились потенциальные потребители. Далее была

составлена оценочная карта по технологии QuaD для сравнения конкурентных технических решений. Оценка готовности проекта к коммерциализации показала, что перспективность разработки данного проекта выше среднего, а, следовательно, исследование необходимо продолжать.

SWOT-анализ показал, что ключевой проблемой проекта является сложность построения моделей, а также необходимость углубленных знаний в области математики. Еще одной стороной проекта является, то, что работа должна выполняться при наличии специализированного программного обеспечения.

В ходе расчета продолжительности выполнения проекта было выявлено, что на выполнение всех работ уйдет 69 рабочих дней со стороны студента и 24 дня со стороны научного руководителя, и 84 и 32 календарных дня соответственно.

В ходе расчета сметы затрат на выполнение проекта была выявлена цена разработки проекта, которая равна 356708,2 руб.

Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ показала, что задача не имеет особо различающихся вариантов решения по бюджету.

Вероятность наступления рисков ниже среднего, однако, данные риски имеют высокое влияние на проект.

В целом, было выявлено, что разработка данного проекта является достаточно перспективной.

9 Социальная ответственность

Темой магистерской диссертации является «Статистический анализ результатов тестирования по информатике в НИ ТПУ выпускников 2018 г.».

Практическое использование результатов анализа позволит повысить эффективность и качество тестирования, в конечном итоге повысить вступительный балл абитуриента.

Итоги исследования будут применены в ОИТ ИШИТР.

9.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовую основу охраны труда составляют законодательные акты и нормативные правовые документы по охране труда, имеющие иерархическую структуру, обладающие различной юридической силой. Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Основной задачей трудового договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному, на основании Трудового кодекса РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ, трудовому договору работник обязан:

- лично выполнять определенную трудовым договором функцию с соблюдением внутреннего трудового распорядка, установленного Работодателем;
- добросовестно исполнять свои трудовые обязанности, приказы, распоряжения и указания своего непосредственного руководителя;
- бережно относиться к имуществу Работодателя, в том числе находящемуся в его пользовании, правильно и по назначению использовать переданные ему для работы оборудование, приборы;

- нести иные обязанности, предусмотренные действующим законодательством Российской Федерации и локальными нормативными актами Работодателя.

В свою очередь работодатель обязан:

- предоставить сотруднику работу по обусловленной трудовой функции,

- обеспечить условия труда, предусмотренные трудовым законодательством и иными правовыми нормативными актами, соглашениями, содержащими нормы трудового права, коллективным договором;

- нести иные обязанности, предусмотренные действующим законодательством Российской Федерации и локальными нормативными актами Работодателя.

Также, работник имеет право:

- изменять и расторгать трудовой договор в порядке и на условиях, определенных трудовым законодательством Российской Федерации,

- своевременно и в полном объеме получать заработную плату в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы,

Работодатель имеет право:

- изменять и расторгать договор в порядке и на условиях, определенных трудовым законодательством Российской Федерации,

- требовать от Работника и контролировать исполнение им трудовых обязанностей и бережного отношения к имуществу нормативных актов, трудовой дисциплины, правил техники безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты и иных локальных нормативных актов Общества;

- привлекать Работника к дисциплинарной и материальной ответственности за неисполнение или ненадлежащее исполнение Работником

трудовых обязанностей в порядке, установленном трудовым законодательством Российской Федерации.

На основании ТК РФ статьи 135, трудовым договором устанавливается заработная плата в соответствии с действующими у данного работодателя системами оплаты труда. Заработная плата выплачивается Работнику два раза в месяц в порядке и сроки, установленные Правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с действующим законодательством: за первую половину месяца – 30 числа текущего месяца, окончательный расчет – 15 числа месяца следующего за отчетным.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ)» к рабочему месту при выполнении статистического анализа в положении сидя предъявляются следующие основные эргономические требования:

- конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;

- конструкцией рабочего места должно быть обеспечено выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного поля;

- конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы;

- рабочее место для выполнения работ сидя организуют при легкой работе, не требующей свободного передвижения работающего, а также при работе средней тяжести в случаях, обусловленных особенностями технологического процесса;

– при проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели женщин (если работают только женщины) и мужчин (если работают только мужчины); если оборудование обслуживают женщины и мужчины - общие средние показатели женщин и мужчин;

– конструкцией рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног.

