

Программные системы и вычислительные методы*Правильная ссылка на статью:*

Плетнева А.О., Янчус В.Э. Разработка методики тестирования мобильного приложения на основе технологии ай-трекинга // Программные системы и вычислительные методы. 2025. № 1. DOI: 10.7256/2454-0714.2025.1.69889 EDN: VCNGRM URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=69889

Разработка методики тестирования мобильного приложения на основе технологии ай-трекинга**Плетнева Алиса Олеговна**

ORCID: 0009-0009-1502-2660

магистр, Высшая школа дизайна и архитектуры, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, оф. 29АФ

 pletneva.alisa2010@yandex.ru**Янчус Виктор Эдмундасович**

ORCID: 0000-0001-7220-0819

кандидат технических наук

преподаватель Высшей школы дизайна и архитектуры Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

194064, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29, оф. 29АФ

 victorimop@mail.ru[Статья из рубрики "Компьютерная графика, обработка изображений и распознавание образов"](#)**DOI:**

10.7256/2454-0714.2025.1.69889

EDN:

VCNGRM

Дата направления статьи в редакцию:

18-02-2024

Аннотация: Предметом исследования выступают средства компьютерной графики для разработки мобильного приложения. Объектом исследования является мобильное приложение. Подробно с точки зрения дизайна рассматриваются 4 фактора влияния на восприятие информации в мобильном приложении: цветовое решение, композиционное решение, шрифт и количество букв в управляющих словах. Был разработан

эксперимент, который проводился с помощью технологии ай-трекинга в специальном программном модуле. Он включает в себя 72 стимула и 1 поставленную задачу, которую необходимо решить участникам эксперимента. Особое внимание уделяется особенности мобильного приложения, она заключается в том, что вся информация находится в поле центрального зрения человека, периферийное зрение при работе в этой среде слабо задействуется. Следовательно, влияние саккад на шаблон рассматривания интерфейса мобильного приложения значительно меньше, чем при взаимодействии человека с графическим интерфейсом приложений и сайтов, ориентированных на воспроизведение на большем экране персонального компьютера. Технология ай-трекинга и методы математической статистики для проведения экспериментальных исследований восприятия визуальной информации человеком в графическом интерфейсе мобильных приложений. Научная новизна заключается в применении технологии ай-трекинга для экспериментального исследования восприятия визуальной информации человеком в графическом интерфейсе мобильных приложений. Быстрее всего участники эксперимента решали задачу в сине-оранжевом и бело-черном цветовых сочетаниях стимульного материала, а также наиболее быстро испытуемые решали задачи с крупными активными элементами в композиционном решении. Также проявляется статистически значимое влияние шрифта с засечками. При его использовании в стимульном материале испытуемые решают задачу эксперимента быстрее. Интересным наблюдением стало то, что длинные слова воспринимались испытуемыми быстрее коротких. Таким образом, все выделенные факторы: цветовое решение, композиционное решение, шрифт и количество букв в управляющих словах влияют на восприятие в мобильном приложении, но при определенных условиях. Результаты работы: 1. Разработанная методика продемонстрировала свою работоспособность; 2. Данная методика может быть использована для тестирования мобильных приложений; 3. Данная методика позволяет разработать мобильное приложение с учетом выделенных рекомендаций; 4. Необходимо разрабатывать следующие задачи для проведения новых экспериментов.

Ключевые слова:

Мобильное приложение, Технология ай-трекинга, Фиксации, Саккады, Центральное зрение, Периферийное зрение, Цветовое решение, Композиционное решение, Шрифт, Управляющие слова

В настоящее время мы регулярно взаимодействуем с различными гаджетами: телевизор, компьютер, планшет, мобильный телефон. Последний используется ежедневно для различных задач, например, для мобильной связи, для общения в мессенджерах и социальных сетях, а также для мобильных приложений [\[1\]](#). Кроме того, выход в Интернет является востребованной функцией современного смартфона, так как с его помощью можно в короткие сроки получить доступ к необходимой информации, развлекательному контенту, и приобрести необходимые товары и услуги [\[2\]](#). Смартфон – довольно небольшое устройство, вмещающее в себя много информации, которую необходимо обрабатывать и анализировать для достижения пользователем поставленной цели. По этой причине многие компании разрабатывают мобильные приложения [\[3,4\]](#). Мобильное приложение – это специальная программа для смартфона, установленная на определенной платформе (наиболее распространенные платформы: iOS и Android), обладающая функционалом, позволяющим выполнять определенные действия в

зависимости от тех задач, которые необходимо решить [\[2,5\]](#).

При проектировании мобильных приложений необходимо использовать узнаваемые пользователю элементы. Для этого мобильное приложение должно обладать следующими характеристиками:

1. Очевидность и ясность для пользователя;
- 2 . Понятность. Пользователи должны понимать, с какими элементами они взаимодействуют;
- 3 . Предсказуемость в процессе взаимодействия с элементами мобильного приложения [\[6\]](#).

Мобильное приложение нужно разрабатывать максимально простым и понятным, чтобы у пользователя сохранялось ощущение прямого управления объектом его внимания [\[7\]](#).

