

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа: Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Отделение: Отделение экспериментальной физики

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
Мобильное приложение для тренировки когнитивных функций

УДК 004.451:004.925.84:004.85

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ01	Кудряшова Елизавета Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ	Семенов Михаил Евгеньевич	к.ф.-м. н., доцент		

Со-руководитель (по разделу «Концепция стартап-проекта»)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ШИП	Рыжкова Марина Вячеславовна	Доктор экономических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Юрий Митрофанович	Доктор технических наук		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Семенов М.Е.	к.ф.-м. н., доцент		

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
ПК(У)-1	Способен проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива
ПК(У)-2	Способен проводить поиск и анализ научной и научно-технической литературы по тематике проводимых исследований
ПК(У)-3	Способен разрабатывать и анализировать показатели качества информационных систем, используемых в производственной деятельности
ПК(У)-4	Способен планировать научно-исследовательскую деятельность, анализировать риски, управлять проектами, управлять командой проекта
ПК(У)-5	Способен к преподаванию математических дисциплин и информатики в образовательных организациях высшего образования
ПК(У)-6	Способен проектировать и организовывать учебный процесс по образовательным программам с использованием современных образовательных технологий
ОПК(У)-1	Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики
ОПК(У)-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач
ОПК(У)-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен комбинировать и адаптировать существующие информационно-коммуникационные технологии для решения задач в области профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке(-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки

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

---

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Семенов  
М.Е.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

В форме:

**ЗАДАНИЕ**  
на выполнение выпускной  
квалификационной работы

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
0ВМ01	Кудряшовой Елизавете Евгеньевной

Тема работы:

**Мобильное приложение для тренировки когнитивных функций**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	48-21/с от 17.02.2022
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<i>Результаты научно-исследовательской работы по разработке алгоритма генерации случайных чисел с заданным распределением (по гистограмме частот).</i>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разработка игрового мобильного приложения (интерфейс, математическая составляющая, система начисления очков).</li> <li>2. Подготовка и проведение тестирования приложения.</li> <li>3. Тестирование программного продукта в экспериментальной группе и проведение статистического сравнения с результатами контрольной группы.</li> </ol>
<b>Перечень графического материала</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Структурная схема взаимодействия основных модулей мобильного приложения.</li> <li>2. Скриншоты работы программного продукта.</li> <li>3. Визуализация результатов достижений экспериментальной и контрольной группы.</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (если необходимо, с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Концепция стартап-проекта	Рыжкова Марина Вячеславовна
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович
Иностранный язык	Кабрышева Оксана Павловна

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	15.03.2022
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Семенов Михаил Евгеньевич	к.ф.-м. н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ01	Кудряшова Елизавета Евгеньевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки (специальность) 01.04.02 Прикладная математика и информатика  
 Уровень образования Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) экспериментальной физики  
 Период выполнения весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
-----------------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
31.05.21	<i>Основная часть</i>	70
31.05.21	<i>Концепция Стартап-Проекта</i>	10
31.05.21	<i>Социальная ответственность</i>	10
31.05.21	<i>Обязательное приложение на иностранном языке</i>	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Семенов М.Е.	к.ф.-м.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Семенов М.Е.	к.ф.-м.н., доцент		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «КОНЦЕПЦИЯ СТАРТАП-ПРОЕКТА»

Студенту:

Группа		ФИО	
0ВМ01		Кудряшова Елизавета Евгеньевна	
Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

Перечень вопросов, подлежащих разработке:	
Проблема конечного потребителя, которую решает продукт, созданный в результате выполнения НИОКР (функциональное назначение, основные потребительские качества)	Разработка мобильной игра на базе платформы Android Studio, монетизация игры путем добавления в нее рекламы, добавление в игру возможности учета статистики, а также размещение приложения на площадках для игровых приложений Android.
Способы защиты интеллектуальной собственности	Подача заявки в Роспатент на получение свидетельства о регистрации программы ЭВМ
Объем и емкость рынка	Описание возможностей и насыщенности рынка.
Современное состояние и перспективы отрасли, к которой принадлежит представленный в ВКР продукт	Произвести статистику индустрии мобильных игр. Описать распределение доли рынка мобильных игр.
Себестоимость продукта	Рассчитать планируемый доход. Наиболее вероятный, пессимистичный, оптимистичный.
Конкурентные преимущества создаваемого продукта	Описание имеющихся приложений. Конкурентоспособность данного проекта.
Сравнение технико-экономических характеристик продукта с отечественными и мировыми аналогами	Сравнить аналоги мобильных игр и описать преимущества и недостатки.

Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта	Описать распределение по возрасту платящего пользователя. Произвести анализ и выявить структуру аудитории скачивающих казуальные игры. Описать на кого ориентирован данный продукт.
Бизнес-модель проекта	Бизнес – модель B2C и B2B2C. Основные идеи и варианты реализации.
Производственный план	Расчет текущих, ежемесячных затрат и планируемый доход.
План продаж	Описание стратегии продвижения продукта.
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы (например, бизнес-модель)	6 таблиц, 9 графических материалов (графиков и примеров приложений)
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Рыжкова Марина Вячеславовна	д.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ01	Кудряшова Елизавета Евгеньевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
0ВМ01		Кудряшова Елизавета Евгеньевна	
Школа	Инженерная школа ядерных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	магистратура	Направление/ специальность	01.04.02 Прикладная математика и информатика

Тема ВКР:

<i>Мобильное приложение для тренировки когнитивных функций</i>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<b>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</b>	<p>Объект исследования: среда разработки Android Studio.</p> <p>Область применения: языки программирования Kotlin и Python.</p> <p>Рабочая зона: лабораторная.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: разработка мобильного приложения.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов <ul style="list-style-type: none"> <li>• Природа воздействия</li> <li>• Действие на организм человека</li> <li>• Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>• СИЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> 1.2. Анализ выявленных опасных факторов : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Термические источники опасности</li> <li>• Электроопасность</li> <li>• Пожароопасности</li> </ul>	1. Вредные факторы: 1.1 Недостаточная освещенность; 1.2 Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; 1.3 Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.4 Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; 1.5. Ионизирующее излучение, ПДД, критические органы, СКЗ, СИЗ; 2. Опасные факторы: 2.1 Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R <sub>заземления</sub> , СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места; представлен рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ; 2.2 Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
<b>2. Экологическая безопасность:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, оргтехника) и способы их утилизации;
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Рассмотрены 2 ситуации ЧС:



<ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p> <p>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федорчук Юрий Митрофанович	д.т.н.		28.04.2022 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
ОВМ01	Кудряшова Елизавета Евгеньевна		28.04.2022 г.

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страниц, 30 рисунков, 14 таблиц, 36 источников, 1 приложение.

**Ключевые слова:** игровое мобильное приложение, казуальное приложение, однофакторный дисперсионный анализ, Android, стартап.

**Объектом исследования** являются платформа Android, в которой разработано игровое приложение, среда разработки Android Studio, для написания скриптов на языке программирования Kotlin и Python.

**Цель работы** – разработать казуальное игровое приложения для тренировки когнитивных функций мозга.

В магистерской диссертации были рассмотрены различные подходы генерации случайных чисел, на основе которых реализован генератор для распределения объектов по методам псевдонимов. Рассмотрен метод упаковки окружностей разного радиуса в геометрическую фигуру. Разработано игровое приложение на платформе Android Studio для операционной системы Android и протестировано на группе лиц для выявления статистических результатов.

## Содержание

Содержание.....	11
1. Теоретическая часть .....	16
1.1. Вводные определения.....	16
1.2. Описание игрового процесса.....	16
1.3. Применение статистического анализа.....	29
2. Проектирование мобильного приложения.....	32
2.1. Общие сведения .....	32
2.2. Стек использованных технологий .....	32
2.3. Интерфейс и игровой процесс.....	33
3. Структурная схема взаимодействия основных модулей приложения	35
3.1. Генерация монет .....	35
3.2. Программная реализация гистограммы частот .....	35
3.3. Дискредитация распределения вероятностей.....	35
3.4. Получение размеров окружностей.....	36
3.5. Кошелек .....	36
3.6. Выбор модели кошелька .....	36
3.7. Алгоритм перемещения монет .....	37
3.8. Наложение монет друг с другом .....	37
3.9. Выход монеты за границы экрана.....	38
3.10. Наложение монеты на границы кошелька .....	38
3.11. Автоматическая упаковка монет.....	39
3.12. Подсчет очков и сохранение результатов игры .....	40
4. Эксплуатация программного продукта .....	41
4.1. Проверка и проведение тестирования .....	41
4.2. Результаты тестирования .....	43
4.3. Статическое сравнение результатов .....	45
5. Концепция стартап-проекта «Мобильного приложения для тренировки когнитивных функций» .....	49
5.1. Описание продукта как результата НИР .....	49
5.2. Интеллектуальная собственность .....	52
5.3. Объем и емкость рынка.....	53
5.4. Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли ....	54
5.5. Планируемая стоимость продукта .....	56

5.6. Конкурентные преимущества создаваемого продукта, сравнение технико-экономических характеристик с отечественными и мировыми аналогами .....	58
5.7. Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта .....	61
5.8. Бизнес-модели проекта. Производственный план и план продаж ....	61
5.9. Стратегия продвижения продукта на рынок.....	64
6. Социальная ответственность .....	67
6.1. Производственная безопасность .....	67
6.2. Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	67
6.3. Повышение уровней шума.....	69
6.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	71
6.5. Поражение электрическим током .....	73
6.6. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	75
6.7. Пожарная безопасность.....	80
6.8. Экологическая безопасность .....	82
6.9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	83
Выводы.....	85
Заключение .....	86
Список публикаций студента .....	87
Список литературы .....	88
Приложение А.....	92
Introduction.....	93
1. Theoretical part .....	95
1.1. Introductory definitions .....	95
1.2. Description of the gameplay .....	95
1.3. Application of statistical analysis .....	103
2. Design .....	103
2.1. General information.....	103
2.2. Stack of used technologies.....	103
2.3. Interface and gameplay.....	104
3. Block diagram of the interaction of the main modules of the application	105
3.1. Coin Generation.....	105
3.2. Software implementation of the frequency histogram .....	106
3.3. Discrediting the probability distribution.....	106

3.4.	Getting the dimensions of circles .....	107
3.5.	Wallet.....	107
3.6.	Choosing a wallet model .....	107
3.7.	The algorithm for moving coins .....	107
3.8.	Overlapping coins with each other .....	107
3.9.	The exit of the coin beyond the boundaries of the screen .....	108
3.10.	Putting a coin on the borders of the wallet .....	108
3.11.	Automatic coin packaging .....	108
3.12.	Scoring and saving game results .....	108
4.	Operation of the software product .....	109
4.1.	Verification and testing.....	109

## **Введение**

Здоровье человека напрямую связано с состоянием головного мозга. Этот орган отвечает за жизнедеятельность, осознанность и интеллект. Известно, что людям необходимы тренировки как для поддержания физической формы, так и развития когнитивных функций мозга.

Люди давно осознали, что за работоспособностью, активностью и продуктивностью стоят улучшение памяти, концентрация ума и скорость мышления. Как известно, чем раньше человек начнет развиваться в умственном плане, тем дольше, здоровее и продуктивнее будет проходить его жизнь. Так, многие родители нацелены тренировать когнитивные функции не только собственного мозга, но и своих детей. Огромный плюс тренировок ума в том, что их можно начинать в любом возрасте.

Развитие информационных и коммуникационных технологий позволило начать внедрение игровых приемов в неигровые процессы, в том числе в процесс обучения. С каждым годом рынок мобильных игр – головоломок стремительно развивается. В 2022 году около 30 млн. пользователей России активно используют мобильные приложения, а половина из них предпочитает казуальный жанр [1]. На таких площадках, как App Store и Google Play можно встретить множество разнообразных игр, но каждая из них уникальна по-своему. В 2022 году в России начал работать магазин приложений NashStore, в нём доступно около тысячи приложений. Для того, чтобы игровое приложение стало востребованным оно должно быть наполнено простым игровым процессом, интересной идеей, современным дизайном и в конечном счете решать потребность пользователей, например, провести время в ожидании с пользой для интеллектуального развития и тренировки когнитивных функций мозга.

В данной работе мы предлагаем разработать казуальное игровое приложение, в игровой процесс, которого положена задача об упаковке кругов. В простейшем случае – требуется упаковать круги одинакового

радиуса в квадратный контейнер. В более общей постановке требуется найти наиболее плотную упаковку в контейнер произвольной геометрии кругов разного радиус [13]. Для генерации кругов разного радиуса мы предлагаем использовать метод псевдонимов. Выгодное отличие среди методов генерации случайных чисел заключается в скорости выполнения процесса к alias-формату. Данный метод был реализован нами на языке Python, для разработки мобильного приложения мы предлагаем использовать среду разработки Android Studio.

Таким образом, мы предлагаем разработать игровое мобильное приложение с простым игровым процессом: разместить максимальное количество монет в кошельке. При проектировании и программной реализации данной головоломки мы использовали: метод псевдонимов для генерации монет (кругов различного радиуса) и комбинаторную задачу об упаковке окружностей.

Таким образом, в рамках выпускной квалификационной работы была поставлена **цель** – разработать казуальное игровое приложение для тренировки когнитивных функций мозга человека. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

1. Разработать Minimal Viable Product версию игрового казуального приложения: интерфейс, концепцию и архитектуру.

2. В концепции стартап-проекта протестировать программный продукт на группе пользователей для подтверждения эффекта развития когнитивных функций мозга человека.

## **1. Теоретическая часть**

### **1.1. Вводные определения**

*Когнитивные функции мозга* – сложные функции головного мозга, к которым относятся восприятие информации (гнозис), анализ и обработка информации (мышление), хранение информации (память) и передача информации (речь).

*Игровой процесс* (gameplay, геймплей) – способ взаимодействия пользователя с игрой.

*Казуальное приложение* – игра с простыми правилами, не требующая от пользователя особой усидчивости и временных затрат на получение каких-либо навыков для выполнения заданий в игровом процессе.

*Геймификация* – внедрение игровых приемов в неигровые процессы. Термин «геймификация» появился в начале 2000-х в среде разработчиков программного обеспечения. Популярность он начал приобретать после 2010 года, когда стали появляться первые примеры применения этого подхода в интернет-сайтах, мобильных приложениях, образовательных курсах. Не стоит путать её с игрой: геймификация направлена прежде всего на достижение результата [12].

*Окружность* — это множество всех точек на плоскости, находящихся на одинаковом расстоянии от данной точки. *Радиус окружности* — отрезок, соединяющий любую её точку с *центром*.

*Круг* — это множество всех точек плоскости, удалённых от данной точки не более, чем на длину данного отрезка. Данная точка называется *центром круга*, а указанный отрезок — *радиусом круга*.

### **1.2. Описание игрового процесса**

Для создания игрового приложения, нацеленного на развития когнитивных функций мозга, мы предлагаем использовать казуальный



жанр, в основе геймификации лежит – решение головоломки по размещению монет в кошельке.

*Геймплей.* На экране мобильного устройства появляются монеты разного радиуса. Задача игрока – разместить монеты в кошелек.

Очки начисляются в зависимости от плотности упаковки: отношение суммарной площади размещенных монет к площади кошелька.

При разработке мобильного приложения для генерации монет (их радиусов) мы использовали *метод псевдонимов*, а для поиска оптимального размещения монет использовали *задачу об упаковке окружностей* (circle packing).

Остановимся подробнее на описании математического аппарата, использованного при разработке и программной реализации мобильного приложения.

***Выбор метода генерации игровых объектов. Метод псевдонимов.*** Существуют различные способы для генерации случайных чисел. В нашем случае нужно случайно генерировать радиус монет и положение их центров. Для выбора того или иного метода разработчики опираются на размер выборки, закон распределения и его изменения со временем. Заметим, что первоначальное положение монет не является принципиальным.

*Простая рандомизация* осуществляется  $2^n$ -мерными траекториями, где в качестве принимается размер выборки. *Неограниченная рандомизация* (unrestricted randomization) сопоставима с броском правильной монеты для распределения каждого объекта.

На рисунке 1 показана последовательность простой рандомизации для 20 объектов и двух групп: реализованная последовательность (черным цветом) на фоне возможных последовательностей (серым цветом).

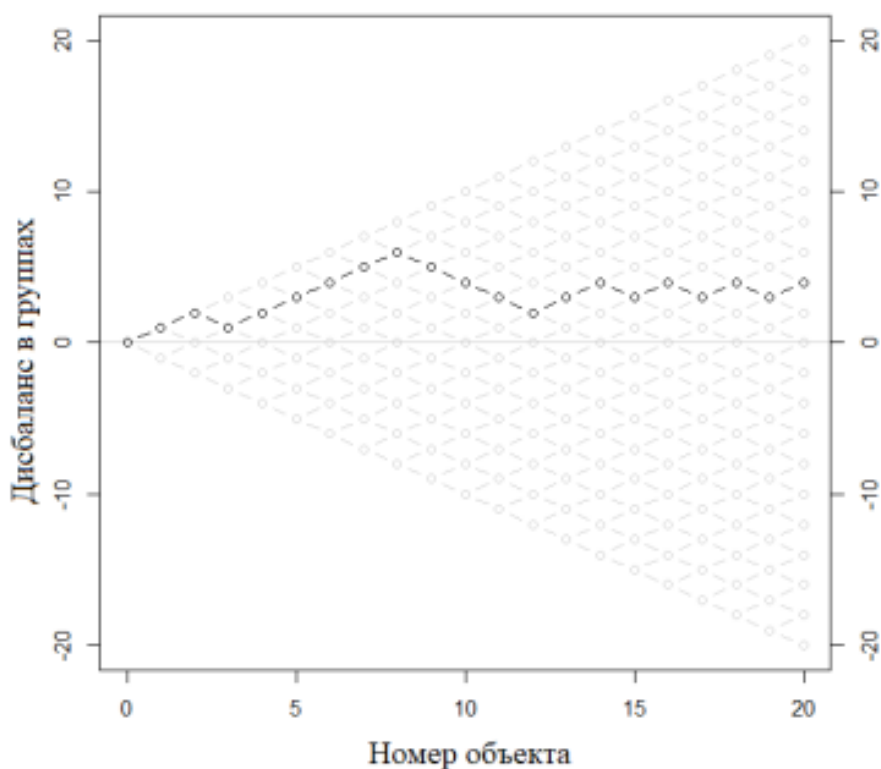


Рисунок 1 – Последовательность простой рандомизации.

Из литературы известны различные алгоритмы, учитывающие несбалансированность рандомизации [2]:

- рандомизация блоков с перестановками;
- рандомизация блоков с перестановками;
- метод урн для равномерного и неравномерного распределения;
- адаптивные методы рандомизации с предвзятыми монетами;
- метод псевдонимов [3].

В нашей работе мы использовали *метод псевдонимов*.

Пусть дискретное распределение случайной величины  $\xi$  задано таблицей, содержащей ее значения  $x_1, \dots, x_n$  и соответствующие вероятности  $p_1, \dots, p_n$ ; где  $n$  – длина таблицы. Пусть  $\eta$  — случайная величина, равномерно распределенная на отрезке  $[0, 1]$ . Тогда если

$$\sum_{k=1}^m p_k \leq \eta < \sum_{k=1}^{m+1} p_k, m = \overline{1, n-1}, \sum_{k=1}^n p_k = 1,$$

то выбирается значение случайной величины  $\xi = x_m$ .

Отсюда следует, что при больших значениях  $n$  на выборку значения случайной величины  $\xi$  может тратиться значительное время, растущее пропорционально  $n$ . При этом основное время тратится на вычисление суммы  $\sum_{k=1}^m p_k$ .

Если бы все  $p_k = 1/n$ , т.е. были равновероятны, то выборку случайного значения  $\xi$  можно было бы определить по формуле

$$\xi = x_{[n \cdot \eta]} + 1,$$

здесь  $[n \cdot \eta]$  – целая часть числа. Очевидно, что время выборки в этом случае не зависит от  $n$ . В данной работе рассматривается метод псевдонимов (*alias method*), который по сравнению со стандартным методом обладает существенным преимуществом при моделировании распределений, заданных таблицами большой длины.

В работе [4] Уолкер предложил оригинальный метод для выборки значения случайной величины из дискретного распределения с разными вероятностями, по скорости не уступающий методу выборки из дискретного распределения с равными вероятностями. Позже этот метод был независимо заново открыт Брауном, Мартином и Калаханом [5], назван *alias-методом* и применен для выборки значений случайных величин из дискретных распределений в программе моделирования методом Монте-Карло переноса частиц. Позднее *Alias-метод* был распространен на непрерывные распределения.