9.2 Производственная безопасность

Выявление на рабочем месте факторов производственной среды и трудового процесса, источников вредных и (или) опасных факторов осуществляется путем изучения представляемых работодателем:

- технической (эксплуатационной) документации на производственное оборудование (машины, механизмы, инструменты и приспособления), используемое работником на рабочем месте;
- должностной инструкции и иных документов, регламентирующих обязанности работника;
- характеристик применяемых в производстве материалов и сырья;
- результатов ранее проводившихся на данном рабочем месте исследований (испытаний) и измерений вредных и (или) опасных факторов.

Основные вредные и опасные факторы при выполнении технологических процессов разработки программного обеспечения представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разраб отка	Изгото вление	Эксплу атация	
1.Отклонение показателей	-	-	-	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к

микроклимата				микроклимату производственных помещений.
2. Превышение уровня шума	-	-	-	ГОСТ 12.1.029-80 Средства и методы защиты от шума.
3.Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны	+	-	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4. Психофизиологические факторы	+	-	+	ТОИ Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере
5.Повышенный уровень электромагнитных излучений	-	-	-	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

9.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

9.3.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат помещения – это комплекс метеорологических условий в данном помещении. Компьютеры могут привести к увеличению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В СанПиН 2.2.4.548 – 96 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия [17].

Требования к микроклимату определяются исходя из категории тяжести работ. Работа разработчика-программиста относится к легкой категории 1Б [17], оптимальные и допустимые значения микроклимата представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Оптимальные и допустимые значения микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	23-25	20-24	40-60	0,1
Тёплый	20-22	21-25	40	0,1

Если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ. Температура в рассматриваемом помещении в холодное время года может опускаться до 19-21 °С, а в теплое время года подниматься до 25-28 °С. Данные показатели соответствуют допустимым значениям температуры, рекомендуемое время работы при температуре воздуха ниже допустимых величин представлено в таблице 21, при температуре выше допустимых величин представлено в таблице 22.

Таблица 21 – Рекомендуемое время работы при температуре воздуха ниже допустимых величин

Температура воздуха, °С	Время пребывания, не более, ч
17,0	6
18,0	7

Таблица 22 – Рекомендуемое время работы при температуре воздуха выше допустимых величин

Температура воздуха, °С	Время пребывания, не более, ч
30,0	5
29,5	5,5
29,0	6

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. В рассматриваемом помещении вентиляция осуществляется естественным и механическим путём. В зимнее время в помещении предусматривается система отопления. Это обеспечивает нормальное состояние здоровья работников в помещении.

9.3.2 Превышение уровня шума

Для исследуемого объекта основными источниками шумов, а также вибрации являются производственные процессы, сопровождающиеся шумом, такие как работа с компьютером. Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. Неблагоприятно отражается шум на нервной системе, вызывая головные боли, бессонницу, ослабление внимания, замедление психических реакций, пониженный аппетит, боли в ушах, что, в конечном счете, приводит к понижению работоспособности [18].

Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места разработчика-программиста согласно ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ «Общие требования безопасности» представлены в таблице 23 [19].

Таблица 23 – Предельно допустимые уровни звука

Вид трудовой деятельности/ Частоты	Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Научная деятельность, проектирование, программирование, Рабочие места проектно-конструкторских бюро, программистов вычислительных машин и т.д.	86	71	61	54	49	45	42	40	38

Допустимый уровень звукового давления колеблется от 38 дБ до 86 дБ при частоте от 8000 Гц до 31,5 Гц, соответственно.

Для снижения уровня шума, производимого персональными компьютерами, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы [20].

9.3.3 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Освещение в недостаточной степени может привести к напряжению зрения, ослаблению внимания и наступлению преждевременной утомленности. Слепление, резь в глазах и раздражение могут быть вызваны чрезмерно ярким освещением. Свет на месте труда может создать сильные тени или отблески, а также дезориентировать работающего. Основным документом, регламентирующим нормы освещенности, является СНиП 23-05-95* [21].

