

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

Институт кибернетики
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Кафедра прикладной математики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**Сравнительное исследование моделей параметризации
результатов оценивания уровня учебных достижений**

УДК 378.662.14.015.62:159.9.072(571.16)

Студент

8Б21	Холдина Татьяна Владимировна			21.06.2016
Группа	ФИО		Подпись	Дата

Руководитель

доцент	Орлов Олег Викторович	к.т.н.		12.06.2016
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			11.06.2016
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

доцент	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н.		11.06.2016
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	Гергет Ольга Михайловна	к.т.н.		13.06.2016
Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, Критерии АИОР
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять <i>глубокие математические и профессиональные знания</i> для решения задач научно-исследовательской, проектной, производственной и технологической деятельности в области системного и прикладного программирования.	Требования ФГОС (ОК-11, 12, ПК-3, 10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий Требования работодателей: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», ООО НАЦ «Недра», ИХН СО РАН
Р2	Умение использовать знания по естественнонаучным дисциплинам при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях	Требования ФГОС (ПК-3,9) Критерий 5 АИОР (п.5.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования работодателей: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академика Е.И. Забабахина», ООО «НАПО им. В.П. Чкалова», ИХН СО РАН
Р3	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных	Требования ФГОС (ОК-5, 11, 12,14,15, ПК-2, 6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ООО Нижневартовскэнергогаз.

	технологий.	
P4	Выполнять <i>инновационные</i> проекты с применением <i>глубоких профессиональных</i> знаний и <i>эффективных</i> методов проектирования для достижения <i>новых</i> результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях экономических, экологических, социальных и других ограничений.	Требования ФГОС (ОК-14, ПК- 7, 9,14), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий. Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ИХН СО РАН.
P5	<i>Демонстрировать</i> знание о формах организации образовательной и научной деятельности в высших учебных заведениях, <i>иметь навыки</i> преподавательской работы.	Требования ФГОС (ОК-1, 10, 16, ПК-1, 14, 15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Способность осуществлять организационно-управленческую и социально-ориентированную деятельность с соблюдением профессиональной этики	Требования ФГОС (ОК-5,13,16, ПК-11-13,16) Критерий 5 АИОР (п.5.2.12-13) согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, включая разработку документации и представление результатов инновационной деятельности. Толерантность в восприятии социальных и культурных различий.	Требования ФГОС (ОК-2, 3,4, 7, ПК-8). Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> и Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов	Требования ФГОС (ОК-1,4, 6, ПК-8,11,12), Критерий 5 АИОР (пп. 5.2.9,5.2.13), согласованный с требованиями

	различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> и Требования профессиональных стандартов Ассоциации предприятий компьютерных и информационных технологий. Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ООО Нижневартовскэнергонефть».
P9	<i>Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности. Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию.	Требования ФГОС (ОК-8,9,16, ПК-5, 11), Критерий 5 АИОР (5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i> . Требования работодателей: Контек, ОАО «Газпром переработка», ООО Нижневартовскэнергонефть».

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

Институт кибернетики
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Б21	Холдина Татьяна Владимировна

Тема работы:

Сравнительное исследование моделей параметризации результатов оценивания уровня учебных достижений

Утверждена приказом директора Института
кибернетики (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы: (дата)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИИР; программное обеспечение).</i>	Матрицы ответов студентов по результатам трёх тестирований.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования; разработка алгоритмов и программ; описание методов исследования обработки результатов; анализ полученных результатов; дополнительные разделы, подлежащие разработке; заключение по работе).</i>	1) Аналитический обзор литературы по теме «Теория моделирования и параметризации тестов». 2) Постановка задачи исследования. 3) Разработка алгоритмов реализации рассматриваемых моделей и алгоритма проведения исследования. 4) Анализ результатов трёх тестов. 5) Сравнение рассматриваемых моделей по полученным результатам. 6) Заключение по работе

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
2. Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Орлов Олег Викторович	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б21	Холдина Татьяна Владимировна		

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

Институт кибернетики

Направление подготовки Прикладная математика и информатика

Уровень образования бакалавр

Кафедра прикладной математики

Период выполнения _____ осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.2016	Постановка целей и задач, получение исходных данных	...
11.02.2016	Составление и утверждение ТЗ	...
26.02.2016	Подбор и изучение материалов по тематике	
01.03.2016	Разработка календарного плана	
06.03.2016	Обсуждение литературы	
11.03.2016	Выбор моделей для реализации	
27.03.2016	Разработка алгоритмов реализации моделей	
10.04.2016	Реализация разработанных алгоритмов	
30.04.2016	Проведение исследования	
14.05.2016	Оформление расчётно-пояснительной записки	
21.05.2016	Оформление графического материала	
28.05.2016	Подведение итогов	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Орлов Олег Викторович	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Гергет Ольга Михайловна	К.Т.Н		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 94 с., 15 рис., 11 табл., 28 источников, 5 прил.

Ключевые слова: теория моделирования и параметризации тестов, модель параметризации результатов тестирования, дихотомическая модель Раша, биномиальная полиномиальная модель, педагогическое тестирование, оценка качества образования, характеристическая кривая, критерий Хи-квадрат Пирсона.

Объектом исследования являются параметрические модели результатов оценивания учебных достижений.

Цель работы – сравнительное исследование моделей параметризации результатов тестирования.

В процессе исследования проводились анализ результатов трёх тестов, сравнительное исследование рассматриваемых моделей.

В результате исследования сделан вывод об областях применения дихотомической модели Раша и биномиальной полиномиальной модели.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: разработанные алгоритмы позволяют произвести оценку параметров модели оценивания и оценку качества теста.

Степень внедрения: планируется интеграция системы оценки уровня учебных достижений студентов и качества измерительного инструмента (теста) Центра оценки качества образования (ЦОКО) Томского политехнического университета (ТПУ) на основе разработанных алгоритмов.

Область применения: образовательная среда.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в повышении качества оценивания уровня знаний и улучшении качества тестов.

В будущем планируется: создание автоматизированной системы для оценки качества образования и формирования стратегии по улучшению качества инструмента измерения.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

валидность: Это понятие, показывающее, насколько хорошо тест измеряет то свойство, для измерения которого он и разрабатывался; валидность теста означает его пригодность или обоснованность для достижения поставленной цели.

вероятность теста: Степень (относительная мера, количественная оценка) возможности наступления некоторого события.

дифференцирующая способность теста: Числовая характеристика, показывающая, насколько успешно тест разделяет испытуемых с разным уровнем знаний.

индикаторная переменная: Переменная, определяющая значение параметров модели параметризации результатов тестирования; то есть это ничто иное как задание теста.

латентная переменная: Явно наблюдаемая величина, которую можно измерить с помощью измерительных инструментов физического мира.

математическая модель: Приближенное описание объекта моделирования, выраженное с помощью математической символики.

надёжность теста: Согласованность результатов тестирования на одной и той же группе тестируемых в разных условиях.

параметр: Величина, характеризующая какое-либо свойство устройства, явления, системы и т.п.

тест: Система формализованных заданий, по результатам выполнения которых можно судить об уровне развития определённых качеств испытуемого, а также о его знаниях, умениях и навыках.

тестирование: Исследовательский метод, который позволяет выявить качества личности, а также их соответствие определённым нормам путем анализа способов выполнения испытуемым.

Оглавление

Введение	13
1 Объект и методы исследования.....	15
1.1 Содержательная постановка задачи	15
1.2 Концептуальная постановка задачи	18
1.3 Описание моделей параметризации результатов оценивания учебных достижений.....	19
1.3.1 Дихотомическая модель Раша	22
1.3.2 Политомическая биномиальная модель Раша	26
1.4 Критерий согласования модели с экспериментальными данными	28
1.5 Выбор программного обеспечения	30
2 Расчёты и аналитика	31
2.1 Алгоритм дихотомической модели Раша	31
2.2 Алгоритм реализации политомической биномиальной модели Раша	33
2.3 Алгоритм проведения сравнительного исследования.....	34
3 Результаты проведения исследования	37
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	45
4.1 Организация и планирование работ	45
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	49
4.2.1 Расчет затрат на материалы	49
4.2.2 Расчет заработной платы	50
4.2.3 Расчет затрат на социальный налог.....	51
4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию	51
4.2.5 Расчет амортизационных расходов	52

4.2.6 Расчет прочих расходов	53
4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки	53
4.2.8 Расчет прибыли	54
4.2.9 Расчет НДС	54
4.2.10 Цена разработки НИР.....	54
4.3 Оценка экономической эффективности проекта	55
5 Социальная ответственность	59
5.1 Профессиональная социальная безопасность.....	59
5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов.....	60
5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов.....	66
5.2 Экологическая безопасность	68
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	69
5.3.1 Анализ вероятных ЧС	69
5.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС	69
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	71
5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	71
5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	71
Заключение	73
Список публикаций студента	74
Список используемых источников.....	75
Приложение А Матрицы ответов студентов на тесты	78
Приложение Б Характеристики заданий тестов	81
Приложение В Блок-схема алгоритма проведения исследования.....	84

Приложение Г Программный код реализации разработанных алгоритмов	86
Приложение Д Признаки научно-технического эффекта	93

Введение

Работа проводится для Центра обеспечения качества образования Томского Политехнического Университета (ЦОКО ТПУ) с целью внедрения моделей параметризации результатов тестирования в работу центра.

Ежегодно ЦОКО ТПУ проводит большое количество тестирований. Это и входной контроль по физике и математике, срезы знаний по таким предметам как экономика, философия, а также вступительный экзамен в магистратуру.

Основное назначение педагогического тестирования – оценивание уровня подготовленности участников тестирования в определенной области знаний.

Причем оценка должна обладать свойством объективности, то есть при тестировании одного и того же студента различными тестами должны получаться близкие результаты (с точностью до погрешности вычислений).

При проведении тестирования возникают вопросы об определении уровня знаний тестируемых, определения трудности заданий и качества самого теста. Получить ответы на данные вопросы становится возможным при использовании моделей параметризации результатов тестирования. И на этом этапе возникает потребность в выборе конкретной модели, которую следует принять за основу разработанного теста с целью его анализа. Что приводит к необходимости сравнения существующих моделей параметризации результатов тестирования.

Теория моделирования и параметризации тестов – это относительно новая и практически не исследованная в нашей стране область знаний. Однако имеется необходимость в реализации моделей параметризации результатов тестирования в различных областях. Данная работа проводилась с упором на применимость результатов исследования для работы с педагогическими тестами в связи с чем были выделены дихотомическая модель Раша и биномиальная полиномиальная модель.

Актуальность данной работы основывается на необходимости:

- 1) интерпретировать результаты тестирования для определения объективной оценки уровня знаний;
- 2) определить критерии применимости модели для параметризации результатов;
- 3) выявить индикаторные переменные, адекватные для оценки уровня подготовленности в определённой области знаний.

Целью данной работы является сравнение моделей параметризации результатов оценивания учебных достижений.

Задачи, которые поставлены для достижения данной цели следующие:

- 1) анализ литературы по заданной теме;
- 2) изучение моделей параметризации результатов тестирования;
- 3) реализация рассматриваемых моделей;
- 4) анализ тестов по рассматриваемым моделям;
- 5) сравнение рассматриваемых моделей.

Объектом исследования являются параметрические модели результатов оценивания учебных достижений.

Предметом исследования являются алгоритмы реализации моделей и оценки адекватности заданий тестирования, применяемого для оценивания учебных достижений.

Практическая новизна заключается в детальной реализации моделей параметризации результатов тестирования.

Практическая значимость работы состоит во внедрении рассматриваемых в работе моделей в Центре оценки качества образования ТПУ.

Результаты исследований были представлены на III Международной научной конференции «Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине».

1 Объект и методы исследования

1.1 Содержательная постановка задачи

В первой половине 20-го века была разработана теория, позволяющая получать и интерпретировать результаты тестирования с единой точки зрения. Эта теория получила название классической теории тестирования (КТТ). В ее основу лёг постулат, что наблюдаемый балл участника тестирования представляет собой сумму его истинного балла и некоторой случайной ошибки измерения [2].

$$T_{ист} = X_{\phi} + E, \quad (1.1)$$

где $T_{ист}$ – истинное значение (истинный балл),

X_{ϕ} – наблюдаемый результат,

E – суммарная ошибка измерения.

На практике в КТТ часто первичный балл испытуемого принимается за его истинный балл.

Если же этот вопрос не игнорируется, то ошибка измерения определяется через коэффициент надежности теста:

$$E = \sigma_x \cdot \sqrt{1 - r}, \quad (1.2)$$

где $\sigma_x = \sqrt{D_x}$ – среднее квадратичное отклонение первичных баллов испытуемых,

r – коэффициент надежности.

Таким образом, ошибка измерения E является функцией двух величин – надежности теста и среднего квадратичного отклонения баллов испытуемых, то есть ошибка измерения является одинаковой для всех испытуемых данной выборки.

Зная ошибку измерения, можно построить доверительный интервал для любого первичного балла x_i . Так при доверительной вероятности 95 % доверительный интервал принимается равным

$$(x_i - 1,96 \cdot \sigma; x_i + 1,96 \cdot \sigma),$$

где 1,96 – значение t -константы Стьюдента при данной доверительной вероятности.

Достоинство КТТ - простота обработки и интерпретации результатов. Однако КТТ обладает целым рядом существенных недостатков, которые привели к появлению в 60-х годах прошлого столетия принципиально нового подхода к теории тестирования [3].

Новая теория тестирования получила название Item Response Theory (IRT) или теории моделирования и параметризации тестов (ТМПТ) в русскоязычной литературе [14].

Основная цель ТМПТ состоит в разработке математической модели процесса тестирования, параметрами которой, подлежащими определению, служат характеристики участников тестирования и самого теста.

В основе всех моделей ТМПТ лежит функция успеха, определяющая зависимость вероятности правильного выполнения задания (или какой-либо его части) от уровня подготовленности участника тестирования и параметров задания.

Использование моделей ТМПТ позволяет преодолеть недостатки КТТ и перейти к оцениванию уровня подготовленности как к процессу объективного измерения, результаты которого сопровождаются характеристиками точности и отражены на метрической шкале.

Исходная матрица ответов содержит в себе лишь результаты формальных наблюдений над случайными событиями. Первичные баллы, по существу, не являются баллами, что-либо оценивающими, а лишь фиксируют количество положительных исходов случайных событий.

Эти количества естественно образуют порядковую шкалу. Задача состоит в том, чтобы преобразовать формальные наблюдения за исходом отдельных случайных событий в измерения, то есть непрерывные переменные со значениями на метрической шкале.

В результате получаем объективные оценки параметров уровня подготовленности испытуемых и трудностей заданий теста, что позволяет

обоснованно пользоваться методами статистического анализа, оценивать точность тестовых баллов, строить доверительные интервалы и т.д.

Основное предположение ТМПТ подразумевает, что наблюдаемые результаты выполнения теста порождаются взаимодействием двух множеств:

- 1) множества значений θ_n ($n=1, \dots, N$) латентного (то есть скрытого от непосредственного наблюдения) параметра, характеризующего уровень знаний испытуемого n ;
- 2) множества значений δ_i ($i=1, \dots, I$) латентного параметра, характеризующего уровень трудности i -го задания теста [1; 7; 9].

Причем, чем выше уровень знаний испытуемого в определенной области, тем больше его шансы на успех при выполнении любого задания из этой области. И наоборот, чем ниже уровень знаний испытуемого, чем хуже подготовлен он относительно того, что нужно знать и уметь в данной области знаний, тем меньше вероятность верного выполнения любого задания из этой области.



Рисунок 1.1 – Диаграмма связей между основными моделями Г. Раша

Существуют различные модели параметризации результатов тестирования, образующие семейство моделей Г. Раша. В основном эти модели пока еще практически не используются в нашей стране. Области их применения рассмотрены на рисунке 1.1 [6].

В соответствии с представленной классификацией на рисунке 1.1 ставится задача об исследовании дихотомической модели Раша и биномиальной полиномической модели (которая относится к классу моделей с фиксированными промежуточными категориями заданий). Исследование остальных моделей не является актуальным, так как они не могут быть применены для анализа результатов педагогического тестирования.

1.2 Концептуальная постановка задачи

На практике необходимо иметь информацию о том, какую из моделей целесообразно использовать для анализа конкретного теста. В связи с этим следует оценить результаты тестов, задания которых имеют разное количество категорий.

Для проведения данного исследования предоставлены результаты трёх тестирований. Матрицы ответов на тесты представлены в приложении А.

Тест №1 – это тест по дисциплине «Базы данных», при помощи которого оценивались знания студентов группы 8Б21 в весеннем семестре 2014 – 2015 уч. года. Тест №1 состоит из 30 заданий, каждое из которых имеет три категории (то есть тестируемый может получить 0, 1 или 2 балла). Проходило тест 17 студентов.

Тест №2 и №3 – это результаты проведения тестирований, которые предоставлены ЦОКО ТПУ. Области, в которых оценивался уровень знаний студентов, а также группы тестируемых неизвестны. Тест №2 состоит из 40 заданий, каждое из которых имеет 3 категории. В тестировании №2 участвовал 21 студент. Тест №3 состоит из 15 заданий, каждое из которых имеет разное количество категорий. Проходило данный тест 20 студентов.

Таким образом, постановка задачи следующая: изучить дихотомическую модель Раша и биномиальную политомическую модель, а также области их применения; реализовать данные модели; произвести анализ предложенных тестов, используя рассматриваемые модели; на основе результатов анализа произвести сравнительное исследование.