При проектировании мобильного приложения основными элементами, с точки зрения дизайна, являются: цветовое решение, композиционное решение и выбор шрифта [\[8\]](#). Также мобильное приложение наполняется текстом. Текст должен быть четким, понятным и структурированным. Пользователь может находиться в различных условиях наблюдения: смотреть в экран телефона под ярким солнцем на улице, на бегу или с низкой яркостью экрана по причине низкого заряда. Все эти факторы могут сильно влиять на восприятие текста и прочей информации [\[9\]](#).

Цель работы – разработка методики исследования восприятия визуальной информации в мобильном приложении. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- разработать стимульный материал;
- разработать задачу для испытуемых;
- создать эксперимент в специализированном программном модуле;
- проанализировать результаты, полученные в ходе проведенного эксперимента, средствами математической статистики.

В качестве гипотезы выдвигается предположение о том, что все факторы: цветовое решение, композиционное решение, шрифт и количество букв в управляющих словах влияют на скорость решения поставленной задачи испытуемым при взаимодействии с графическим интерфейсом мобильного приложения.

В настоящей работе будет рассматриваться влияние факторов цветового решения, композиционного решения, типа шрифта и количества букв в управляющих словах на скорость решения условной задачи испытуемым при рассматривании стимула, имитирующего интерфейс мобильного приложения, при помощи технологии ай-трекинга (Рис. 1).

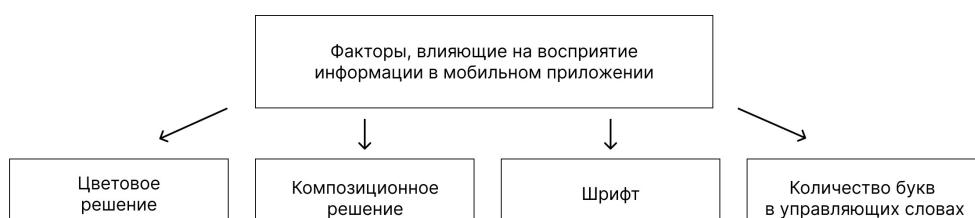


Рис. 1 – Факторы, влияющие на восприятие информации в мобильном приложении

Технология ай-трекинга используется в различных областях жизнедеятельности человека: в образовании, в науке, в маркетинге. В последнем данной технология используется для тестирования рекламы, упаковки, юзабилити сайтов при помощи стационарного или мобильного оборудования – ай-трекера [\[10,11\]](#).

Среди параметров шаблона рассматривания наибольший интерес вызывают фиксации – области, в которых взгляд пользователя задерживается на продолжительное время, в течение которого происходит восприятие информации. Процесс движения взгляда пользователя между точками фиксации называется «саккада». Воспроизведение саккад показывает, какой путь проделывает взгляд между точками фиксации [\[12\]](#).

Особенность мобильного приложения заключается в том, что вся информация находится в поле центрального зрения человека, периферийное зрение при работе в этой среде слабо задействуется (Рис. 2) [\[13,14\]](#). Следовательно, влияние саккад на шаблон рассматривания интерфейса мобильного приложения значительно меньше, чем при взаимодействии человека с графическим интерфейсом приложений и сайтов, ориентированных на воспроизведение на большем экране персонального компьютера.

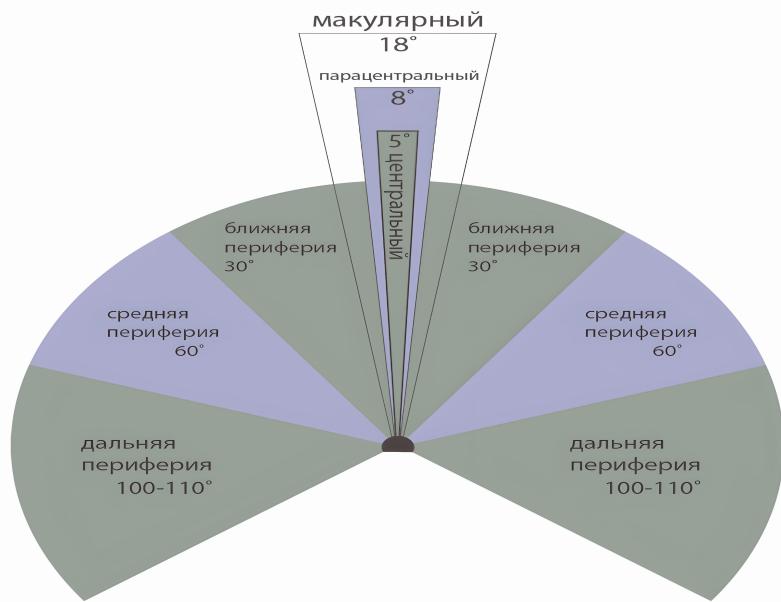


Рис. 2 – Области зрения человека

В настоящей работе в качестве экспериментальной установки был применен программно-аппаратный комплекс ай-трекинга. С помощью данного оборудования создается набор данных, записывая координаты определенное количество раз в секунду [\[15\]](#). Затем этот набор данных можно визуализировать и интерпретировать, чтобы выявить поведение, незаметное для пользователя. Отслеживание взгляда (ай-трекинг, окулография) – это технология, которая позволяет узнать направление взгляда человека, предмет его интереса и продолжительность фокусировки [\[16,17,18\]](#). Прибор ай-трекер позволяет получить набор параметрических данных в виде координат движения взора человека по стимульному материалу [\[19\]](#). Далее эти экспериментальные данные подвергаются статистическому анализу с целью выявления статистически значимых зависимостей влияния факторов на параметры шаблона рассматривания стимульного материала.