В производственном помещении используется искусственное и естественное освещение. Естественное освещение – боковое, осуществляемое через оконные проемы в боковых наружных стенах. Искусственное освещение – общее равномерное (световой поток равномерно распределяется по помещению без учета расположения оборудования),

Основным показателем качества освещения является освещенность E – поверхностная плотность светового потока. По характеристике зрительной работы труд программиста относится к разряду III подразряду Г (высокой точности), т.е. наименьший размер объекта различения от 0,3 до 0,5 мм (точка) [22]. Это значит, что нормативное значение освещенности рабочего места должно быть 200 лк [21].

Для обеспечения нормативной освещенности необходимо использовать совмещенное освещение, при котором естественное дополняется искусственным освещением.

9.3.4 Психофизиологические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на ПК – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. Уменьшение плотности рабочего времени, наличие простоев на протяжении рабочего дня не только не отдалают наступление и развитие утомления, но могут ускорить и углубить его.

Перерывы различаются по своему значению и продолжительности. В середине рабочего дня назначается обеденный перерыв, продолжительность которого должна составлять 1 час. Расположение дополнительных перерывов на протяжении рабочего дня их количество и продолжительность определяется на основании физиологического и психологического изучения динамики работоспособности.

В соответствии с утвержденной инструкцией по охране труда рекомендуется 30 минутный перерыв после каждых двух часов работы или 15 минутный перерыв на каждый час. Доказано что частые паузы до развития утомления намного ценнее длительных, но менее частых перерывов, начинающихся уже после снижения уровня работоспособности.

Также для предотвращения влияния психофизиологических факторов рабочее место должно удовлетворять следующим нормативам:

- Освещение;
- Уровень шума;
- Температура и влажность воздуха в помещении;
- Приём пищи на рабочем месте.

Главным направлением работы по коренному улучшению условий труда должны быть профилактические меры технического характера, поскольку они направлены на устранение причин, порождающих неблагоприятные условия труда. Поэтому, прежде всего, предусматривается проведение мероприятий по внедрению новейших технологий, отвечающих эргономическим (гигиеническим, психофизиологическим, эстетическим и

др.) требованиям по реконструкции зданий и сооружений, модернизации действующего оборудования, совершенствованию организации труда и производства.

9.3.5 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Электромагнитное излучение – распространяющееся в пространстве возмущение электрических и магнитных полей [22]. Источниками электромагнитного излучения в данном исследовании являются мониторы и системный блок.

Оценка величины уровней ЭМП, проведенная по паспортным данным компьютера и монитора, показала их соответствие нормам ТСО–03 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [23]. В таблице 24 приведены нормы уровня ЭМП, которым соответствует техника в кабинете.

Таблица 24 – Допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для того, чтобы снизить воздействие таких видов излучения, рекомендуют применять такие мониторы, у которых уровень излучения понижен (MPR-II, ТСО-92, ТСО-99), а также установить защитные экраны и соблюдать режимы труда и отдыха.

9.4 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность и охрана окружающей среды являются одними из важнейших факторов при выполнении работ любого характера. При работе в офисном помещении за персональным ПК отсутствуют выбросы в окружающую среду и влияния на жилищную зону.

Поскольку при разработке данной магистерской диссертации использовался компьютер, необходимо помнить о правильной утилизации компьютерного лома после выхода из строя данного ПК. В соответствии с постановлением правительства №340 СанПиН 2.2.2. 542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» юридическим лицам запрещено самостоятельно утилизировать компьютерную технику. Необходимо найти организацию, которая занимается утилизацией в частном порядке. Это относится к следующим видам отходов:

- Твердые отходы, относящихся к IV классу опасности (системный блок компьютера, принтеры, сканеры, клавиатура, манипулятор «мышь») [24];
- Жидкие отходы: сточные воды;
- Люминесцентные лампы (ГОСТ Р 51768-2001).

9.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов чрезвычайных ситуаций являются пожар или взрыв на рабочем месте.

Всякий работник при обнаружении пожара должен [24]:

- незамедлительно сообщить об этом в пожарную охрану;
- принять меры по эвакуации людей, каких-либо материальных ценностей согласно плану эвакуации;
- отключить электроэнергию, приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения.