Суть *Alias-метода* состоит в замене традиционной схемы выборки номера  $t$  на выборку этого номера из специально построенного распределения. Построение такого распределения называется приведением распределения к *Alias-формату*. В *Alias-формате* все  $n$  вероятностей распределения одинаковы и равны

$$p_m + p_{m^*} = 1/n,$$

где каждый элемент распределения с номером  $t$  состоит из двух частей: *остатка исходной части*  $p_m$  и *донорского дополнения*  $p_{m^*}$ . Примеры

исходного и Alias-формата дискретного распределения вероятностей из четырех элементов приведены на рисунке 3.

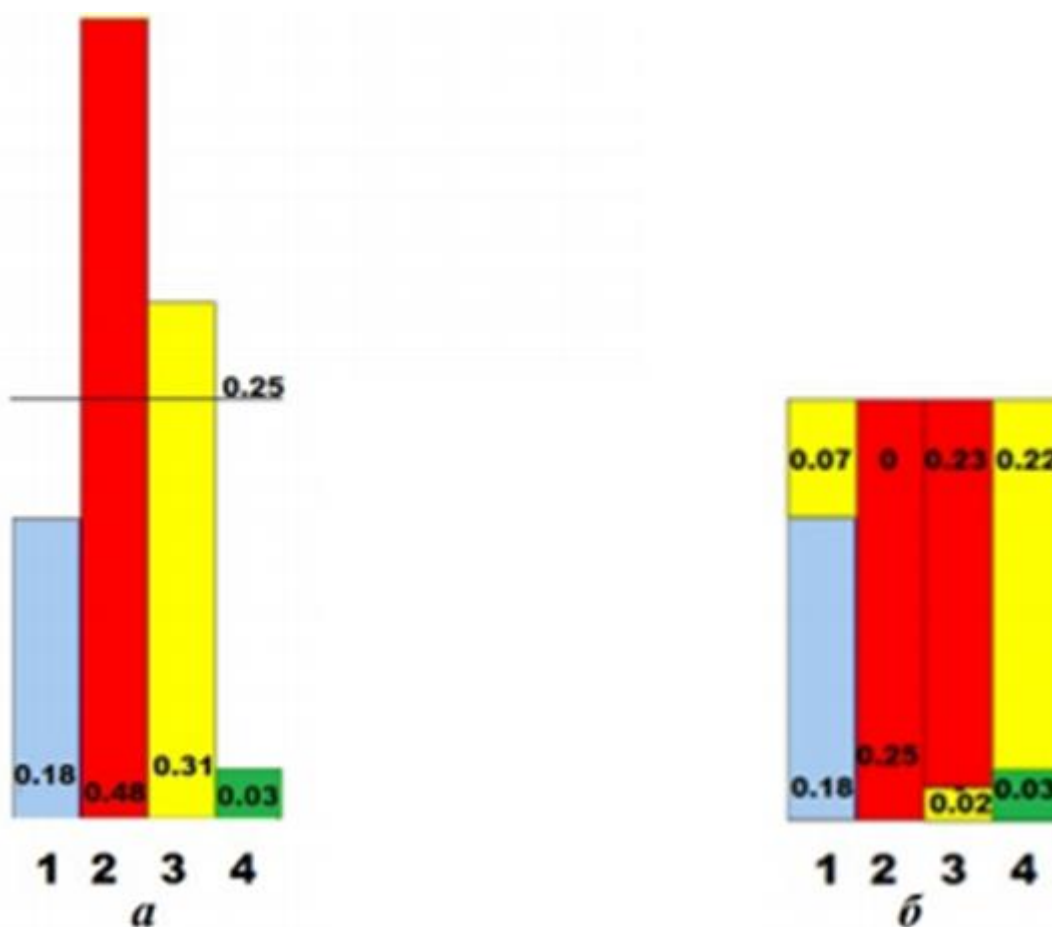


Рисунок 3 – Пример представлений распределения случайной величины:  
*a* – в исходном формате, *б* – в Alias формате.

Если в ходе приведения к Alias-формату вероятность донорского элемента станет меньше  $1/n$ , то для него будет определен свой донор: элемент 3, (рис. 3, б). Донор допускается только один. Донорские дополнения на рис.3, б размещены в верхних частях столбцов гистограммы и имеют цвета донорских элементов (рис. 3, а). Внизу показаны остатки исходных частей элементов. Числами указаны соответствующие значения вероятностей. Для выборки значения случайной величины в Alias-методе нужно хранить для каждого элемента распределения значение  $p_{m,n}$  и номер  $m^*$  донорского элемента [6].

Метод псевдонима состоит в следующем [3]:

1. Каждая заданная вероятность увеличивается в  $n$  раз, где  $n$  – количество различных значений, для которых задано распределение. Полученные значения – "нормированными вероятностями".
2. Нормированные вероятности разделяются на 2 группы. В первой группе  $P_{norm} \geq 1$ , во второй группе  $P_{norm} < 1$ .
3. Строится таблица вероятностей *prob* и таблица псевдонимов *alias* (Таблица 1).

Для построения таблицы:

1. Случайным образом берется вероятность  $P_{2_i}$  из второй группы и перемещается в итоговую таблицу вероятностей *prob* (в ячейку, соответствующую данному значению);
2. Из первой группы также выбирается случайная вероятность  $P_{1_i}$ , и из нее вычитается  $(1 - P_{2_i})$ ;
3. Если в итоге  $P_{1_i}$  становится меньше 1, то она перемещается во вторую группу, иначе - остается в первой;
4. Значение, соответствующее вероятности  $P_{1_i}$ , становится псевдонимом для  $P_{2_i}$  (это значение добавляется в таблицу псевдонимов *alias* в соответствующую ячейку);
5. Вышеуказанные шаги повторяются до тех пор, пока вторая группа не пуста;
6. Последним шагом в итоговую таблицу добавляются оставшиеся вероятности из первой группы (все они будут равны 1). Псевдонимы для них не требуются.

С использованием предложенной методики получена следующая таблица 1:

Таблица 1 – Переход к *alias*-формату

Значения	Вероятности	Псевдонимы
-18	0,0038	-7

-17	0,0228	-6
-16	0,0228	-5
-15	0,0418	-5
-14	0,076	-4
-13	0,0988	-4
-12	0,1290	-3
-11	0,2926	-3
-10	0,4332	-2
-9	0,6536	-2
-8	0,8436	-2
8	0,8474	-2
9	0,6612	-2
10	0,475	-2
11	0,2203	-1
12	0,1672	-1
13	0,1026	-1
14	0,0722	0
15	0,0304	0
16	0,0266	0
17	0,0152	1
18	0,0038	1
21	0,0038	2
-7	0,1019	2
-6	0,4400	3
-5	0,055	3
-4	0,325	3
-3	0,937	4
-2	0,532	5

-1	0,640	4
0	0,2500	4
1	0,8080	5
2	0,8490	5
3	0,3820	5
4	0,4220	6
5	0,8780	7
6	0,9309	0
7	<b>1</b>	<b>0</b>

После построения таблиц псевдонимов можно эффективно генерировать случайные числа с заданным распределением за время  $O(1)$ . Для этого генерируется случайное распределение. Если число  $r$ , полученное в выборке  $r < prob[i]$ , то возвращается число  $i$ , иначе возвращается число  $alias[i]$ .

Для проверки правильности написанного алгоритма проведена генерация 1000 выборок с заданным распределением вероятности.

Далее с целью статистического сравнения проведена проверка гипотезы:

$H_0$ : "полученное распределение статистически не отличается от целевого распределения", с уровнем значимости  $\alpha=0,95$  при альтернативной гипотезе  $H_1$ : "полученное распределение статистически отличается от целевого распределения". Нулевая гипотеза выдвинута в отношении каждого из  $n=1000$  полученных распределений. Далее рассмотрим пример проверки для одного из распределений. Для начала заполняем таблицу на основе данных, полученных в ходе одного из экспериментов. В качестве примера для нормального распределения была сгенерирована выборка с использованием равномерного распределения с помощью 10 000 элементов (рисунок 3).

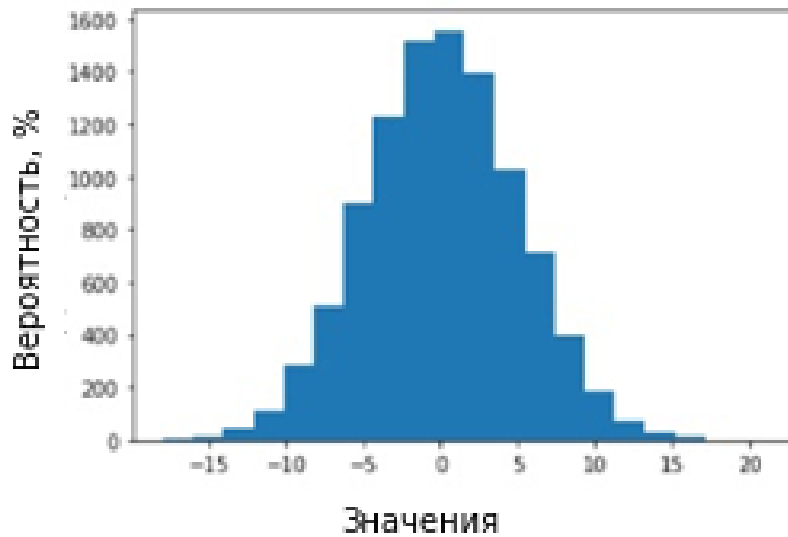
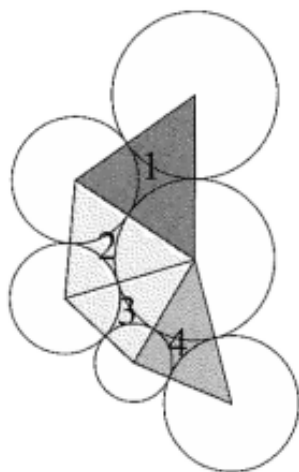


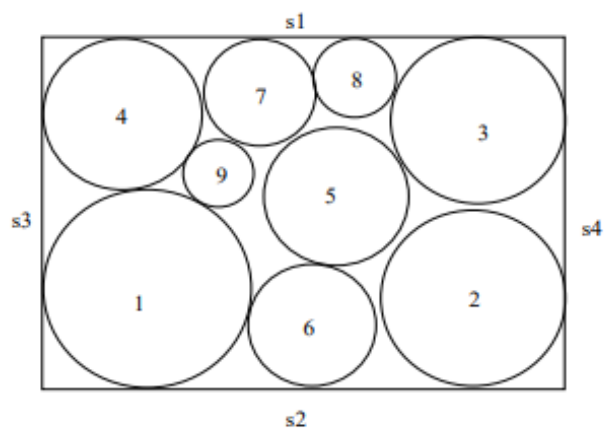
Рисунок 3 – Сгенерированная выборка из 10 000 элементов.

*Задача упаковки кругов случайного радиуса* в контейнер (например, кошелек прямоугольной формы) занимает важное место в игровом процесс предложенного мобильного приложения (рисунок 6).

Под *упаковкой кругов* будем понимать набор непересекающихся окружностей. Данную задачу можно сформулировать в терминах теории графов. *Граф пересечений упаковки кругов* – это граф, вершины которого соответствуют кругам, а рёбра – точкам касания. Если упаковка кругов осуществляется на плоскости, то их граф пересечений  $G$  называется *графом монет* (рисунок 5а).



а)



б)



Рисунок 5 – а) граф для шести монет, цифрами обозначены треугольники в графе, вершины которого соответствует центрам монет, ребра – расстоянию между этими центрами;  
 б) размещение девяти окружностей разного радиуса в прямоугольнике со сторонами  $s_1=s_2$ ,  $s_3=s_4$ .

*Задача [7]:* Требуется определить максимально возможное число непересекающихся в  $G$  равных открытых кругов заданного радиуса  $r$ , центры которых лежат в некоторых точках множества  $T(\Delta)$ , и найти положения их центров. В нашем случае круги имеют заданные, но случайно определенные (т.е. в общем случае неравные) радиусы.

Введем переменные:

$$z_i = \begin{cases} 1, & \text{если в точке } t_i \text{ расположен центр круга,} \\ 0, & \text{иначе } 1 \leq i \leq n. \end{cases} \quad (1)$$

Пусть центр упаковываемого круга  $K$  совпал с точкой  $t_i$ , т.е.  $z_i = 1$ ,  $1 \leq i \leq n$ . Для того, чтобы  $K$  не пересекался с остальными упаковываемыми кругами нужно, чтобы величины  $z_i$  равнялись нулю для всех точек  $t_j$ ,  $i \neq j$ , находящихся на расстоянии меньшем, чем  $2r$  от  $t_i$ .

Пусть для точки  $t_i$  имеется  $m_i$  точек, для которых  $d(t_i, t_j) > 2r$ .

Запишем указанное условие непересечения кругов в следующем виде.

$$\text{Если } z_i = 1, \text{ то для всех } j \text{ таких, что } d(t_i, t_j) < 2r \text{ имеем } z_j = 0, i \neq j, 1 \leq i \leq n. \quad (2)$$

*Теорема об упаковке кругов [7]:* Условие (2) эквивалентно условию:

$$m_i z_i + \sum_{j: d(t_i, t_j) \leq 2r, i \neq j} z_j \leq m_i \quad (3)$$

Выполнение условия (2) или (3) означает, что если центр некоторого круга радиуса  $r$  располагается в точке  $t_i$ ,  $1 \leq i \leq n$ , то любой другой круг может располагаться только в точках, находящихся на расстоянии не

меньшем, чем  $2r$  от  $t_i$ . Следовательно, при выполнении указанного условия открытые круги радиуса  $r$  с центрами в  $t_i$  и  $t_j$  не пересекаются.

Введем коэффициенты:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } d(t_i, t_j) < 2r, \\ 0, & \text{если } d(t_i, t_j) \geq 2r, \end{cases} \quad i \neq j, 1 \leq i, j \leq n; \quad a_{ii} = m_i, 1 \leq i \leq n.$$

Используя теорему и введенные коэффициенты, получим, что для выбранного  $i$  условие (2), следовательно, и условие (3) можно записать теперь в виде:

$$a_{i1}z_1 + a_{i2}z_2 + \dots + a_{in}z_n \leq m_i, \quad 1 \leq i \leq n.$$

Пусть  $A$  является матрицей  $n \times n$  с элементами  $a_{ij}, 1 \leq i, j \leq n$ ,  $Z$  и  $M$  векторы:  $Z = (z_1, z_2, \dots, z_n)^T, M = (m_1, m_2, \dots, m_n)^T, z_i, 1 \leq i \leq n$ , определены по (1).

Рассмотрим условие:

$$N = \sum_{i=1}^n z_i \rightarrow \max \tag{4}$$

при ограничениях:  $Az \leq M$ ,

$$z_i \in \{0,1\}, 1 \leq i \leq n$$

Эта задача состоит в максимизации числа переменных  $z_i$ , принимающих значение 1, при этом  $z_i$  и  $z_j$  могут быть равны 1, если  $d(t_i, t_j) > 2r$ . Поэтому открытые круги с центрами в точках  $t_i$  и  $t_j$  не пересекаются. Следовательно, задача (4) является задачей упаковки в  $G$  наибольшего числа кругов радиуса  $r$  с центрами в некоторых из точек множества  $T$ .

Решение задачи плотной упаковки решает проблему получения наиболее компактного способа размещения объектов, при котором ни один из находящихся в контейнере объектов не может быть сдвинут относительно других объектов для его размещения ближе к началу координат контейнера [8]. В предлагаемом игровом процессе мы будем использовать *плотность упаковки* для определения игровых очков.

*Комбинаторная постановка задачи* заключается в том, что происходит поиск множества, которое пересекается с наименьшим числом других множеств. Далее множество добавляется в решение, после чего происходит удаление тех множеств, с которыми оно пересекалось. На основе этого алгоритма происходит упаковка окружностей в контейнер. В нашем случае размещение монет в кошелёк.

*Описание решения задачи.* Пусть будет дан прямоугольник, где  $W$  – его ширина,  $H$  – высота. В нем есть набор из  $n$  числа окружностей с разными радиусами  $r_1, r_2, \dots, r_n$ . В евклидовом пространстве центр геометрической фигуры (контейнера) находится в  $(0, 0)$ . Его четыре стороны обозначены  $s_1, s_2, s_3, s_4$  и параллельны осям  $X$  и  $Y$  (рисунок 5). Задача состоит в том, чтобы найти  $2n$  – действительных чисел таких, чтобы координаты центров кругов  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  удовлетворяли:

$$\frac{H}{2} - y_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\frac{H}{2} + y_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\frac{W}{2} + x_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\frac{W}{2} - x_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - r_i - r_j \geq 0, i \neq j \in \{1, \dots, n\}$$

Окружность  $c_i, i = 1, 2, \dots, n$  помещенная в прямоугольник, не должна выходить за пределы прямоугольника.

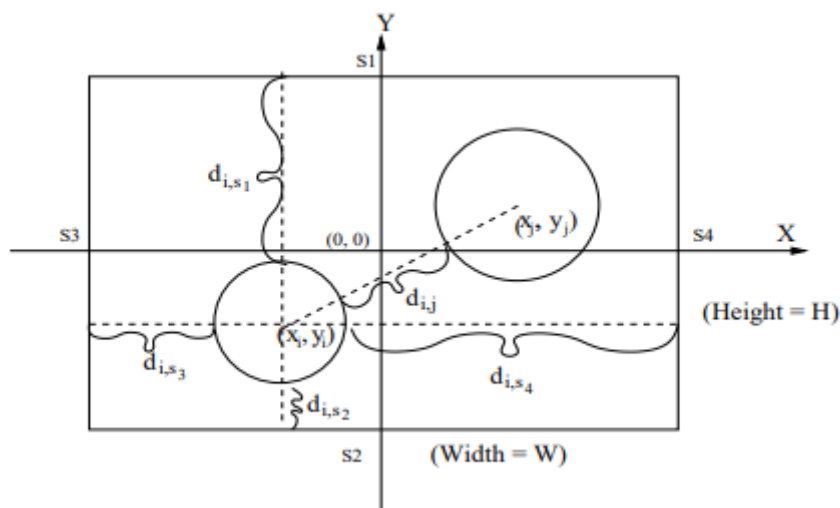


Рисунок 6 – Окружности в прямоугольнике.

Таким образом, расстояние от сторон прямоугольника до окружности  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  будет определяться следующим образом (рисунок 6):

$$d_{i,s1} = \frac{H}{2} - y_i - r_i$$

$$d_{i,s2} = \frac{H}{2} + y_i - r_i$$

$$d_{i,s3} = \frac{W}{2} + x_i - r_i$$

$$d_{i,s4} = \frac{W}{2} - x_i - r_i$$

Окружности  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  не могут накладываться друг на друга, поэтому на расстояние между ними будет определяться как:

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - r_i - r_j$$

Для того, чтобы оценить уровень возможности размещения окружностей, будем использовать количественную меру:

$$\lambda = \left(1 - \frac{d_{\min}}{r_i}\right).$$

Если окружность упакована угловым размещением (касается двух сторон прямоугольника), то  $d_{\min} = 0$  и  $\lambda = 1$ . Это значит, что окружности занимает полностью свободное место. В противном случае – при  $\lambda < 1$  возникает наложение кругов друг на друга [8].

Известные решения задачи об упаковке кругов собраны профессором Eckehard Specht и представлены на сайте [13], практические применения решения приведены в публикациях [14, 15].

### 1.3. Применение статистического анализа

Для того, чтобы оценить значимость влияния приложения, необходимо провести ряд тестируемых мероприятий. На основе результатов контрольных мероприятий (тестов) с помощью использования статистики можно оценить уровень значимости влияния продукта на когнитивные функции мозга.

Статистическое сравнение результатов заключается в использовании *однофакторного дисперсионного анализа*. Этот метод, позволяет анализировать влияние различных факторов на результаты эксперимента путем исследования значимости различий в средних значениях.

В однофакторной модели дисперсионного анализа исходят из следующей модели порождения данных [9]:

$$y_{ij} = \mu_j + \varepsilon_{ij} = \mu + \alpha_j + \varepsilon_{ij}, \quad i = \overline{1, n_j}, \quad j = \overline{1, k},$$

где  $y_{ij}$  –  $i$ -ое наблюдаемое значение отклика в  $j$ -ой группе (для  $j$ -го уровня фактора);

$\mu$  – среднее значение отклика по всем уровням фактора (среднее по всей совокупности);

$\mu_j$  – среднее значение отклика для  $j$ -го уровня фактора;

$\alpha_j = \mu_j - \mu$  – дифференциальный эффект среднего, соответствующий  $j$ -му уровню фактора;

$\varepsilon_{ij}$  – независимые случайные величины с математическим ожиданием равным нулю и одинаковой дисперсией  $\sigma^2$ .