1.3 Описание моделей параметризации результатов оценивания учебных достижений

Предположим, что параметры θ и δ оцениваются в одной и той же шкале. Тогда значение параметра θ_n можно рассматривать как положение испытуемого n , а δ_i как положение задания i на одной и той же оси переменных θ, δ , называемой шкалой логитов.

Пусть P_{ni} - вероятность того, что участник тестирования n правильно выполнит i -ое задание теста. Тогда разумно предположить, что

- 1) если $\theta_n - \delta_i > 0$ (что означает, что уровень знаний испытуемого выше уровня трудности данного задания), то $P_{ni} > \frac{1}{2}$, то есть более вероятно, что испытуемый выполнит это задание верно;
- 2) если же $\theta_n - \delta_i < 0$ (что означает, что уровень трудности задания выше уровня знаний испытуемого), то $P_{ni} < \frac{1}{2}$, то есть более вероятно, что испытуемый выполнит это задание неверно;
- 3) если $\theta_n - \delta_i = 0$ (что означает, что уровень трудности задания равен уровню знаний испытуемого), то разумно считать $P_{ni} = \frac{1}{2}$, то есть верный и неверный ответы испытуемого равновероятны;

Таким образом, вероятность P_{ni} может быть представлена как функция разности переменных θ_n и δ_i :

$$P_{ni} = f(\theta_n - \delta_i) \quad (1.3)$$

В ТМПТ эту функцию принято называть функцией успеха. Если вид функции успеха известен, то по результатам реальных испытаний (и при наличии некоторой дополнительной информации) можно известными методами с определенной точностью количественно оценить аргументы этой функции, то есть оценить уровни знаний испытуемых и уровни трудностей заданий теста [4]. Типичный график функции успеха (1.3) представлен на рисунке 1.2. Здесь в точке А уровень знаний тестируемого совпадает с трудностью задания, в таком случае вероятность верного ответа равна 0,5. Если же уровень знаний выше трудности задания, как в точке С, вероятность верного ответа больше 0,5. И наоборот, вероятность верного ответа меньше 0,5 для точки В.

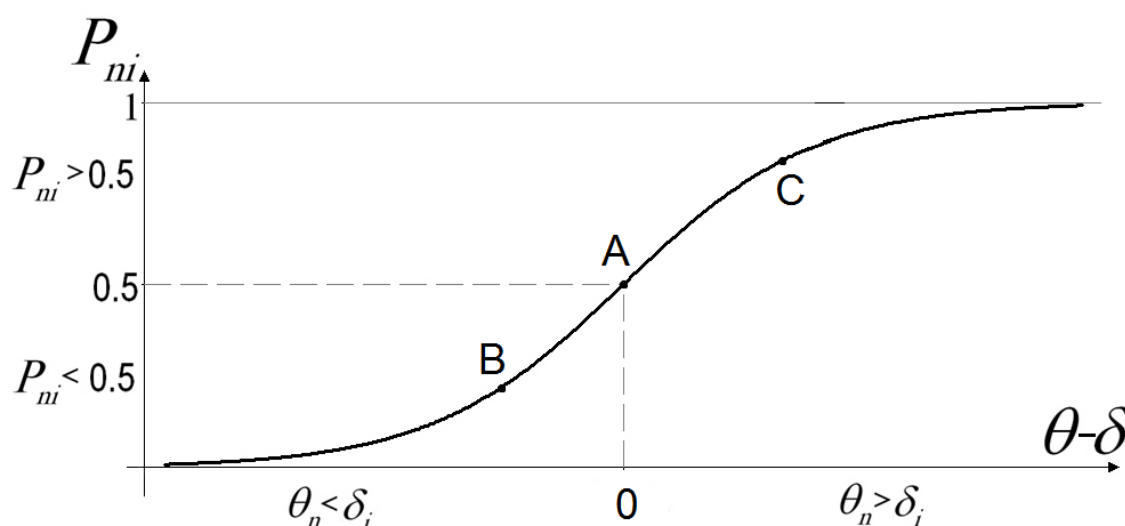


Рисунок 1.2 – Функция успеха

Если в формуле (1.3) зафиксировать переменную δ_i , а θ рассматривать как независимую переменную, то получим

$$P_i = P_i(\theta) = f(\theta - \delta_i) \quad (1.4)$$

- вероятность правильного выполнения испытуемыми с различными уровнями подготовки i -го задания теста.

Примерный график функции (1.4) представлен на рисунке 1.3 и называется характеристической кривой i -го задания теста.

Таким образом, если уровень знаний испытуемого θ намного больше уровня трудности данного задания δ_i , то вероятность его правильного ответа на

это задание P_i стремится к 1. Аналогично, если θ много меньше δ_i , то $P_i \rightarrow 0$. Если же $\theta = \delta_i$, то $P_i = 0.5$.

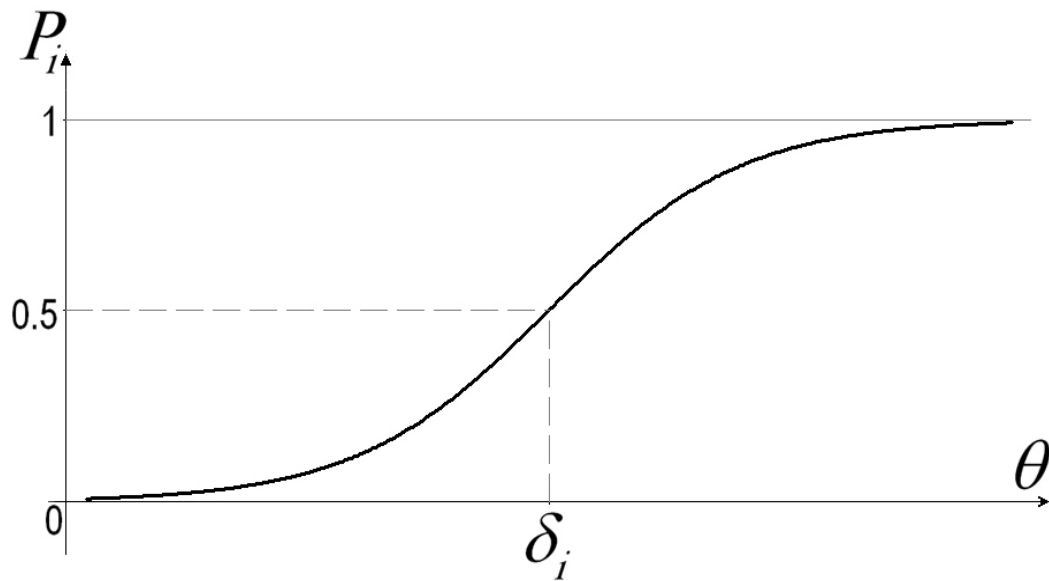


Рисунок 1.3 – Характеристическая кривая i -го задания теста

Если в формуле (1.3) зафиксировать переменную θ_n , а δ рассматривать как независимую переменную, то получим

$$P_n = P_n(\delta) = f(\theta_n - \delta) \quad (1.5)$$

- вероятность правильного выполнения испытуемым n различных по трудности заданий теста.

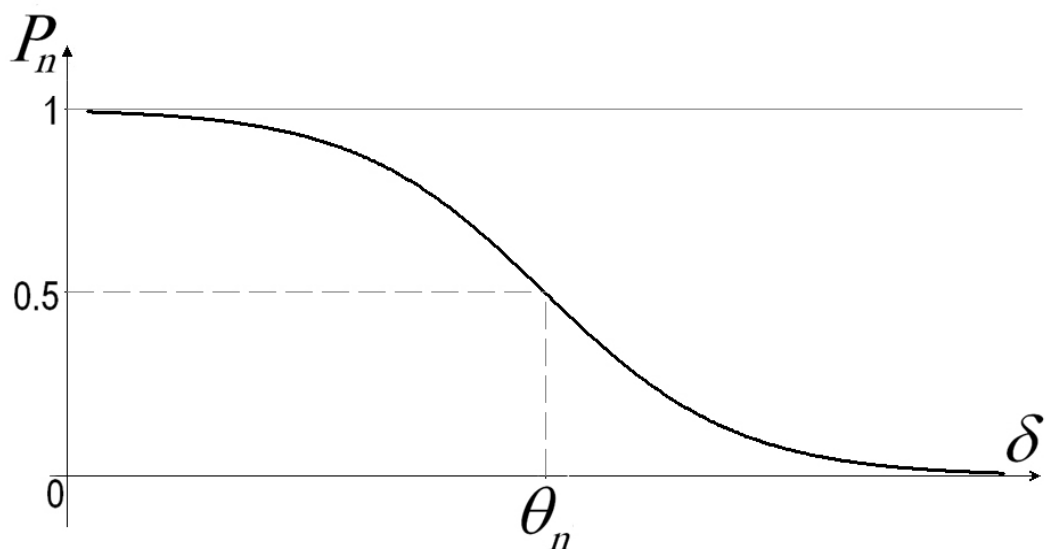


Рисунок 1.4 – Характеристическая кривая испытуемого n

Примерный график функции (1.5) представлен на рисунке 1.4 и называется характеристической кривой испытуемого n .

Таким образом, если уровень трудности задания δ намного больше уровня подготовленности данного испытуемого θ_n , то вероятность его правильного ответа на это задание P_n стремится к 0. Аналогично, если δ намного меньше θ_n , то $P_n \rightarrow 1$. Если же $\delta = \theta_n$, то $P_n = 0.5$.

Выбор вида функции успеха определяется математической моделью, которая наиболее адекватна реальным данным. Рассмотрим функции успеха Дихотомической модели Раша и биномиальную полиномическую модели.

1.3.1 Дихотомическая модель Раша

Предположим, что для сравнения уровней подготовленности b_n и b_m двух испытуемых n и m в какой-либо области знаний им предлагается выполнить k дихотомических заданий одинаковой трудности t . Положим

$$x_{ni} = \begin{cases} 1, & \text{если испытуемый } n \text{ выполнил } i\text{-ое задание верно} \\ 0, & \text{если испытуемый } n \text{ выполнил } i\text{-ое задание неверно} \end{cases}$$

$$x_{mi} = \begin{cases} 1, & \text{если испытуемый } m \text{ выполнил } i\text{-ое задание верно} \\ 0, & \text{если испытуемый } m \text{ выполнил } i\text{-ое задание неверно} \end{cases}$$

Пусть k_{11} - число заданий, которые оба испытуемых выполнили верно, k_{10} - число заданий, которые выполнил верно только испытуемый n (а испытуемый m - неверно), k_{01} - число заданий, которые выполнил верно только испытуемый m (а испытуемый n - неверно) и k_{00} - число заданий, которые оба испытуемых выполнили неверно. Очевидно, что $k_{11} + k_{10} + k_{01} + k_{00} = k$ [11].

Таким образом, возможны четыре различных исхода при решении испытуемыми n и m заданий теста. Но два из этих исходов неинформативны, так как не позволяют сравнить испытуемых n и m . Действительно, если оба испытуемых выполнили задание верно или оба испытуемых выполнили задание неверно, то это задание не несет никакой информации относительно сравнения уровней подготовленности испытуемых n и m .

Пусть p_{ni} - вероятность того, что испытуемый n выполнит верно i -ое задание теста, тогда q_{ni} - вероятность противоположного события, то есть того, что испытуемый n выполнит i -ое задание теста неверно. Соответственно, p_{mi}, q_{mi} - то же для испытуемого m .

Для сравнения испытуемых n и m удобнее рассматривать отношение $\frac{k_{10}}{k_{01}}$, которое и определяет соотношение уровней подготовленности испытуемых n и m – тем точнее, чем больше количество заданий k . В пределе при $k \rightarrow \infty$ имеем:

$$\frac{b_n}{b_m} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k_{10}}{k_{01}} = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{k_{10}/k}{k_{01}/k} = \frac{p_{ni} \cdot q_{mi}}{p_{mi} \cdot q_{ni}}. \quad (1.6)$$

Таким образом, уровни подготовленности двух испытуемых измеряются с помощью заданий одной и той же трудности t [11].

Однако объективное сравнение испытуемых не должно зависеть от измерительного инструмента, то есть от трудности заданий, с помощью которых они оцениваются. Другими словами, соотношение $\frac{b_n}{b_m}$ должно оставаться неизменным при использовании любых других заданий (но из той же области содержания) с отличным от t уровнем трудности.

На математическом языке это означает следующее:

$$\frac{b_n}{b_m} = \frac{p_{ni} \cdot q_{mi}}{p_{mi} \cdot q_{ni}} \equiv \frac{p_{nj} \cdot q_{mj}}{p_{mj} \cdot q_{nj}} \text{ для любых } i, j \quad (1.7)$$

или

$$\frac{p_{ni}}{1 - p_{ni}} \equiv \frac{p_{nj}}{1 - p_{nj}} \cdot \frac{p_{mi}}{1 - p_{mi}} \cdot \frac{1 - p_{mj}}{p_{mj}}. \quad (1.8)$$

Рассмотрим некоторое стандартное задание, уровень трудности которого условно принят за единицу. Пусть p_{n1} - вероятность того, что испытуемый n выполнит это задание верно, $q_{n1} = 1 - p_{n1}$. Соответственно, p_{m1}, q_{m1} - то же для испытуемого m . Тогда соотношение (1.7) можно переписать в виде

$$\frac{b_n}{b_m} = \frac{p_{n1}}{q_{n1}} \cdot \frac{q_{m1}}{p_{m1}} = \frac{p_{n1}}{1 - p_{n1}} \cdot \frac{p_{m1}}{1 - p_{m1}}. \quad (1.9)$$

Данное соотношение позволяет вложить в понятие уровня подготовленности определенный количественный смысл, а именно

$$b_n = \frac{p_{n1}}{1 - p_{n1}}, \quad b_m = \frac{p_{m1}}{1 - p_{m1}}. \quad (1.10)$$

То есть уровень подготовленности любого испытуемого определяется как отношение вероятности верного выполнения им стандартного задания, уровень трудности которого принят за единицу, к вероятности неверного выполнения этого задания.

Далее заметим, что процесс измерений не должен зависеть не только от измерительного инструмента (то есть от избранных заданий), но и от объекта измерений (то есть от испытуемых). Это означает, что пропорция (1.7) должна оставаться справедливой для любой пары испытуемых.

Рассмотрим некоторого стандартного испытуемого, уровень подготовленности которого условно принят за единицу. Пусть p_{11} - вероятность того, что этот испытуемый выполнит верно стандартное задание, уровень трудности которого условно принят за единицу. Тогда из (1.10) имеем, что уровень подготовленности рассматриваемого испытуемого b_1 определяется как

$$b_1 = \frac{p_{11}}{1 - p_{11}}, \quad (1.11)$$

и так как $b_1=1$, то из (1.11) следует, что $p_{11} = \frac{1}{2}$.

Таким образом, вероятность того, что стандартный испытуемый верно выполнит стандартное задание равна $\frac{1}{2}$.

Тогда из (1.8) имеем ($m=1, j=1$):

$$\frac{p_{ni}}{1 - p_{ni}} \equiv \frac{p_{n1}}{1 - p_{n1}} \cdot \frac{p_{1i}}{1 - p_{1i}} \cdot \frac{1 - p_{11}}{p_{11}} \equiv \frac{p_{n1}}{1 - p_{n1}} \cdot \frac{p_{1i}}{1 - p_{1i}}. \quad (1.12)$$

Как уже отмечалось выше, $\frac{p_{n1}}{1 - p_{n1}} = b_n$ характеризует уровень подготовленности испытуемого n . Аналогично, величина

$$\frac{p_{1i}}{1 - p_{1i}} = \frac{1}{d_i} \quad (1.13)$$

характеризует уровень трудности i -го задания теста. Здесь p_{li} - вероятность того, что данное задание будет выполнено верно участником тестирования, уровень подготовленности которого условно принят за единицу.

Определения (1.10) и (1.13) связаны с таким заданием или таким испытуемым, которые определяют единицы измерения для трудности или подготовленности соответственно.

Таким образом, из (1.12) имеем

$$\frac{p_{ni}}{1-p_{ni}} = b_n \cdot \frac{1}{d_i}. \quad (1.14)$$

В формуле (1.14) $b_n = \frac{p_{n1}}{1-p_{n1}}$ - характеристика исключительно испытуемого,

$d_i = \frac{1-p_{li}}{p_{li}}$ - характеристика исключительно задания.

Следовательно, параметры испытуемого и задания полностью разделены, что дает возможность оценить уровень подготовленности испытуемого независимо от уровня трудности задания, и, наоборот, оценить уровень трудности задания независимо от уровня подготовленности испытуемого [8, 10].

Прологарифмируем обе части равенства (1.14)

$$\ln \frac{p_{ni}}{1-p_{ni}} = \ln b_n - \ln d_i \equiv \theta_n - \delta_i \quad (1.15)$$

или

$$p_{ni} = \frac{\exp(\theta_n - \delta_i)}{1 + \exp(\theta_n - \delta_i)}, \quad (1.16)$$

где $\theta_n = \ln b_n$, $\delta_i = \ln d_i \Rightarrow b_n = e^{\theta_n}$, $d_i = e^{\delta_i}$. При этом функция успеха принимает вид

$$p = \frac{e^{\theta}}{e^{\theta} + e^{\delta}} = \frac{1}{1 + e^{\delta - \theta}} = \frac{1}{1 + \exp(-(\theta - \delta))} \quad (1.17)$$

Переменные θ_n и δ_i будем, по-прежнему, называть соответственно уровнем подготовленности испытуемого n и уровнем трудности задания i .

Очевидно, что они измеряются по одной и той же линейной шкале действительных чисел, единицу измерения которой принято называть один логит.