При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала, то необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить точный адрес места возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

9.6 Выводы по разделу

Основным фактором, влияющим на производительность людей, занимающихся моделированием и анализом, являются комфортные и безопасные условия труда. Условия труда в рабочем помещении характеризуются возможностью воздействия на работников следующих производственных факторов: действие микроклимата, шума, уровня освещенности, электромагнитного излучения, параметров технологического оборудования и рабочего места. В данном разделе проанализированы вредные и опасные факторы, влияющие на здоровье человека, основные меры их профилактики и ликвидации. Были отмечены источники негативного воздействия, меры коллективной и индивидуальной защиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом является проведенный статистический анализ результатов итоговой контрольной работы по информатике выпускников школ 2018 г.

1. Проанализированы основные проблемы предметной области.
2. Изучена литература, исследованы и применены статистические методы.
3. Проверена равносильность вариантов заданий.
4. Выявлены вопросы трех уровней сложности с помощью кластерного анализа.
5. Произведено сравнение результатов тестирования за весенний и летний периоды.
6. Проведено ранжирование результатов, выявлены лучшие и худшие показатели.
7. Выявлены существующие зависимости между заданиями, а также зависимости выполнения заданий от варианта.
8. Рассчитана вероятность получения оценки «отлично» при успешном выполнении задания.
9. Построена регрессионная модель для прогнозирования итогового балла абитуриента.

Практическое использование результатов анализа позволит повысить эффективность и качество тестирования, в конечном итоге повысить вступительный балл абитуриента.

Результаты исследований были представлены и опубликованы на двух международных конференциях.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Клековкин В. А. Стохастическое моделирование влияния факторов на результаты выполнения итоговой контрольной работы учеников из разных стран / В. А. Клековкин; науч. рук. Ю. Я. Кацман // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 3-7 декабря 2018 г., г. Томск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2018. — [С. 72-73].

2. Клековкин В. А. Стохастическое моделирование влияния различных факторов на результаты выполнения итоговой контрольной работы по информатике // XV Международная научная конференция студентов, магистрантов и молодых ученых: Тезисы докладов XV Международной научной конференции: в 2-х частях (I часть). – Нур-Султан: Казахский филиал МГУ имени М.В.Ломоносова, 2019. – [С. 58-60].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1) Нехороших Д.С., Демьянов В.В., Каневский М.Ф., Чернов С.Ю., Савельева Е.А. Стохастическое моделирование пространственно распределенных данных по окружающей среде. Препринт № IBRAE-2000-05. Москва: Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Апрель 2000. – 28 с.
- 2) Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.
- 3) Майоров А.Н. Мониторинг в образовании. Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Интеллект-Центр, 2005. – 424 с.
- 4) Гаек Я., Шидак Э. Теория ранговых критериев. – М.: Наука, 1971. – 374 с.
- 5) Берестнева О.Г., Марухина О.В., Шевелев Г.Е. Прикладная математическая статистика. Учебное пособие – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 188 с.
- 6) Акберова Н.И. Описательная статистика. Интервальные оценки. – Казань: Типография издательского центра Казанского гос. ун-та, 2004. 40 с.
- 7) Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. – М.: ООО «БиномПресс», 2007. – 512 с.
- 8) Миркин Б. Г. Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор / Б. Г. Миркин Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом НИУ «Высшая школа экономики», 2011. – 39 с.
- 9) Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA. М.: КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.
- 10) Корчуганова М.А. Лабораторный практикум по дисциплине «Эконометрика» учебное пособие / М.А. Корчуганова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 91 с.

11) Эконометрика: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки укрупненной группы специальностей «Экономика и управление» / [авт.-сост. М.Г. Тиндова, О.С. Кузнецова]. – Саратов: ССЭИ РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2015. – 108 с.

12) Кацман, Юлий Янович. Теория вероятностей и математическая статистика. Примеры с решениями: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Ю. Я. Кацман; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Москва: Юрайт, 2016. — 131 с.

13) Илюхин Б.В. Оценка качества образования и принцип разумной достаточности // Народное образование. – 2012. – № 6. – С. 118–126.

14) Борисова Е.В. Прикладные статистические модели и методы в социологии: Учебное пособие. 1-е изд. – Московская обл., Ногинск: АНАЛИТИКА РОДИС, 2016. – 254 с.