Разложение общей дисперсии на составляющие для выборочных данных обычно записывается в виде равенства сумм квадратов соответствующих отклонений:

$$SS_T = SS_B + SS_R,$$

где:

$$SS_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y})^2 \text{ – общая, или полная, сумма квадратов отклонений;}$$

$$SS_B = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 \text{ – сумма квадратов отклонений}$$

групповых средних от общего среднего, или межгрупповая (межуровневая факторная) сумма квадратов отклонений, также называемая суммой квадратов эффекта фактора или просто эффектом фактора;

$$SS_R = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \text{ – сумма квадратов отклонений наблюдений от}$$

групповых средних, или внутригрупповая (остаточная) сумма квадратов отклонений, также называемая остаточным эффектом или эффектом ошибок;

$k$  – число уровней фактора,

$n_j$  – число наблюдений для  $j$ -го уровня фактора,

$n = \sum_{j=1}^k n_j$  - общее число наблюдений.

Таблица 2 – Суммы квадратов.

Сумма квадратов		Степени свободы	Средняя
Отклонений между группами	$SS_B = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2$	$k - 1$	$MS_B = \frac{SS_B}{k - 1}$

Отклонений внутри групп	$SS_R = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2$	$n - k$	$MS_R = \frac{SS_R}{n - k}$
Отклонений, полная	$SS_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (y_{ij} - \bar{y})^2$	$n - 1$	$MS_T = \frac{SS_T}{n - 1}$
Генерального среднего	$n\bar{y}^2$	1	$n\bar{y}^2$
Полная	$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2$	$n$	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2$

При условии истинности  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ , статистики  $MS_B$  и  $MS_R$ , являются несмещенными оценками одной и той же дисперсии  $\sigma^2$ . Поэтому проверка гипотезы  $H_0$  сводится к проверке гипотезы о равенстве двух дисперсий на основе F - отношения:

$$F = \frac{MS_B}{MS_R} = \frac{n - k}{k - 1} \frac{SS_B}{SS_R}$$

При истинности  $H_0$  статистика  $F$  в случае нормального распределения величин  $\varepsilon_{ij}$  имеет распределение Фишера с  $\nu_1 = k - 1$  и  $\nu_2 = n - k$  числом степеней свободы. Если наблюдаемое значение статистики  $F_{набл} \geq F_{кр}$ , где  $F_{кр}$  – критическая точка распределения Фишера уровня  $\alpha$  (или квантиль уровня  $1 - \alpha$ ) с числом степеней свободы  $\nu_1 = k - 1$  и  $\nu_2 = n - k$ , то нулевая гипотеза отклоняется и считается, что средние для различных уровней фактора значимо различаются.

Если наблюдаемое значение статистики  $H_{набл} \geq H_{кр}$ , где  $H_{кр}$  – критическая точка распределения Хи-квадрат с числом степеней свободы  $k - 1$  уровня  $\alpha$  (или квантиль уровня  $1 - \alpha$ ), то нулевая гипотеза отклоняется и считается, что средние ранги для различных уровней фактора значимо различаются.

## 2. Проектирование мобильного приложения

### 2.1. Общие сведения

Для реализации приложения «SmartBrain» опишем действия пользователя (рисунок 7). Пользователь рисует линию (задает распределение, по которым генерируются окружности со случайными радиусами), размещает монеты в кошелек и программно начисляются очки.

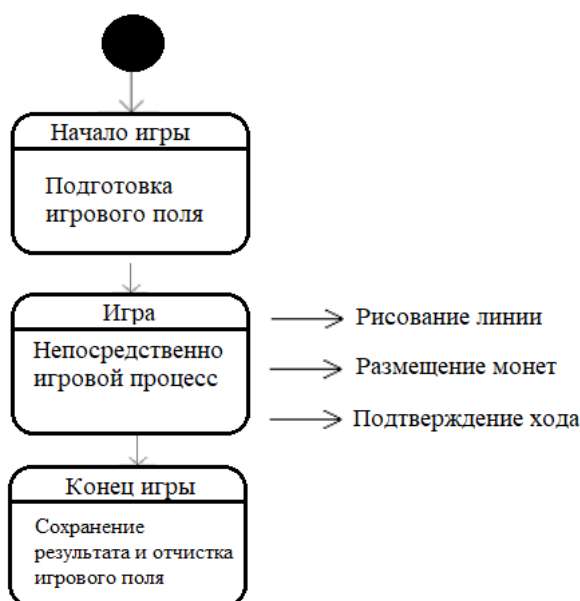


Рисунок 7 – UML диаграмма приложения.

### 2.2. Стек использованных технологий

Среди огромного выбора инструментов для разработки игр мы использовали среду разработки Android Studio, языки программирования Kotlin (для игрового процесса) и Python (для генерации окружностей).

**Android Studio** – интегрированная среда разработки производства Google, с помощью которой разработчикам становятся доступны инструменты для создания приложений на платформе Android OS. Android Studio можно установить на Windows, Mac и Linux. Учетная запись разработчика в Google Play App Store стоит \$25. Android Studio создавалась на базе IntelliJ IDEA [10].



Достоинства:

- среда разработки поддерживает работу с несколькими языками программирования, которым относятся самые популярные – C/C++, Java и даже Python;
- редактор кода, с которым удобно работать;
- тестирование корректности работы новых игр, утилит, их производительности на той или иной системе, происходит непосредственно в эмуляторе [11].

### **2.3. Интерфейс и игровой процесс**

Перейдем к детальному рассмотрению разработанного казуального игрового приложения.

Игровой процесс – игроку необходимо разместить монеты (окружности) в кошелек (геометрическую фигуру) без наложения. Кошелек может быть – треугольником, прямоугольником или шестиугольником.

1. Пользователь рисует линию (рисунок 8а, черная кривая), программа автоматически с помощью метода псевдонимов дискретизирует эту линию в гистограмму частот.
2. Генерируются случайных числа (радиусы окружностей), распределение которых соответствует гистограмме (рисунок 8б).
3. На экране устройства появляется геометрическая фигура (кошелек), в которую нужно разместить окружности без наложения (рисунок 8в).
4. После завершения игры вычисляется плотность упаковки: отношение суммарной площади монет, размещенных в кошельке к площади кошелька. По этому отношению (в %) – начисляются очки игрока (рисунок 9).



Рисунок 8 – а) Линия и гистограмма, б) сгенерированные окружности, в) монеты и кошелек

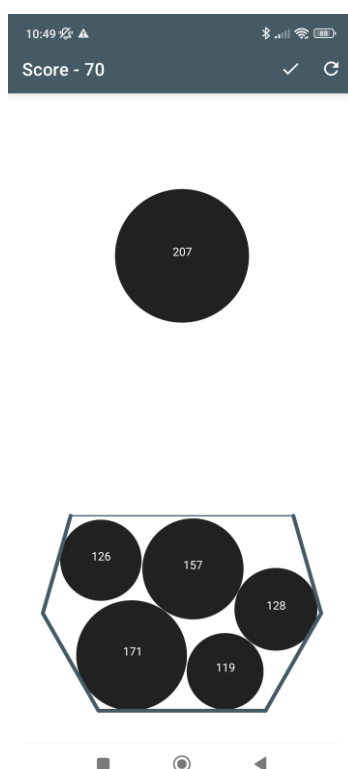


Рисунок 9 – Пример решения комбинаторной задачи с начислением очков (Score=70). Цифрами обозначены радиусы окружностей

На рисунке 8 приведен пример упаковки окружностей в приложении. Видно, что пользователь разместил 5 из 6 монет в кошелек. Самая большая монета (с радиусом 207 пикселей) не была использована. Плотность упаковки составила 70%, которые зачислены в виде игровых очков (Score = 70).

### 3. Структурная схема взаимодействия основных модулей приложения

#### 3.1. Генерация монет

Основными игровыми элементами являются монеты, радиусы которых определяются по нарисованной пользователем линии.

#### 3.2. Программная реализация гистограммы частот

В начале игры пользователь рисует на экране линию, которая дискретизируется в гистограмму частот. Контроллер рисования реализован в классе **CtrlLine**. Линия определена массивом точек `points: List<Point>()`.

Алгоритм рисования:

1. В момент касания экрана – метод `touchStart(x: Float, y: Float)` запоминаем добавляем точку касания в `points`;
2. Отслеживаем событие перемещения по экрану – метод `touchMove(x: Float, y: Float)` – и вычисляем текущее смещение  $dx$  по оси X:  $dx = x - prevX$ , при положительном смещении заносим текущую точку касания в массив `points`, иначе игнорируем текущую точку;
3. В момент прерывания касания – метод `touchEnd()` – заканчиваем формирование линии и отправляем ее на дальнейшую обработку.

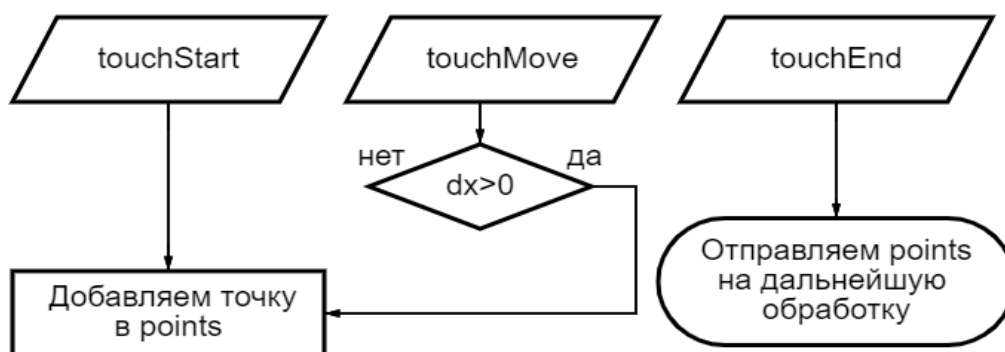


Рисунок 11 – Алгоритм распределения вероятностей.

#### 3.3. Дискредитация распределения вероятностей

На данном этапе преобразуем нарисованное пользователем распределение в гистограмму. Контроллер преобразования реализован в

классе **CtrlHistogram**. Для преобразования делим линию по оси X на 6 равных интервалов: `intervals = List<Interval>` и вычисляем среднее арифметическое значения всех точек пользовательской линии на каждом интервале.

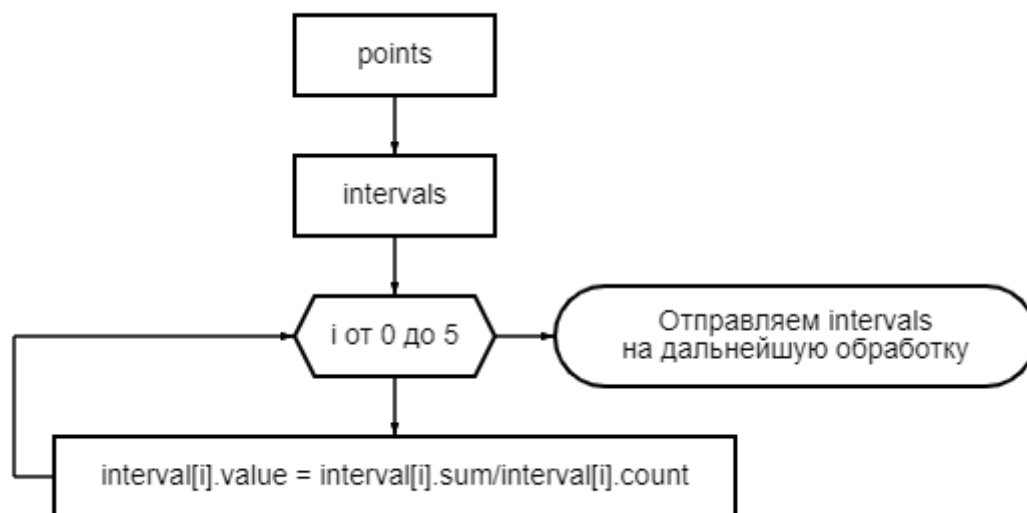


Рисунок 12 – Алгоритм дискретизации распределения вероятностей.

### 3.4. Получение размеров окружностей

На данном этапе передаем полученный массив средних значений интервалов в код Python и получаем готовые радиусы монет `radiuses: List<Float>`.

### 3.5. Кошелек

Следующим важным игровым объектом является кошелек (геометрическая фигура), в который пользователю необходимо поместить монеты.

### 3.6. Выбор модели кошелька

Выбор модели кошелька происходит случайным образом из нескольких предварительно заданных моделей: треугольник, прямоугольник или шестиугольник.

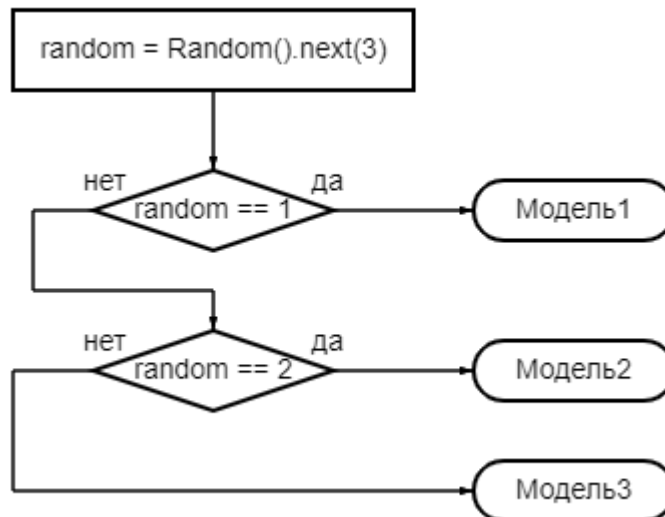


Рисунок 13 – Выбор модели кошелька.

### 3.7. Алгоритм перемещения монет

Алгоритм перемещения монеты:

1. В момент касания экрана – метод `touchStart` – запоминаем точку касания в переменных `prevX` и `prevY`;
2. Отслеживаем событие перемещения по экрану – метод `touchMove` – вычисляем текущее смещение по осям:

`dx: Float = x - prevX`

`dy: Float = y - prevY.`

Добавляем полученное смещение к положению центра монеты:

`cX += dX`

`cY += Dy.`

Запоминаем новые значения `prevX` и `prevY`.

3. В момент прерывания касания – `touchEnd()` – заканчиваем формирование линии и отправляем ее на дальнейшую обработку.

### 3.8. Наложение монет друг с другом

Проверку наложения монет осуществляем по расстоянию между их монет.

$$distance = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$$

Если расстояние меньше суммы радиусов монет, то монеты пересекаются друг с другом.

$$isIntersection = distance < radius1 + radius2$$

### 3.9. Выход монеты за границы экрана

Проверку выхода монеты за границы экрана определяем по расстоянию центра монеты до всех границ:

`isIntersection =`

`coin.cX < coin.radius ||`

`coin.cX > screenWidth - coin.radius ||`

`coin.cY < coin.radius ||`

`coin.cY > screenHeight - coin.radius`

### 3.10. Наложение монеты на границы кошелька

Проверку наложения монеты на границу кошелька определяем как пересечение с каждой линией границы кошелька `borders: List<Line>`.

Пересечение монеты с линией кошелька находим по алгоритму:

1. Разбиваем отрезок на короткие (много меньше радиуса окружности) отрезки и получаем массив точек, равномерно распределенных по линии;
2. Проверяем каждую полученную точку на пересечение с окружностью.

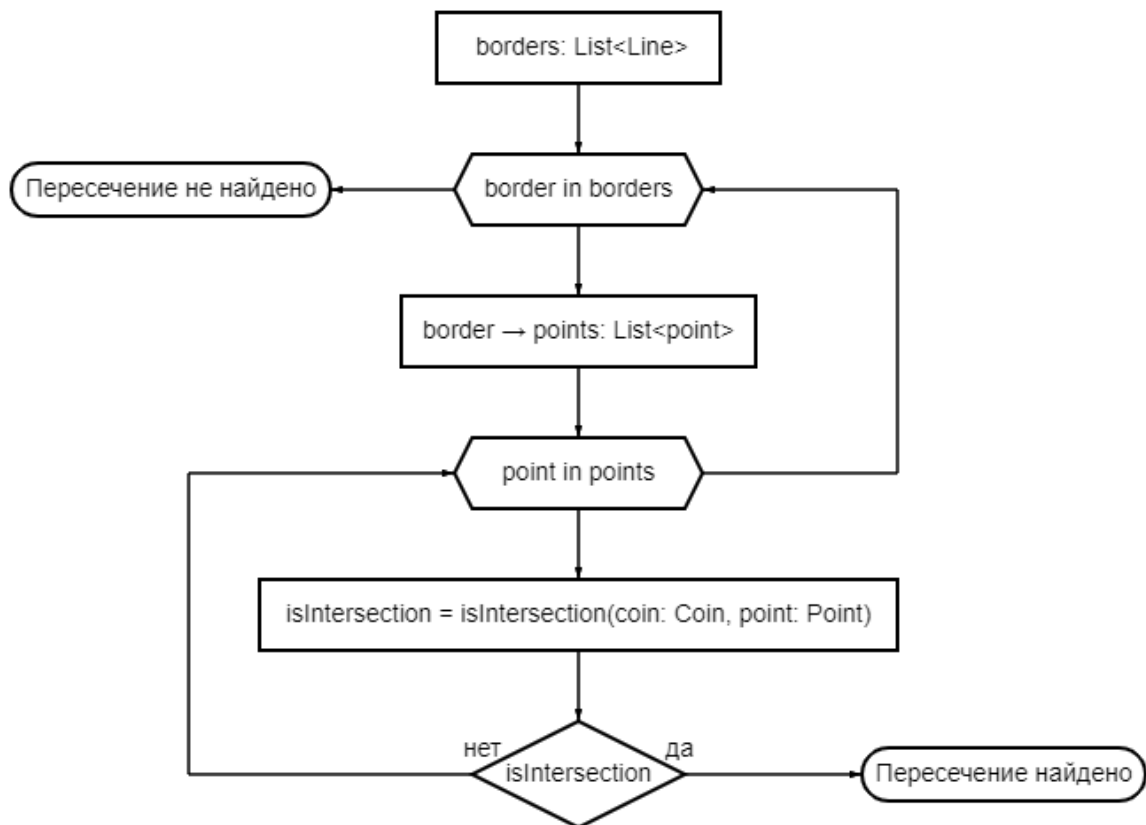


Рисунок 14 – Алгоритм столкновения монет с границами кошелька.

### 3.11. Автоматическая упаковка монет

Задача автоматической упаковки монет решена в приложении комбинаторным методом. Оптимальное положение монеты в кошельке рассчитывается перебором всех возможных позиций начиная с нижней левой точки кошелька с минимальным смещением монеты по горизонтали и вертикали.