Формула (1.16) определяет вид функции успеха в рассматриваемом случае и получила название основной модели Раша.

Переменные θ и δ здесь трактуются как способность испытуемого и трудность задания соответственно. Из (1.16) видно, что вероятность того, что испытуемый n выполнит верно i -е задание p_{ni} , по существу, зависит только от разности $\theta_n - \delta_i$ и потому модель (1.16) может считаться однопараметрической. Функция (1.16) принадлежит к семейству логистических функций, поэтому иногда эту модель называют логистической. И так как рассматриваемые задания были дихотомическими (то есть оценивались лишь в двух категориях верно/неверно), то модель называют дихотомической. Таким образом, полное название данной модели – основная однопараметрическая дихотомическая логистическая модель Раша [12, 13].

1.3.2 Политомическая биномиальная модель Раша

Существуют такие задания, за выполнение которых тестируемый может получить некоторое количество баллов, например от нуля до пяти. Тогда говорят, что задание имеет несколько категорий. Для таких заданий предлагается использовать другие модели. Например, биномиальную политомическую модель [15].

В данной модели предполагается, что все k -е категории разных заданий имеют одинаковую трудность. Для определения функции успеха предлагается использовать биномиальное распределение.

$$P(X_{ni} = k) = C_{l_i}^k p_{ni}^k q_{ni}^{l_i - k}, k = 1, \dots, l_i \quad (1.18)$$

$$p_{ni} = \frac{1}{1 + e^{-(\theta_n - \delta_i)}},$$

$$q_{ni} = \frac{1}{1 + e^{\theta_n - \delta_i}},$$

где θ_n – уровень подготовленности n -го испытуемого,

δ_i – трудность i -го задания,

l_i – количество категорий в i -м задании,

X_{ni} – элемент в матрице ответов, значение которого равно достигнутой категории n -м тестируемым в i -м задании,

p_{ni} – вероятность того, что n -й тестируемый наберет еще один балл в i -м задании.

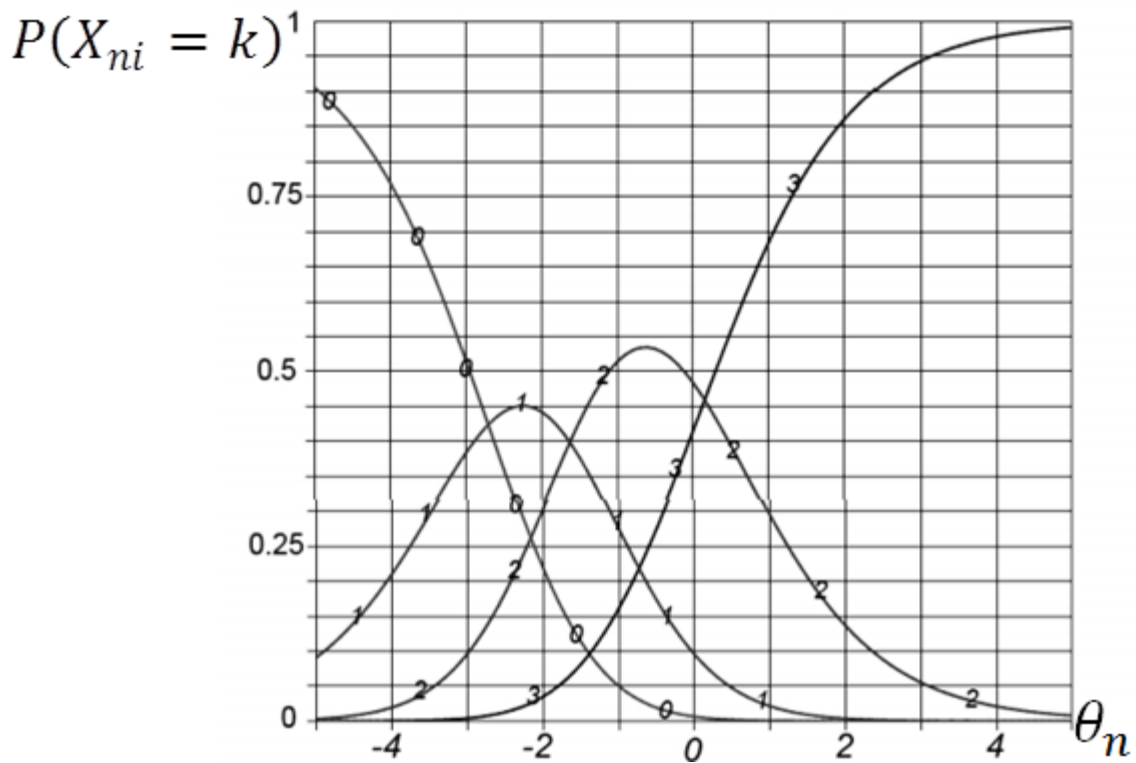


Рисунок 1.5 – Характеристические кривые $k = 0, 1, 2, 3$

На рисунке 1.5 по оси ординат отложена вероятность события $P(X_{ni} = k)$, по оси абсцисс – измеряемая латентная переменная – уровень знаний – в логитах. Нулевая категория описывает вероятность того, что студенты с данным уровнем подготовки получают 0 баллов; первая категория описывает вероятность того, что объекты с данным уровнем подготовки получают 1 балл и т.д.

Точки на оси абсцисс, соответствующие равной вероятности происхождения «соседних» событий, называются порогами δ_{ik} [15]. Из рисунка 1.5 видно, что, например, студенты с уровнем подготовки $\theta_n < \delta_{i0}$ вероятнее всего получают 0 баллов, а объекты с $\theta_n > \delta_{i2}$ вероятнее всего получают 3 балла.

1.4 Критерий согласования модели с экспериментальными данными

При анализе результатов теста встает вопрос о выборе модели, по которой следует его производить. Соответствие экспериментальных данных выбранной модели измерения определяется по критерию Пирсона на основе статистики Хи-квадрат.

Если предположить справедливость модели Раша или биномиальной политомической модели, то разности $\theta_n - \delta_i$ позволяют вычислить теоретические вероятности P_{ni} того, что n -й участник испытания правильно выполнит i -е задание (достигнет высшей категории задания) [1].

Первичные баллы делят всех m испытуемых на 3 группы в зависимости от числа правильно выполненных заданий в тесте (студенты с низкими показателями, студенты с средними показателями и студенты с высокими показателями). Пусть среднее значение уровня знаний в каждой группе обозначается θ_b , $b = 1, 2, 3$.

Введем следующие обозначения: N_b – количество испытуемых в группе b , N_{bi} – количество испытуемых в группе b правильно выполнивших i -е задание ($i=1, \dots, I$).

$$\sum_{b=1}^3 N_b = N \quad (1.19)$$

Для каждого значения b и i экспериментальное значение вероятности будет равно:

$$\hat{P}_{ni} = \frac{N_{bi}}{N_b}. \quad (1.20)$$

Возникает вопрос, насколько значимы различия между экспериментальными и теоретическими значениями вероятностей? Какие расхождения связаны со случайными отклонениями и ограниченностью данных, позволяющими считать, что выбранная модель не противоречит исходной матрице ответов, а какие противоречат модели.

Необходимо проверить при определенном уровне значимости α следующую нулевую статистическую гипотезу H_0 : генеральная совокупность участников испытания и тестовых заданий такова, что вероятность P_{in}

адекватно моделируется формулой выбранной модели (дихотомической модели Раша или биномиальной политомической модели).

В качестве меры согласия теоретической и экспериментальной величины вероятности выбирают χ^2 – критерий Пирсона [5]:

$$\chi^2(i) = \sum_{b=0}^3 \frac{N_b(\hat{P}_{bi} - P_{bi})^2}{P_{bi}}, i=1, \dots, I. \quad (1.21)$$

Число степеней свободы (v) $\chi^2(i)$ – распределения равно $g-1$, где g – количество групп, на которые разбиваются участники испытания в зависимости от набранного балла ($g=3$), таким образом, $v=2$. Следует учесть, что число участников тестирования должно быть относительно велико.

Поскольку в условиях нулевой гипотезы статистика χ^2 должна иметь определенное конкретное вероятностное распределение, то появляется возможность сравнить наблюдаемое значение $\chi^2_{\text{набл}}$ и критическое $\chi^2_{\text{крит}}$ (взятое из соответствующих таблиц для χ^2 распределения).

Если $\chi^2_{\text{набл}} \geq \chi^2_{\text{крит}}$, то выбранная модель (дихотомическая модель Раша или биномиальная политомическая модель) не согласуется с опытными данными [5].

Если $\chi^2_{\text{набл}} \leq \chi^2_{\text{крит}}$, то выбранная модель согласуется с опытными данными [5].

Таким образом, для определения наилучшей модели для анализа результатов конкретного тестирования необходимо вычислить критерий Пирсона по формуле (1.21) для политомической и дихотомической моделей. На основе критерия Пирсона производится выбор моделей и делается выбор в пользу наиболее адекватной модели относительно имеющихся данных.

Если значение статистики превышает критическую отметку лишь для некоторых заданий, то говорят о том, что задание не адекватно для оценки уровня знаний в области, для которой создан тест. Такие задания следует убрать из теста или заменить другими.

1.5 Выбор программного обеспечения

Для исследования и реализации алгоритмов решения поставленной задачи выбран математический пакет MATLAB.

MATLAB представляет собой высокоуровневый вычислительный язык и интерактивную среду для разработки алгоритмов, визуализации и анализа данных, числовых расчетов. С MATLAB возможно гораздо быстрее решение технических вычислительных задач, чем с помощью традиционных языков программирования, таких как C, C++, Fortran.

MATLAB - программа для выполнения широкого круга математических задач. Программа содержит сотни команд для работы в области математики. Возможно использование MATLAB для построения графиков функций, решения уравнений, выполнения статистических тестов и многого другого. Это высокоуровневый язык программирования, который способен взаимодействовать с другими языками программирования, например, Fortran и C. Можно создавать звук и анимационную графику. Можно производить симуляцию и моделирование. Ко всему прочему, есть возможность подготовки материалов для экспортирования в Интернет. Кроме того, MATLAB можно использовать для объединения математических вычислений с текстом и графикой с целью создания совершенных, интегрированных, интерактивных документов.

Эта программа располагает множеством возможностей и параметров. Справочная документация по программе MATLAB содержит тысячи записей. Стандартные ссылки на ресурсы, будь то руководство пользователя от MathWorks или другой источник, содержат множество таблиц с описанием большого количества команд, параметров и функций, которые ожидает получить пользователь для изучения или работы.

В рамках программной реализации алгоритмов использованы встроенные в MATLAB математические функции и функции, созданные в рамках выпускной квалификационной работы.

2 Расчёты и аналитика

В данном разделе рассматриваются вопросы реализации алгоритмов построения дихотомической модели Раша и биномиальной политомической модели.

2.1 Алгоритм дихотомической модели Раша

Для построения характеристических кривых заданий теста и индивидуальных кривых испытуемых а также расчёта критерия Пирсона необходимо знать значения параметров θ и δ . Алгоритм расчета значений параметров θ и δ можно разбить на ряд этапов [16].

- 1) Поиск доли правильных ответов n -го испытуемого p_n , доли неправильных ответов q_n и начальной оценки уровня подготовленности θ_n :

$$\theta_n = \ln \frac{p_n}{q_n}. \quad (2.1)$$

- 2) Поиск доли правильных ответов на i -е задание p_i , доли неправильных ответов q_i и начальной оценки трудности задания в логитах δ_i :

$$\delta_i = \ln \frac{p_i}{q_i}. \quad (2.2)$$

- 3) Подсчёт средних значений логитов уровня подготовки и логитов трудности заданий теста.

Среднее значение θ_s по формуле:

$$\theta_s = \frac{\sum_{n=1}^N \theta_n}{N}, \quad (2.3)$$

где θ_n – начальные значения уровня подготовки i -го испытуемого
 N – количество испытуемых.

Среднее значение δ_s по формуле:

$$\delta_s = \frac{\sum_{i=1}^I \delta_i}{I}, \quad (2.4)$$

где δ_i – начальные значения логита трудности i -го задания,
 I – число заданий теста.

- 4) После завершения предыдущего этапа оценки каждого из параметров θ и δ будут выражены в интервальной шкале, но с разными значениями средних и разными стандартными отклонениями. На четвертом этапе начальные значения логитов уровней подготовки и трудности заданий теста переводятся в единую интервальную шкалу стандартных оценок. Стандартизация достигается с помощью ряда специальных преобразований, рассмотренных ниже, для осуществления которых вычисляются следующие величины:

- дисперсия по множеству значений θ_n ($n = 1, 2, 3, \dots N$)

$$V = \frac{\sum_{n=1}^N \theta_n^2 - N \cdot \theta_s^2}{N-1}; \quad (2.5)$$

- дисперсия по множеству значений δ_j ($j = 1, 2, 3, \dots n$)

$$U = \frac{\sum_{i=1}^I \delta_i^2 - I \cdot \delta_s^2}{I-1}; \quad (2.6)$$

- поправочные коэффициенты:

$$X = \sqrt{\frac{1+U/2.89}{1-U \cdot V/9.35}}, \quad (2.7)$$

$$Y = \sqrt{\frac{1+V/2.89}{1-U \cdot V/9.35}}; \quad (2.8)$$

оценки параметров θ и δ в единой интервальной шкале находятся по формулам:

$$\theta_n^* = \delta_s + X \cdot \theta_n, \quad (2.9)$$

$$\delta_j^* = \theta_s + Y \cdot \delta_j. \quad (2.10)$$

- 5) Построение характеристических кривых заданий теста.

После подсчета значений параметров θ^* и δ^* в шкале логитов приступают к построению характеристических кривых заданий теста. Анализ их взаимного расположения позволяет наметить пути дальнейшего совершенствования теста и сформировать систему заданий, наиболее эффективных для оценки уровня подготовки каждого испытуемого выборки.

При построении характеристической кривой задания его трудность считается параметром, а θ^* — независимой переменной, значения которой выбираются произвольно. Ординаты характеристических кривых — значения функции p_i подсчитываются по формуле:

$$P_{ni} = \frac{1}{1+e^{-(\theta_n-\delta_i)}}. \quad (2.11)$$

2.2 Алгоритм реализации политомической биномиальной модели Раша

Алгоритм расчета значений параметров θ и δ по биномиальной политомической модели можно разбить на следующие этапы.

- 1) Поиск доли полученных баллов (суммарно достигнутых категорий в заданиях) n -го испытуемого p_n (2.12), доли неполученных баллов q_n (2.13) и начальной оценки уровня подготовленности θ_n (2.1).

$$p_n = \frac{M_n}{M}, \quad (2.12)$$

$$q_n = \frac{M-M_n}{M}, \quad (2.13)$$

где M_n — количество баллов, полученных n -м студентом за прохождение теста,

M — максимально возможное количество баллов за прохождение теста.

- 2) Поиск доли полученных баллов (суммарно достигнутых категорий) всеми студентами в i задании p_i (2.14), доли неправильных ответов q_i (2.15) и начальной оценки трудности задания в логитах δ_i (2.2).

$$p_i = \frac{K_i}{K}, \quad (2.14)$$

$$q_i = \frac{K-K_i}{K}, \quad (2.15)$$

где K_i — количество баллов, полученных студентами в i -м задании,

K — максимальный суммарный балл студентов в i -м задании.

- 3) Расчёт средних значений оцениваемых параметров (аналогично 3 этапу алгоритма реализации дихотомической модели Раша).

- 4) Стандартизация параметров уровня знаний и трудности заданий (аналогично 4 этапу алгоритма реализации дихотомической модели Раша).
- 5) Построение характеристических кривых заданий теста. Данный этап подобен этапу 5 алгоритма реализации дихотомической модели Раша. Однако здесь важно понимать тот факт, что характеристической будет называть кривая, определяющая вероятность достижения максимальной категории.

Для построения характеристической кривой задания по биномиальной полиномической модели необходимо зафиксировать параметр трудности задания, параметр уровня знаний принять за независимую переменную, а значение категории поставить максимальным. Таким образом, график функции (2.16) будет являться характеристической кривой i -го задания теста.

$$P_i = \left(\frac{1}{1 + e^{-(\theta - \delta_i)}} \right)^{l_i}, i = 1, \dots, I. \quad (2.16)$$

2.3 Алгоритм проведения сравнительного исследования

Для проведения сравнительного исследования моделей необходимо оценить латентные переменные дихотомической модели Раша и биномиальной полиномической модели; рассчитать значение статистики Хи-квадрат для каждого задания по рассматриваемым моделям, выделить модель для дальнейшего анализа; оценить качество теста. Основываясь на вышеизложенном в выпускной квалификационной работе построен следующий алгоритм.

- 1) Ввод данных – матрицы X ответов студентов на задания теста и строки l категорий заданий теста.
- 2) Преобразование полиномической матрицы ответов X в дихотомическую матрицу Y по следующему принципу. Если $X_{ni} = l_i$ (то есть тестируемый n достиг максимальной категории задания i), то $Y_{ni} = 1$ (задание считается выполненным), иначе $Y_{ni} = 0$ (задание считается не выполненным).

- 3) Поиск значений параметров уровня знаний и трудности заданий по дихотомической модели Раша (согласно алгоритму в главе 2.1) и биномиальной полиномической модели (согласно алгоритму в главе 2.2).
- 4) Выделение трёх групп тестируемых (с низкими, средними и высокими показателями) по рассматриваемым моделям для расчёта статистики Хи-квадрат.
- 5) Поиск среднего значения уровня знаний θ_b для каждой группы (по дихотомической модели Раша и по биномиальной полиномической модели).
- 6) Поиск экспериментальных значений вероятности $\hat{P}_{ni}$ верного ответа n -м студентом на i -е задание (по рассматриваемым моделям):

$$\hat{P}_{ni} = \frac{N_{bi}}{N_b}, \quad (2.17)$$

где N_b – количество испытуемых в группе b ,

N_{bi} – количество испытуемых в группе b правильно выполнивших i -е задание ($i=1, \dots, I$).