С учетом выделенных факторов влияния на восприятие информации в мобильном

приложении был разработан стимульный материал, который содержит в себе факторы в различных комбинациях. Первый фактор – цветовое решение. Для стимульного материала были выбраны следующие цветовые сочетания: черно-белый, бело-черный, красно-зеленый, зелено-красный, сине-оранжевый и оранжево-синий. Примеры стимульного материала в различных цветовых решениях представлены на рисунке 3.

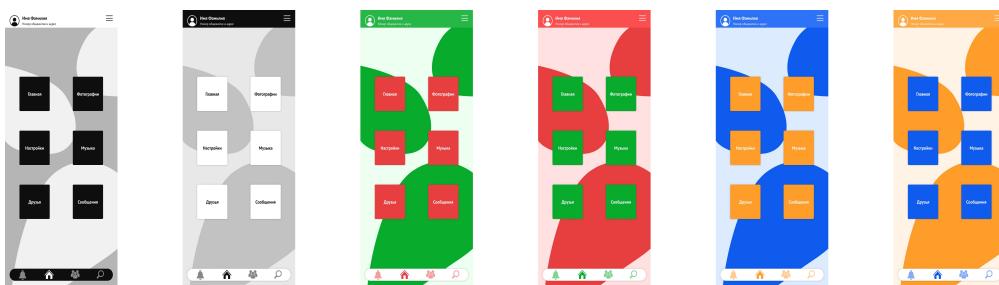


Рис. 3 – Фактор «Цветовое решение»

Цветовое решение стимульного материала выбиралось исходя из теории цветовых контрастов И. Иттена [\[20\]](#) и схемы цветового зрения Ф. Юрьева (Рис. 4) [\[21\]](#).

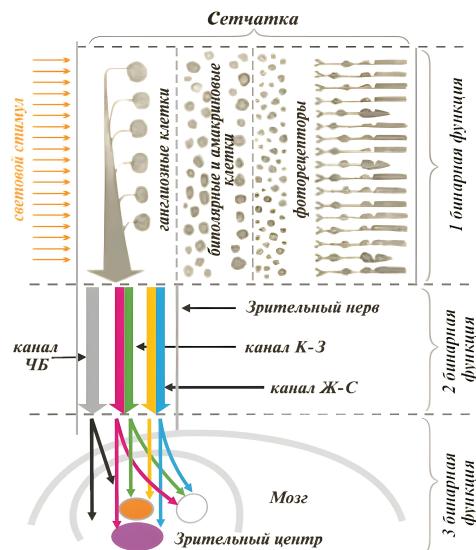


Рис. 4 – Схема цветового зрения человека

Второй фактор – композиционное решение, его основными элементами выступают квадратные плитки трех размеров. Данный фактор был определен в виде размера активных элементов: маленький, средний и крупный (Рис. 5). Они представлены в виде 6 равных квадратных плиток с расположенными на них управляющими словами и четырех иконок быстрого доступа. Размеры квадратных плиток 105*105px, 140*140px, 175*175px (разница между размерами - 35px). Они были выбраны с учетом размеров экрана смартфона. Такое композиционное решение было выбрано, исходя из проведенного предварительного исследования [\[8\]](#), и представляет собой доработанную методику проведения эксперимента.

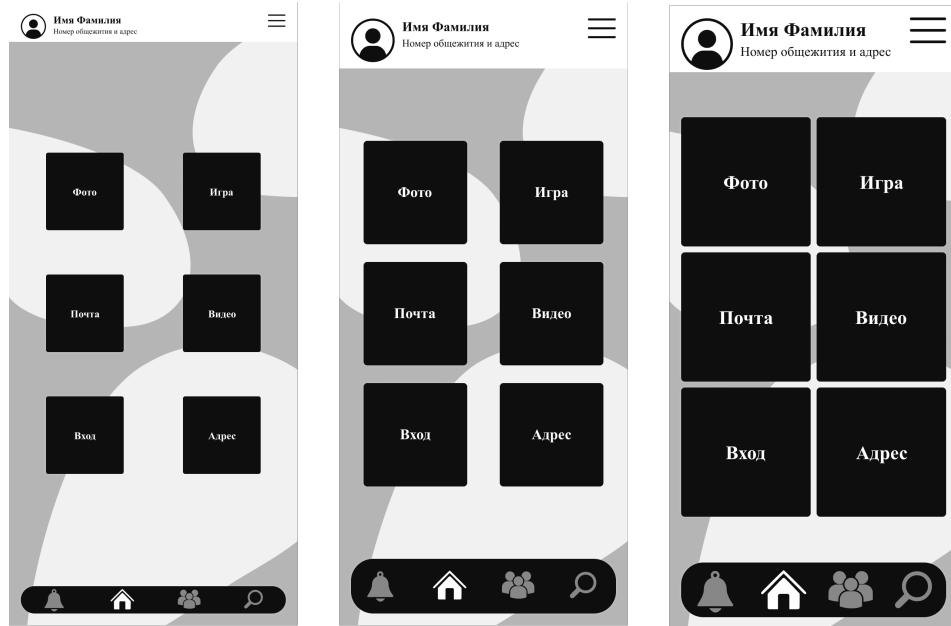


Рис. 5 – Фактор «Композиционное решение»

Третий фактор – тип шрифта. Для создания модели мобильного приложения были выбраны 2 шрифта – с засечками и без засечек. Шрифт с засечками – «Times New Roman», без засечек – «PT Sans» (Рис. 6).