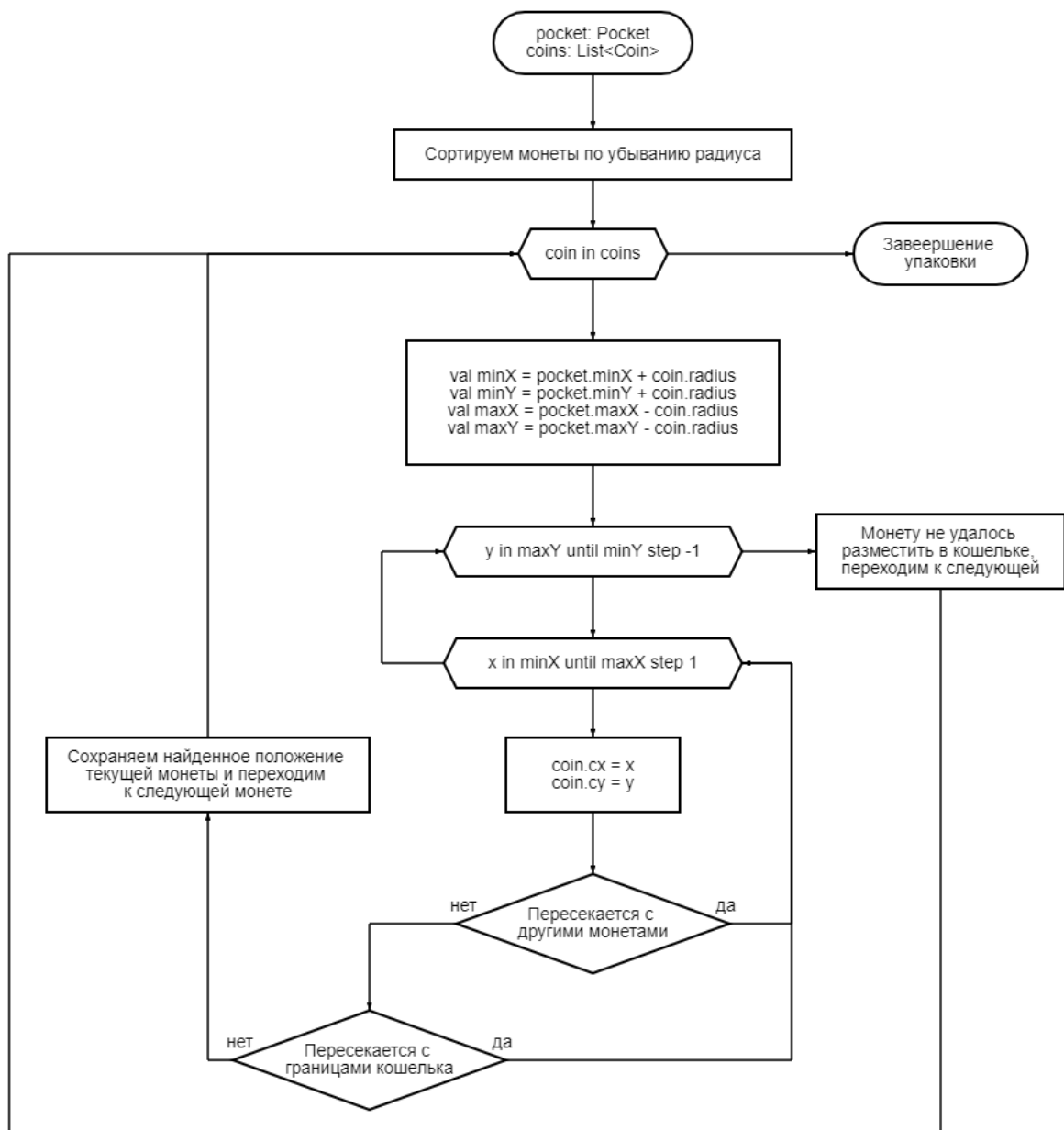


Рисунок 15 – Алгоритм автоупаковки.

### 3.12. Подсчет очков и сохранение результатов игры

После завершения игры программно вычисляется площадь, в которую игрок разместил окружности. По этой площади вычисляется плотность упаковки (в %) – это очки игрока.

Для сохранения максимальной суммы очков используем стандартных механизм операционной системы – SharedPreferences.

Если текущий результат игры больше сохраненного - заменяем значение на текущее.



## 4. Эксплуатация программного продукта

### 4.1. Проверка и проведение тестирования

Главная задача проекта – тренировка когнитивных функций мозга. Для того, чтобы убедиться в том, что приложение действительно тренирует мозг, было проведено исследование.

Для проведения эксперимента было собрано 40 школьников (средний возраст 7,5 лет), которые случайным образом были разделены по 20 человек на две группы: экспериментальная и контрольная. В течении 10 мин все участники индивидуально решали задачи на логику (Таблица 3). Затем экспериментальной группе было предложено поиграть в разработанное приложение в течении 20 минут, а контрольная группа писала сочинение на тему «Почему мне нравится программирование».

Таблица 3 – Список вопросов для предварительного тестирования.

1. Поезд состоит из 12 вагонов. Марат сел в 6 по счету вагон с головы поезда, а Андрей сел в 6 вагон по счету с хвоста поезда. В одном ли вагоне ехали Марат и Андрей?
2. У трех девочек по 2 цветных шара: у Оли синий и красный, у Кати зеленый и красный, у Ланы желтый и синий. Сколько различных по цвету шариков у детей?
3. Карина гуляла и видела у реки 4 уток, 2 гусей, жука, 4 бабочки и соседскую собаку. Сколько птиц видела Карина?
4. Лестница состоит из 9 ступенек. На какую ступеньку надо встать, чтобы быть на середине лестницы?
5. Мама дала сыновьям по 8 конфет. Вечером у старшего осталось 3 конфеты, а у младшего — 1 конфета. Кто съел больше?
6. Арбуз и дыня вместе весят 5 кг, а два арбуза и дыня весят 8 кг. Сколько весит один арбуз и одна дыня?

7. Два третьеклассника шли в школу во вторую смену. Они встретили трёх первоклассников — учеников первой смены. Сколько всего учеников шли в школу?
8. У брата и сестры было орехов поровну. Брат отдал сестре 3 ореха. На сколько орехов стало больше у сестры, чем у брата.
9. Руслан старше Андрея. Кирилл моложе Саши, но старше Руслана. Кто из них самый старший и самый младший?
10. Во дворе гуляли собаки и куры. Всего 10 лап. Сколько могло быть кур и сколько собак. Сколько вариантов ответа?

Затем, в течении 10 минут обе группы решали задачи на логику (Таблица 4).

Таблица 4 – Список вопросов для финального тестирования.

1. Колю угостили конфетами. Половину конфет он съел, а оставшиеся 5 конфет отнёс брату. Сколько конфет дали Коле?
2. Маме нужно засадить саженцами помидоров ряд длиной 3 м. Расстояние между саженцами 30 см. Сколько саженцев помидоров надо заготовить для посадки?
3. Толя, Шурик и Антон были на рыбалке. Каждый из них поймал разное количество рыб. Толя и Шурик вместе поймали 6 рыб, а Антон и Толя — 4 рыбы. Сколько рыб поймал каждый из мальчиков?
4. На уроке физкультуры дети выстроились в одну шеренгу с интервалом 1 м. Шеренга растянулась на 20 м. Сколько детей было на уроке?
5. Из красных и жёлтых тюльпанов Ира хочет составить букет так, чтобы в нём было 3 цветка. Сколько разных букетов может составить Ира?

6. Арбуз весит 3 кг и ещё половину арбуза. Сколько весит арбуз?
7. Масса бидона с молоком составляет 34 кг, а масса бидона, наполненного наполовину, равна 18 кг. Какова масса пустого бидона?
8. Как взвесить 4 кг сахара, если имеются гири 3 кг и 5 кг?
9. На одной чаше весов находится 5 одинаковых яблок и 3 одинаковые груши, на другой чаше — 4 яблока и 4 груши. Что легче: яблоко или груша?
10. Мама закупила продукты: 1 кг соли, 2 кг гречки, 3 кг риса, 4 кг сахара, 5 кг моркови, 6 кг лука, 7 кг картофеля. Как разложить продукты в два пакета, чтобы их масса была одинаковая.

#### 4.2. Результаты тестирования

Для удобства сравнения были составлены таблицы для подсчетов баллов участников эксперимента.

Таблица 5 – Результаты первого теста.

№ участника	Экспериментальная группа (количество решенных задач)	Контрольная группа (количество решенных задач)
1	7	7
2	6	8
3	5	4
4	4	6
5	7	7
6	6	6
7	4	5
8	5	7

9	4	6
10	3	8
11	7	4
12	4	7
13	3	9
14	4	6
15	8	5
16	6	2
17	4	8
18	4	9
19	6	7
20	7	6

Таблица 6 – Результаты второго теста.

№ участника	Экспериментальная группа (количество решенных задач)	Контрольная группа (количество решенных задач)
1	8	6
2	9	7
3	10	8
4	8	7
5	9	6
6	8	6
7	8	5
8	7	7
9	9	8
10	10	9
11	7	5
12	6	6

13	7	7
14	8	5
15	6	6
16	9	6
17	8	5
18	8	6
19	7	7
20	6	6

### 4.3. Статическое сравнение результатов

Для сравнения статического анализа был использован дисперсионный анализ. Рассмотрен однофакторный анализ, так как происходит исследование одного фактора – влияния приложения на когнитивные функции мозга.

Для проведения анализа мы предварительно убедились в нормальности распределения результатов тестирования. Согласно значению  $p\text{-value} = 0,12162$  теста Шапиро-Уилка на уровне значимости  $0,05$  нет оснований отвергать нулевую гипотезу о нормальном законе распределения случайной величины (рисунок 16).

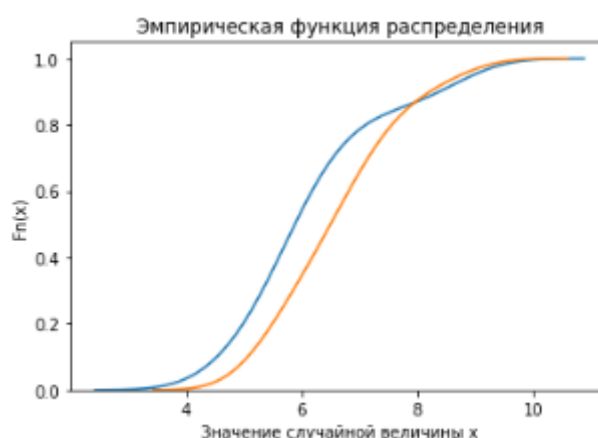


Рисунок 16 – Эмпирическая функций распределения: результаты тестирования до (синяя) после (оранжевая) эксперимента.

Для наглядности сравнения результатов была построена диаграмма размаха данных по первому и второму тестированию экспериментальной и контрольных групп (рисунок 17).

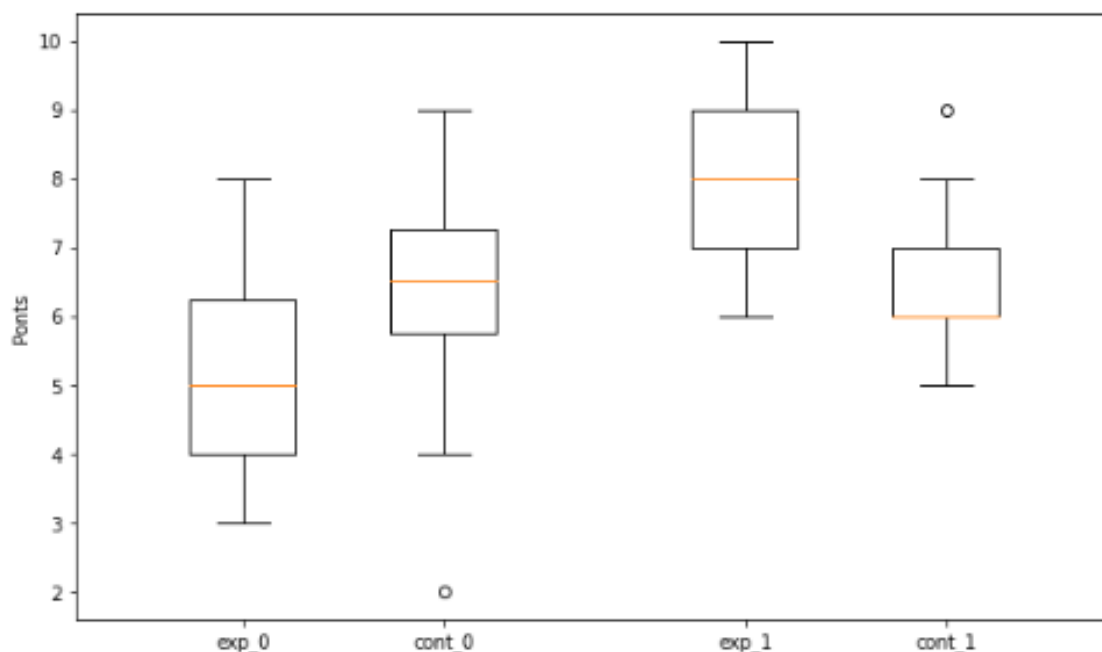


Рисунок 17 – Распределение баллов в экспериментальной и контрольной группах до и после эксперимента.

Сформулируем нулевую гипотезу  $H_0$ : «при выполнении условия  $F_{набл} \geq F_{крит}$  можно утверждать, что приложение оказывает влияние на улучшение работы когнитивных функций мозга». По результатам первого теста видно, что значение  $F$ -статистики больше критического значения при  $P$ -значении =  $2,61 \cdot 10^{-7} < 0,05$ :  $F_{набл} \geq F_{крит}$  ( $39,01 > 4,09$ ). Это говорит о том, гипотеза подтверждается, т.е. что разработка оказывает влияние (рисунок 18). Такой результат обусловлен тем, что экспериментальная группа взаимодействовала с мобильным приложением.

Однофакторный дисперсионный анализ						
ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Столбец 1	20	104	5,2	2,27368421		
Столбец 2	20	158	7,9	1,46315789		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	72,9	1	72,9	39,0169014	2,61569E-07	4,098171661
Внутри групп	71	38	1,868421			
Итого	143,9	39				

Рисунок 18 – Однофакторный дисперсионный анализ первого тестирования.

По результатам второго теста видно, что значение F статистики меньше критического значения  $F_{крит}$ . Наблюдаемое значение статистики  $F_{набл} \leq F_{крит}$  ( $0,01 < 4,09$ ) при P-значение=0,91 > 0,05. Это говорит о том, что в контрольной группе гипотеза результаты тестирования статистически не отличаются (рисунок 19).

Однофакторный дисперсионный анализ						
ИТОГИ						
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия		
Столбец 1	20	127	6,35	3,08157895		
Столбец 2	20	128	6,4	1,2		
Дисперсионный анализ						
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое
Между группами	0,025	1	0,025	0,01167793	0,91451312	4,098171661
Внутри групп	81,35	38	2,140789			
Итого	81,375	39				

Рисунок 19 – Однофакторный дисперсионный анализ второго тестирования.

По результатам статического сравнения видно, что подтвердилась основная задача проекта. Мобильное приложение действительно оказывает положительный эффект для тренировки когнитивных функций мозга.



## **5. Концепция стартап-проекта «Мобильного приложения для тренировки когнитивных функций»**

### **5.1. Описание продукта как результата НИР**

Целью работы является разработка мобильной игры на базе платформы Android Studio, будут рассмотрены 2 бизнес – модели для монетизации, добавление в игру возможности учета статистики, а также размещение приложения на площадках для игровых приложений Android.

Жанр и аудитория.

Игра относится к жанру «головоломки». Данный жанр существует уже много лет и получает всё большую популярность. Самую большую популярность игры в этом жанре получили на мобильных устройствах, таких как смартфоны и планшетные компьютеры.

Основная концепция.

Игра представляет собой приложение для мобильных телефонов на операционной системе Android. Основная задача игрока – находить пути решения задач на логику. Игровой процесс заключается во взаимодействии игрока с тачпад панелью.

Интерфейс.

*На данный момент* проект находится на стадии Minimal Valuable Product. Реализовано единственное и уникальное задание на логику.

*В дальнейшем* планируется дополнять базу другими заданиями. Сначала в работе описан геймплей существующего задания, ниже приведены примеры дополнительных заданий.

Геймплей: пользователь рисует линию (выделено черным цветом), программа автоматически с помощью метода псевдонимов преобразовывает эту линию в гистограмму (рис 20.)



Рисунок 20 – полученная гистограмма.

По гистограмме генерируются случайных числа, т.е. радиусы окружностей (рис. 21).



Рисунок 21 – радиусы окружностей

Далее на экране устройства появляется геометрическая фигура, в которой нужно разместить эти окружности таким образом, чтобы они не касались друг друга (рис. 22).

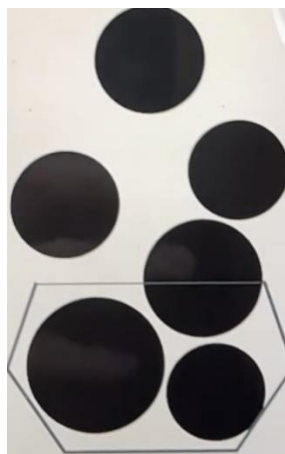


Рисунок 22 – прямоугольник для окружностей.

После завершения игры программно вычисляется площадь внутри геометрической фигуры (прямоугольника), в которую игрок разместил окружности. По этой площади вычисляется плотность упаковки (в %) – это очки игрока.

Если пользователь потрясет телефон, то можно увидеть оптимальное решение.

*В дальнейшем* планируется дополнить приложения задачами. Например,

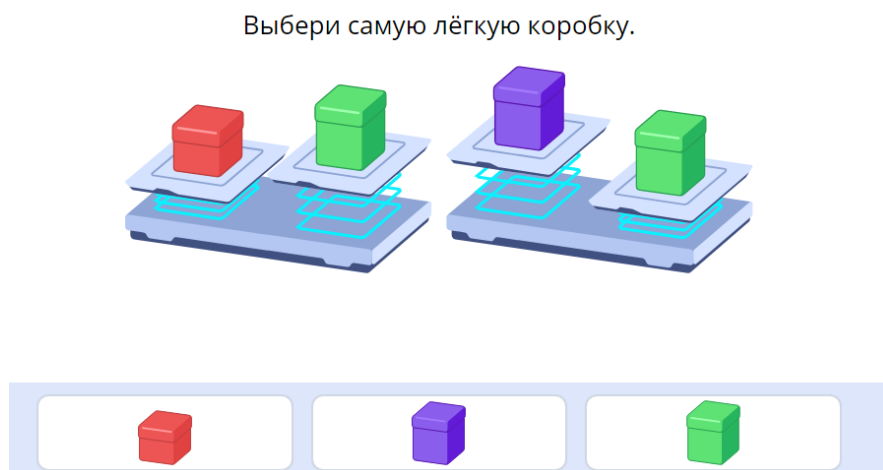


Рисунок 23 – пример задания.

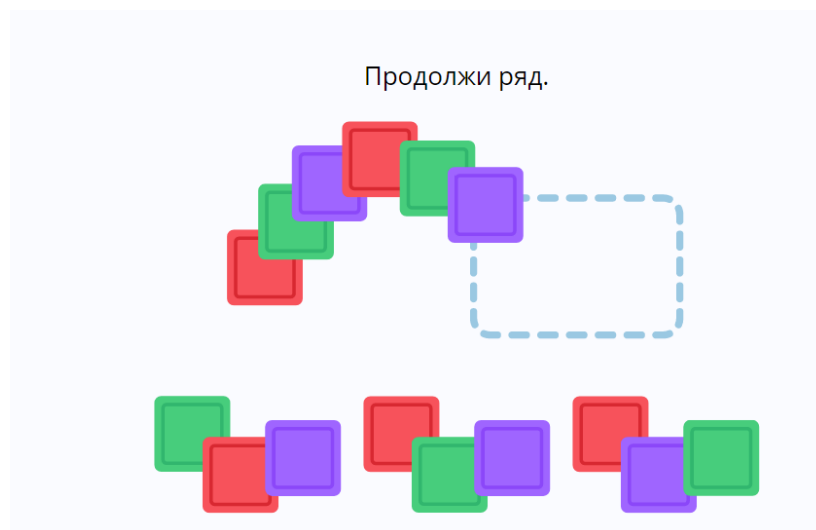


Рисунок 24 – Пример задания.



Рисунок 25 – Пример задания.

## 5.2. Интеллектуальная собственность

Мобильное приложение является не просто программным обеспечением, специально разработанным для определенной платформы (Android, IOS). Мобильное приложение представляет собой комплексную разработку, которая собирает в себе ряд объектов интеллектуальной собственности:

- Принимая решение о выборе приложения, пользователи в первую очередь руководствуются внешним видом иконки приложения. Иконка, как часть приложения претендует на ее правовую охрану в качестве товарного знака [16].

- Разработке приложения предшествует ряд подготовительных материалов, среди которых: наброски рисунков, техническое задание, алгоритмы приложения, идеи интерфейса, в том числе задачи или статьи. Все указанные объекты относятся к объектам авторского права [17] и им также предоставляется правовая охрана.

- В основе любого приложения лежит готовый программный код, который подлежит регистрации в качестве программы для ЭВМ [18]. В планах подать заявку в Роспатент на получение свидетельства о регистрации программы ЭВМ (программного кода) и получить авторское свидетельство.

### **5.3. Объем и емкость рынка**

Если говорить о конкретных бизнес-направлениях, большой потенциал — у проектов электронной коммерции и сервисов, основанных на социальных связях. И конечно игры. Играть начинают люди, которые раньше играми не интересовались — например, на мобильном телефоне. Игры привлекают все новых и новых пользователей, и это продолжится. Просто оказалось, что среди огромного разнообразия контента наибольшей популярностью пользуются игры. Комбинация общения и развлекательных сервисов (особенно игр) очень хорошо работает.

Российский интернет-рынок — один из немногих рынков, не переставших расти в кризис, по всем показателям: реклама, домены, хостинг, объем аудитории.