- 7) Поиск теоретических значений вероятности P_{ni} верного ответа n -м студентом на i -е задание согласно функциям успеха дихотомической модели (1.17) и биномиальной полиномической модели (1.18).
- 8) Поиск статистики Хи-квадрат для каждого задания теста по рассматриваемым моделям:

$$\chi^2(i) = \sum_{b=0}^3 \frac{N_b(\hat{P}_{bi} - P_{bi})^2}{P_{bi}}, \quad i=1, \dots, I. \quad (2.18)$$

- 9) Выбор теоретической модели, соответствующей экспериментальной данным (по критерию Пирсона) [5].
- 10) Выявления адекватных и не адекватных модели заданий (по критерию Пирсона) [5].
- 11) Оценка трудности заданий и их способности дифференцировать студентов с разным уровнем знаний (качественный тест должен иметь задания,

трудность которых равномерно распределена на некотором промежутке шкалы логитов).

12) Выбор стратегий по работе над качеством теста:

- а) удаление, изменение или замена не адекватных выбранной модели заданий теста;
- б) увеличение времени, уменьшение количества заданий, если тест оказался слишком трудным;
- в) дополнение теста соответствующими заданиями для увеличения способности теста дифференцировать студентов с разным уровнем знаний;
- г) полная переработка теста, если большинство заданий не являются адекватными ни одной из рассматриваемых моделей;
- д) использование теста на практике без изменений, если все задания теста адекватны принятой за его основу модели, а их трудность равномерно распределена на интересующем интервале.

13) Анализ результатов оценки уровня знаний тестируемых.

14) Выводы о возможности применения дихотомической модели Раша и биномиальной полиномической модели для анализа рассматриваемых тестов.

Блок-схема разработанного алгоритма представлена в приложении В. Алгоритм реализован в программе MATLAB. Программный код представлен в приложении Г.

3 Результаты проведения исследования

Одной из важных задач, которые возникают при измерении уровня знаний, является оценка качества измерительного инструмента, то есть заданий теста. В приложении Б приведены показатели, характеризующие задания трёх используемых тестов.

Соответствие заданий теста модели измерения определяется при помощи статистики Хи-квадрат с уровнем значимости 0,05. Критическое значение статистики равняется 6. В результате по эмпирическому уровню значимости для каждой модели выделяется две группы заданий: те, которые соответствуют модели измерения (неадекватные модели тестовые задания), и те, которые соответствуют модели.

Значения статистик для теста №1 оказались таковыми, что можно сделать вывод о корректности использования как биномиальной полиномической, так и дихотомической моделей для анализа результатов.

Согласно данным из приложения Б только одно задание в тесте №1 не соответствует ни дихотомической модели Раша, ни биномиальной полиномической модели (задание №21). Это говорит о том, что задание №21 следует убрать или заменить другим.

На рисунке 3.1 представлена характеристическая кривая задания №21 по дихотомической модели Раша, а на рисунке 3.2 – по биномиальной полиномической модели. На данных рисунках точка А соответствует вероятности верного ответа для студентов с низким уровнем знаний, точка В – для студентов со средним уровнем знаний, точка С – для студентов с высоким уровнем знаний. Очевидно полученное противоречие: точка А оказалась выше точки В. То есть на практике студенты с низким уровнем знаний с большей вероятностью выполняют верно, задание №21, чем студенты с низким уровнем знаний. Также очевидно отличие трёх экспериментальных точек от положения теоретической кривой. В связи с этим и получается большое значение статистики Хи-квадрат.

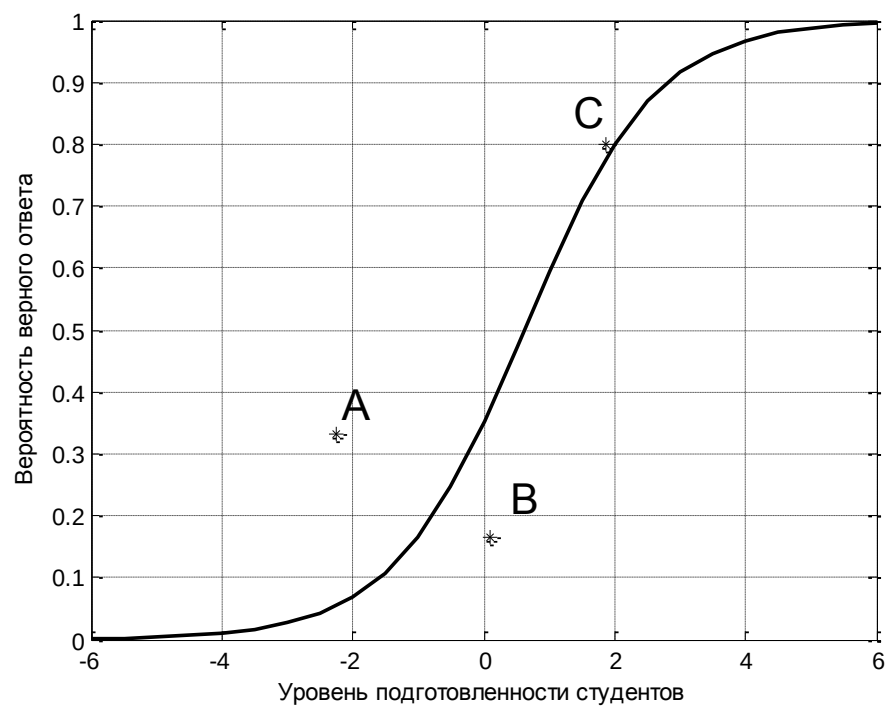


Рисунок 3.1 – Характеристическая кривая задания №21 теста №1 по дихотомической модели Раша

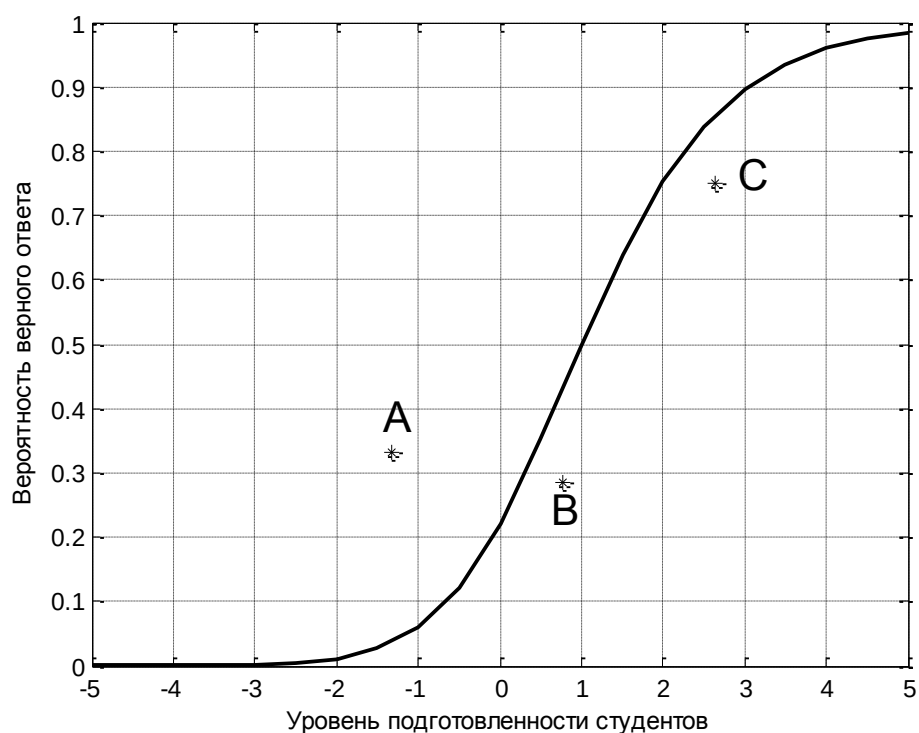


Рисунок 3.2 – Характеристическая кривая задания №21 теста №1 по биномиальной политомической модели

Хорошо иллюстрирует небольшое значение статистики (а именно 0,002) характеристическая кривая и три экспериментальные точки задания №2, представленные на рисунке 3.3. В данном случае наблюдается очевидная близость экспериментальных точек к характеристической кривой, что говорит об адекватности данного задания теста для оценивания уровня знаний.

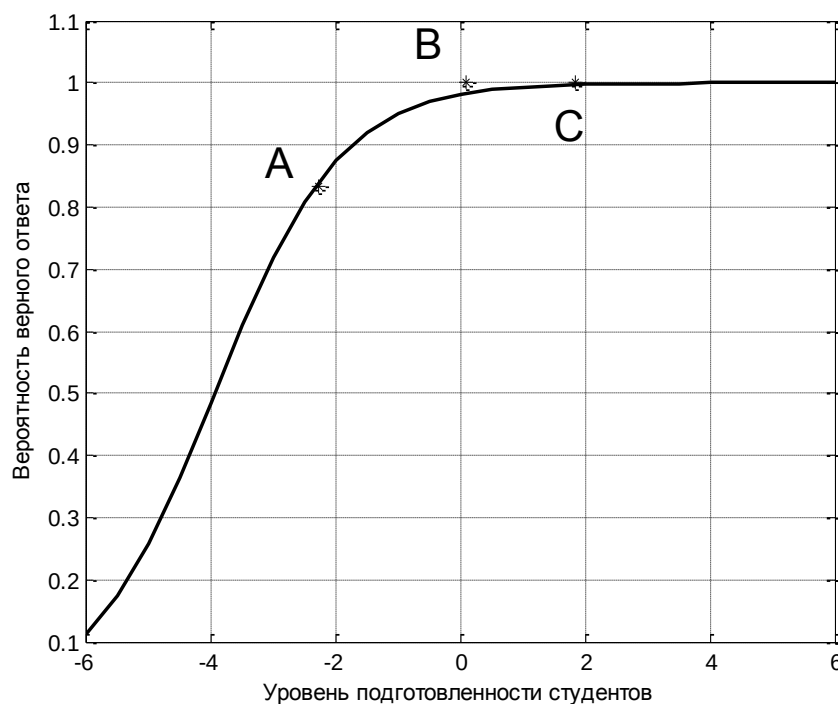


Рисунок 3.3 – Характеристическая кривая задания №2 теста №1 по дихотомической модели Раша

В целом, качество теста №1 удовлетворительное, так как только одно задание не является адекватным рассматриваемым моделям. Также тестам выдвигается следующее требование. Они должны хорошо дифференцировать студентов с разным уровнем знаний. То есть задания теста должны быть равномерно распределены по трудности на некотором интервале шкалы логитов (интервал от -4 до 4 считается достаточным).

Задания теста №1 охватывают по своей трудности интервал шкалы логитов от -4 до 4. Однако в положительной части шкалы наблюдаются задания с одинаковой трудностью, при этом нарушается равномерность распределения.

Таким образом, для улучшения теста №1 можно предложить следующие действия:

- 1) убрать, заменить или изменить задание №21;
- 2) добавить в тест задания, которые будут соответствовать положительной части шкалы логитов так, чтобы достичь равномерного распределения заданий;
- 3) убрать или изменить задания теста, трудность которых совпадает с трудностью другого тестового задания.

Задания теста №2 имеют 3 категории ответов, также как и в тесте №1. При этом ни одно задание не является адекватным для оценки уровня знаний, что можно наблюдать в приложении Б, так как значение статистики Хи-квадрат для каждого задания намного больше критического.

При этом трудность каждого задания оказалась больше нуля. Это видно по характеристическим кривым заданий по дихотомической модели Раша (рисунок 3.4) и биномиальной полиномической модели (рисунок 3.5). Ведь вероятность равную 0,5 они достигают в положительной части оси логитов.

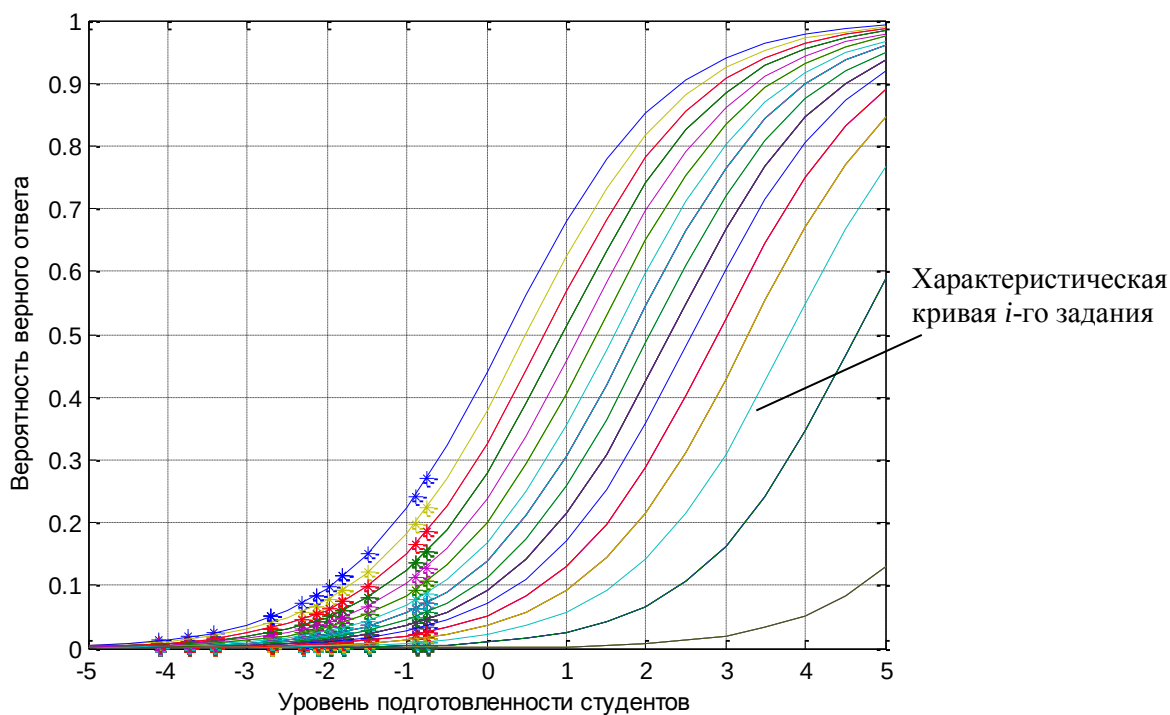


Рисунок 3.4 – Характеристические кривые заданий теста №2 по дихотомической модели Раша

На рисунках 3.4 и 3.5 по оси абсцисс отложен параметр – уровень знаний, по оси ординат – вероятность верного ответа. Положение тестируемых на графике отмечено звёздочками.

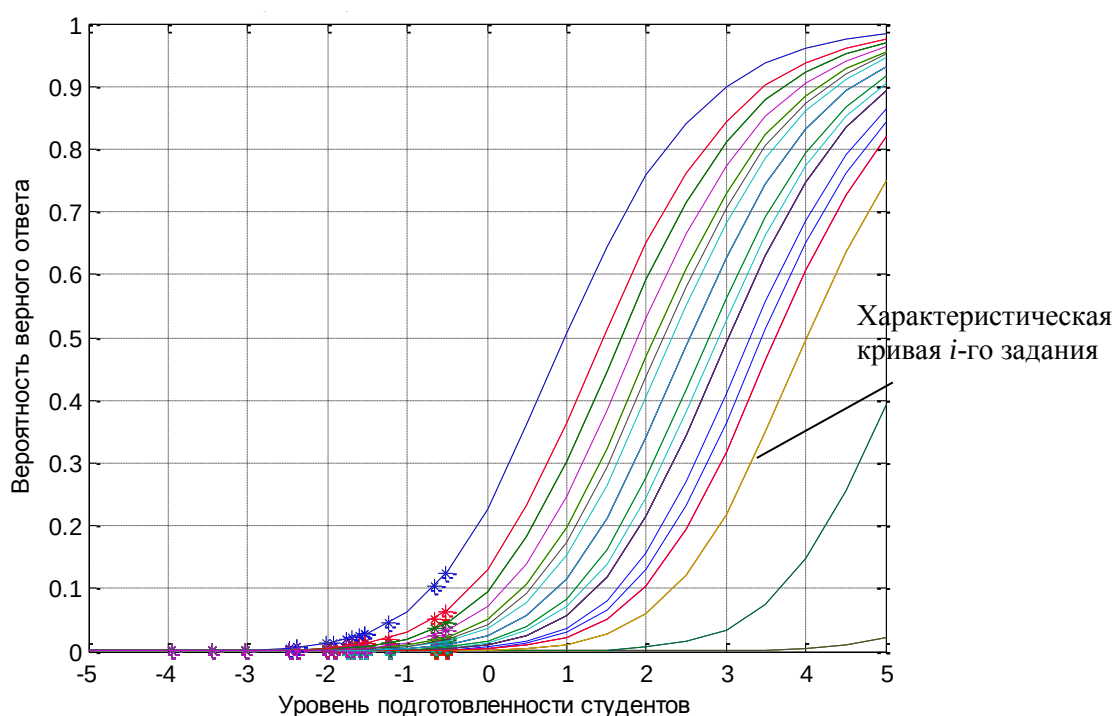


Рисунок 3.5 – Характеристические кривые заданий теста №2 по биномиальной полиномиальной модели

Очевидно, что уровень знаний студентов оказался меньше нуля. Что говорит о высокой трудности теста и невозможности адекватной оценки студентов с низким уровнем знаний.