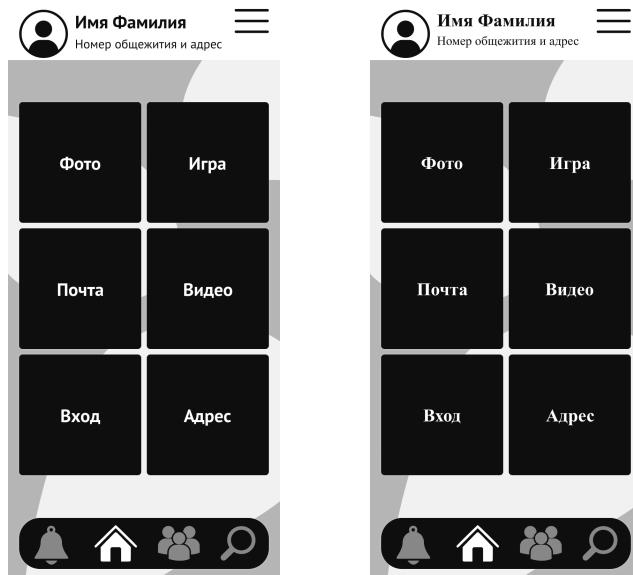


Рис. 6 – Фактор «Шрифт»

Четвертый фактор – количество букв в управляющих словах. Для проведения исследования были выбраны слова, которые используются в мобильных приложениях. Мобильные приложения делятся по различным категориям, например, мессенджеры, финансы, музыка, соц. сети, исходя из того, для какой аудитории оно разрабатывается и какие цели преследует [7]. Каждой категории мобильных приложений характерны собственные технические свойства и особенности, также как и управляющие слова. Используемые слова отличаются между собой по количеству букв. Короткие управляющие слова состоят из 4-5 букв, а длинные из 9-11 букв (Рис. 7).

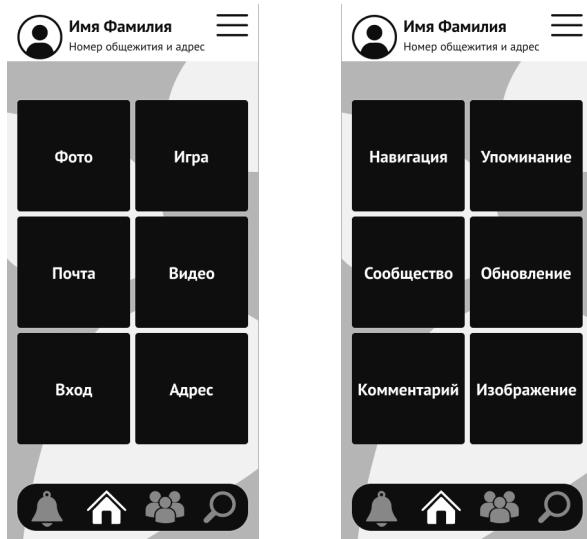


Рис. 7 – Фактор «Количество букв в управляющих словах»

Для проведения эксперимента было разработано 72 стимула с различным сочетанием исследуемых факторов. Для испытуемых была определена следующая задача: «Посмотрите на иконку и нажмите на плитку». После нажатия на нужный элемент в стимуле испытуемый автоматически переходил к следующему стимулу. Задача эксперимента позволяет проанализировать эффективность решения испытуемым поставленных задач в зависимости от цветового решения, композиционного решения, шрифта и количества букв в управляющих словах в мобильном приложении. Отображение задачи в программном экспериментальном модуле представлено на рисунке 8.



Рис. 8 – Задача для испытуемых в эксперименте

Эксперимент был проведен в специализированном программно-аппаратном комплексе с технологией ай-трекинга SMI RED 250 [22]. Для проведения исследования было выделено помещение, в котором была зафиксирована экспериментальная установка, включающая в себя ай-трекер, монитор с разрешением экрана 1920*1080 px и размером экрана 450*280 мм, стол, офисное кресло и офтальмологическую подставку под подбородок для фиксации головы участников эксперимента.

В исследовании приняли участие 36 человек – 20 женщин и 16 мужчин в возрасте от 20 до 30 лет из числа студентов и преподавателей Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Участники эксперимента были разбиты на группы по следующим признакам:

- гендерный признак (мужской/женский);
- тип образования (гуманитарное/техническое);
- наличие художественной подготовки (имеется/не имеется).

Каждый фактор, влияющий на восприятие информации в мобильном приложении, отображается в заданной системе кодирования:

1. Цветовое решение: bW – бело-черное, wB – черно-белое, rG – красно-зеленое, gR – зелено-красное, oB – оранжево-синее, bO – сине-оранжевое, где строчная буква представляет собой цвет плашек, а прописная цвет фона;
2. Композиционное решение: b – большие квадратные плитки, m – средние квадратные плитки, s – маленькие квадратные плитки;
3. Шрифт: z – с засечками, n – без засечек;
4. Количество букв в управляющих словах: ln – слово из 9-11 букв, sh – слово из 4-5 букв;
5. Пол: 0 – женский, 1 – мужской;
6. Образование: 0 – гуманитарное, 1 – техническое;
7. Художественная подготовка: 0 – не имеется, 1 – имеется.