Сегодня в 2022 году 34 млн. россиян являются активными пользователями мобильных игр. Больше половины пользователей смартфонов имеют на своих устройствах хотя бы одну головоломку, особенно это касается женщин. Тетрис, Angry Birds, вариации на тему "три в ряд" - эти мобильные игры стоят даже на смартфонах пользователей, которые не считают себя геймерами. Люди из разных возрастных и социальных групп любят головоломки. Цель головоломок понятна, но при этом достичь ее не так легко, приходится задействовать логику и смекалку,

чтобы победить. К тому же этот жанр мобильных игр не так травмирует пальцы, как шутеры или гонки, ведь играя головоломки надо просто периодически водить по экрану.

Головоломки считаются поджанром казуальных игр, охватывают широкую аудиторию, держат прочные позиции и приносят наибольшее количество доходов на рынке мобильных игр [19].

Можно косвенно предположить гипотезу: что около 45-50% пользователей предпочитают игры по типу «тренировка для ума», что составляет примерно 15 300 000-17 000 000 человек.

Проведенный мною Custdev показал, что 2 из 10 респондентов имели в своем пользовательском опыте покупку дополнительных услуг в играх-головоломках. Основываясь на userstory, можно выдвинуть уточненную гипотезу: с учетом погрешности только небольшой процент пользователей от 0,5% до 1% (примерно от 76 500 до 170 000 человек).

Насыщение рынка.

С точки зрения бизнеса перспективным направлением сейчас можно считать все, что работает по модели B2C. Что касается насыщения, то у этого рынка практически не может быть насыщения. В каком-то смысле этот рынок резиновый.

#### **5.4. Анализ современного состояния и перспектив развития отрасли**

Статистика индустрии мобильных игр.

Глобальный игровой рынок в 2021 году вырос почти на 1,4%. Его стоимость составляет 180,3 миллиарда долларов. При этом 52% приходится на мобильные игры, на втором месте — PC (27,9%). Все консольные проекты занимают 20,1% рынка игровой индустрии.

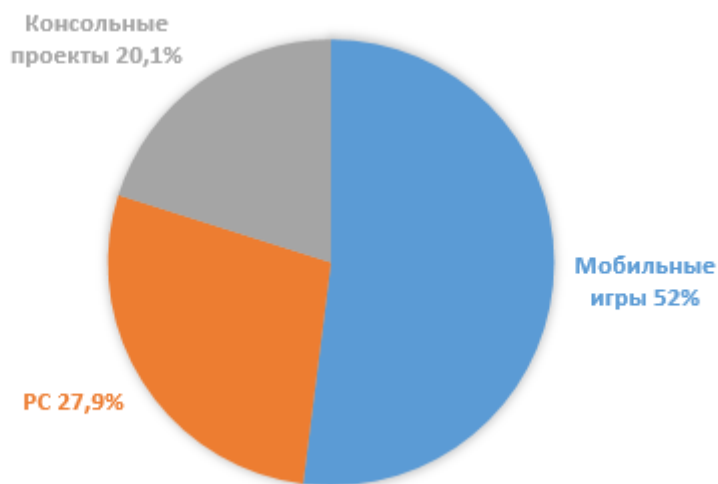


Рисунок 26 – диаграмма процента пользователей, использующих различные устройства

В 2021 году продолжился рост онлайн-продаж, цифровые версии игр принесли 91% всей выручки. При этом объем внутриигровых покупок сравним с этой цифрой: на них потратили 93,2 миллиарда долларов.

Сегодня на мобильные игры приходится 33% всех загрузок приложений, 74% расходов, связанных с внутриигровыми процессами и 10% всего времени, проведенного в приложении.

Более 50% пользователей [20] мобильных приложений играют в игры, что делает эту категорию приложений такой же популярной, как музыкальные приложения, такие как Spotify и Apple Music, и уступает только приложениям для социальных сетей и коммуникаций с точки зрения затраченного времени.

Распределение доли рынка мобильных игр.

Увеличение доходов от мобильных игр продолжит опережать рост доходов от продажи ПК игр в следующем году, что в конечном итоге приведет к сокращению доли рынка игр для ПК до 20% в 2022 году [21]. Кроме этого, доход от мобильных игр также опережает доход от игр на консолях.

К 2022 году объем рынка увеличится до 196 млрд долларов, средний ежегодный прирост в период 2018-2022 годов составит 9%.

48% выручки всей игровой индустрии приходится на мобильные игры; основной тренд сегодня - не единоразовые покупки, а привлечение платящих игроков, чтобы получать лутбоксы, персонажей, дополнительные уровни и т.п.

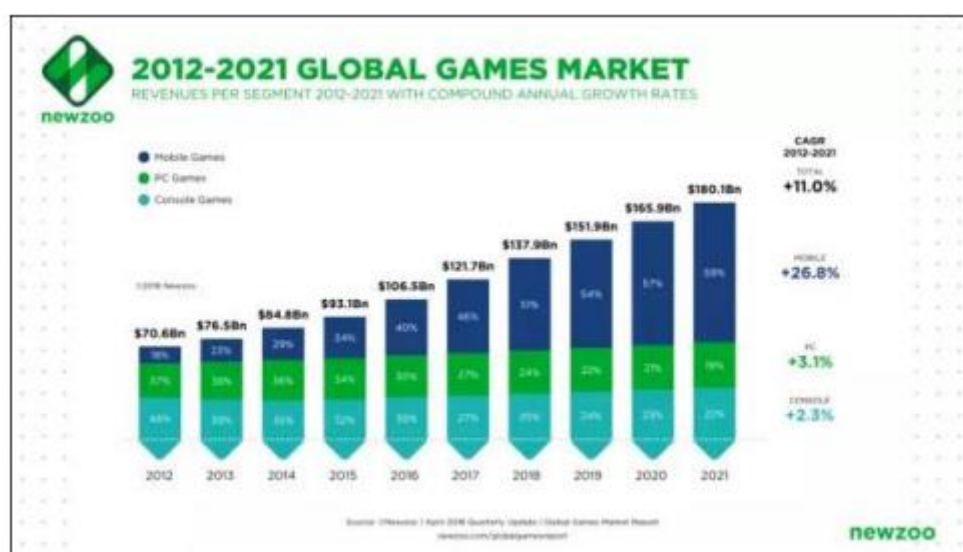


Рисунок 27 – Выручка по сегментам 2012-2021 гг. со среднегодовыми темпами роста

Объем российского рынка видеоигр в 2019 году вырос на 14% по сравнению с 2018 и составил 120,4 млрд рублей. Такие данные приводит Mail.ru Group - My.Games. Основным драйвером роста в прошлом году стали мобильные игры (+49%, до 48,1 млрд руб.), которые практически догнали бесплатные игры на ПК на фоне замедления роста последних (+5%, до 49,1 млрд рублей). В 2019 году доля бесплатных игр на всех платформах выросла на 21%, до 99,9 млрд рублей, что составляет 82% рынка [21].

### 5.5. Планируемая стоимость продукта

*Инвестиции в стартап* на стадии разработки MVP версии.

Первоначальные инвестиции в стартап – 1 400 руб., включают в себя только оформление подписки на Google play.



Необходимо отметить, что разработкой и рекламой первой версии, включающей только одно разработанное задание, я могу заниматься самостоятельно.

*Инвестиции в старт* на стадии разработки полноценной версии.

Для того, чтобы приложение полноценно функционировало, необходимо нанять специалиста технической поддержки, дизайнера – для создания приятного интерфейса, нанять еще одного разработчика – для того, чтобы создать новые задания в игру и маркетолога – для рекламы и продвижения. Работа будет происходить в дистанционном режиме, поэтому нет никакой необходимости в аренде помещения и покупке офисной мебели и техники.

Операционные и капитальные затраты за первый и второй год представлены в таблице 7 и 8 соответственно.

Таблица 7 – Операционные и капитальные затраты на первый год.

Расходы	Стоимость (в руб.)
На регистрацию бизнеса и оформление необходимой документации	10 000
На рекламу	200 000
Найм программиста – разработчика	600 000
Найм специалиста технической поддержки	540 000
Найм смм - специалиста	300 000
Найм дизайнера	480 000
Отчисления в фонд социального страхования	576 000
Непредвиденные расходы	100 000

Оформление подписки Google Play	1 400
<b>Итого</b>	<b>2 807 400</b>

Подразумевается, что за первый год мне, программисту – разработчику и дизайнеру совместно удастся создать полноценную, разнообразную и большую базу заданий. По этой причине нет необходимости использовать услуги этих специалистов на второй год развития проекта.

Таблица 8 – Операционные и капитальные затраты на второй год.

Расходы	Стоимость (в руб.)
На рекламу	100 000
Найм специалиста технической поддержки	540 000
Найм смм - специалиста	300 000
Отчисления в фонд социального страхования	252 000
Непредвиденные расходы	50 000
<b>Итого</b>	<b>1 342 000</b>

Получается, что в первые два года понадобятся инвестиции в размере 4 149 400 руб.

#### **5.6. Конкурентные преимущества создаваемого продукта, сравнение технико-экономических характеристик с отечественными и мировыми аналогами**

В настоящее время рынок мобильных приложений имеет огромное разнообразие. Большой плюс игр – головоломок в том, что они улучшают навыки мышления, лечат проблему старения, улучшают настроение. В

качестве конкурентов мною было изучено несколько популярных казуальных приложений.

**Brain Test: Хитрые головоломки.** Классическая игра жанра «казуальная». Является одним из способов потренировать когнитивные функции мозга с помощью техники решения разных задач.

**Brain out.** Одно из самых популярных приложений на рынке. Игра содержит минимальные требования к устройству, имеет интересный дизайн и необычный Gameplay. Можно заметить, что каждая задача требует нескольких решений, иногда даже непредсказуемых.

**DOP2: Delete One Part.** Хитроумная игра, которая требует подключить воображение для прохождения уровней. Интерфейс заключается в том, что нужно стереть картинку таким образом, чтобы получить верный ответ.

Важным элементом анализа было выяснить бизнес – модель конкурентов в таблице 9.

Таблица 9 – сравнение конкурентов.

	Функционал	Стоимость	Доля на рынке	Сегмент ЦА	Бизнес - модель	Количество скачиваний	Доход
Brain Test: Хитрые головоломки	Мобильное приложение с заданиями на логику	1199 рублей/месяц	0,00024% - 0,00007%	Фанаты головоломок	Просмотры рекламы + оформление платной подписки	Более 100 млн	\$12000 - \$39000 в месяц
Brain out	Мобильное приложение с упражнениями на улучшение памяти	449 рублей/месяц премиум подписка	0,00024% - 0,00007%	Пользователи, которые заинтересованы в тренировке мозга	Просмотры рекламы + оформление платной подписки	Более 100 млн	\$12000 - \$39000 в месяц

	развитием логики						
DOP2: Delete One Part	Геймплей заключается в том, что нужно провести пальцем по экрану и увидеть, что скрывается	649 рублей/мес яц	0,00024 % - 0,00007 %		Просмотр ы рекламы + оформлен ие платной подписки	Более 100 млн	\$1200 0 - \$3900 0 в месяц

У всех трех приложение одинаковая бизнес – модель: покупка подписки и показ рекламы. В сравнении с данными проектами можно предположить, что стоит обратить внимание на такой способ монетизации своего проекта.

Моим явным преимуществом среди конкурентов является – цена премиум – подписки. За меньшую цену я предлагаю пользователям не менее интересные задачи.

На данный момент единственный мой недостаток среди конкурентов – это отсутствие базы заданий.

Можно увидеть, что главная задача конкурентов и моего приложения – это тренировка когнитивных функций мозга.

Мобильный формат диктует играм то, какими они должны быть. В эти ограничения входят - сенсорное управление, сравнительно небольшой размер экрана, короткие игровые сессии. Сколько бы не хотелось видеть на планшетах и смартфонах проекты уровня PC и консолей, лучше всего в переносном формате приживаются более простые вещи. Что-то красивое, несложное и привязчивое. Что-то, что можно быстро освоить, и к чему захочется возвращаться вновь и вновь, чтобы скоротать 5-10 свободных минут. В этом плане казуальные головоломки – почти идеальный вариант.

### **5.7. Целевые сегменты потребителей создаваемого продукта**

Игры – самая прибыльная категория приложений. Мобильные игры приносят владельцам больше денег, чем утилиты, музыкальные сервисы или приложения для знакомств. Большинство игроков – мужчины (71%). Они генерируют 92% дохода в этой категории [23].

Самый высокий доход от подписок на игры на одного пользователя приходится на аудиторию 65+, а от внутриигровых покупок – на пользователей старше 35 лет. Пользователи в возрасте от 25 до 34 лет показывают самую высокую прибыль от внутриигровых покупок за все время работы с приложением. Они же приносят 40% дохода от всех платежей в игре [25].

87% платежей в мобильных играх приходится на покупки внутри приложения. Средний доход от одного платящего за покупки в приложении пользователя (ARPPU) почти в три раза выше дохода от платящего подписчика. Один подписчик в среднем приносит игре 14,22 доллара - 1138,22 рублей, а один платящий за встроенные покупки пользователь — 37,96 доллара - 3038,46 рублей.

В онлайн-игры играет практически вся аудитория, но наиболее активные пользователи в возрасте от 15 до 25 лет [25].

Данная игра ориентирована на широкую аудиторию, не содержит ограничивающего контента и подходит для всех людей. Минимальный возраст игрока по требованию площадок – 3 года.

### **5.8. Бизнес-модели проекта. Производственный план и план продаж**

Наиболее подходящие бизнес - модели для моего проекта это B2B2C или B2C.

*Для B2C* подойдет вариант это бизнес-модели, в которой предприятия предоставляют бесплатные и платные версии своих услуг. Можно предположить, что бесплатная версия имеет ограниченное количество заданий, достаточное для того, чтобы пользователи могли

удовлетворить основные потребности, и при этом их поощряли переходить на платную версию.

Бесплатная версия содержит в себе 100 уникальных задач (на стадии представления проекта реализовано только одна). Платная подписка открывает доступ к дополнительным задачам. Каждый месяц, при оформлении подписки в 199 рублей, пользователь получает 100 новых заданий.

Самым пессимистичным ожидаемым доходом можно считать только продажи премиум – подписок. Предполагается, что в первый год работы проекта удалось привлечь 2 000 платежеспособных пользователей, а во второй – 4 000.

Таблица 10 – Пессимистичный ожидаемый доход за счет только продажи премиум – подписки.

Количество платежеспособных пользователей	Доход
2 000 в первый год	398 000
4 000 во второй год	796 000
<b>Итого</b>	<b>1 194 000</b>

Как видно, такого дохода недостаточно для того, чтобы окупить инвестиции. В качестве дополнительного дохода нужно обратиться к услугам рекламного агентства. Косвенно предположим, что за каждых 2 000 пользователей (не обязательно платежеспособных) в год агентство будет платить 1 000 000 руб.

В таблице 11 показан ожидаемый и вполне вероятный доход за два года за счет продаж премиум - подписки и показа рекламы. Предполагается, что количество платежеспособных пользователей осталось неизменным.

Таблица 11 – Ожидаемый и вероятный доход за счет продажи премиум – подписок и показа рекламы.

Количество пользователей	Доход
4 000 в первый год	1 398 000
6 000 во второй год	2 796 000
<b>Итого</b>	<b>4 194 000</b>

Как оказалось, модель продажи премиум – подписок и сотрудничества с рекламным агентством не только прибыльнее, но и покрывает все инвестиционные затраты.

Для B2B2C подойдет следующий вариант – сотрудничество с реабилитационными центрами. Этот вариант можно считать за оптимистичный пример ожидаемого дохода.

Предположим, что в Томске 6 медицинских центром, специализирующихся на восстановлении больных после ковидного заболевания. По схеме ценности продукта А. Остервальдера видно, что у пользователей действительно есть такая потребность (рис. 28)

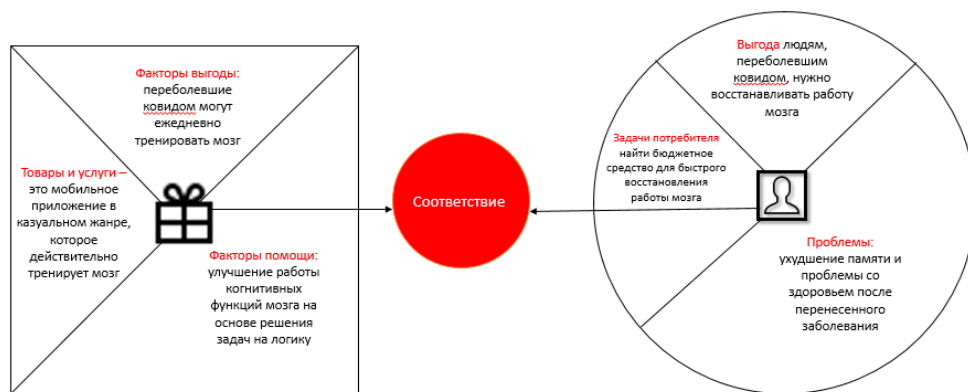


Рисунок 28 – Схема ценности продукта А. Остервальдера

Предположим, что после сотрудничества с медицинскими центрами, за первый год платежеспособных пользователей стало 4 000, за второй 6 000. Общее количество пользователей за два года выросло с 6 000 до 8 000. Условия сотрудничества с рекламным агентством остались прежние.

Таблица 12 – Ожидаемый оптимистичный доход.

Количество пользователей	Доход
4 000 в первый год	1 796 000
6 000 во второй год	3 194 000
<b>Итого</b>	<b>4 990 000</b>

Очевидный плюс этой модели – за счет привлечения еще большего количества пользователей, инвестиционные затраты удастся покрыть в первый год, а уже во второй выйти в прибыль в размере 840 600.

### **5.9. Стратегия продвижения продукта на рынок**

Механизмы продвижения.

В первую очередь нужно создать личный кабинет в Google Play. Для того, чтобы привлечь наибольшее количество аудитории для B2C бизнес - модели, необходимо использовать следующие механизмы оптимизации ASO:

1. Создать личный кабинет в Google Play.
2. Смонтировать промо –видео, демонстрирующее скриншоты игры, основу идеи. Видео-трейлеры абсолютно необходимы для любой игры, и их можно активно использовать как в органической, так и в платной рекламе.
3. Добавить ключевые слова в название приложения. Например, по слову «тренировка» будет доступнее найти игру с названием «Тренировка мозга».
4. Ключевые слова (как поле доступно только в App Store, но для Google Play все равно вам лучше иметь семантическое ядро, описывающее функционал вашего приложения, и на его основе строить описание).
5. Описание приложения (индексируется для прямого поиска).
6. Добавить встроенные покупки.
7. Упомянуть название разработчика.
8. Название пакета приложения.
9. Оформить иконку.



10. Разместить скриншоты.

11. Указать размер приложения (опосредованно влияет на решение о загрузке, так как в iOS через сотовую сеть можно загружать только приложения до 150 Мб, в Google Play — до 100 Мб)

12. Веб-ссылки для приложения (как элемент SEO).

Предварительная регистрация

Весьма целесообразно открывать пользователям досрочную регистрацию на игру — мало того, что это отличная стратегия продвижения приложения до официального запуска, она еще и позволяет повысить узнаваемость игры.

В Google Play разработчикам разрешено создавать кампанию по предварительной регистрации и заранее подготовить страницу с профилем игры.

Возможная покупка рекламы.

Таргетированная реклама вконтакте:

- Хороший старт и быстрое наращивание оборотов
- Точное попадание в целевую аудиторию
- Постоянство результата за счет расширения аудитории

Таргетированная реклама в «инстаграм» Инстаграм - лучший рекламный канал для взаимодействия с молодой целевой аудиторией.

- 50% пользователей фолловят по крайней мере один бренд.

• Instagram интегрируется с другими социальными сервисами. В приложении есть возможность репостов в вконтакте, Facebook, Twitter, Foursquare, Tumblr, Одноклассники, Flickr.

• 5% подписчиков после просмотра рекламы совершают действие на платформе - покупают товар или, как минимум, делают репост.

- Многомиллионная аудитория на одной площадке

• Идеальна для сфер розничной торговли Большой выбор подачи информации: изображения, галерея, видеоролик.

В случае развития бизнес-модели B2B2C:

- Пациенты реабилитационных фондов является клиентами приложения. Получается, что медицинские клиники в рамках восстановительной работы мозга рекомендуют скачивать приложение для тренировки когнитивных функций.

## **6. Социальная ответственность**

Объектом исследования являются среда разработки Android Studio, язык программирования Python и Kotlin, в данном разделе объектом исследования будет являться рабочая зона, в которой разрабатывается игровое приложение. Целью работы является разработка игрового приложения.

Основным оборудованием, на котором производится работа, является ноутбук с периферийными устройствами.