15) Валеев С. Г. Практикум по прикладной статистике : учебное пособие / С. Г. Валеев, В. Н. Клячкин. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 129 с.

16) Учебно-методическое пособие по дисциплине «Методики проведения экспериментальных исследований технических объектов и систем» / сост. Б. В. Шишлин. – Тольятти: Изд-во ПВГУС, 2017. – 172 с.

17) СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. – 20 с.

18) Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов; Под общ. ред. Е.Я. Юдина – М.: Машиностроение, 1985. – 400с.

19) ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

20) СНиП 23-03-2003. Защита от шума.

21) СНиП 23-05-95*. Естественное и искусственное освещение. – М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. – 70 с.

22) Безопасность жизнедеятельности. /Под ред. Н.А. Белова - М.: Знание, 2000 - 364с.

23) СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003. – 54 с.

24) СанПин 2.17.1322-03. Гигиенические требования к размещению и обезвреживанию отходов производства и потребления: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. – 16 с.

Приложение А

Раздел 2

Statistical analysis methods and their implementation/application

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ИМ71	Клековкин Вадим Александрович		

Консультант ОИТ ИШИТР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Мирошниченко Евгений Александрович	к.т.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к.п.н.		

2. Statistical analysis methods and their implementation/application

There are various methods of statistical analysis, created to determine specific dependencies and solve different problems of mathematical statistics.

In this work we use the following methods of statistical analysis:

- factor analysis;
- cluster analysis;
- correlation analysis;
- regression analysis.

Data were checked for normal distribution, since a large number of statistical methods are based on normal distribution of researched data.

Also there are used in the work:

- Mann – Whitney test;
- Kruskal-Wallis rank criterion;
- Kolmogorov-Smirnov criterion;
- Shapiro-Wilk criterion;
- Lilliefors criterion.

2.1 Factor analysis

Factor analysis can be interpreted as a section of multivariate statistical analysis, which combines methods for estimating the dimensions of sets of observable variables by researching the structures of covariance or correlation matrices.

Due to this type of analysis, a researcher can solve two main tasks: compactly, but comprehensively, to describe the subject of measurement. Using factor analysis, it is possible to identify factors that are responsible for the presence of statistical linear correlations between the observed variables.

Factor analysis is a multidimensional method used to study the relationships between the values of variables. Known variables are assumed to depend on fewer unknown variables and random error.

The main tasks of factor analysis:

- selection of factors for the analysis of the researched parameters;
- classification and systematization in order to ensure a systematic approach;
- modeling the relationships between effective and factor indicators;
- calculation of the influence of factors and the assessment of the role of each of them in changing the value of the effective indicator;
- work with factor model.

At researching the dependencies, one of the most simple is the situation when you can specify only one factor that influences the final result, and this factor can take only a finite number of values (levels). Such tasks, called single-factor analysis tasks, are quite common in practice. A typical example of single-factor analysis tasks is a comparison of the results of several different methods of action aimed at achieving the same goal.

If nothing is known about the distribution of responses, then it becomes difficult to use quantitative observations of X_{ij} to test the H_0 hypothesis. In these cases, it is easier to base your conclusions on the “more-less” relationship between observations, since they do not depend on the type of distribution. Now all the information that is included in the table.1 is contained in those ranks that get the numbers X_{ij} in the ordering of the entire set (the ordering order min \rightarrow max, or max \rightarrow min – irrelevant).

Table 1 – Ranks of measurement results

	Обработки (Уровни фактора)				
	1	2	3	...	k
Ранги результатов измерений	r_{11}	r_{12}			r_{1k}
	r_{21}	r_{22}			r_{2k}

	$r_{n_1 1}$	$r_{n_2 2}$			$r_{n_k k}$

In this work, for factor analysis used: the Kruskal-Wallis criterion, the Mann-Whitney criterion:

1) Kruskal-Wallis criterion

The criterion is used to estimate differences simultaneously between three or more samples. It makes it possible to find out that a sign changes when one group changes to another, but does not indicate the direction of change. It is a generalization of the Mann-Whitney test for a larger number of samples.

All values are grouped and lined up in a common row. Then in each sample are calculated the sum of ranks. If the differences turn out to be random, then the high and low ranks will be equally divided across the samples. When high ranks dominate in any group, and low in the remaining group, this indicates that the differences are not accidental, but are caused by the action of the factor.