Чтобы улучшить тест можно предложить следующие стратегии: уменьшить количество заданий, увеличить время тестирования или полностью пересмотреть задания теста.

Тест №3 имеет задания с разными категориями ответов: от 3 до 7. Значение статистики Хи-квадрат для каждого задания по дихотомической модели значительно превысили критическую отметку. Что говорит о невозможности использования дихотомической модели Раша для анализа данного теста. При этом по биномиальной полиномиальной модели критерий Хи-квадрат для каждого задания находится в пределах нормы. Что свидетельствует об адекватности заданий теста для оценки уровня знаний.

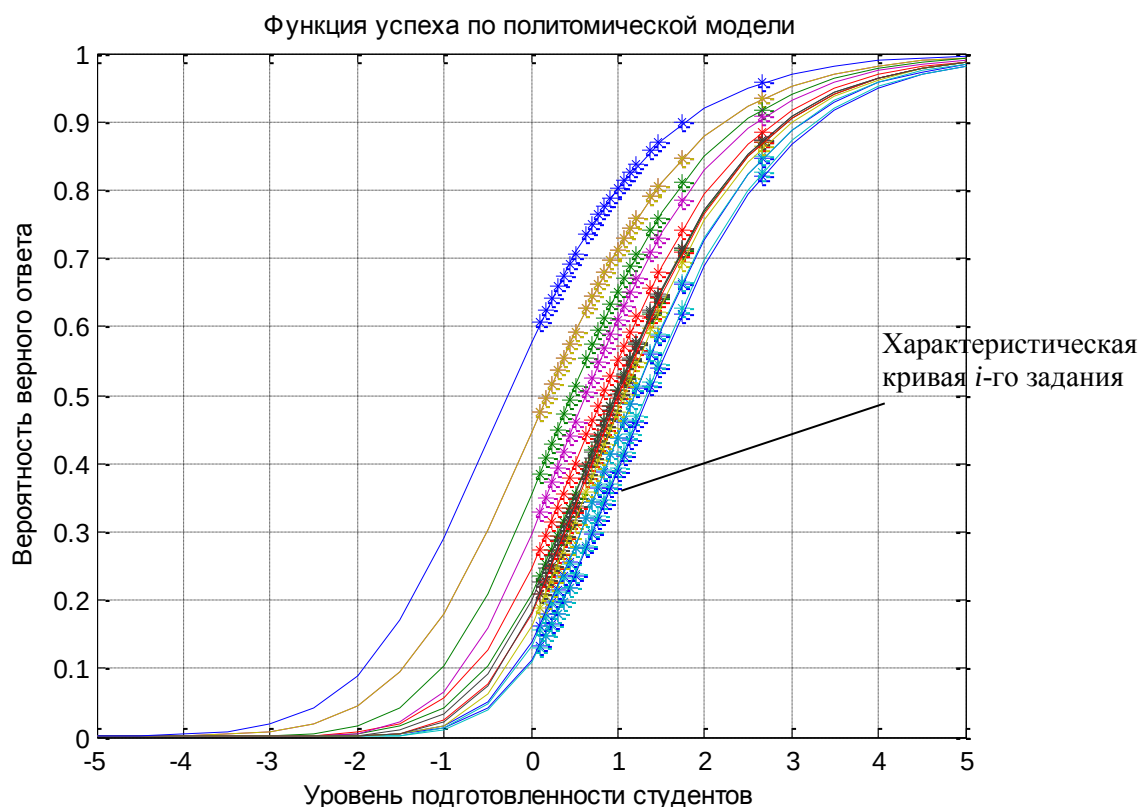


Рисунок 3.6 – Характеристические кривые заданий теста №3 по биномиальной политомической модели

По биномиальной политомической модели трудность заданий распределена от -1 до -0,3 логит, это очень узкий диапазон, при этом уровень знаний тестируемых распределен от 0 до 3 (рисунок 3.6). Из этого следует не способность теста качественно дифференцировать студентов по уровням знаний.

Также на качество теста влияет расположение пороговых значений (точек пересечения кривых для соседних категорий задания – на рисунке 3.7 это точки А, В, С, D). Здесь накладывается несколько критериев. Во-первых, пороговые значения должны идти по порядку (не должны быть перепутаны), как представлено на рисунке 3.7. Также важно, чтобы вероятности достижения каждой категории были примерно равны. Тогда данное задание будет хорошо дифференцировать тестируемых.

Задание №12 необходимо более тщательно прописать, чтобы увеличить вероятность достижения промежуточных категорий 1, 2 и 3.

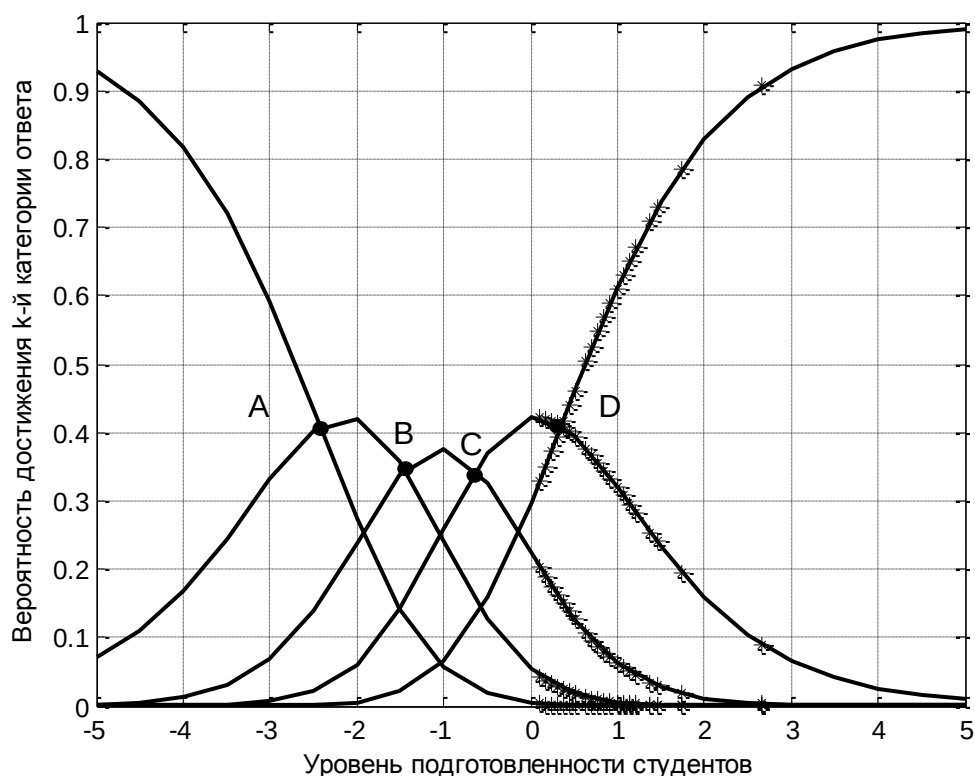


Рисунок 3.7 – Описание распределения вероятности достижения тестируемыми категорий задания №12 теста №3

Для улучшения теста №3 следует дополнить его заданиями с различными уровнями трудности, чтобы тест лучше дифференцировать студентов по уровням знаний.

В целом можно говорить о возможности использования разработанных алгоритмов для анализа результатов тестирования и выбора эталонной модели для теста. Полученные выше результаты показали возможность применения дихотомической модели Раша для анализа не только тестовых заданий с двумя категориями, но и с тремя категориями. А для заданий, которые содержат четыре категории и более, целесообразно использовать биномиальную полиномическую модель.

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Б21	Холдина Татьяна Владимировна

Институт	Институт кибернетики	Кафедра	Прикладной математики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Финансовые ресурсы 235 566 руб.; Человеческие ресурсы 2 чел.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований 3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка конкурентоспособности, рассмотрение альтернатив проведения НИ. Планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости, построение диаграммы Ганта. Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности, формирование бюджета НИ.
--	---

Перечень графического материала:

Календарный график выполнения ВКР

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б21	Холдина Татьяна Владимировна		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на проект, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников (научный руководитель и исполнитель) и сроки проведения отдельных работ.

Полный перечень проводимых работ, определение их исполнителей и рациональная продолжительность приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень работ и загрузка исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 80% И – 20%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор моделей для реализации	НР, И	НР – 70% И – 100%

Продолжение таблицы 4.1

Разработка алгоритмов реализации моделей	И	И – 100%
Реализация разработанных алгоритмов	И	И – 100%
Проведение исследования	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Расчет продолжительности этапов работ при выполнении выпускной квалификационной работы является важным этапом, так как мы можем определить трудоемкость проводимых работ, а трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательской работы (НИР).

Трудоемкость – это максимально допустимые затраты труда в человеко-днях на выполнение НИР с учетом организационно технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

Существуют разные методы расчета продолжительности этапов работы, в рамках данной НИР используется экспертный способ. Он предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула.

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

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.; t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 4.1 работ требуются специалисты:

- математик-программист – исполнитель НИР;
- научный руководитель.

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

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

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.; $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей; $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

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

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

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

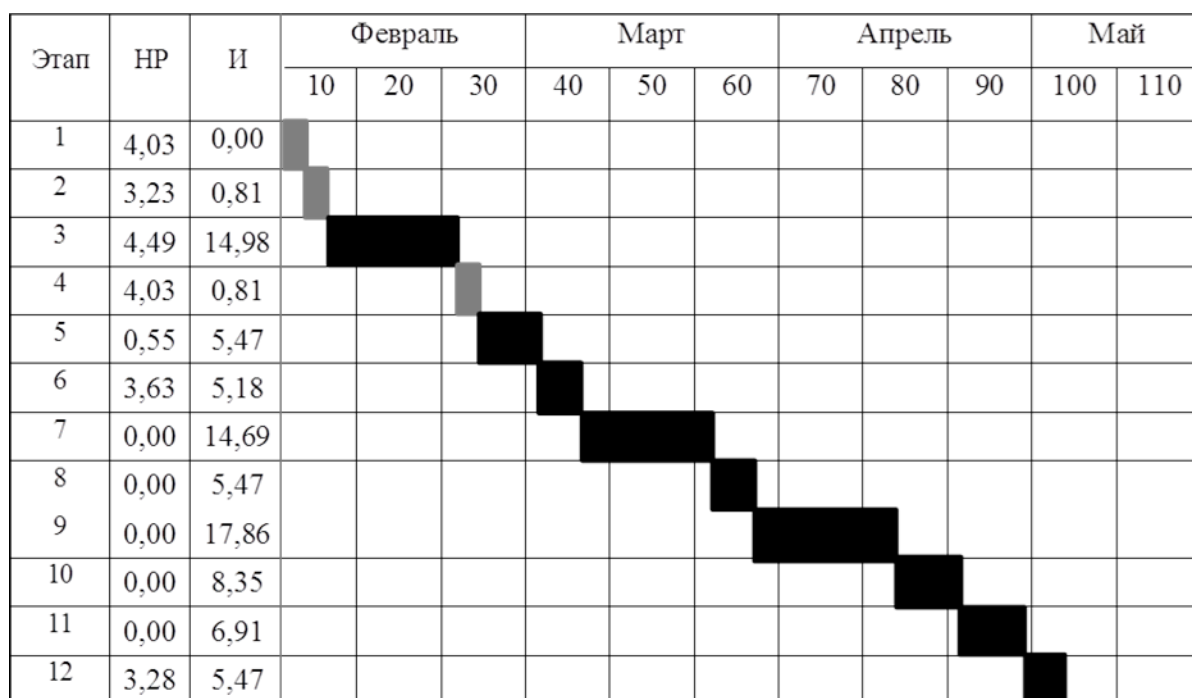
где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$); $T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$); $T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$). По формуле (4.4) рассчитаем:

$$k_{КАЛ} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,2.$$

В таблице 4.2 приведен расчет определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. По показанию полученных величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{КД}$ построен линейный график осуществления проекта (рисунок 4.1).

Таблица 4.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2,00	4,00	2,8	3,36	0	4,03	0,00
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2,00	4,00	2,8	2,69	0,672	3,23	0,81
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	8,00	14,00	10,4	3,74	12,48	4,49	14,98
Разработка календарного плана	НР, И	2,00	4,00	2,8	3,36	0,672	4,03	0,81
Обсуждение литературы	НР, И	3,00	5,00	3,8	0,46	4,56	0,55	5,47
Выбор моделей для реализации	НР, И	2,00	6,00	3,6	3,02	4,32	3,63	5,18
Разработка алгоритмов реализации моделей	И	7,00	15,00	10,2	0,00	12,24	0,00	14,69
Реализация разработанных алгоритмов	И	3,00	5,00	3,8	0,00	4,56	0,00	5,47
Проведение исследования	И	10,00	16,00	12,4	0,00	14,88	0,00	17,86
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	5,00	7,00	5,8	0,00	6,96	0,00	8,35
Оформление графического материала	И	4,00	6,00	4,8	0,00	5,76	0,00	6,91
Подведение итогов	НР, И	3,00	5,00	3,8	2,74	4,56	3,28	5,47
Итого:				67	19,37	71,66	23,24	86,00



НР – ■ И – ■

Рисунок 4.1 – Линейный график работ

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- оплата услуг связи;
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых

непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам или договорам поставки. Сведем расходы по данному пункту в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Расчет затрат на используемые материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Бумага для принтера формата А4	190	1 уп.	150
Картридж для принтера	1550	1 шт.	1550
Итого:			1700

Допустим, что транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) составляют 5 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $С_{\text{мат}} = 1700 * 1,05 = 1785$ руб.

4.2.2 Расчет заработной платы

Смета затрат на оплату труда в большинстве случаев составляет наибольшую часть себестоимости ВКР. Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = \frac{МО}{21,83}, \quad (4.5)$$

учитывающей, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 21,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$; $K_p = 1,3$.

Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_u = 1,1 \cdot 1,113 \cdot 1,3 = 1,62$.

Таблица 4.4 – Расчет затрат на полную заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	1065,73	20	1,62	34529,6
И	14 874,45	681,38	72	1,62	79476,2
Итого:					114005,8

4.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30 % от полной заработной платы по проекту, то есть:

$$C_{соц.} = C_{зн.} \cdot 0,3.$$

Итак, в нашем случае:

$$C_{соц.} = 114005,8 \cdot 0,3 = 34201,7 \text{ руб.}$$

4.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

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

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}, \quad (4.6)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; $Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час; $t_{об}$ – время работы оборудования, час.

В Томском политехническом университете $Ц_{э} = 5,257$ руб./кВт·час с учетом налога на добавленную стоимость.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера (T_{PD}) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{PD} \cdot K_t \quad (4.7)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к T_{PD} , определяется исполнителем самостоятельно.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} \cdot K_C, \quad (4.8)$$

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 $K_C = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты ЭОБ, руб.
Персональный компьютер	72*8*0,8	0,4	968,97
Струйный принтер	20	0,2	21,028
Итого:			990

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

В данном разделе рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{об} \cdot t_{пф} \cdot n}{F_d}, \quad (4.9)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования ($H_A=0,4$); $Ц_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.; F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} ($F_d = 298 * 8 = 2384$ часа); n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Рассчитаем амортизацию используемого компьютера по формуле (4.9):

$$C_{AM} = \frac{0,4 * 50000 * 20 * 0,8 * 1}{2384} = 134 \text{ руб}$$

Рассчитаем амортизацию используемого принтера по формуле (4.9), где стоимость принтера 6000 руб., его $F_d = 500$ час.; $H_A = 0,5$:

$$C_{AM} = \frac{0,5 * 6000 * 20 * 1}{500} = 120 \text{ руб}$$

4.2.6 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, к ним относятся содержание оргтехники, услуги связи, представительные расходы и другие. Их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов:

$$C_{проч.} = (C_{mat} + C_{зн} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) * 0,1 \quad (4.10)$$

Найдем прочие расходы по формуле (11) учитывая данные полученные выше:

$$C_{проч.} = (1785 + 114005,8 + 34201,7 + 990 + 254) * 0,1 = 15123,65.$$

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Проектирование экспертной

системы оценки результатов научных мероприятий ТПУ». Смета затрат на разработку представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1785
Основная заработная плата	$C_{\text{зн}}$	114005,8
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	34201,7
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	990
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	254
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	15123,65
Итого:		166360

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 166360$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определенности и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. В данной работе исполнитель не располагает данными для применения «сложных» методов, отсюда следует прибыль принять в размере $5 \div 20\%$ от полной себестоимости проекта. Таким образом, она составляет 33 272 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

4.2.9 Расчет НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(166\,360 + 33\,272) \cdot 0,18 = 35\,933,8$ руб.

4.2.10 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае: $C_{\text{НИР}(КР)} = 166\,360 + 33\,272 + 35\,933,8 = 235\,566$ руб.

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

В зависимости от того, в какой сфере и форме проявляется эффект различают следующие его виды: бюджетный, народнохозяйственный, коммерческий.

Реализуемым проектом является сравнительное исследование моделей параметризации результатов тестирования. Заказчиком данного проекта является Центр оценки качества образования (ЦОКО) ТПУ.