Всего в эксперименте было собрано 18543 фиксаций и 16810 саккад. Результаты эксперимента были обработаны посредством программной процедуры дисперсионного анализа ANOVA. Данная процедура использует стандартные статистические методы и встроена во все автоматизированные системы статистической обработки экспериментальных данных [23]. Для анализа результатов эксперимента использовалось автоматизированный комплекс обработки экспериментальных данных STATISTICA [24]. Уровень значимости p-value был принят равным 0.05. Результаты исследования представлены на рисунках далее.

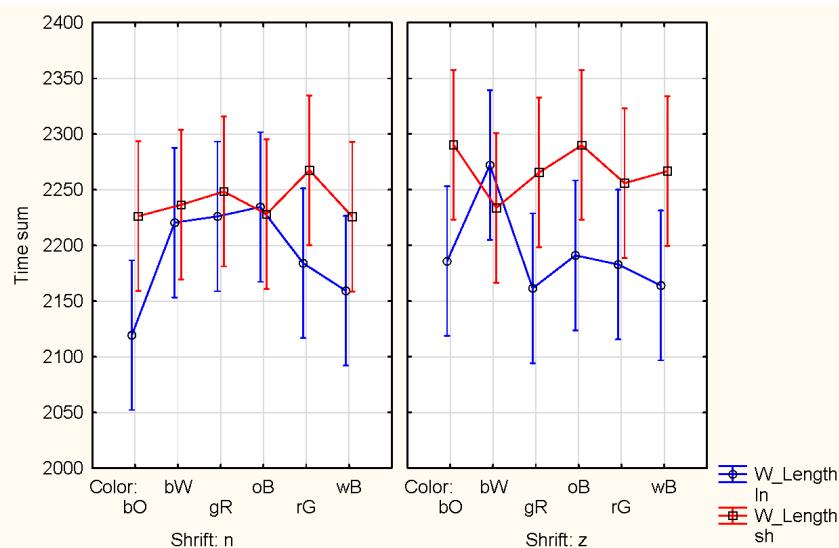


Рис. 9 – Плотность распределения времени рассматривания стимула в зависимости от шрифта, количества букв в слове и цветового решения

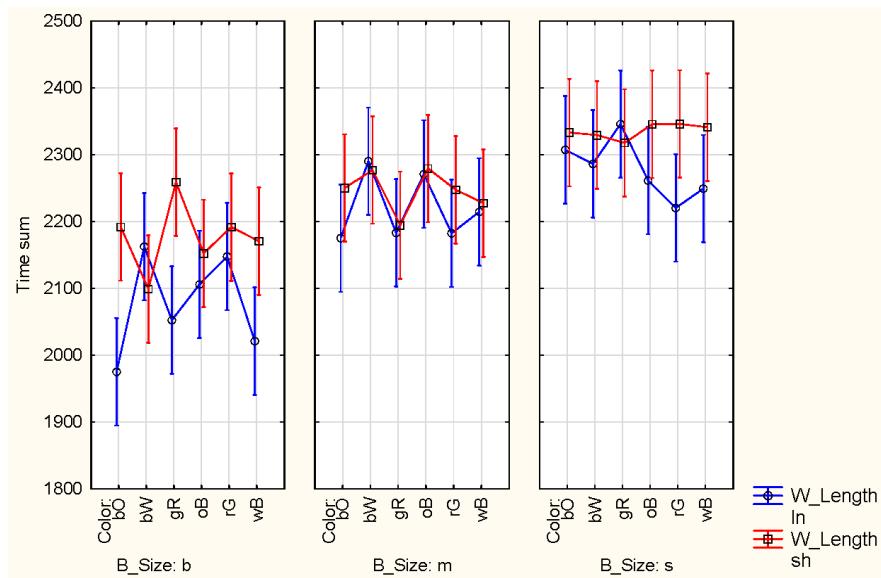


Рис. 10 – Плотность распределения времени рассматривания стимула в зависимости от композиционного решения, количества букв в слове и цветового решения

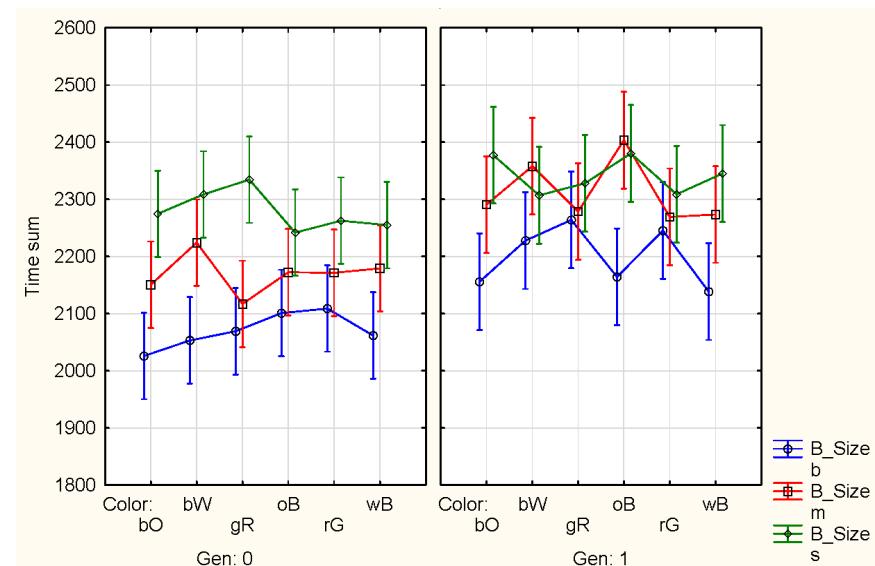


Рис. 11 – Плотность распределения времени рассматривания стимула в зависимости от пола, композиционного решения и цветового решения