In the «Statistica» program, the Kruskal-Wallis criterion is as follows (Fig. 1).

		Kruskal-Wallis ANOVA by Ranks; Процент выполнения (Procentzadach)		
		Independent (grouping) variable: Cluster		
		Kruskal-Wallis test: H (2, N= 27) =22,68744 p =,0000		
Depend.:	Code	Valid N	Sum of Ranks	Mean Rank
Процент выполнения				
1	1	10	115,0000	11,50000
2	2	11	242,0000	22,00000
3	3	6	21,0000	3,50000

Figure 1 – Kruskal-Wallis test results

Where:

H – statistics of Kraskel-Wallis;

p – probability of accepting the H0 hypothesis;

Code – a unique group code;

Valid N – the number of values in the group;

Sum of Ranks – the sum of ranks;

Mean Rank – the average value of the rank.

2) Mann-Whitney test

The Mann-Whitney test is a non-parametric statistical test used when comparing two independent samples according to the degree of any quantitatively

measured trait. The method is based on the recognition of whether the area of overlapping indicators between two variable rows is rather small. The differences between the parameters of the parameter in the samples are more accurate, the greater the value of the criterion.

In the «Statistica» program, the Mann-Whitney test is as follows (Fig. 2).

Mann-Whitney U Test (Disser1)										
By variable/ariant										
Marked tests are significant at p <,05000										
variable	Rank Sum Group2	Rank Sum Group3	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N Group 1	Valid N Group 2	2*1sided exact p
Sum	843,500	986,500	315,500	-1,9559	0,05047	-1,9572	0,05031	32	28	0,04910

Figure 2 – Mann-Whitney Test Results

Where:

Rank Sum – the sum of the ranks of the sample;

U – Mann-Whitney statistics for small samples;

Z – normal approximation of the Mann-Whitney statistics for large samples;

p-value –probability of accepting the H0 hypothesis;

Z adjusted – adjusted normal approximation of the Mann-Whitney statistics.

2.2 Cluster analysis

Cluster analysis is a method of classification analysis, its main goal is to divide a large number of objects under research into homogeneous groups, and they are also clusters.

The task of cluster analysis is to divide them into m clusters according to the attributes of the objects, so that each object belongs only to one cluster. At the same time, objects belonging to the same group should be similar, and objects belonging to different groups should be dissimilar.

When representing clustering objects as points in an n-dimensional feature space, the similarity of objects can be denoted by the distance between the points,

and it is intuitively clear that the more similar the objects, the smaller the distance between them.

The notion of a "cluster" cannot be precisely defined, which is one of the reasons why there are so many clustering algorithms. There is a common denominator: a group of data objects. However, different researchers employ different cluster models, and for each of these cluster models again different algorithms can be given. The notion of a cluster, as found by different algorithms, varies significantly in its properties. Understanding these "cluster models" is key to understanding the differences between the various algorithms. Typical cluster models include:

- connectivity models: for example, hierarchical clustering builds models based on distance connectivity;
- centroid models: for example, the k-means algorithm represents each cluster by a single mean vector;
- distribution models: clusters are modeled using statistical distributions, such as multivariate normal distributions used by the expectation-maximization algorithm;
- density models: for example, DBSCAN and OPTICS defines clusters as connected dense regions in the data space;
- subspace models: in biclustering (also known as co-clustering or two-mode-clustering), clusters are modeled with both cluster members and relevant attributes;
- group models: some algorithms do not provide a refined model for their results and just provide the grouping information;
- graph-based models: a clique, that is, a subset of nodes in a graph such that every two nodes in the subset are connected by an edge can be considered as a prototypical form of cluster;
- neural models: the most well known unsupervised neural network is the self-organizing map and these models can usually be characterized as similar to one or more of the above models.

2.3 Correlation analysis

Of exceptional interest for a wide class of tasks is the discovery of reciprocal relationships between two or more random variables. In engineering studies, such tasks usually boil down to the establishment of a connection between some supposed excitation and the observed response of the physical system under study.

The existence of such relationships and their relative strength can be measured by a correlation coefficient.