Данный проект предполагает получение народнохозяйственного и коммерческого эффектов. Сравнительное исследование моделей параметризации результатов тестирования позволит выявить критерии применимости моделей к используемым для оценки качества образования в ТПУ тестам и в дальнейшем внедрить рассматриваемые модели в систему оценки ЦОКО ТПУ. Использование моделей параметризации имеет практическую ценность при оценке валидности и надежности тестов, а также непосредственно при определении оценки уровня подготовленности студентов и трудности заданий. Внедрение моделей параметризации результатов тестирования в систему ЦОКО ТПУ позволит повысить эффективность используемых тестов, автоматизировать процесс классификации заданий по уровню трудности и многое другое.

В качестве фактора коммерческого эффекта можно выделить внутриорганизационную выгоду: экономия времени, требуемого сотрудникам отдела ЦОКО для анализа результатов тестирования, исследования качества теста. Производство количественной оценки экономической эффективности невозможно в связи с отсутствием соответствующей информации и надежной методики.

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале

присваивается определенное количество баллов. Обобщенную оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На ее основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) ее научно-технического уровня по формуле:

$$K_{HTV} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (4.11)$$

где K_{HTV} – интегральный индекс научно-технического уровня; R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта; n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Признаки научно-технического эффекта и критерии их оценки представлены в приложении Д.

В таблице 4.7 указано соответствие качественных уровней НИР значениям показателя, рассчитываемого по формуле 4.11.

Таблица 4.7 – Качественные уровни НИР

Уровень НТЭ	Показатель НТЭ
Низкий	1-4
Средний	4-7
Высокий	8-10

Для используемого в пособии примера частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование даны в таблице 4.8.

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для данного проекта составляет:

$$K_{HTV} = 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 7,6.$$

Таким образом, данный проект имеет высокий уровень научно-технического эффекта.

Таблица 4.8 – Оценки научно-технического уровня НИР

Значи мость	Фактор НТУ	Уровень фактора	Выбран ный балл	Обоснование выбранного балла
0,4	Уровень новизны	Новая	5	Позволяет оптимизировать процедуру анализа результатов тестирования
0,1	Теоретический уровень	Разработка способа	6	Разработка алгоритмов программной реализации моделей
0,5	Возможность реализации	В течение первых лет	10	Быстрое внедрение и переход к эксплуатации

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б21	Холдина Татьяна Владимировна

Институт	Кибернетики	Кафедра	Прикладной математики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Алгоритмы реализации параметрических моделей оценивания учебных достижений. Алгоритмы применяются при оценке учебных достижений студентов Томского Политехнического Университета.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	Глава содержит описание следующих вредных факторов и природы их вредности: - Повышенный уровень электромагнитных излучений; - Отклонение показателей микроклимата; - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Повышенный уровень шума на рабочем месте. Рассмотрен опасный фактор – поражение электрическим током и природа его вредности.
2. Экологическая безопасность	Анализ негативного воздействия на окружающую природную среду: утилизация люминесцентных ламп, компьютеров и другой техники.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований 3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС	Глава содержит описание пожара, как возможной ЧС. Приведено описание мероприятий по предотвращению пожара и описание действий при пожаре.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности 4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства 4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Для сотрудников, работающих за ПЭВМ, предназначен особый режим работы. К помещениям с компьютерами выдвигаются особые требования.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	Кандидат биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б21	Холдина Татьяна Владимировна		

5 Социальная ответственность

Понятие «социальная ответственность» включает в себя: состояние рабочего помещения и места, режим трудовой деятельности и обеспечение мероприятий по защите трудящихся в чрезвычайных ситуациях. Все, выше перечисленные, аспекты регламентируются рядом соответствующих документов.

Данный раздел дипломной работы посвящен исследованию оптимальных условий труда инженера–программиста. В качестве объекта исследования выступают рабочее место программиста и помещение, в котором оно находится.

Выпускная квалификационная работа представляет собой сравнительное исследование моделей параметризации результатов тестирования. Во время выполнения данной работы были разработаны и запрограммированы алгоритмы реализации параметрических моделей для оценки учебных достижений студентов посредством тестов. Все расчеты и алгоритмы реализованы в среде Matlab.

Планируется использование результатов выпускной квалификационной работы для дальнейших исследований и практического внедрения алгоритмов в систему центра оценки качества образования (ЦОКО) Томского Политехнического Университета (ТПУ) студентами Института Кибернетики (ИК) ТПУ.

Предполагаемое место работы – компьютерный класс Кибернетического центра ТПУ. Основные средства работы – персональный компьютер и локальная вычислительная сеть с выходом в Интернет.

5.1 Профессиональная социальная безопасность

В данном подразделе производится анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований и

использовании результатов исследования. Выявленные факторы представлены в таблице 1.

Таблица 5.1 – Опасные и вредные факторы при проведении сравнительного исследования результатов оценивания учебных достижений

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1) Электронно-вычислительная машина; 2) система отопления; 3) система вентиляции; 4) источник освещения.	1) Производственный шум; 2) несоответствующий микроклимат: пониженная или повышенная температура и влажность воздуха; 3) воздействие электромагнитных излучений от монитора и компьютера; 4) несоответствующая освещенность.	Поражение электрическим током.	Параметры шума устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [17]. Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [18]. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[19]. Параметры естественного и искусственного освещения устанавливаются СНиП 23-05-95 [21]. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность [22].

5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов

Производственный шум

Шум - колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью спектральной и временной структуры. Шум создает значительную

нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Шумовой фон провоцирует увеличение содержания в крови гормонов стресса, таких как, норадреналин и адреналин, кортизол. Шум способен замедлять реакцию человека и угнетать центральную нервную систему (ЦНС), вызывая изменения скорости пульса и дыхания, а также провоцирует возникновение сердечно - сосудистых заболеваний, гипертонических болезней и язвы желудка [17].

Человек, постоянно подвергающийся воздействию шума, быстро переутомляется, отличается повышенной раздражительностью, становится забывчивым, чаще страдает от слабости и головокружения. Уровень звука на рабочих местах, связанных с творческой деятельностью, научной деятельностью, программированием, преподаванием и обучением не должен превышать 50 дБА согласно СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [17].

Меры, которые необходимо принять, для того чтобы помещение было менее зашумленным – это обеспечить нормальную вентиляцию системного блока. Для охлаждения необходимо оборудовать со стороны вентиляционных отверстий хотя бы 20-30 см свободного пространства. Не загромождать оборудование посторонними предметами, которые снижают теплоотдачу, прочищать вентиляционные отверстия от пыли пылесосом.

Несоответствующий микроклимат рабочего помещения

Системы отопления, несмотря на свою пользу, имеют и негативную сторону. Как центральное отопление, так и обогреватели сушат воздух. Пересушенный воздух при критических показателях создает неоспоримую опасность для здоровья человека: способствует возникновению инфекций, провоцирует дерматиты, обострение аллергических заболеваний и астмы.

В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения. Работа инженера-программиста относится к категории работ Ia, в которую входят работы с интенсивностью энергозатрат до

139Вт, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 5.2 по СанПиН 2.2.548-96 [18]. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в таблице 5.3 по СанПиН 2.2.548-96 [18].

В кабинете, который является местом работы инженера-программиста, параметры микроклимата находятся в пределах нормы.

Таблица 5.2 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры по СанПиН 2.2.548-96

Период	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22...24 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Тёплый	Температура воздуха в помещении	23...25 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	0,1...0,2 м/с

Таблица 5.3 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры по СанПиН 2.2.548-96

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30
20-40 м ³ на человека	Не менее 20

Воздействие электромагнитных излучений

Когда все устройства персонального компьютера включены, в районе рабочего места программиста, формируется сложное по структуре электромагнитное поле. Реальную угрозу для пользователя компьютера представляют электромагнитные поля.

Влияние их на организм человека не обходится без последствий. Исследования показали, что в организме человека под влиянием

электромагнитного излучения монитора происходят значительные изменения гормонального состояния, специфические изменения биотоков головного мозга, изменение обмена веществ. Пыль, притягиваемая электростатическим полем монитора, иногда становится причиной дерматитов лица, обострения астматических симптомов, раздражения слизистых оболочек [19, 20].

Для снижения воздействия электромагнитного излучения следует применять мониторы с пониженным уровнем излучения, также устанавливать защитные экраны, придерживаться регламентированного режима труда и отдыха, а также проводить регулярную гигиеническую уборку помещения.

Для соблюдения нормативов следует руководствоваться следующими правилами согласно [19]:

- Выбирайте монитор с жидкокристаллическим экраном. Излучение таких мониторов гораздо менее интенсивное, нежели у мониторов с электроннолучевой трубкой;
- По возможности постарайтесь расположить монитор в углу помещения. Таким образом, стены будут поглощать электромагнитное излучение, испускаемые боковыми и задними стенками;
- Выключать монитор, даже если на короткое время отходите от рабочего места;
- Монитор должен стоять на расстоянии вытянутой руки от вашего кресла.
- По возможности системный блок лучше расположить как можно дальше от вас;
- Выключайте компьютер, если вы больше не собираетесь им пользоваться;
- По возможности сокращайте время, проводимое за компьютером.

Так как профессиональная деятельность программиста проходит перед экраном монитора необходимо чаще прерывать работу. Для этого достаточно просто пройтись.

Несоответствующая освещенность рабочего помещения

Соответствующее производственное освещение способствует улучшению условий зрительной работы, как следствие снижает утомляемость и способствует повышению производительности труда.

Существует три вида освещения – естественное солнечное освещение, искусственное и комбинированное.

В компьютерных залах должно быть естественное и искусственное освещение, то есть комбинированное. Естественное освещение создается прямыми солнечными лучами или рассеянным светом небосвода. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения документа должна быть 300-500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для подсветки документов. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк согласно СНиП 23-05-95 [21].

Более того, основным гигиеническим требованием является достаточно равномерная освещенность всего поля зрения. То есть уровень освещенности помещения, и яркость экрана монитора должны быть соотносимы: яркий свет в районе периферийного зрения повышает напряженность глаз и приводит к утомляемости. Приведем расчет искусственного освещения в помещении, структурный план которого представлен на рисунке 5.1.

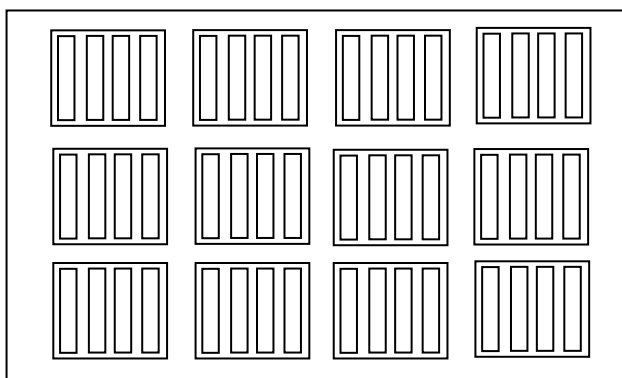


Рисунок 5.1 – План размещения светильников в рабочей аудитории

Определим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) по формуле:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (5.1)$$

где H – высота потолка в помещении, м; h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м; h_c – расстояние от потолка до светильника, м.

Вычислим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле 5.1 для компьютерной аудитории кафедры прикладной математики:

$$H = 4 - 0,8 - 0,01 = 3.19 \text{ м.}$$

Индекс помещения определяется по формуле (5.2):

$$i = \frac{S}{h(A+B)}; \quad (5.2)$$

где S – площадь помещения, м²; A – длина комнаты, м; B – ширина комнаты, м; h – высота подвеса светильников, м.

Индекс помещения для компьютерной аудитории кафедры прикладной математики:

$$i = \frac{30}{3,19 \cdot (5+6)} = 0,83.$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый бетонный, а также свежепобеленные стены без окон, согласно методическим указаниям, примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 70\%$ и потолка $\rho_n = 50\%$ [21]. По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений i , ρ_c и ρ_n примем $\eta = 0,29$.

Освещенность помещения рассчитывается по формуле:

$$E_\phi = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k_z \cdot z}; \quad (5.3)$$

где Φ – световой поток светильника, лм; S – площадь помещения, м²; k_z – коэффициент запаса, который учитывает загрязнение светильника; z – коэффициент неравномерности освещения; n – число светильников; η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с малым выделением пыли $k = 1,5$. Поправочный коэффициент z – это коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп $z = 1,1$. В помещении находятся светильники ЛВО 4×18 CSVТ, с люминесцентными лампами типа L 18W/640 с потоком $F = 1200$ лм. Учитывая все параметры, рассмотренные выше, найдем освещенность (формула 5.3):

$$E = \frac{48 \cdot 0,29 \cdot 1200}{30 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 337 \text{ лк.}$$

В рассматриваемом помещении освещенность должна составлять 300 лк согласно СНиП 23-05-95 [21]. В данном помещении освещенность находится в пределах нормы, следовательно дополнительные источники света не нужны.

5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов

В связи с тем, что для работы ПЭВМ и периферийных устройств используется электрическая энергия, их эксплуатация должна соответствовать «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

С этой точки зрения ПЭВМ являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. Данная опасность может возникнуть, в первую очередь, при нарушении правил подключения ЭВМ к питающей сети.

Поражение электрическим током организма человека носит название электро-травмы. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает термическое, электролитическое и биологическое действие.

Первое заключается в нагреве и ожогах различных частей и участков тела человека, второе — в изменении состава (разложение) и свойств крови и других органических жидкостей. Биологическое действие электрического тока выражается в раздражении и возбуждении живых тканей организма и в

нарушении протекания в нем различных внутренних биоэлектрических процессов (прекращение процесса дыхания и остановка сердца) [29].

Во время использования средства вычислительной техники или другими периферийными устройствами оператор должен осторожно обращаться с электропроводкой, аппаратами и приборами и всегда помнить, что, если не придерживаться правил безопасности, то это может угрожать здоровью и жизни человека.

Чтобы избежать поражения электрическим током, необходимо выполнять следующие правила по [22]:

1. Необходимо постоянно следить на своем рабочем месте за исправным состоянием электропроводки, выключателей, штепсельных розеток, при помощи которых оборудование включается в сеть, и заземления. При обнаружении неисправности немедленно обесточить электрооборудование, оповестить администрацию. Продолжение работы возможно только после устранения неисправности.

2. Для исключения поражения электрическим током запрещается:

- а) часто включать и выключать компьютер без необходимости;
- б) прикасаться к экрану и к тыльной стороне блоков компьютера;
- в) работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании мокрыми руками;
- г) работать на средствах вычислительной техники и периферийном оборудовании, имеющих нарушения целостности корпуса, нарушения изоляции проводов, неисправную индикацию включения питания, с признаками электрического напряжения на корпусе
- д) класть на средства вычислительной техники и периферийное оборудование посторонние предметы.

3. Запрещается под напряжением очищать от пыли и загрязнения электрооборудование.

4. Ремонт электроаппаратуры производится только специалистами-техниками с соблюдением необходимых технических требований.

Во всех случаях поражения человека электрическим током немедленно вызывают врача. До прибытия врача нужно, не теряя времени, приступить к оказанию первой помощи пострадавшему [22].

5.2 Экологическая безопасность

Рассмотрим загрязнения литосферы в результате исследовательской деятельности бытовым мусором, на примере люминесцентных ламп. Их эксплуатация требует осторожности и четкого выполнения инструкции по обращению с данным отходом (код отхода 35330100 13 01 1, класс опасности – 1[24]). В данной лампе содержится опасное вещество ртуть в газообразном состоянии. При не правильной утилизации, лампа может разбиться и пары ртути могут попасть в окружающую среду. Вдыхание паров ртути может привести к тяжелому повреждению здоровья.

При перегорании ртутьсодержащей лампы (выходе из строя) её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором [25].

Бытовой мусор помещений организаций несортированный, образованный в результате деятельности работников предприятия (код отхода 91200400 01 00 4). Агрегатное состояние отхода твердое; основные компоненты: бумага и древесина, металлы, пластмассы и др [24]. Для сбора мусора рабочее место оснащается урной. При заполнении урны, мусор выносится в контейнер бытовых отходов. Предприятие заключает договор с коммунальным хозяйством по вывозу и размещению мусора на организованных свалках.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1 Анализ вероятных ЧС

Наиболее вероятной ЧС в рамках рассматриваемого помещения является пожар. Помещение, в котором велась работа по степени пожаробезопасности относится к категории Д, т.е. к помещению, в котором находятся негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Гипотетически возникновение пожара может возникнуть от следующих источников воспламенения [23]:

- искра при разряде статистического электричества;
- искра от электрооборудования;
- искры от удара и трения;
- открытое пламя.

Также на рабочем месте запрещается иметь огнеопасные вещества и выполнять следующие действия [23]:

- курить;
- зажигать огонь;
- включать электрооборудование, если в помещении пахнет газом;
- сушить что-либо на отопительных приборах;
- закрывать вентиляционные отверстия в электроаппаратуре.

5.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС

К мерам по предупреждению пожара отнесем следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание противопожарных инструкций, планов эвакуации.

Основными мерами по повышению устойчивости помещения к данной ЧС являются в первую очередь исключение образования благоприятной для

пожара среды (контроль воздухообмена), а также использование трудно сгораемых материалов при отделке рабочего помещения [23].

Необходимо предусмотреть безопасную эвакуацию людей на случай возникновения пожара. При пожаре люди должны покинуть помещение в течение минимального времени. Помещение, в котором выполнялась работа, входит в общий план эвакуации этажа, который предусматривает выход из всех помещений этажа в основной или запасной эвакуационные выходы здания. Эвакуация проводится согласно плану эвакуации, который выставлен на всеобщее обозрение в нескольких местах на каждом этаже (рисунок 5.2).

В каждом кабинете установлен углекислотный огнетушитель ОУ-2 и табличка с указанием лица, ответственного за пожарную безопасность.