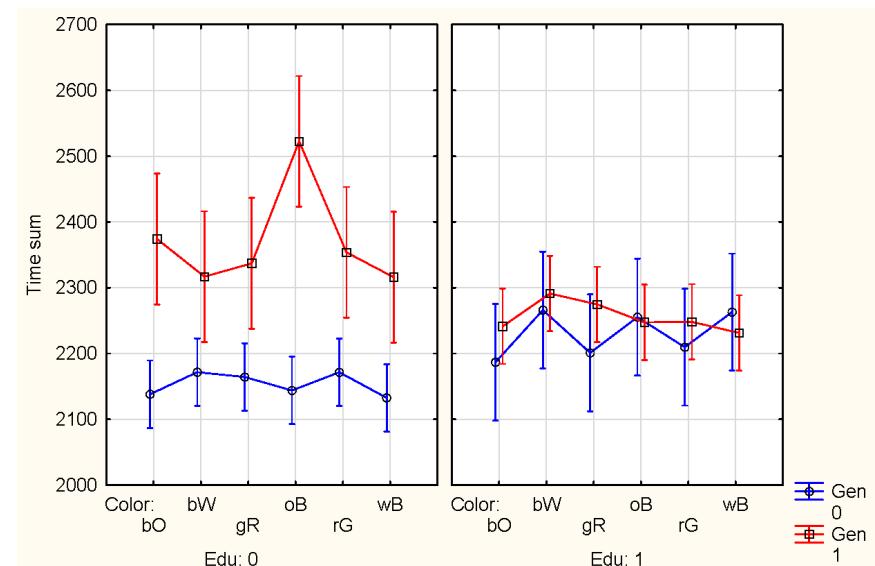


Рис. 12 – Плотность распределения времени рассматривания стимула в зависимости от

поля, образования и цветового решения

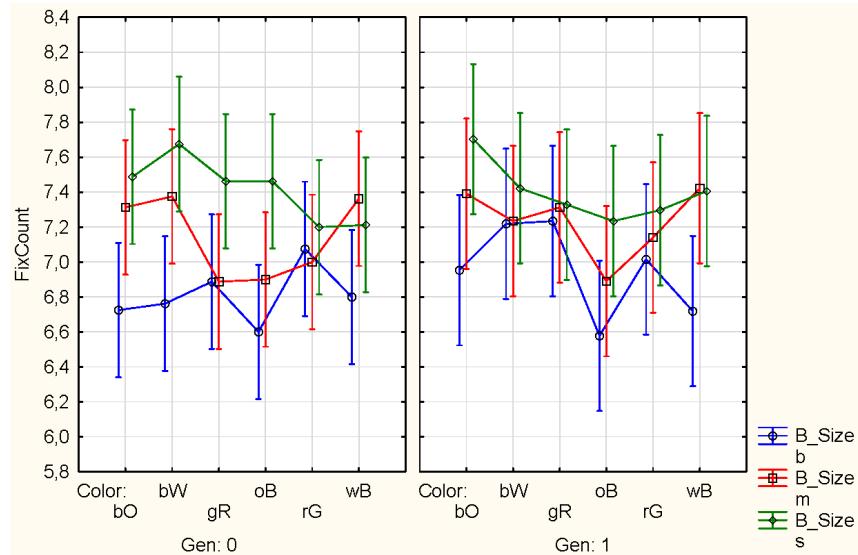


Рис. 13 – Плотность распределения количества фиксаций при рассматривании стимула в зависимости от пола, композиционного решения и цветового решения

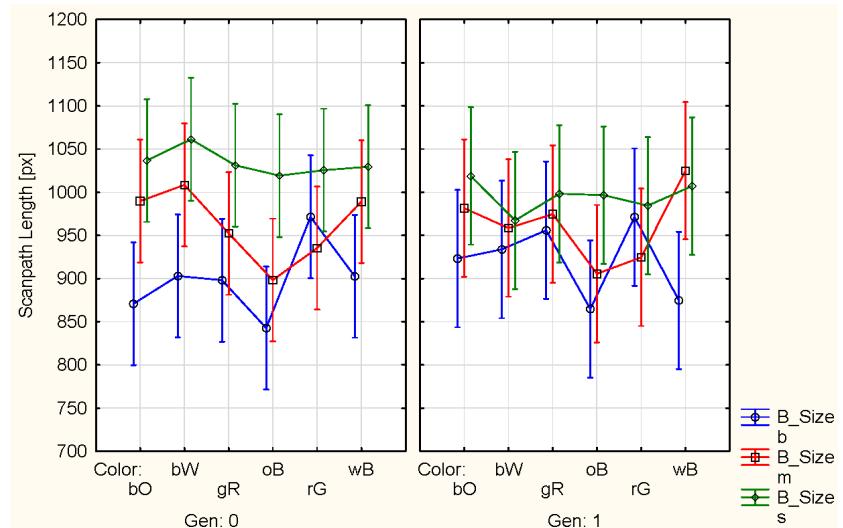


Рис. 14 – Плотность распределения расстояния пройденными саккадами при рассматривании стимула в зависимости от пола, композиционного решения и цветового решения