The main task of the correlation analysis is to identify the relationship between random variables by means of point and interval estimates of various (pair, multiple, particular) correlation coefficients.

The correlation coefficient is determined through the correlation moment (covariance) by the formula:

$$\rho_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} = \frac{M[(X - m_x)(Y - m_y)]}{\sigma_x \sigma_y}$$

The value characterizes the closeness of the relationship between random variables and in the general population. It is known from the properties of the correlation coefficient that is an indicator of the closeness of the relationship only in the case of a linear relationship between two variables. For linearly independent random variables and even for dependent random variables it can be equal to 0. In this case, random variables are called uncorrelated.

2.4 Regression analysis

Regression is a quantity that expresses the dependence of the average value of a certain random variable on some other quantity, or on several quantities. Regression can be used to predict a certain result for some previously measured characteristics.

In addition, using regression, can determine which indicators are most significant, and are important for the study, and which of the variables can be neglected and excluded from the analysis.

Regression is used to quantify the relationships between variables, and is expressed by a regression equation.

The main task of the regression analysis is to find the relationship between some attribute Y of the observed object and the parameters x_1, x_2, \dots, x_n , which interpret changes in Y. The sign Y is a dependent variable (response), affecting the parameters x_1, x_2, \dots, x_n are factors. Finding the type of dependence, finding the regression equation and estimating its parameters are the tasks of regression analysis.

In the «Statistica» program, the regression analysis is as follows (Fig. 3).

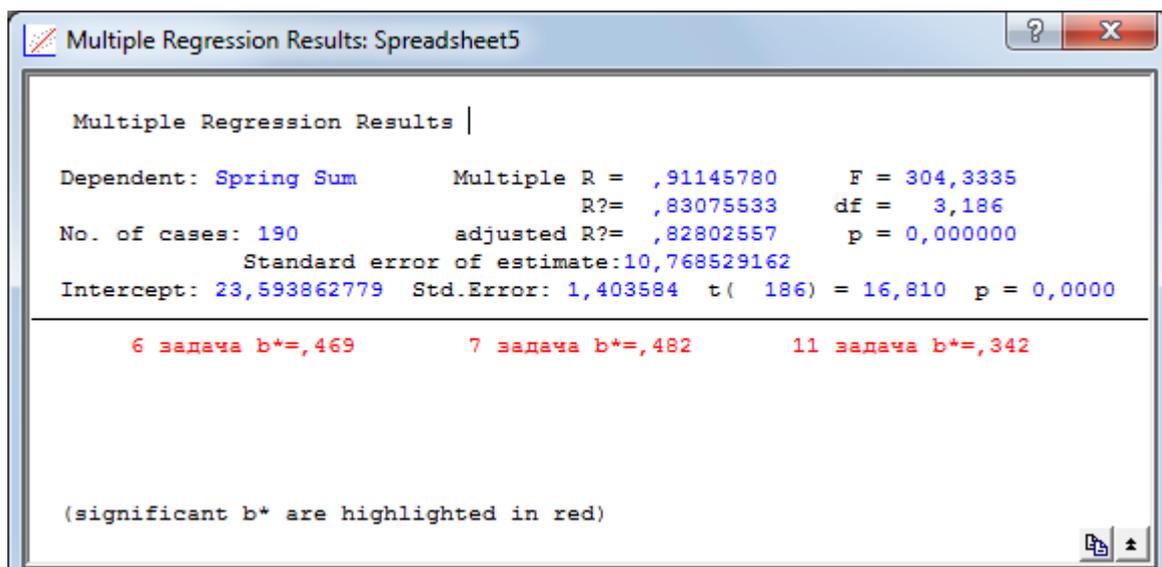


Figure 3 – Regression Analysis Results

Where:

F – F-criterion is used to test the significance of the regression. In this case, the hypothesis is tested as a null hypothesis: there is no linear relationship between dependent and independent variables;

df – the number of degrees of freedom for the F-criterion;

p – probability of the null hypothesis for the F-test;

Standard error of estimate – standard error of the estimate (equation); This estimate is a measure of the dispersion of the observed values relative to the regression line;

Intercept – evaluation of the free term of the equation;

Std.Error – the standard error of the estimate of the free term of the equation;

t – t-criterion for estimating the free term of the equation;

p – probability of the null hypothesis for the free term of the equation.