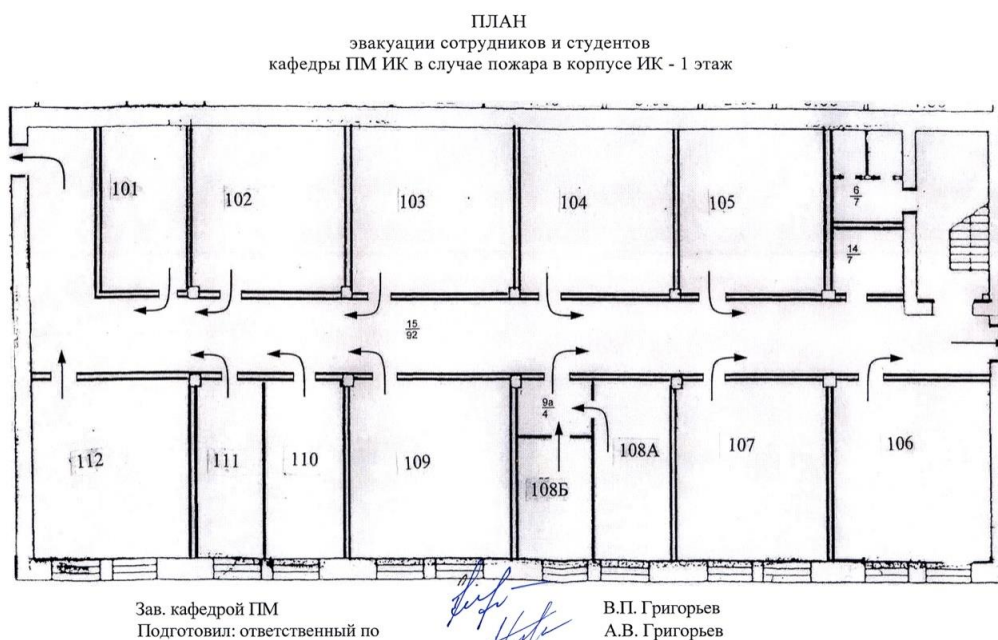


Рисунок 5.2 – План эвакуации

Необходимыми действиями в результате возникшей ЧС и мерами по ликвидации её последствий являются [23]:

1. Передать сигнал «Тревога» голосом, задействовать систему оповещения людей о пожаре.
2. Сообщить по телефону 01, с сотового 010 адрес объекта, место возникновения пожара, свою фамилию. Сообщить по телефону 03, с

сотового 030 адрес объекта, что случилось, информацию о пострадавших, свою фамилию, оказать помощь пострадавшим.

3. Открыть все эвакуационные выходы, направить людей к эвакуационным выходам согласно знакам направления движения.
4. Отключить от электропитания оборудование, механизмы и т.п., обесточить помещение.
5. По возможности принять меры по тушению пожара используя средства противопожарной защиты.
6. По возможности предотвратить развитие аварии, обозначить место аварии.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Как уже было неоднократно отмечено, при работе с персональным компьютером очень важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

При восьми часовой рабочей смене на ВДТ и ПЭВМ перерывы в работе должны составлять от 10 до 20 минут каждые два часа работы [26]. В перерывах, рекомендуется проводить комплекс упражнений для глаз [19].

5.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Площадь одного рабочего места с компьютером должна быть не менее 6 м². При размещении рабочих мест с персональными компьютерами должны учитываться расстояния между рабочими столами с мониторами.

Для комфортной работы стол инженера-программиста должен удовлетворять следующим условиям [27]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков.
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650мм.

Помещения с компьютерами в обязательном порядке должны быть оборудованы системами эффективной приточно-вытяжной вентиляции отопления и кондиционирования воздуха. Внутренняя отделка интерьера помещений с компьютерами должна быть сделана при использовании диффузно-отражающих материалов. В обязательном порядке в помещении должны находиться углекислотный огнетушитель для тушения пожара и аптечка первой медицинской помощи [27].

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение, как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда [27].

Рабочее место в комнате № 104 КЦ ТПУ отвечает данным условиям.

Заключение

С целью проведения исследования в работе была осуществлена реализация алгоритмов дихотомической модели Раша и биномиальной политомической модели в системе компьютерной математики MATLAB.

Для решения поставленных задач создан и реализован алгоритм сравнительного анализа рассматриваемых моделей.

Основными результатами работы являются следующие.

Дихотомическую модель Раша можно использовать для анализа результатов тестирования не только с заданиями с двумя категориями, но и в заданиях с тремя категориями ответов. Такой вывод делается на основе результатов анализа теста №1, который показал идентичные данные при расчете статистики Хи-квадрат для дихотомической модели Раша и биномиальной политомической модели.

Для заданий с четырьмя категориями ответов и более следует использовать биномиальную политомическую модель. Об этом говорит анализ результатов теста №3, который показал значения статистики Хи-квадрат намного больше критического значения для всех заданий теста по дихотомической модели Раша.

Список публикаций студента

1. Холдина Т. В., Шкатова Г. И. Создание компьютерного приложения для психологического анализа почерка // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных/ Томск, 13-16 ноября 2013 г. – Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – С. 492-493
2. Моисеенко А. В., Фисоченко (Кирдяшова) О. Н., Холдина Т. В., Иванова А. Д., Романова Т. А., Божедомова К. С. Создание приложений для организации социально-психологических исследований на базе интернет-портала // Общество и непрерывное благополучие человека: сборник научных трудов Международного научного симпозиума/ Под ред. Г. А. Барышевой, Л. М. Борисовой, Томск, 27-30 Марта 2014. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014 – С. 16-21
3. Kholdina T.V. Creation of computer application for psychological handwriting analysis // Молодёжь и современные информационные технологии: сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии»/ Томск, 12-14 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2, 2013 – С. 287-288
4. Холдина Т.В. Сравнительное исследование параметрических моделей оценивания учебных достижений // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов III Международной научной конференции/ Томск, 23-26 мая 2016 г. В печати.

Список используемых источников

1. Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов. – М.: Прометей, –2010. – 169 с.
2. Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Педагогическое тестирование как измерение. Учебное пособие, ч.1. – М.: Центр Тестирования МО РФ. – 2012. – 67 с.
3. Нейман Ю.М., Хлебников В.А. Как оценивается уровень подготовленности учащихся по результатам единого государственного экзамена. – М.: – Центр Тестирования МО РФ. – 2013. – 44 с.
4. Психологическая диагностика / Под редакцией Гуревича К.М., Борисовой Е.М. – М.: Издательство УРАО. – 2010. – 302 с.
5. Калинина В.Н., Панкин В.Ф. Математическая статистика. – М.: Высшая Школа. – 1994.– 336 с.
6. Пайнс Э., Маслач К. Практикум по социальной психологии. – С.-П.: Питер. –2010. – 522 с.
7. Wright B.D., Stone M.N. Best Test Design. Rasch Measurement Chicago, 2009, Mesa Press, 223 p.
8. Wright B.D., Masters G.N. Rating Scale Analysis. Rasch Measurement. – Chicago: Mesa Press. – 2009. – 206 p.
9. Hamblenton R.K., Swaminathan H., Rogers H.J. Fundamentals of Item Response Theory. – London.: Sage publications. –2002. – 174 p.
10. Wright B.D., Mok M. Rasch Model Overview // Journal of Applied Measurement, 2000. – V.1. – № 1. – P. 83-106.
11. Rasch G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests. Copengagen, 1960, Danish Institute of Educational Research (Expanded edition, –Chicago.: Mesa Press. – 1980. – 199 p.).
12. Smith R.M. Rasch Measurement Models: Interpreting Winsteps/Bigsteps and Facets Output. Maple Grove. – Minnesota.: JAM Press. – 1999. – 58 p.

13. Smith E.V., Wakely M.B., Kruif R. Optimizing Rating Scales. In press: Educational and Psychological Measurement, 31 p.
14. Елисеев И. Н. Математические модели и комплексы программ для автоматизированной оценки результатов обучения с использованием латентных переменных: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра. тех. наук (14.02.14) / Елисеев Иван Николаевич; ЮРГТУ. – Новочеркасск, 2014. – 33 с.
15. Братищенко В. В. Политомическая биномиальная модель оценок // Сборник трудов 73-й ежегодной научной конференции профессорско-преподавательского состава и докторантов в рамках Дней науки – 2014, посвященных зимней Олимпиаде 2014г. – Иркутск, Изд-во БГУЭП, 2014 – С. 93 – 101
16. Маслак А. А., Поздняков С. А. Системы обработки информации: учебное пособие. – Славянск-на-Кубани: Филиал Кубанского гос. Ун-та а г. Славянске-на-Кубани, 2014 – 122 с.
17. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
18. СанПиН 2.2.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
19. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
20. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. Выписки из СанПиН 2.2.2.542-96.
21. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
22. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
23. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

24. Федеральный классификационный каталог отходов [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.ecoguild.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
25. Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде: Постановление Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 года № 681.
26. ТОО Р-45-084-01. Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере.
27. Зинченко В.П. Основы эргономики. – М.: МГУ, 1979. – 179 с.
28. Борисов Ю.М. Электротехника: учебник для вузов. – М.: МГТУ им Н. Э. Баумана. – 592 с.

Приложение А
Матрицы ответов студентов на тесты

Таблица А.1 – Тестирование №1

№		Задания																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
Студенты	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	0	2	
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	0	2	1	2	0	1	2	0	
	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	1	2	2	1	0	0	0	2	0	
	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	2	1	2	2	0	2	0	0	0	0	
	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	0	2	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2	0	
	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	0	0	0	
	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	0	2	1	2	0	2	0	2	0	2	2	0	0	2	0	0	0	0	
	8	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	9	2	2	2	2	2	2	2	0	0	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	
	10	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
	11	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	0	0	2	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	12	0	2	2	2	2	0	2	2	1	2	2	1	2	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	13	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0
	14	0	2	0	0	2	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	15	2	2	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	2	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
	17	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0

Таблица А.2 – Тестирование №2

Студенты		Математические методы в электронике								Микроэлектроника								Схемотехника								Цифровые устройства и микропроцессоры								Энергетическая электроника												
№	Имя	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8					
1	Roza	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2	Ardabek	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
3	Айдар	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
4	Александр	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
5	Анастасия	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0,5	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	
6	Наталья	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0,5	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	
7	Максим	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
8	Алина	0	0	1	0	0	0	0	0,5	0	1	1	0	1	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	Данил	1	0	1	1	0	1	0	0,5	0	0	1	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	
10	Елена	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0,5	0	0			0		0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
11	Иван	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	
12	Елена	0	0	1	0	0	1	1	0,5	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
13	Александр	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0
14	Иван	0	1	0	1	0	1	0	0,5	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
15	Татьяна	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0,5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
16	Нурсултан	1	1	1	0	1	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
17	Евгений	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	0,5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
18	Кымбат	1	0	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0	0	1	0,5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
19	Степан	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	Анатолий	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
21	Сергей	0	1	1	1	0	1	0	0,5	1	0	1	1	0	0,5	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1

Таблица А.3 – Тестирование №3

№		Задания														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Студенты	1	3	1	0	1	0	0	0	3	1	2	2	4	2	4	2
	2	0	1	2	0	2	0	2	3	3	0	5	1	3	3	1
	3	1	3	0	5	1	1	1	0	1	0	1	2	4	6	1
	4	2	1	1	2	0	1	3	2	0	5	0	0	4	6	1
	5	4	1	0	1	0	0	3	2	1	4	3	3	3	2	2
	6	1	0	0	3	1	1	2	0	3	2	6	4	2	3	2
	7	4	1	2	2	0	1	2	3	0	3	6	0	6	0	1
	8	1	2	3	5	2	1	0	5	1	3	0	0	4	6	0
	9	0	3	0	5	1	0	1	5	2	3	6	3	5	0	0
	10	2	2	2	2	0	1	3	1	3	1	1	4	6	5	2
	11	1	2	2	3	1	1	4	3	2	1	0	4	4	6	2
	12	2	0	2	0	1	2	4	2	3	4	4	4	1	6	2
	13	3	1	0	1	2	2	4	5	0	5	5	0	6	4	0
	14	3	0	3	4	1	2	2	1	3	4	6	2	5	1	2
	15	2	0	2	3	2	1	3	2	3	3	4	4	4	5	2
	16	0	1	3	5	1	2	0	5	1	5	6	3	4	4	1
	17	3	2	2	1	2	2	2	3	3	4	4	4	4	5	2
	18	0	3	3	3	2	2	4	5	1	4	5	4	2	5	1
	19	3	3	3	4	2	1	3	4	3	4	6	2	3	4	2
	20	4	3	2	5	2	2	3	4	3	5	5	4	6	5	1

Приложение Б

Характеристики заданий тестов

Таблица Б.1 – Тест №1

Номер задания	Оценка по дихотомической модели		Оценка по политомической модели	
	Уровень трудности задания (логиты)	Значение статистики ХИ-квадрат	Уровень трудности задания (логиты)	Значение статистики ХИ-квадрат
2	-3,942	0,002	-4,06	0,017
5	-3,942	0,002	-4,06	0,017
1	-2,839	0,023	-3,007	0,029
3	-2,839	0,023	-3,007	0,029
4	-2,149	0,072	-2,649	0,171
7	-2,149	0,522	-2,347	0,213
6	-1,623	0,167	-1,844	0,192
8	-1,623	2,041	-2,082	0,808
11	-1,182	0,182	-1,844	0,052
10	-0,79	0,919	-1,423	0,164
9	-0,427	1,263	-0,873	1,152
13	-0,427	0,097	-0,873	0,028
15	-0,08	0,856	-0,702	0,771
12	0,263	0,998	-0,702	0,825
14	0,263	0,998	-0,535	0,807
16	0,263	3,615	-1,049	0,872
18	0,263	0,998	-0,37	0,808
21	0,61	9,508	0,122	15,317
24	0,61	2,466	0,29	4,626
20	0,973	0,315	0,29	0,465
19	1,365	0,497	0,636	0,093
23	1,365	0,497	0,636	0,093
22	1,806	1,462	0,636	0,478
26	1,806	0,181	1,432	1,838
17	2,332	1,26	1,67	0,317
29	2,332	0,357	1,432	0,121
25	4,125	0,719	1,935	0,742
27	4,125	0,719	1,935	0,742
28	4,125	0,719	3,04	0,272
30	4,125	0,719	2,594	0,138

Таблица Б.2 – Тест №2

Номер задания	Оценка по дихотомической модели		Оценка по политомической модели	
	Уровень трудности задания (логиты)	Значение статистики Хи-квадрат	Уровень трудности задания (логиты)	Значение статистики Хи-квадрат
29	0,245	115,062	0,093	1160,308
27	0,496	280,687	0,093	4364,942
26	0,729	151,685	0,576	2472,661
31	0,729	134,489	0,576	1400,085
9	0,951	225,162	0,797	7874,693
28	0,951	139,733	0,797	2965,535
30	0,951	131,530	0,797	2723,324
40	1,167	132,702	1,013	1834,150
6	1,381	219,237	1,227	7359,849
13	1,381	125,064	1,227	1592,349
16	1,381	154,805	1,227	5465,845
11	1,598	136,644	1,443	2727,539
3	1,820	212,861	1,664	13344,958
10	1,820	186,604	1,664	5423,479
36	1,820	127,926	1,664	2172,291
39	1,820	186,604	1,664	5423,479
32	2,053	121,933	1,897	2755,762
37	2,053	197,488	1,897	17725,245
4	2,304	187,690	2,147	8795,609
5	2,304	115,219	2,147	3627,572
7	2,304	225,237	2,147	27565,137
15	2,304	260,306	2,147	27901,220
33	2,304	135,138	2,147	5589,233
35	2,304	115,219	2,147	3627,572
1	2,581	109,759	2,424	5103,171
12	2,900	139,752	2,742	4869,946
19	2,900	109,883	2,742	8047,729
38	2,900	109,883	2,742	8047,729
2	3,287	126,511	3,129	15385,905
24	3,287	115,873	3,129	5862,281
34	3,287	261,571	3,129	33158,713
25	3,803	68,381	2,020	480,318
8	4,640	49,986	2,577	218,555
14	4,640	49,986	1,334	18,656
22	4,640	49,986	4,479	9498,711
23	4,640	49,986	4,479	9498,711