### **6.1. Производственная безопасность**

К вредным факторам производственной среды, наблюдаемым в помещении, относятся отклонение показателей микроклимата от нормативных значений, повышенный уровень электромагнитного излучения, высокий уровень напряженности электрического и магнитного полей, создаваемыми приборами, подключаемыми к сети электрического тока, недостаточный уровень освещенности в помещении.

### **6.2. Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Состояние внутренней среды замкнутого пространства, помещений, которое оказывает влияние на человека, называется микроклиматом. Микроклимат характеризуется показателями температуры воздуха в помещении, температурой конструкций, влажностью воздуха, а также интенсивностью теплового облучения.

Отклонение показателей микроклимата оказывает воздействие на работоспособность и здоровье персонала. В случаях понижения температуры окружающего воздуха на рабочем месте наблюдается рост теплоотдачи от организма человека за счет теплопроводности, излучения и конвекции. При грубых нарушениях норм и сильном понижении температуры окружающего воздуха происходит переохлаждение организма.

Параметры микроклимата регулирует СанПиН 2.2.4.548–96. Постановление устанавливает, в зависимости от периода года и категории выполняемых работ, оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата (таблица 13 и 14).

Таблица 13 – Оптимальные нормы микроклимата.

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-22	40-60	0,1
Теплый	23-25		0,1

Таблица 14 – Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	25	20-80	<0,5
Теплый	22	28	20-80	<0,5

Температура в теплый период года 23—25°C, в холодный период года 20—4°C, относительная влажность воздуха 50—60%, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Согласно результатам исследования микроклимата рабочего помещения, можно сделать вывод о том, что он полностью отвечает нормам (СанПиН 2.2.4.548 — 96).

### **6.3. Повышение уровней шума**

Звуковые колебания — это одна из важных физических характеристик рабочего места, которая оказывает серьезное влияние на самочувствие сотрудника и его работоспособность, а в более длительной перспективе — и на общее состояние здоровья. Человеческим организмом в качестве шума воспринимается любой неблагоприятно воспринимаемый звук. Наиболее распространенным источником шума на рабочем месте является работающее оборудование, а именно персональные компьютеры, прочая оргтехника, работающие источники искусственного освещения. Побочным источником шума также может быть вентиляционная и охлаждающая система, проходящая рядом автомобильная дорога, производимые строительные работы.

ГОСТ 12.1.003—83 «Шум. Общие требования безопасности», определяющий основные требования к ограничению уровня шума на рабочих местах.

К мероприятиям, нейтрализующим негативное воздействие шума, следует отнести:

— подбор оборудования с наименьшими шумовыми характеристиками;

— анализ производимой деятельности и обучение персонала таким режимам и методам работы, которые способны предотвратить высокий уровень шума;

— обязательное использование технических средств, обеспечивающих защиту от шума (изоляция, звукопоглощающие покрытия, амортизация, кожухи и защитные экраны);

— ограничение интенсивности и продолжительности воздействия шума до приемлемого уровня;

— применение средств индивидуальной защиты органов слуха;

— если персонал подвержен воздействию шума выше 82 дБ, обязательным условием является проведение ежегодных медицинских осмотров.

В случаях превышения допустимого уровня шума, предусматривается применение средств индивидуальной и коллективной защиты.

**К средствам индивидуальной защиты** органов слуха, согласно ГОСТ 12.4.011—89, относятся противозумные шлемы, заглушки, вкладыши, наушники, а также специальные костюмы.

#### **Средства коллективной защиты:**

— ослабление или устранение причин шума в источнике образования; применение средств звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения для изоляции источников шума, изготовленные из керамзита, микропористой резины, шамотного кирпича;

— использование различных средств, способствующих снижению вибрации и шума на пути распространения.

Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА. Для учебной аудитории свойственен шум до 45 дБ. На рабочем месте уровень шума не превышает предельного значения, что говорит о соответствии требованиям норм.

#### **6.4. Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц.

Длительная работа в зоне повышенного электромагнитного излучения, в том числе за компьютером, вызывает усталость, головную боль и в крайних случаях тошноту, т.е. оказывает вредное воздействие. Превышение нормативных значений излучения влечет за собой следующие проблемы: развитие трудноизлечимых болезней, повреждение центральной нервной системы и мозга, сердечно-сосудистой системы. При облучении глаз наблюдается развитие катаракты и помутнение хрусталика. Длительная работа за компьютером негативно сказывается на психическом здоровье человека и вызывает раздражительность.

Электромагнитное излучение от компьютера генерируется всеми частями данного устройства. Процессор, например, производит низкочастотное излучение, которое распространяется в окружающем пространстве в виде электромагнитных волн, дезориентирующих и ухудшающих работу биомагнитного поля человеческого тела.

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

а) до 10 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы (8 часов);

б) от 10 до 100 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы не более 2 часов;

в) от 100 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup> , время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;

г) для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.

Существует ряд советов, следуя которым можно уменьшить негативное влияние или даже нивелировать некоторые последствия такого взаимодействия. Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется применением средств коллективной и индивидуальной защиты.

#### **Средства коллективной защиты:**

— защита временем;

— защита расстоянием;

— снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;

— экранирование источника или рабочих мест, осуществляется с помощью заземленных металлических экранов (железо, сталь, медь, латунь);

— защита рабочего места от излучения.

К средствам индивидуальной защиты относятся очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера.



Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO<sub>2</sub>).

### **6.5. Поражение электрическим током**

Для повышения эффективности электробезопасности была разработана система классификации помещений по степени опасности. В соответствии с действующими нормами (см. ПУЭ п. 1.1.13) все виды помещений (бытовые, производственные, административные и т.д.) разделяют на три группы.

Все помещения делятся по степени поражения людей электрическим током на три класса: без повышенной опасности, с повышенной опасностью, особо опасные. В нашем случае рабочее помещение относится к **первому классу электроопасности** (без повышенной опасности), так как соответствует следующим условиям:

- Низкая влажность, как правило, не превышающая 80,0%.
- Покрытие пола выполнено только из диэлектрических материалов (дерево, паркет, ламинат). Исключаются земляные, железобетонные и металлические полы.
- Температура воздуха до 35,0°C.
- Отсутствует выделение технологической пыли.
- В воздухе не присутствуют химически активные вещества.
- Оборудование рассчитано на подключение к сети до 1000 В.
- Допускается наличие климатических систем, включая вентиляцию и отопление.

**Безопасными номиналами являются:**

$$I < 0,1 \text{ А}; U < (6—36) \text{ В}; R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}.$$

Электробезопасность и допустимые нормы регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТ 12.1.038-82 и ГОСТ 12.1.019-2009 ССБТ. В учебной аудитории источниками опасности могут быть как электрические сети, так и вычислительная техника.

С целью обеспечения электробезопасности при работе с персональными компьютерами предусмотрено выполнение ряда требований:

— все узлы ПК и подключенного к нему оборудования должны запитываться от одной фазы электрической сети;

— обеспечивается радиальное заземление с одной общей точкой для корпусов системного блока и внешних устройств;

— аварийное отключение компьютера и подключенных к нему устройств обеспечивается подключением к отдельному щиту с общим рубильником и автоматами защиты.

Лаборатория признана сухим помещением с нормальной температурой воздуха, оборудование рассчитано на подключение к сети до 1000 В (220 В), поэтому относится к первому классу электробезопасности.

Обеспечение электробезопасности, согласно ГОСТ 12.4.011—89, осуществляется применением следующих средств защиты от поражения электрическим током на рабочем месте.

**Средства коллективной защиты:**

— защитное заземление, зануление;

— малое напряжение;

— электрическое разделение сетей;

- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства.

#### **Средства индивидуальной защиты:**

- диэлектрические перчатки и боты;
- инструменты с изолирующими ручками;
- указатели напряжения;
- резиновые коврики.

#### **6.6. Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Освещение рабочего места — важнейший фактор создания нормальных условий труда. Практически возникает необходимость освещения как естественным, так и искусственным светом. Первый случай характерен для светлого времени суток и при работе в помещениях, в которых имеются проемы в стенах и крыше здания, во втором случае применяются соответствующие осветительные установки искусственного света.

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 в компьютерном классе учебного заведения освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 лк.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

#### **Расчет освещенности рабочего помещения.**

В лаборатории проводятся работы средней точности IV, минимальная величина различия составляет от 0.5 до 1 мм. Согласно СП 52.1330.2011 необходимо создать искусственное освещение при системе общего освещения не ниже 200 лк, при системе комбинированного освещения не ниже 400 лк в соответствии с разрядом зрительной работы.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения  $A = 15$  м, ширина  $B = 10$  м, высота = 4,5 м. Высота рабочей поверхности над полом  $h_p = 1,0$  м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 300 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где  $A$  — длина, м;

$B$  — ширина, м.

$$S = 15 \times 10 = 150 \text{ м}^2.$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, закрытыми шторами  $\rho_{\text{П}}=70\%$ . Свежепобеленного потолка  $\rho_{\text{П}}=70\%$ . Коэффициент запаса с люминисцентными лампами для помещения с малым выделением пыли  $K_3 = 1,5$ . Коэффициент неравномерности для люминисцентных ламп  $Z = 1,1$ .

В качестве источника света выбираем газоразрядную люминесцентную лампу дневной цветности ЛД-80, световой поток ФЛД которой равен 4250 лм. Т.к. данное лабораторное помещение обладает умеренной влажностью и запылением, а также хорошим отражением потолка и стен, то в качестве светильника выбираем открытые двухламповые типа ОД-2-80. Светильник имеет две лампы мощностью 80 Вт каждая, длина светильника равна 1531 мм, ширина — 266 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda$ , которая для люминесцентных светильников с защитной решеткой лежит в диапазоне 1,1 — 1,3. Принимаем  $\lambda=1,1$ , расстояние светильников от перекрытия  $h_c = 0,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c$$

где  $H$  — высота помещения,

$h_p$  — расстояние светильников от перекрытия,

$h_c$  — высота рабочей поверхности над полом.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4,5 - 1 - 0,5 = 3 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 3 = 4,2 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{10}{4,2} = 2,38 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{15}{4,2} = 3,57 \approx 4$$

Общее число светильников:

$$N = 2 \cdot Nb \cdot Na = 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$$

Расчёт расстояния между соседними светильниками с учётом длины помещения и длины светильников:

$$3 \cdot L_1 + \frac{2}{3} L_1 + Na \cdot D = A$$

$$L_1 = \frac{3 \cdot (A - Na \cdot D)}{11} = \frac{3 \cdot (15000 - 4 \cdot 1531)}{11} = 2420 \text{ мм}$$

Расчёт расстояния от крайних светильников до стены с учётом длины помещения и длины светильников:

$$\frac{L_1}{3} = 807 \text{ мм}$$

Расчёт расстояния между соседними рядами с учётом ширины помещения и ширины светильников:

$$2 \cdot L_2 + \frac{2}{3} L_2 + Nb \cdot S = B$$

$$L_2 = \frac{3 \cdot (B - Nb \cdot S)}{8} = \frac{3 \cdot (10000 - 3 \cdot 266)}{8} = 3450 \text{ мм}$$

Расчёт расстояния от крайних рядов до стены с учётом ширины помещения и ширины светильников:

$$\frac{L_2}{3} = 1150 \text{ мм}$$

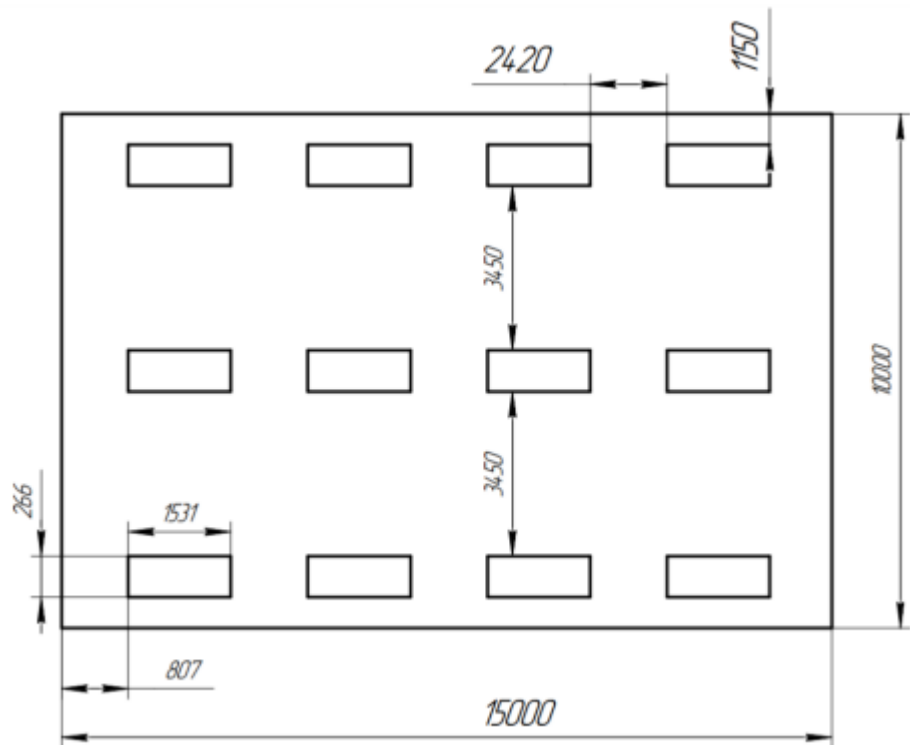


Рисунок 29 - План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами

Индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{15 \cdot 10}{3 \cdot (15 + 10)} = 2$$

Коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,6$$

Световой поток группы люминесцентных ламп:

$$\Phi = \frac{E \cdot A \cdot B \cdot K_3 \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{200 \cdot 15 \cdot 10 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{24 \cdot 0,6} = 3437,5 \text{ лм}$$

Проверка выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{ЛБ} - \Phi}{\Phi_{ЛБ}} \cdot 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{4250 - 3437,5}{4250} \cdot 100\% = 19,2\%$$

### **6.7. Пожарная безопасность**

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Учебные лаборатории, и, в частности, компьютерные классы относят к категории В, так как в них присутствуют сгораемые твердые материалы и вещества (деревянные столы, шторы и стулья с тканевой обивкой).

Следует учитывать следующие меры пожарной безопасности:

- не загромождать эвакуационные пути и выходы посторонними предметами;
- не использовать неисправные электрические приборы;
- проводить регулярный инструктаж по технике безопасности;
- осуществлять отключение электрических приборов по завершению работы и не оставлять мусор на рабочем месте.

При ознакомлении с рабочим местом персоналу должны быть разъяснены правила пожарной безопасности. При возникновении возгорания следует немедленно прекратить работу и по возможности отключить электрооборудование, а также подать сигнал о пожаре, если не сработала система сигнализации при пожаре. Помимо эвакуации людей согласно плану эвакуации с этажа (рисунок 30), также необходимо предусмотреть меры сохранения материальных ценностей.



Если в компьютерном классе произошло локальное возгорание, следует обесточить электроприборы с помощью силового щита и воспользоваться огнетушителем. Обычно огнетушители, сопровождаемые инструкцией по применению, устанавливают в легкодоступном месте.

Как указывалось, ранее, в учебной аудитории присутствует ряд компьютеров, находящихся под напряжением, поэтому исключено применение огнетушителей с содержанием водных растворов пенообразующих добавок, наиболее предпочтительны углекислотные.

Наибольшее распространение получили следующие типы огнетушителей:

— углекислотные (ОУ—1, ОУ—2, ОУ—3 и т.д.), применяемые для обезвреживания возгораний различных горючих жидкостей и материалов, для тушения электроустановок напряжением до 1000 В при условии отключения электрооборудования;

— хладоновые (ОАХ, ОХ—3, СОТ—5М), предназначенные для тушения горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, твердых веществ. Применяются для тушения электроустановок, находящихся под напряжением, если на поверхности не содержатся кислородосодержащие вещества и щелочные металлы;

— порошковые (П—2АП, ОП—5, ПФ, ПСБ—3) применяются для тушения электроустановок под напряжением до 1000 В.

— водные (ОХВП—10) предназначен для тушения пожаров (загораний) на начальной стадии твердых веществ и легковоспламеняющихся жидкостей, за исключением щелочных металлов и веществ, горение которых происходит без доступа воздуха.

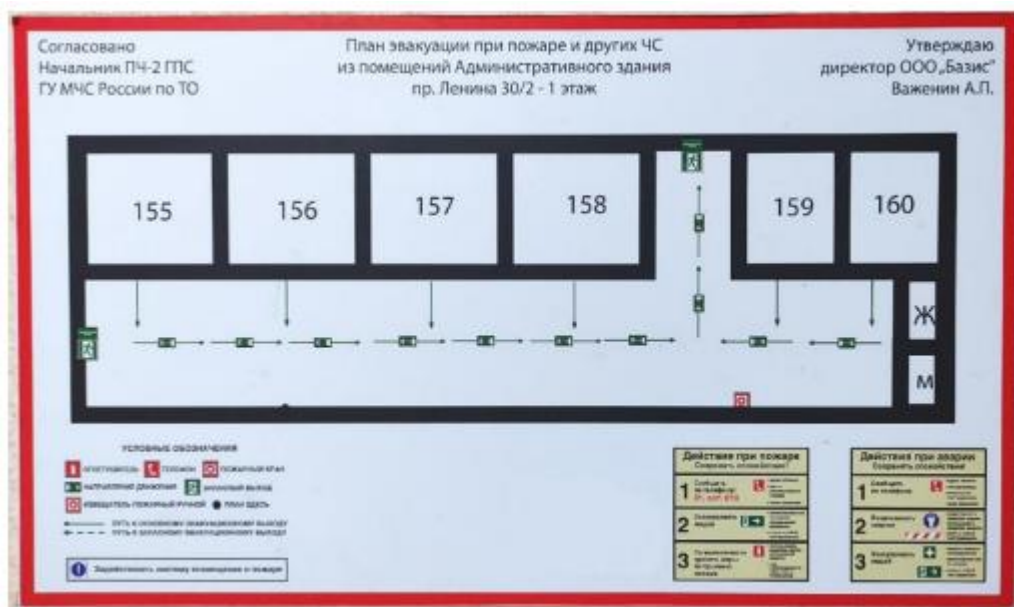


Рисунок 30 - План эвакуации при пожаре.

## 6.8. Экологическая безопасность

В процессе деятельности человека неизбежно происходят изменения на рабочем месте, техника выходит из строя, накапливается макулатура и иные отходы. В связи с ростом производства и развитием технологий возникла проблема рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды. Чтобы обезопасить окружающую среду от большого объема выбросов следует совершенствовать технологические процессы. Для соответствия нормам экологической безопасности применяется переработка отходов.

Черновики/бумаги, содержащие сведения коммерческой или государственной тайны подлежат shredding, после чего прессуются, упаковываются и хранятся в объеме до 1 транспортной единицы.

Лампы, вышедшие из строя, немедленно после удаления из светильника следует упаковать в картонную упаковку или индивидуальную тару из гофрокартона, свойственную старым лампам. Если в наличии нет индивидуальной упаковки, для предотвращения механических

повреждений и взаимного соприкосновения ламп, их необходимо упаковывать в бумагу или мягкий картон.

Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 № 681 утверждены Правила обращения с отходами производства и потребления в части электрических ламп, осветительных приборов и устройств. В Постановлении описываются нормы и правила использования и переработки отходов, так как ненадлежащие сбор, транспортирование, обезвреживание и размещение способствуют развитию загрязнения окружающей среды и причинения вреда здоровью. Также запрещается самостоятельно обезвреживать, транспортировать и размещать ртутьсодержащие лампы. Отработанные ртутные лампы разрешено размещать лишь в пунктах первичного сбора отходов.

Еще одним источником загрязнения окружающей среды, находящимся в учебном классе, являются вышедшие из строя предметы оргтехники и вычислительной техники, в том числе ПЭВМ. Непригодные для использования ПЭВМ относят к IV классу опасности, поэтому, согласно нормам, их следует подвергать специальной утилизации. Утилизация электронных приборов, печатных машин, коммуникационных приборов и МФУ проводится в несколько этапов, в результате проведения которых более 90% состава техники подлежит повторной переработке. Утилизация включает в себя удаление опасных компонентов и крупных частей из пластика, далее проводится сортировка и измельчение пластиковых частей для вторичной переработки. После удаления пластика осуществляется измельчение оставшихся частей оргтехники и сортировка на оставшийся пластик, цветные металлы и железные части.

## **6.9. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации на производстве зачастую становятся результатом природных катаклизмов. Одним из источников чрезвычайной ситуации (ЧС) являются сильные морозы в зимний период, которые

свойственны региону Сибири. В силу особенностей климата для каждого региона предусматриваются различные мероприятия предосторожности и снижения опасности.