Шесть представленных графиков (9,10,11,12,13,14) демонстрируют, что быстрее всего участники эксперимента решали задачу в сине-оранжевом и бело-черном цветовых сочетаниях стимульного материала, а также наиболее быстро испытуемые решали задачи с крупными активными элементами в композиционном решении.

Кроме того, эксперимент показал, что такие выделенные категории, как образование (техническое/гуманитарное), пол (мужской/женский), художественная подготовка (имеется/не имеется) тоже имеют статистическое влияние на восприятие информации в мобильном приложении. Женщины решали поставленные задачи быстрее мужчин. Женщины с гуманитарным образованием решали поставленные задачи быстрее мужчин с гуманитарным образованием. Женщины и мужчины с техническим образованием справились с представленными задачами одинаково. Прослеживание влияния пола (Gen) и образования (Edu) подтверждается данными, собранными при помощи процедуры ANOVA. Было выявлено, что факторы: «Пол» (Gen) и «Образование» (Edu) меньше 0.05.

Это позволяет предположить, что указанные факторы влияют на решение поставленной в эксперименте задачи (Таблица 1).

Таблица 1 – Значения p-value, полученные в результате выполнения программной процедуры дисперсионного анализа ANOVA. Факторы: Color, Gen, Edu

Фактор	P-value
Color	0,293
Gen	0,000001
Edu	0,238
Color*Edu	0,379
Color*Gen	0,3
Gen*Edu	0,000001

Далее мы увидели, что проявляется статистически значимое влияние шрифта с засечками. При его использовании в стимульном материале испытуемые решают задачу эксперимента быстрее. Интересным наблюдением стало то, что длинные слова воспринимались испытуемыми быстрее коротких, это можно увидеть в статистических данных процедуры ANOVA: фактор «количество букв в управляющих словах» (W_Length) меньше 0.05, поэтому можно предположить, что данный фактор влияет на решение поставленной в эксперименте задачи (Таблица 2).

Таблица 2 – Значения p-value, полученные в результате выполнения программной процедуры дисперсионного анализа ANOVA. Факторы: Color, W_Length, Shrift

Фактор	P-value
Color	0,559
W_Length	0,000013
Shrift	0,275

Таким образом, все выделенные факторы: цветовое решение, композиционное решение, шрифт и количество букв в управляющих словах влияют на восприятие в мобильном приложении, но при определенных условиях.

Полученные результаты позволяют разработать следующие рекомендации для разработки мобильного приложения:

1. Светлая и темная темы, в которых будут отображаться различные шрифты: светлая тема – шрифт без засечек, темная тема – шрифт с засечками;
- 2 . Элементы мобильного приложения в черно-белом и сине-оранжевом цветовых сочетаниях;
3. Длинные слова в элементах мобильного приложения;
4. Крупные квадратные плитки, расположенные на экранах мобильного приложения;
5. Разделение мобильного приложения по половому признаку.

Данные рекомендации могут быть дополнены и расширены благодаря проведению дополнительных исследований с помощью технологии ай-трекинга.

Результаты работы:

1. Разработанная методика продемонстрировала свою работоспособность;

2. Данная методика может быть использована для тестирования мобильных приложений;
3. Данная методика позволяет разработать мобильное приложение с учетом выделенных рекомендаций;
4. Необходимо разрабатывать следующие задачи для проведения новых экспериментов.

Апробация разработанной методики прошла успешно, были выделены рекомендации, которые могут помочь при разработке мобильного приложения. Кроме того, методика показала результаты, которые требуют проведения дополнительных, более глубоких исследований.