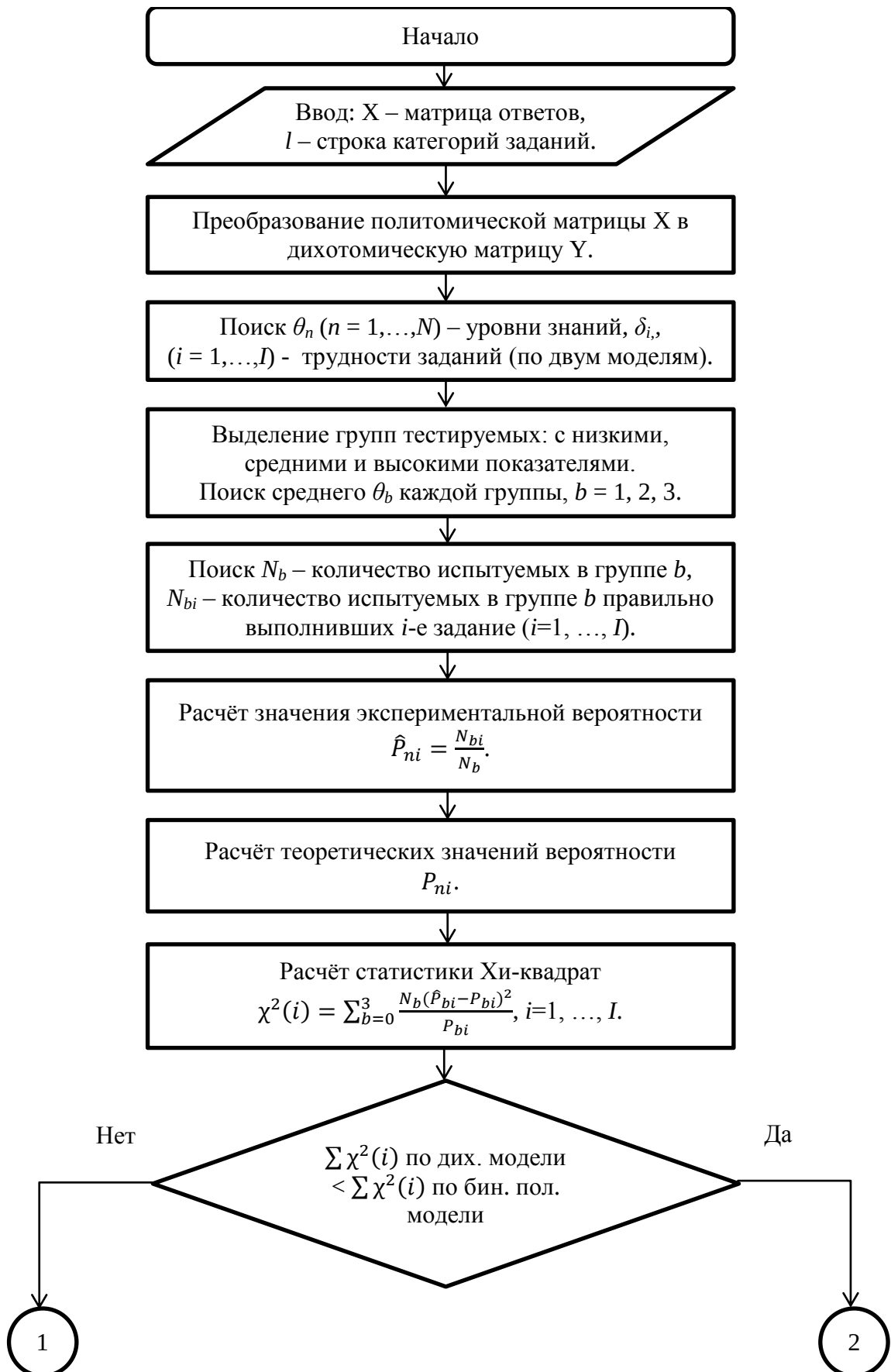
17	6,891	0,003	6,726	0,000
18	6,891	0,003	6,726	0,000
20	6,891	0,003	6,726	0,000
21	6,891	0,003	6,726	0,000

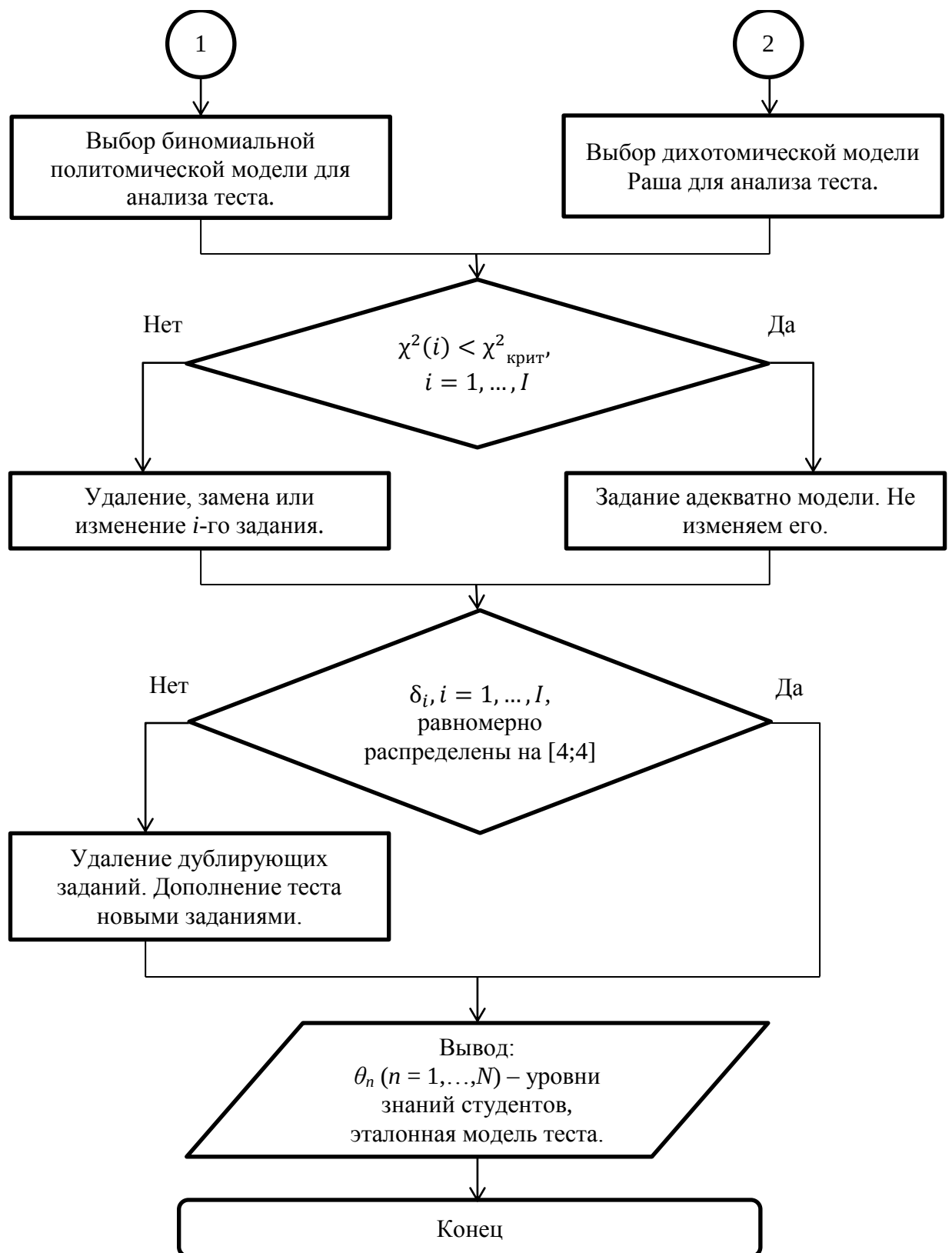
Таблица Б.3 – Тест №3

Номер задания	Оценка по дихотомической модели		Оценка по политомической модели	
	Уровень трудности задания (логиты)	Значение статистики Хи-квадрат	Уровень трудности задания (логиты)	Значение статистики Хи-квадрат
1	2,773	177,509	-0,324	3,647
2	2,090	64,306	-0,377	2,319
3	2,090	60,499	-0,519	3,907
4	2,090	54,901	-0,590	1,769
5	1,346	59,988	-0,698	3,691
6	1,575	67,522	-0,698	5,268
7	2,399	51,178	-0,698	3,155
8	2,090	60,499	-0,720	1,501
9	1,126	68,364	-0,883	0,975
10	2,399	53,966	-0,898	3,337
11	1,821	77,382	-0,920	1,019
12	1,126	60,649	-1,035	0,740
13	2,399	53,966	-1,035	3,069
14	2,090	108,236	-1,114	5,253
15	0,911	85,706	-1,154	2,299

Приложение В

Блок-схема алгоритма проведения исследования





Приложение Г

Программный код реализации разработанных алгоритмов

Основная программа

```
% чтение политомической матрицы из файла
Y = xlsread('MM1','Лист1','A1:J13'); % политомическая
матрица
l = xlsread('MM1','Лист1','A14:J14'); % строка категорий
заданий

[m n] = size(Y); % размерность матрицы ответов
% m - количество испытуемых
% n - количество заданий
% преобразование матрицы в дихотомическую

X = NewMD(Y,l); % дихотомическая матрица

% дихотомическая модель

Q1 = zeros(1,m); % уровень подготовленности испытуемых
B1 = zeros(1,n); % трудность заданий
P1 = zeros(m,n); % функция успеха

lx = zeros(1,n); k = 1:n; lx = 1 + 0.*k; % строка
категорий заданий

[Q1, B1] = QB(X,lx);
P1 = DihFun(Q1, B1);

% подготовка данных для характеристических кривых по
дихотомической модели

% формирование функции успеха по искусственно введенному
параметру:
% уровень подготовленности испытуемых
Qm1 = -5:0.5:5;
Pm1 = DihFun(Qm1,B1);

% формирование функции успеха по искусственно введенному
параметру:
% трудность задания
Bm1 = -5:0.5:5;
Pm11 = DihFun(Q1,Bm1);
```

```

% политомическая модель

Q2 = zeros(1,m); % уровень подготовленности испытуемых
B2 = zeros(1,n); % трудность заданий
% функция успеха
%(вероятность достижения высшей катгории каждого задания)
P2 = zeros(m,n);
[Q2, B2] = QB(Y,l);
for i = 1:n
    P = zeros(m,l(i));
    P = PolyFun(Q2,B2(i),l(i));
    P2(:,i)=P(:,(l(i)+1));
end;

% формирование функции успеха по искусственно введенному
параметру:
% уровень подготовленности испытуемых
Qm2 = -5:0.5:5;
for i = 1:n
    P = zeros(length(Qm2),l(i));
    P = PolyFun(Qm2,B2(i),l(i));
    Pm2(:,i)=P(:,(l(i)+1));
end;

% расчёт статистики Хи-квадрат

% статистика для дихотомической модели
[Stat1 SStat1, Pexp1, Qb1] = stXi21(X,lx);
% статистика для политомической модели
[Stat2 Sstat2, Pexp2, Qb2] = stXi21(Y,l);
% Stat1, Stat2 – массивы статистик для каждого задания по
дихотомической и политомической моделям соответственно
% SStat1, SStat2 – значение статистик для всего теста по
дихотомической и политомической моделям
% Pexp1, Pexp2 – значения экспериментальных вероятностей
по дихотомической и политомической моделям
% Qb1, Qb2 – средние значения уровней знаний для трёх
экспериментальных групп по дихотомической и
политомической моделям

```

Оценка параметров моделей

```
function [ Q, B ] = QB( X, l )
% функция оценки трудности заданий и уровня
% подготовленности испытуемых

[m n] = size(X); % размерность матрицы

% поиск оценки обученности
p1 = zeros(1,m); q1 = zeros(1,m); Q0 = zeros(1,m);
for i = 1:m
    p1(i) = sum(X(i,:))/sum(1); % доля верных ответов
    q1(i) = 1-p1(i); % доля неверных ответов
    if p1(i) == 1      Q0(i) = 5;
    elseif q1(i) == 1      Q0(i) = -5;
    else
        % предварительная оценка обученности
        Q0(i) = log(p1(i)/q1(i));
    end;
end;

% поиск оценки трудности
p2 = zeros(1,n); q2 = zeros(1,n); B0 = zeros(1,n);
for j = 1:n

    p2(j) = sum(X(:,j))/m/l(j); % доля правильных ответов
    q2(j) = 1-p2(j); % доля неправильных ответов
    if p2(j) == 1      B0(j) = -5;
    elseif q2(j) == 1      B0(j) = 5;
    else
        % предварительная оценка трудности задания
        B0(j) = log(q2(j)/p2(j));
    end;
end;

% поиск средних значений
Qs = sum(Q0)/m; Bs = sum(B0)/n;
% поиск дисперсии
V = (sum(Q0.^2)-m*Qs^2)/(m-1);
U = (sum(B0.^2)-n*Bs^2)/(n-1);
% поправочные коэффициенты
X1 = sqrt((1+U/2.89)/(1-U*V/9.35));
Y1 = sqrt((1+V/2.89)/(1-U*V/9.35));
% итоговая оценка латентных переменных
Q = Bs + X1*Q0; B = Qs + Y1*B0;
end
```


Функция успеха дихотомической модели Раша

```
function [ P ] = DihFun( Q, B )
% функция успеха по дихотомической модели

% Q - уровень подготовленности испытуемых
% B - трудность заданий
m = length(Q); % m - количество испытуемых
n = length(B); % n - количество заданий

P = zeros(m,n);
for i = 1:m
    for j = 1:n
        P(i,j) = 1/(1+exp(-(Q(i)-B(j))));
    end;
end;
end
```

Функция успеха биномиальной политомической модели

```
function [ P ] = PolyFun( Q, B, l )
% функция успеха по политомической модели

% Q - уровень подготовленности испытуемых (массив)
% B - трудность задания (число)
% l - количество категорий в задании

m = length(Q); % m - количество испытуемых
p = zeros(m,1); q = zeros(m,1);
for i = 1:m
    p(i) = 1/(1+exp(-(Q(i)-B)));
    q(i) = 1-p(i);
end;

% функция успеха для заданного задания
% вероятность достижения k-ого критерия i-м испытуемым в
N-м задании
P = zeros(m, l);
for k = 0:l
    for i = 1:m
        P(i,k+1) = (fact(l)/fact(k)/fact(l-
k)) * (p(i)^k) * (q(i)^(l-k));
    end;
end;
end
```

Расчёт статистики Хи-квадрат

```
function [ Xi2, SXi2, Pexp, Q1 ] = stXi21( X, l )
% Функция определяет значение статистики Хи квадрат для
каждого задания и всего теста
% А также возвращает значение экспериментальных
вероятностей и среднего уровня знаний трёх
экспериментальных групп

% X - матрица ответов
% l - строка, содержащая количество категорий в каждом
задании
% Q - уровень подготовленности испытуемых
% B - уровень трудности задания

[m n] = size(X);
% m - число испытуемых
% n - число заданий

% Шаг 1:
% Поиск параметров модели
[Q B] = QB(X,l);

% Шаг 2:
% Делим испытуемых на 3 группы в соответствии с уровнем
знаний
% баллов.
% Далее определяем экспериментальную вероятность того,
что в j задании
% участники данной группы достигнут максимальной
категории

L = sum(l); % максимально возможное количество баллов
N = zeros(1,3); % N(b) - количество испытуемых в b группе
(b = 1,2,3)
Q1 = zeros(1,3); % Q1(b) - средний уровень подготовки
группы
% P1(b,j) - вероятность испытуемого из группы b верно
ответить на j вопрос
P1 = zeros(3,n);
% S(b,j) - количество испытуемых из группы b, получивших
максимальный балл в задании j
S = zeros(3,n);

% определение максимального уровня знаний Qb для b
группы
```

```

Qmax = max(Q); Qmin = min(Q);
Qb(1) = Qmin+(Qmax-Qmin)/3; Qb(2) = Qmin+2*(Qmax-Qmin)/3;
Qb(3) = Qmax;

```

```

% Расчёт количества испытуемых в группе и среднего урона
знаний группы

```

```

for i = 1:m
    if Q(i)<=Qb(1)
        N(1) = N(1)+1;
        Q1(1) = Q1(1)+Q(i);
        for j = 1:n
            if X(i,j) == 1(j)
                S(1,j)=S(1,j)+1;
            end;
        end;
    elseif Q(i)<=Qb(2)
        N(2) = N(2)+1;
        Q1(2) = Q1(2)+Q(i);
        for j = 1:n
            if X(i,j) == 1(j)
                S(2,j)=S(2,j)+1;
            end;
        end;
    else
        N(3) = N(3)+1;
        Q1(3) = Q1(3)+Q(i);
        for j = 1:n
            if X(i,j) == 1(j)
                S(3,j)=S(3,j)+1;
            end;
        end;
    end;
end;
for b = 1:3
    Q1(b) = Q1(b)/N(b);
end;

```

```

% Шаг 3:

```

```

% Расчёт теоретических вероятностей достижения
максимальной категории

```

```

p = zeros(3,n);
if sum(l)/length(l)==1 % дихотомическая модель
    p = DihFun(Q1, B);
else % политомическая модель

```

```

    for i = 1:n
        P = zeros(3,l(i));
        P = PolyFun(Q1,B(i),l(i));
        p(:,i)=P(:,(l(i)+1));
    end;
end;

% Шаг 4:
% Расчёт практических значений вероятности для групп b
Pexp = zeros(3,n);
for b = 1:3
    for j = 1:n
        Pexp(b,j) = S(b,j)/N(b);
    end;
end;

% Шаг 5:
% Рассчёт статистики Хи квадрат
WW = zeros(3,n); % рабочая переменная
g = 0; % уровень значимости

% Статистика для каждого задания
Xi2 = zeros(1,n);
for j = 1:n
    for b = 1:3
        WW(b,j) = N(b) * (Pexp(b,j) - p(b,j))^2 / p(b,j);
    end;
    Xi2(j) = sum(WW(:,j));
end;

% Статистика всего теста
SXi2 = sum(Xi2);
end

```

Приложение Д

Признаки научно-технического эффекта

Таблица Д.1 – Весовые коэффициенты признаков НТУ

Признаки научно-технического эффекта НИР	Характеристика признака НИР	Ri
Уровень новизны	Систематизируются и обобщаются сведения, определяются пути дальнейших исследований	0,4
Теоретический уровень	Разработка способа (алгоритм, программа мероприятий, устройство, вещество и т.п.)	0,1
Возможность реализации	Время реализации в течение первых лет	0,5

Таблица Д.2 – Баллы для оценки уровня новизны

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны – n1	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица Д.3 – Баллы значимости теоретических уровней

Теоретический уровень полученных результатов – п2	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица Д.4 – Возможность реализации результатов по времени

Время реализации – п3	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2