При условиях преобладания низких температур наблюдается отключение электрической энергии вследствие обрыва проводов. При сильных морозах предусмотрены следующие меры, обеспечивающие устойчивую работу учебного корпуса ВУЗа, согласно которым необходимо:

- провести мероприятия по сохранению тепла, а также обеспечить экономное расходование продовольственных запасов;

- обеспечить наличие дизельного электрогенератора для работы осветительной системы, а также наличие газового калорифера (с катализатором) в комплекте с газовым баллоном для прогрева помещения;

- для безопасной транспортировки персонала подготовить пассажирский транспорт (личный, либо служебный/корпоративный).

Также при долговременном нахождении людей в здании необходимо обеспечить наличие питьевой и технической воды на складе.

Рассмотрим также такую чрезвычайную ситуацию, как диверсия. Под диверсией понимаются действия, предполагающие разрушение или повреждение путем поджога, взрыва или иными способами предприятий и сооружений, влекущие за собой нарушения в работе организации. Чтобы предотвратить вероятность осуществления диверсии, следует соблюдать следующие меры предосторожности:

- обеспечение круглосуточной охраны предприятия, установка турникетов, заграждений и шлагбаумов;

- поддержание постоянной связи между отделами и корпусами, наличие телефонной связи;

- отсутствие возможности рассекретить систему охраны;
- использование системы видеонаблюдения;
- внедрение и поддержание в исправном состоянии системы пропускного контроля на входе в здание;
- исправность системы сигнализации и пожарной безопасности.

### **Выводы**

В ходе проведения мер по социальной ответственности был произведен анализ выявленных вредных и опасных факторов. Рассмотрены ЧС и приняты меры по их устранению.

Социальная ответственность представляет диалектическую взаимосвязь между лицом (работодателем) и обществом (работником), характеризующаяся взаимными правами и обязанностями по выполнению социальных норм и наложением воздействия в случае её нарушения. На основе рассмотрения безопасности в процессе выполнения работы, было ясно, что студенты – будущий руководитель должен нести социальную ответственность за принимаемые решения.

## Заключение

В работе предложен оригинальный игровой процесс. В основу казуального мобильного приложения положена головоломка об упаковке кругов, для генерации кругов предложено использовать метод псевдонимов.

Программная реализация игрового приложения выполнена с использованием: среда разработки Android Studio 2021.1.1, языков программирования Kotlin и Python. Тестирование приложения проведено под управлением операционной системы Android 6.1.

Апробация и тестирование мобильного приложения проводилось в экспериментальной и контрольной группах по 20 человек (средний возраст 7,5 лет).

Показано, что разработанное мобильное приложение статистически значимо влияет на развитие когнитивных функций мозга человека. Проведенный дисперсионный анализ показал, что в экспериментальной группе наблюдается положительный эффект использования казуального приложения  $F_{набл}=39,01 > F_{крит}=4,09$ , при доверительной вероятности 0,95. В то время как в контрольной группе такого эффекта нет:  $F_{набл}=0,01 < F_{крит}=4,09$ .

### **Список публикаций студента**

1. **Е.Е. Кудряшова.** Генерация случайных событий методом псевдонимов // Сборник трудов XIX Международной научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и современные информационные технологии» (Томск, 21–25 марта 2022 г.): Томск, Издательство ТПУ. – 2022. – с. 80-81.  
[http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit\\_2022.pdf](http://msit.tpu.ru/assets/digestArticles/msit_2022.pdf)

## Список литературы

1. Самые популярные жанры мобильных игр. [Электронный ресурс] – URL: <https://koloro.ua/blog/brending-i-marketing/samye-populyarnye-zhanry-mobilnykh-igr-2020-2021.html> (дата обращения 30.05.2022).
2. Hilgers, RD., Uschner, D., Rosenberger, W. et al. ERDO – a framework to select an appropriate randomization procedure for clinical trials. BMC Med Res Methodol (2017) 17, 159 <https://doi.org/10.1186/s12874-017-0428-z>
3. Keith Schwarz (2011) Darts, Dice, and Coins: Sampling from a Discrete Distribution. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.keithschwarz.com/darts-dice-coins/> (дата обращения 30.05.2022).
4. Walker A. J. New fast method for generating discrete random numbers with arbitrary frequency distributions // Electronic Letters. 1974. Vol. 10. P. 127-128.
5. Brown F. B., Martin W. R., Calaham D. A. A discrete sampling method for vectorized Monte Carlo calculations // Trans. Am. Nucl. Soc. 1981. Vol. 38. P. 354-355.
6. Залялов А.Н.. Alias-метод для моделирования таблично заданных распределений случайных величин. – М.:ФГУП – «РФЯЦ – ВНИИЭФ» Саров, 2017. – 61 с.
7. Лисафина М.С., Галиев Ш.И. Упаковки кругов разных радиусов в ограниченную область. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева – 2014 – № 2 – С.168-174.
8. Huang W.Q., Li Y., Jurkowiak B., Li C.M. A Two-Level Search Strategy for Packing Unequal Circles into a Circle Container // Francesca Rossi (ed) Proceedings of Principles and Practice of Constraint Programming. 2003. Kinsale, Ireland. Springer. LNCS 2833. – P. 868-872.



9. Учебно-методическое пособие по многомерным статистическим методам для студентов специальности 080116 «Математические методы в экономике». Томск: Изд. ТПУ, 2007. – 50 с.
10. Web-proger. [Электронный ресурс] – URL: <http://web.spt42.ru/index.php/chto-takoe-android-studio> (дата обращения 30.05.2022).
11. Android Studio: среда разработки. [Электронный ресурс] – URL: <https://arduinoplus.ru/android-studio/> (дата обращения 30.05.2022).
12. Горохова Ю.А. Геймификация образовательного курса для поколения «центениалов» // Sci-article. Публикация научных статей, 2022, <https://sci-article.ru/stat.php?i=1644774067> (дата обращения 30.05.2022).
13. Packomania [Электронный ресурс] – URL: <http://www.packomania.com/> (дата обращения 30.05.2022)
14. Specht Eckard (2015) A precise algorithm to detect voids in polydisperse circle packings. *Proc. Royal Society A*. 471 20150421 <http://doi.org/10.1098/rspa.2015.0421>
15. Zhi-zhong Zeng, Xin-guo Yu, Kun He, Zhang-hua Fu, Adaptive Tabu search and variable neighborhood descent for packing unequal circles into a square, *Applied Soft Computing*, 65, 2018, pp. 196-213, <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.11.051>.
16. Регистрация товарного знака в Москве и по всей РФ [Электронный ресурс] – URL: <https://1patent.ru/services/tovarnye-znaki/registracija-tovarnogo-znaka-v-rf/>
17. Произведения (авторское право) [Электронный ресурс] – URL: <https://1patent.ru/services/proizvedenija-avtorskoe-pravo/>
18. Регистрация программы ЭВМ/базы данных [Электронный ресурс] – URL: <https://1patent.ru/services/programmy-evm/patentovanie-registraciya-programmy/>

19. Koloro [Электронный ресурс] – URL: <https://koloro.ua/blog/brending-i-marketing/samye-populyarnye-zhanry-mobilnykh-igr-2020-2021.html>
20. App2Top. В 2021 году игровой рынок заработал \$180,3 млрд. Это больше, чем прогнозировали [Электронный ресурс] – URL: <https://app2top.ru/analytics/v-2021-godu-igrovoj-ry-nok-zarabotal-180-3-mlrd-e-to-bol-she-chem-prognozirovali-1-194481.html>
21. The State of Mobile 2021 [Электронный ресурс] – URL: <https://www.data.ai/en/go/state-of-mobile-2021/>
22. Global games market report // Newzoo: The global leader in games and esports analytics. [Электронный ресурс] – URL: <https://newzoo.com/insights/articles/globalgames-market-reaches137-9-billion-in-2018-mobile-games-take-half>)
23. Stack Appodeal// Turn your mobile apps into top earning hits. [Электронный ресурс] – URL: <https://appodeal.com/?home>
24. Number of active mobile gamers worldwide from 2014 to 2021(in millions) The Statistics Portal. [Электронный ресурс] – URL: <https://www.statista.com/statistics/748089/number-mobile-gamers-world-platform/>
25. Pikabu – Android developers [Электронный ресурс] – URL: <https://pikabu.ru/>
26. VC.RU [Электронный ресурс] – Статьи из разделов Сервисы и Техника – URL: <https://vc.ru/>
27. Комарова, А. В. Разработка конкурентной стратегии на основе внемагазинных форм торговли / А. В. Комарова, Ю. С. Коноплина // Вестник молодежной науки. – 2019. – № 1 (18). [Электронный ресурс] – URL: <http://vestnikmolnauki.ru/wpcontent/uploads/2019/03/Komarova-118.pdf>
28. СанПиН 2.2.4.548—96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

29. ГОСТ 12.1.005—88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (ССБТ).
30. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение.
31. СН 2.2.4/2.1.8.562—96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
32. ГОСТ 12.1.003—83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
33. ГОСТ 12.1.038—82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
34. СанПиН 1.2.3685—21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
35. СП 12.13130.2009. Определение категорий, зданий и наружных установок по взрывоопасной и пожарной опасности.
36. ГОСТ 12.1.004—91. Пожарная безопасность. Общие требования.

## Приложение А

(справочное)

### Mobile application for training cognitive functions

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0ВМ01	Кудряшова Елизавета Евгеньевна		

Руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭФ ИЯТШ	Семенов М.Е.	к.ф.-м. н., доцент		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кабрышева О.П.	–		

## Introduction

Human health is directly related to the state of the brain. This organ is responsible for vital activity, awareness and intelligence. It is known that people need training both to maintain physical fitness and to develop cognitive functions of the brain.

People have long realized that improving memory, concentration of mind and speed of thinking are behind efficiency, activity and productivity. As you know, the earlier a person begins to develop mentally, the longer, healthier and more productive his life will be. So, many parents aim to train the cognitive functions not only of their own brain, but also of their children. A huge plus of mind training is that it can be started at any age.

The development of information and communication technologies has allowed the introduction of gaming techniques into non-gaming processes, including the learning process. Every year the market of mobile puzzle games is developing rapidly. In 2022, about 30 million Russian users are actively using mobile applications, and half of them prefer the casual genre [1]. On sites such as the App Store and Google Play, you can find a variety of different games, but each of them is unique in its own way. In 2022, the NashStore application store began operating in Russia, about a thousand applications are available in it. In order for a gaming application to become in demand, it must be filled with a simple gameplay, an interesting idea, a modern design and ultimately solve the need of users, for example, to spend time waiting with benefits for intellectual development and training of cognitive functions of the brain.

In this paper, we propose to develop a casual gaming application, in the gameplay, which has the task of packing circles. In the simplest case, it is required to pack circles of the same radius into a square container. In a more general formulation, it is required to find the most dense packing in a container of arbitrary geometry of circles of different radius [13]. To generate circles of different radii, we suggest using the alias method. An advantageous difference among the

methods of generating random numbers is the speed of the process to the alias format. This method was implemented by us in Python, and we suggest using the Android Studio development environment to develop a mobile application.

Thus, we propose to develop a mobile gaming application with a simple gameplay: place the maximum number of coins in your wallet. When designing and programmatically implementing this puzzle, we used: the alias method for generating coins (circles of various radii) and the combinatorial problem of packing circles.

Thus, as part of the final qualifying work, the goal was set – to develop a casual gaming application for training the cognitive functions of the human brain. To achieve this goal , the following tasks were formulated:

1. Develop a Minimal Viable Product version of a casual gaming application: interface, concept and architecture.

2. In the concept of a startup project, test a software product on a group of users to confirm the effect of the development of cognitive functions of the human brain.

## **1. Theoretical part**

### **1.1. Introductory definitions**

Cognitive functions of the brain are complex functions of the brain, which include information perception (gnosis), information analysis and processing (thinking), information storage (memory) and information transmission (speech).

Gameplay is a way of user interaction with the game.

A casual application is a game with simple rules that does not require special perseverance from the user and time spent on obtaining any skills to complete tasks in the gameplay.

Gamification is the introduction of gaming techniques into non-gaming processes. The term "gamification" appeared in the early 2000s among software developers. It began to gain popularity after 2010, when the first examples of using this approach began to appear in Internet sites, mobile applications, and educational courses. Do not confuse it with a game: gamification is primarily aimed at achieving results [12].

A circle is the set of all points on the plane that are at the same distance from a given point. The radius of a circle is a segment connecting any point of it to the center.

A circle is the set of all points in the plane that are no more than the length of a given segment away from a given point. This point is called the center of the circle, and the specified segment is the radius of the circle.

### **1.2. Description of the gameplay**

To create a game application aimed at the development of cognitive functions of the brain, we suggest using a casual genre, gamification is based on solving a puzzle on placing coins in a wallet.

Gameplay. Coins of different radius appear on the screen of the mobile device. The player's task is to place coins in the wallet.

Points are awarded depending on the density of the package: the ratio of the total area of coins placed to the area of the wallet.

When developing a mobile application for generating coins (their radii) we used the alias method, and to find the optimal placement of coins, we used the circle packing problem.

Let's take a closer look at the description of the mathematical apparatus used in the development and software implementation of a mobile application.

Choosing a method for generating game objects. The alias method. There are various ways to generate random numbers. In our case, we need to randomly generate the radius of the coins and the position of their centers. To choose a particular method, developers rely on the sample size, the distribution law and its changes over time. Note that the initial position of the coins is not fundamental.

Simple randomization is carried out by  $2^n$  -dimensional trajectories, where the sample size is taken as. Unrestricted randomization is comparable to throwing the right coin to distribute each object.

Figure 2 shows the sequence of simple randomization for 20 objects and two groups: the implemented sequence (in black) against the background of possible sequences (in gray).



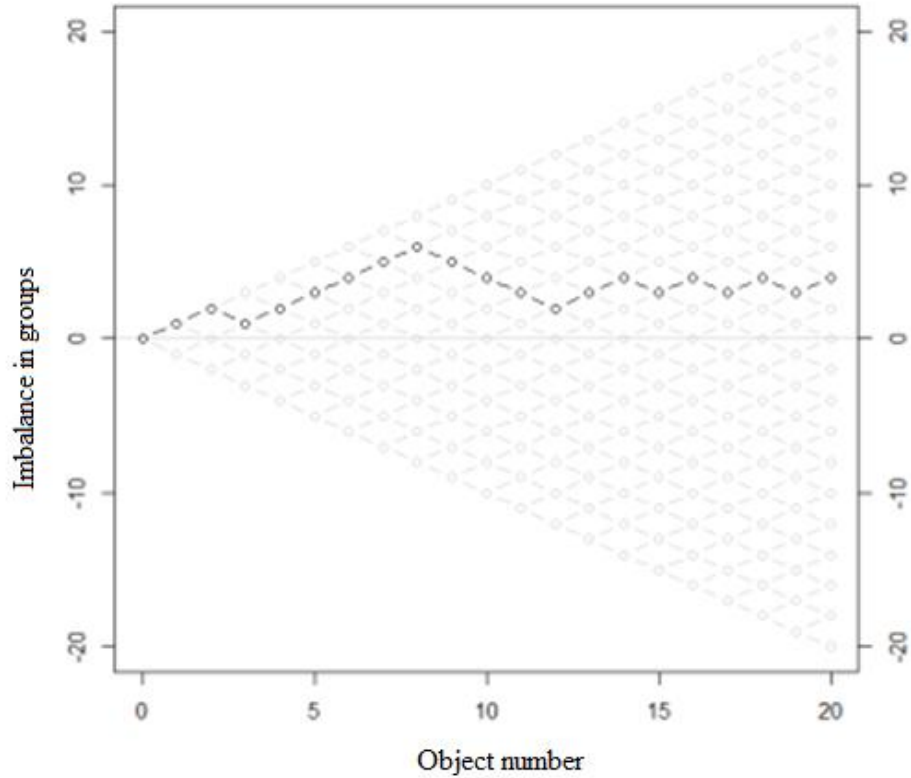


Figure 1 - Sequence of simple randomization.

Algorithms that take into account the imbalance of randomization are known from the literature [2]:

- randomization of blocks with permutations;
- randomization of blocks with permutations;
- urn method for uniform and uneven distribution;
- adaptive randomization methods with biased coins;
- the method of aliases [3].

In our work we use the alias method.

Let be a discrete distribution of a random variable  $\xi$  set by a table containing its values  $x_1, \dots, x_n$  and the corresponding probabilities  $p_1, \dots, p_n$ ; where  $n$  – table length. Let  $\eta$  — a random variable uniformly distributed on the segment  $[0, 1]$ . Then if

$$\sum_{k=1}^m p_k \leq \eta < \sum_{k=1}^{m+1} p_k, m = \overline{1, n-1}, \sum_{k=1}^n p_k = 1,$$

then the value of a random variable is selected  $\xi = x_m$ .

It follows that for large values of  $n$ , the values of a random variable are sampled  $\xi$  considerable time may be spent growing proportionally  $n$ . At the same time, most of the time is spent on calculating the amount  $\sum_{k=1}^m p_k$ .

If everyone  $p_k = 1/n$ , that is, were equally probable, then sampling a random value  $\xi$  it could be determined by the formula

$$\xi = x_{[n \cdot \eta]} + 1,$$

here  $[n \cdot \eta]$  – the integer part of the number. Obviously, the sampling time in this case does not depend on  $n$ . In this paper, the alias method is considered, which, in comparison with the standard method, has a significant advantage in modeling distributions specified by long tables.

In [4], Walker proposed an original method for sampling the value of a random variable from a discrete distribution with different probabilities, which is not inferior in speed to the method of sampling from a discrete distribution with equal probabilities. Later, this method was independently rediscovered by Brown, Martin, and Kalahan [5], called the alias method, and applied to sample values of random variables from discrete distributions in a Monte Carlo particle transfer simulation program. Later, the Alias method was extended to continuous distributions.

The essence of the Alias method is to replace the traditional scheme of sampling the number  $m$  by sampling this number from a specially constructed distribution. The construction of such a distribution is called bringing the distribution to an Alias format. In the Alias format, all  $n$  probabilities of the distribution are the same and equal

$$p_m + p_{m^*} = 1/n,$$

where each element of the distribution with the number  $m$  consists of two parts: the remainder of the original part  $p_m$  and a donor supplement  $p_{m^*}$ . Examples of the original and Alias format of a discrete probability distribution of four elements are shown in Figure 2.

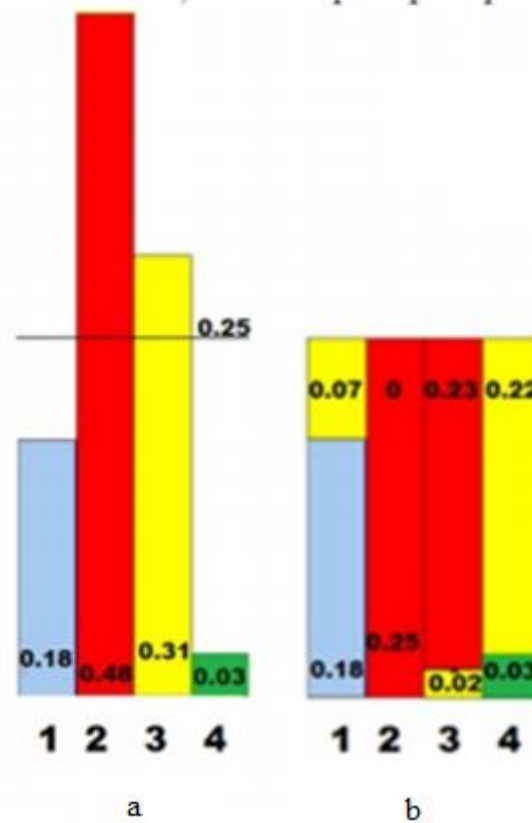


Figure 2 - An example of representations of the distribution of a random variable: a – in the original format, b – in the Alias format.

If, during the conversion to the Alias format, the probability of a donor element becomes less than  $1/n$ , then its own donor will be determined for it: element 3, (Fig. 2, b). Only one donor is allowed. The donor additions in Fig.2, b are placed in the upper parts of the histogram columns and have the colors of the donor elements (Fig. 2, a). The remains of the original parts of the elements are shown below. The numbers indicate the corresponding probability values. To sample the value of a random variable in the Alias method you need to store a value for each distribution element  $p_{m,n}$  and the number  $m^*$  the donor element [6].

The alias method is as follows [3]:

- Each given probability increases  $n$  times, where  $n$  is the number of different values for which the distribution is given. The obtained values are "normalized probabilities".