Библиография

1. Морева Д.В., Камальдинова З.Ф. Особенности тестирования мобильных приложений // Цифровые технологии: настоящее и будущее. 2022. С. 87-92.
2. Заяц А.М., Васильев Н.П. Введение в гибридные технологии разработки мобильных приложений. Спб.: «Лань», 2022.
3. Сугаипов С.А.А., Гериханов З.А. Искусство разработки мобильных приложений // Тенденции развития науки и образования. 2023. № 98-10. С. 134-136.
4. Пантилейкин Н.В. Мобильные приложения и их виды // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 26. С. 776-780.
5. Богданова В.С. Принципы разработки интерфейса мобильного приложения // Наука и производство Урала. 2021. Т. 17. С. 108-110.
6. Плетнева А.О., Янчус В.Э. Разработка методики тестирования мобильного приложения на основе технологии ай-трекинга // Труды международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон». 2023. № 33. С. 959-968.
7. Гиматдинов Р.С. Тенденции развития сферы разработки мобильных приложений // Вопросы студенческой науки. 2019. № 6(34). С. 359-362.
8. Овчинников М.А., Овчинникова М.А. Оценка качества пользовательского интерфейса при помощи технологии отслеживания взгляда // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности. 2023. С. 75-77.
9. Лаптев М.В., Янчус В.Э., Лаптев В.В. Выявление зон интереса пользователя при визуализации данных с использованием метода ай-трекинга // ООО «ПСК "ФРАМ"». 2023. С. 49-62.
10. Хейфиц А.Е., Янчус В.Э., Боревич Е.В. Методика проведения экспериментального исследования восприятия графического интерфейса с применением технологии ай-трекинга // Программные системы и вычислительные методы. 2022. № 2. С. 52-62.
11. Сарычева Ю.Ю., Федоров В.О. Применение устройств отслеживания взгляда при исследовании интерфейсов программных продуктов // Научно-практический электронный журнал. 2022. Т. 12. № 8. С. 52-63.
12. Самогоров В.А., Конкина Е.Д. Теория цветовых контрастов Йоханнеса Иттена // Самарский вестник. 2021. Т. 11. № 3. С. 97-103.
13. Янчус В.Э., Боревич Е.В. Исследование значения цветового решения в процессе гармонизации кинокадра // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2016. № 4. С. 53-68.
14. Орлов П.А., Лаптев В.В., Иванов В.М. К вопросу о применении систем ай-трекинга // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2014. № 5(205). С. 84-94.
15. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. Москва: Наука, 1980.
16. Боровиков В.П. *Statisitica: искусство анализа данных на компьютере*. Спб: Питер, 2003.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Рассмотренная статья посвящена разработке методики тестирования мобильных приложений с использованием технологии ай-трекинга. Авторы акцентируют внимание на том, что современные пользователи активно взаимодействуют с различными гаджетами, в частности с мобильными телефонами, которые используются для широкого спектра задач. Смартфоны, благодаря своим функциональным возможностям, стали незаменимыми помощниками в повседневной жизни, обеспечивая доступ к Интернету, мобильной связи, социальным сетям, мессенджерам и множеству приложений. Учитывая малые размеры устройств и большой объем информации, которую необходимо обрабатывать, разработка мобильных приложений является значимой задачей для многих компаний.

Авторы подчеркивают важность проектирования мобильных приложений с учетом узнаваемых пользователем элементов, обеспечивая их очевидность, понятность и предсказуемость в процессе взаимодействия. Основные элементы дизайна включают цветовое решение, композицию и выбор шрифта, при этом особое внимание уделяется четкости, понятности и структурированности текста, что критически важно в условиях различных сценариев использования смартфонов.

Целью исследования является разработка методики исследования восприятия визуальной информации в мобильном приложении, для чего авторами были поставлены задачи по разработке стимульного материала, созданию задачи для испытуемых, проведению эксперимента в специализированном программном модуле и анализу результатов с помощью математической статистики. Гипотеза исследования заключается в том, что различные факторы, такие как цветовое и композиционное решение, шрифт и количество букв в управляющих словах, оказывают влияние на скорость решения задачи испытуемыми при взаимодействии с графическим интерфейсом мобильного приложения.

Для исследования был использован программно-аппаратный комплекс ай-трекинга, который позволяет записывать координаты взгляда пользователя и затем анализировать полученные данные для выявления поведенческих особенностей, незаметных для пользователя. Эти данные подвергаются статистическому анализу для выявления влияния различных факторов на шаблон восприятия информации.

В исследовании были выделены и тщательно изучены следующие факторы, влияющие на восприятие информации в мобильных приложениях:

1. Цветовое решение: использовались различные цветовые сочетания на основе теории цветовых контрастов И. Иттена и схемы цветового зрения Ф. Юрьева. Эти сочетания включали черно-белое, бело-черное, красно-зеленое, зелено-красное, сине-оранжевое и оранжево-синее.
2. Композиционное решение: рассматривались квадратные плитки трех различных размеров, расположенные на экране, чтобы изучить, как размер активных элементов влияет на восприятие.
3. Тип шрифта: использовались шрифты с засечками (например, Times New Roman) и без засечек (например, PT Sans) для оценки их влияния на удобство чтения и восприятие информации.
4. Количество букв в управляющих словах: анализировалось, как длина слов, используемых в интерфейсе, влияет на понимание и удобство использования приложения.

Считаю, что статья представляет собой ценный вклад в область разработки мобильных приложений, демонстрируя важность учета различных факторов, таких как цветовое и композиционное решение, выбор шрифта и длина слов, влияющих на восприятие пользователя. Результаты исследования, подкрепленные статистически значимыми данными, позволяют сформулировать конкретные рекомендации для разработчиков, направленные на повышение удобства и эффективности мобильных приложений.

Применение шрифта с засечками в темной теме и шрифта без засечек в светлой теме, а также использование черно-белых и сине-оранжевых цветовых сочетаний, могут значительно улучшить пользовательский опыт. Кроме того, включение длинных слов и крупных квадратных плиток в дизайн может способствовать более быстрому восприятию и обработке информации пользователем.

Особенно заслуживает внимания рекомендация по разделению приложения по половому признаку, что может открыть новые перспективы для персонализации пользовательского интерфейса. В целом, предложенные авторами рекомендации отражают глубокое понимание того, как детали дизайна могут влиять на функциональность и восприятие мобильных приложений, и предоставляют полезный инструментарий для разработчиков в этой области.