Beta – β -coefficients of the equation. These are standardized regression coefficients calculated by standardized variable values. By their magnitude, can estimate the significance of the dependent variables. The coefficient indicates how many units of the standard deviation the dependent variable changes when the independent variable changes by one standard deviation, provided that the other independent variables are constant. The free term in such an equation is 0.

2.5 Test of parametric hypotheses

Statistical hypothesis is a hypothesis about the type of unknown distribution or about parameters of a known distribution.

A statistical hypothesis is called parametric if it formulated assumptions about the values of the parameters of the distribution function of a known type.

Null (main) is called the proposed hypothesis H_0 . Competing (alternative) is called the hypothesis H_1 , which contradicts the null.

A parametric hypothesis is called simple, if it contains only one assumption about a parameter (for example, if a is the expected value of a normally distributed random variable, then the hypothesis $H_0: a = 0$ is simple).

A parametric hypothesis is called complicated, if it consists of a finite or infinite number of simple hypotheses.

When testing a hypothesis, errors of two kinds can be made. The error of the first kind is that the correct null hypothesis will be rejected. The probability of an error of the first kind is called the significance level and denoted α .

The second type of error is that an incorrect null hypothesis will be accepted. The probability of an error of the second kind is designated β .

Statistical criterion (criterion statistics) is a random variable that serves to test a hypothesis.

The basic principle of testing statistical hypotheses: if the observed value of the criterion belongs to the critical region, then the null hypothesis is rejected; if the observed criterion value belongs to the hypothesis acceptance area, then the hypothesis is consistent with the experimental data.

The following criteria are used to test the distribution hypotheses:

1) Kolmogorov-Smirnov Criterion

Distribution characteristics, as a rule, are expected value and variance. In some cases, instead of the dispersion take root - the standard deviation. The following criteria are used for the test of the hypothesis: Kolmogorov-Smirnov, or Shapiro-Wilk. Meanwhile, in the analysis of less than 60 observations, as a rule, the Shapiro-Wilk criterion is used, otherwise the Kolmogorov-Smirnov criterion.

The Kolmogorov-Smirnov criterion is a non-parametric consent criterion, it was created in order to check whether the analyzed sample belongs to any distribution law. Most often, this criterion is used to analyze samples for normal distribution.

The Kolmogorov-Smirnov criterion finds a place in which the sum of the discrepancies between the two distributions is maximum for analyzing the truth of this discrepancy.

In the case when the differences between the two distributions are significant, then at one moment the difference of the collected frequencies will reach a key indicator, which will mean that the differences are statistically significant.

2) Shapiro-Wilk criterion

It is possible to investigate the similarity of the sample to the normal distribution using the Shapiro – Wilk criterion. This criterion is based on the Q-Q graph, it tracks how much the points on the Q-Q graph do not coincide with the

straight line, analyzes the H_0 hypothesis, and does this with the help of W statistics calculated according to the variation series calculated from the sample and some values a . These values are based on the mathematical expectations of ordinal statistics from the standard normal distribution, they are taken from tables and there are no formulas for them.

The Shapiro-Wilk test is used to test the hypothesis that a random variable has a normal distribution and is one of the most effective tests for checking normality. The criterion is calculated as the ratio of the square of the sum of the linear difference of the sample ordinal statistics to the usual estimate of variance.

3) Lilliefors criterion

Lilliefors criterion - is a statistical criterion, which is a variation of the Kolmogorov – Smirnov criterion. Used to test the null hypothesis that the data have a normal distribution law for the option when the expectation and variance of the normal distribution is not known.

As in the case with the Kolmogorov – Smirnov criterion, the maximum difference among the selective and theoretical integral distribution functions is calculated.

A check is made as to whether the considered shift of the sample distribution function from the theoretical one will be statistically important. If a positive decision arises, the null hypothesis is rejected.

The main reason for the error of the Lilliefors criterion is that the parameters of the theoretical distribution are considered for the same values that are checked for compliance with the distribution. That is, the largest deviation will be smaller if the distribution parameters are calculated independently. Consequently, the probability distribution of the hypothesis about the loyalty of the null hypothesis becomes shifted towards smaller values in comparison with the Kolmogorov distribution.