5. Normalized probabilities are divided into 2 groups. In the first group is  $P_{norm} \geq I$ , in the second group is  $P_{norm} < I$ .

6. A probability table is being built and a table of aliases, for this:

- the probability is randomly taken  $P_{2_i}$  from the second group and moves to the final probability table (in the cell corresponding to this value);
- a random probability is also selected from the first group  $P_{1_i}$ , and it is deducted from it  $(1 - P_{2_i})$ ;
- if in the end  $P_{1_i}$  it's getting smaller 1, then it moves to the second group, otherwise it remains in the first;
- the value corresponding to the probability  $P_{1_i}$ , becomes an alias for  $P_{2_i}$  (this value is added to the alias table in the corresponding cell);
- the above steps are repeated until the second group is empty;
- the last step is to add the remaining probabilities from the first group to the final table (all of them will be equal to 1). Aliases are not required for them.

After constructing the alias tables, you can efficiently generate random numbers with a given distribution over time  $O(1)$ . To do this, a random distribution is generated. If the number  $r$  obtained in the sample  $r < \text{prob}[i]$ , then the number  $i$  is returned, otherwise the number  $\text{alias}[i]$  is returned.

To verify the correctness of the written algorithm, 1000 samples were generated with a given probability distribution.

Further, for the purpose of statistical comparison, the hypothesis was tested  $H_0$ : " the resulting distribution does not statistically differ from the target distribution ", with a significance level  $\alpha=0,95$ . Such a hypothesis is put forward for each of the 1000 distributions obtained. Next, let's look at an example of a check for one of the distributions.

By packing circles, we will understand a set of disjoint circles. The intersection graph of packing circles is a graph whose vertices correspond to circles and whose edges correspond to tangent points. If the circles are packed on a plane, then their intersection graph is called the Monte graph (Figure 5a).

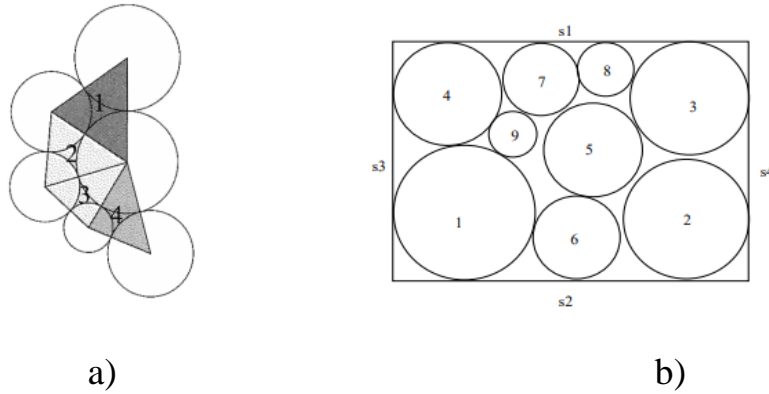


Figure 5 – a) a graph for six coins, the numbers denote the triangles in the graph, the vertices of which correspond to the centers of the coins, the edges – the distance between these centers;

b) placement of nine circles of different radii in a rectangle with sides  $s_1=s_2$ ,  $s_3=s_4$ .

Note that the task of packing unequal circles into a rectangular geometric shape occupies an important place in the gameplay of the proposed mobile application (Figure 5b).

The dense packing problem solves the problem of obtaining the most compact way of placing objects, in which none of the objects in the container can be shifted relative to other objects in order to place it closer to the beginning of the container. [8].

The combinatorial formulation of the problem is that there is a search for a set that intersects with the smallest number of other sets. Next, the set is added to the solution, after which the sets with which it intersected are deleted. Based on this algorithm, circles are packed into a container. In our case, the placement of coins in the wallet.

Description of the solution of the problem. Let a rectangle be given, where  $W$  is its width,  $H$  is its height. It has a set of  $n$  number of circles with different radii  $r_1, r_2, \dots, r_n$ . In Euclidean space, the center of the geometric shape (container) is at  $(0, 0)$ . Its four sides are designated  $s_1, s_2, s_3, s_4$  and are parallel to the  $X$  and  $Y$  axes (Figure 5). The task is to find  $2n$  – real numbers such that the coordinates of the centers of the circles  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$  satisfied:

$$\frac{H}{2} - y_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

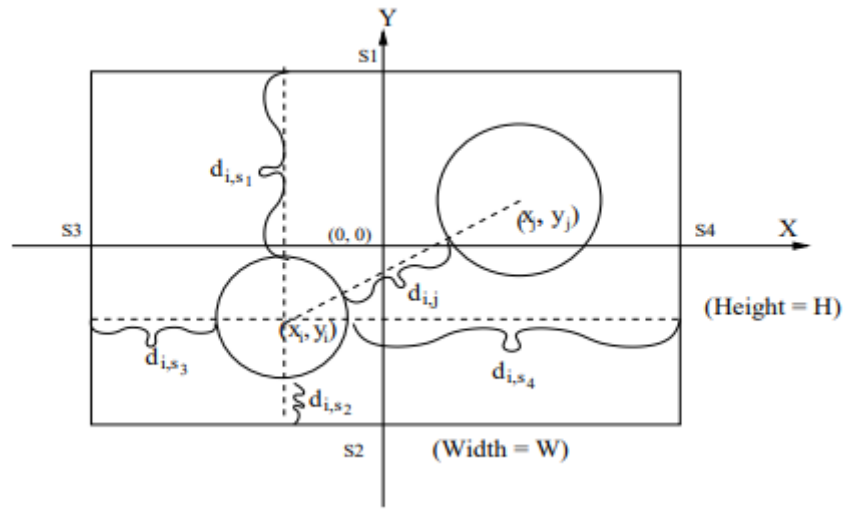
$$\frac{H}{2} + y_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\frac{W}{2} + x_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\frac{W}{2} - x_i - r_i \geq 0, i \in \{1, \dots, n\}$$

$$\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - r_i - r_j \geq 0, i \neq j \in \{1, \dots, n\}$$

Circle  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  placed in a rectangle, it should not go beyond the



rectangle.

Figure 6 – Circles in a rectangle.

Thus, the distance from the sides of the rectangle to the circle  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  will be defined as follows (Figure 6):

$$d_{i,s1} = \frac{H}{2} - y_i - r_i$$

$$d_{i,s2} = \frac{H}{2} + y_i - r_i$$

$$d_{i,s3} = \frac{W}{2} + x_i - r_i$$

$$d_{i,s4} = \frac{W}{2} - x_i - r_i$$

Circles  $c_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  they cannot overlap each other, so the distance between them will be defined as:

$$d_{i,j} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} - r_i - r_j$$

In order to assess the level of the possibility of placing circles, we will use a quantitative measure:

$$\lambda = (1 - \frac{d_{\min}}{r_i}).$$

If the circle is packed by angular placement (touches two sides of the rectangle), then  $d_{\min} = 0$  and  $\lambda = 1$ . This means that the circle takes up completely free space. Otherwise – when  $\lambda < 1$  there is an overlap of circles on each other [8].

Known solutions to the problem of packing circles are collected by Professor Eckehard Specht and presented on the website [13], practical applications of the solution are given in publications [14, 15].

### **1.3. Application of statistical analysis**

In order to assess the significance of the impact of the application, it is necessary to conduct a number of test activities. Based on the results of control measures (tests), using statistics, it is possible to assess the level of significance of the product's effect on cognitive brain functions.

Statistical comparison of the results consists in the use of single-factor analysis of variance. This method allows you to analyze the influence of various factors on the results of the experiment by examining the significance of differences in average values.

## **2. Design**

### **2.1. General information**

To implement an application called "SmartBrain", you need to graphically demonstrate user actions using a graphical description of the UML. In the game, one player is a user who draws a line, and then places circles depending on what size they turned out to be.

### **2.2. Stack of used technologies**

Among the huge selection of tools for game development, I chose the Android Studio development environment, the Kotlin programming languages (for gameplay) and Python (for generating circles).

Android Studio is an integrated development environment produced by Google, with the help of which developers have access to tools for creating

applications on the Android OS platform. Android Studio can be installed on Windows, Mac and Linux. A developer account in the Google Play App Store costs \$25. Android Studio was created on the basis of IntelliJ IDEA [10].

Dignities:

- the development environment supports working with several programming languages, which include the most popular – C/C++, Java and even Python;

- a code editor that is convenient to work with;

- testing the correctness of new games, utilities, and their performance on a particular system takes place directly in the emulator [11].

### **2.3. Interface and gameplay**

Let's move on to a detailed consideration of the principle of the casual type of game.

Gameplay – the player needs to place coins (circles) in a wallet (geometric shape) without overlapping. The wallet can be a triangle, rectangle or hexagon.

2. The user draws a line (Figure 8a, black curve), the program automatically samples this line into a frequency histogram using the alias method.
3. Random numbers (circle radii) are generated, the distribution of which corresponds to the histogram (Figure 8b).
4. A geometric shape (wallet) appears on the device screen, in which you need to place the circles without overlapping (Figure 8c).
5. After the end of the game, the packing density is calculated: the ratio of the total area of coins placed in the wallet to the area of the wallet. According to this ratio (in %), the player's points are awarded (Figure 9).



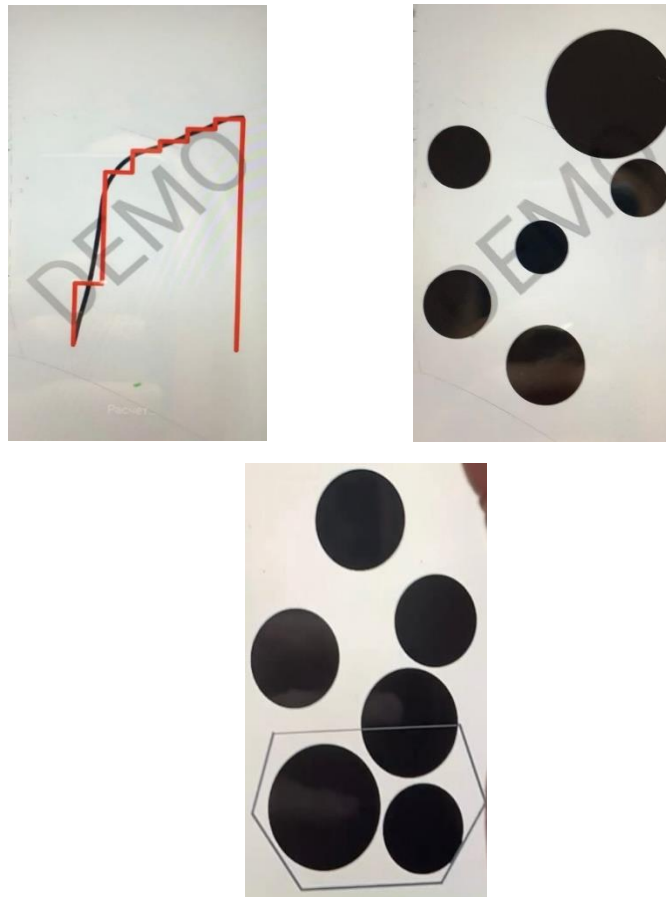


Figure 8 – a) Line and histogram, b) generated circles, c) coins and wallet

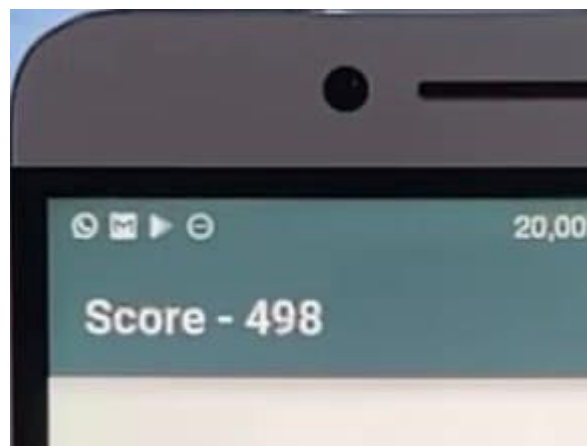


Figure 9 – Points received.

### 3. Block diagram of the interaction of the main modules of the application

#### 3.1. Coin Generation

The main game elements are coins, the radii of which are determined by the line drawn by the user.

### 3.2. Software implementation of the frequency histogram

At the beginning of the game, the user draws a line on the screen, which is sampled into a frequency histogram. The drawing controller is implemented in the CtrlLine class. The line is defined by an array of points `points: List<Point>()`.

Drawing algorithm:

4. At the moment of touching the screen – the `touchStart(x: Float, y: Float)` method, we remember adding the touch point to `points`;
5. We track the movement event on the screen – the `touchMove(x: Float, y: Float)` method – and calculate the current offset `dx` along the X axis: `Float = x - prevX`, with a positive offset, we enter the current touch point in the `points` array, otherwise we ignore the current point;
6. At the moment of touch interruption – the `touchEnd()` method – we finish forming the line and send it for further processing.

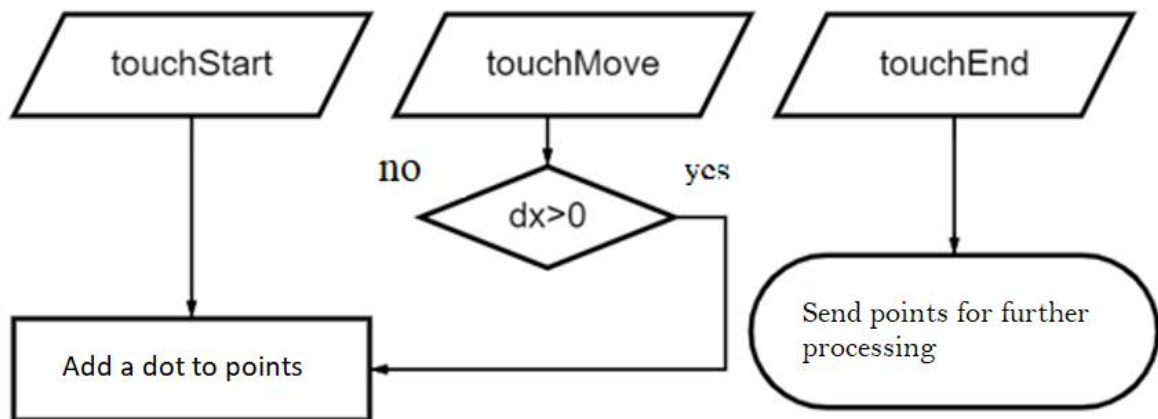


Figure 10 – Probability distribution.

### 3.3. Discrediting the probability distribution

At this stage, we will convert the distribution drawn by the user into a histogram. The conversion controller is implemented in the Ctrl Histogram class. To convert, divide the line along the X axis into 6 equal intervals: `intervals = List<Interval>` and calculate the arithmetic mean of all points of the user line at each interval.

### 3.4. Getting the dimensions of circles

At this stage, we pass the resulting array of average values of intervals to Python code and get ready-made radiuses of coins radiuses: List<Float>.

### 3.5. Wallet

The next important game object is a wallet (a geometric figure) in which the user needs to place coins.

### 3.6. Choosing a wallet model

The wallet model is selected randomly from several predefined models: triangle, rectangle or hexagon.

### 3.7. The algorithm for moving coins

Coin movement algorithm:

At the moment of touching the screen – the touchStart method – we remember the touch point in the variables prevX and prevY;

We track the movement event on the screen – the touchMove method – calculate the current offset along the axes:

dx: Float = x - prevX

dy: Float = y - prevY.

Add the resulting offset to the position of the center of the coin:

cX += dX

cY += Dy.

Memorize the new values of prevX and prevY.

At the moment of touch interruption – touchEnd() – we finish forming the line and send it for further processing.

### 3.8. Overlapping coins with each other

We check the overlap of coins by the distance between their coins.

$$distance = \sqrt{(x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2}$$

If the distance is less than the sum of the radii of the coins, then the coins intersect with each other.

$$isIntersection = distance < radius1 + radius2$$

### **3.9. The exit of the coin beyond the boundaries of the screen**

Checking the exit of the coin beyond the boundaries of the screen is determined by the distance of the center of the coin to all borders:

```
isIntersection =  
coin.cX < coin.radius ||  
coin.cX > screenWidth - coin.radius ||  
coin.cY < coin.radius ||  
coin.cY > screenHeight - coin.radius
```

### **3.10. Putting a coin on the borders of the wallet**

The check of the coin overlay on the wallet border is defined as the intersection with each line of the wallet border borders: List<Line>. The intersection of the coin with the wallet line is found by the algorithm:

- Divide the segment into short (much smaller than the radius of the circle) segments and get an array of points evenly distributed along the line;
- Check each received point for the intersection with the circle.

### **3.11. Automatic coin packaging**

The problem of automatic coin packaging is solved in the application by the combinatorial method. The optimal position of the coin in the wallet is calculated by iterating through all possible positions starting from the bottom left point of the wallet with a minimum offset of the coin horizontally and vertically.

### **3.12. Scoring and saving game results**

After the end of the game, the area in which the player placed the circles is programmatically calculated. The packing density (in %) is calculated from this area – these are the player's points.

To save the maximum amount of points, we use the standard mechanism of the operating system – SharedPreferences.

If the current result of the game is greater than the saved one, we replace the value with the current one.

#### **4. Operation of the software product**

##### **4.1. Verification and testing**

The main task of the project is to train the cognitive functions of the brain. In order to make sure that the application really trains the brain, a study was conducted.

To conduct the experiment, 40 schoolchildren (average age 7.5 years) were collected, who were randomly divided into two groups of 20 people: experimental and control. Within 10 minutes, all participants individually solved logic problems (Table 3). Then the experimental group was asked to play the developed application for 20 minutes, and the control group wrote an essay on "Why I like programming". Table 2 – List of questions for preliminary testing.

1. The train consists of 12 cars. Marat got into the 6th car from the head of the train, and Andrey got into the 6th car from the tail of the train. Were Marat and Andrey traveling in the same car?
2. Three girls have 2 colored balls: Olya has blue and red, Katya has green and red, Lana has yellow and blue. How many balls of different colors do children have?
3. Karina was walking and saw 4 ducks, 2 geese, a beetle, 4 butterflies and a neighbor's dog by the river. How many birds has Karina seen?
4. The staircase consists of 9 steps. What step do you need to stand on to be in the middle of the stairs?
5. Mom gave her sons 8 candies each. In the evening, the older one has 3 candies left, and the younger one has 1 candy. Who ate more?
6. A watermelon and a melon together weigh 5 kg, and two watermelons and a melon weigh 8 kg. How much does one watermelon and one melon weigh?

7. Two third graders were going to school in the second shift. They met three first—graders - students of the first shift. How many students went to school in total?
8. The brother and sister had nuts equally. The brother gave his sister 3 nuts. How many nuts did the sister have more than the brother.
9. Ruslan is older than Andrey. Kirill is younger than Sasha, but older than Ruslan. Which of them is the oldest and the youngest?
10. Dogs and chickens were walking in the yard. Only 10 paws. How many chickens could there be and how many dogs. How many possible answers?

Then, within 10 minutes, both groups solved logic problems (Table 3).

Table 3 is a list of questions for final testing.

11. Kolya was treated to sweets. He ate half of the candies, and took the remaining 5 candies to his brother. How many candies were given to Cola?
12. Mom needs to plant tomato seedlings in a row 3 m long. The distance between the seedlings is 30 cm. How many tomato seedlings should be harvested for planting?
13. Tolya, Shurik and Anton were fishing. Each of them caught a different number of fish. Tolya and Shurik caught 6 fish together, and Anton and Tolya caught 4 fish. How many fish did each of the boys catch?
14. At the physical education lesson, the children lined up in one row with an interval of 1 m. The row stretched for 20 m. How many children were in the lesson?
15. Ira wants to make a bouquet of red and yellow tulips so that there are 3 flowers in it. How many different bouquets can an Ira make?

<p>16. A watermelon weighs 3 kg and another half of a watermelon. How much does a watermelon weigh?</p>
<p>17. The weight of the milk can is 34 kg, and the weight of the half-filled can is 18 kg. What is the mass of an empty can?</p>
<p>18. How to weigh 4 kg of sugar if there are weights of 3 kg and 5 kg?</p>
<p>19. On one side of the scale there are 5 identical apples and 3 identical pears, on the other side there are 4 apples and 4 pears. Which is easier: an apple or a pear?</p>
<p>20. Mom bought products: 1 kg of salt, 2 kg of buckwheat, 3 kg of rice, 4 kg of sugar, 5 kg of carrots, 6 kg of onions, 7 kg of potatoes. How to decompose products into two packages so that their mass is the same.</p>