

УДК 612.845.5: 004.4

## ТЕХНОЛОГИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ



**В.В. Синицына**  
аспирант БГУИР, магистр



**А.М. Прудник**  
кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры ИПиЭ БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь  
E-mail: vladasinitsina1@gmail.com

### **В.В. Синицына**

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, магистр. Аспирант БГУИР. Проводит научные исследования методов и средств анализа и синтеза пользовательских интерфейсов для лиц с аномалиями цветового зрения.

### **А.М. Прудник**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

**Аннотация.** На сегодняшний день особенно важным является применение возможностей мобильных приложений для создания комфортных условий деятельности людей с теми или иными особенностями. В частности, исключительного внимания заслуживают приложения для категории людей с такими нарушениями зрения, как аномалии цветового зрения. Предложенные методы анализа характеристик мобильных приложений для лиц с особенностями цветовосприятия помогут лучше разобраться в актуальности данных приложений, особенностях их использования и необходимости последующих усовершенствований, реализация которых повысит качество взаимодействия лиц, имеющих аномалии цветового зрения, с приложениями. Кроме того, представленные методы исследования характеристик приложений и их *usability*-показателей полезны при структуризации и обработке больших данных в приложениях для пользователей с нарушениями цветовосприятия.

**Ключевые слова:** цветовая слепота, особенности цветовосприятия, мобильные приложения, количество скачиваний, рейтинг, функциональные возможности, большие данные.

### **Введение.**

Общеизвестно, что 90% информации об окружающем мире человеку дает зрение [1]. Так, зрение представляет собой главный канал восприятия информации, посредством которого человек может овладеть знаниями, представленными в виде текстов, картинок, жестов. Особая значимость обладания визуальной информацией делает необходимой разработку различных методов и средств, помогающих людям с проблемами зрения адаптироваться и комфортно существовать в мире постоянно циркулирующего потока данных.

Одним из нарушений зрения, которое мешает людям корректно воспринимать окружающую их визуальную информацию, является аномалия цветового зрения. Аномалии цветового зрения генетического происхождения свойственны 5-8% мужского и 0,5% женского населения [2]. Это означает наличие данной врожденной особенности у 200-320

миллионов мужчин и примерно 20 миллионов женщин. Стоит отметить, что аномалии цветового зрения могут быть не только врождёнными, но и приобретёнными, что увеличивает количество людей с цветовой слепотой. Внушительные цифры статистики заставляют многих исследователей и разработчиков задумываться о том, каким образом можно сделать взаимодействие людей с аномалиями цветового зрения и окружающего мира более комфортным.

Данный вопрос особенно актуален в связи с тем фактом, что многие существующие устройства реализованы таким образом, что комфортное пользование ими возможно лишь для людей с достаточно хорошими показателями здоровья (в частности, с хорошими показателями зрительного восприятия информации). Но в современном всё более и более развивающемся мире наиболее важное значение приобретает возможность управления машинами как можно большим количеством людей. В связи с этим возникает необходимость обеспечить доступность устройств для всех пользователей. Благодаря управлению различными устройствами и вовлечению в производственный процесс люди с особенностями цветовосприятия смогут также и социализироваться, беспрепятственно общаясь с большим количеством людей.

Несколько десятилетий назад в случае наличия у человека каких-либо особенностей зрительного восприятия он не мог рассчитывать на возможность взаимодействия с некоторыми устройствами в определённой профессиональной сфере. Известны случаи, когда, например, во время футбольного матча у комментатора не получилось отличить членов разных команд друг от друга лишь по той простой причине, что формы команд были красного и зелёного цветов, а сам комментатор имел цветовую слепоту [3]. Возникали определённые сложности и у пилотов разнообразных летательных объектов, когда те не могли верно определить цвет моргающей на панели управления лампочки. Схожая проблема имела и у машинистов поездов и электричек [3].

Но стоит отметить, что люди с такими проблемами цветовосприятия не рассчитывали и на корректное восприятие окружающей информации из любых иных окружающих их устройств или информационных пространств вообще.

Совершенствование же технических возможностей обеспечивает развитие безграничного доступа людей к любому типу информации, а также возможность вовлечения в профессии людей, которые проявляют интерес к ним, но испытывают трудности с подобной рода деятельностью в силу каких-либо проблем со здоровьем.

Определённо, есть особенности людей, которые непоправимы не только тем или иным видом лечения, но даже технические устройства пока не в силах исправить существующее положение вещей. Что же касается группы людей с аномалиями цветового зрения, то такие недостатки человеческого организма в определённой мере могут быть компенсированы совершенствованием технических устройств. На данный момент помочь людям с особенностями цветовосприятия выполнять повседневные действия возможно благодаря, например, наличию специальных мобильных приложений.

Таким образом, цель работы – на основании разработанной методологии анализа и обработки информации исследовать функциональные возможности и *usability*-показатели мобильных приложений для людей с аномалиями цветового зрения.

Среди задач исследования выделены следующие:

- рассмотрение приложений, найденных в *Google Play* по соответствующим запросам;
- классификация данных приложений по функциональному предназначению посредством применённой методологии структуризации данных;
- анализ функциональных возможностей классифицированных приложений;
- анализ *usability*-показателей на основе исследования комментариев к приложениям.

**Виды и особенности аномалий цветового зрения.**

Перед рассмотрением приложений необходимо изучить имеющиеся аномалии цветового зрения, а также характерные для тех или иных видов аномалий особенности. Это поможет в последующем лучше ориентироваться в названиях и описаниях приложений, а также в комментариях, оставляемых под приложениями.

Аномалии цветового зрения на сегодняшний день выделяют следующие:

1) Аномальная трихромазия (трианомалия, протаномалия, дейтераномалия), особенность которой заключается в недостаточном количестве фотопигмента определённого цвета (красного, синего или зелёного). На данный момент дейтераномалия встречается у 5% мужского населения, имеющих ту или иную аномалию цветового зрения, что представляет собой больше половины всех возможных случаев аномалий цветового зрения (8%).

На данный момент аномальная трихромазия является наиболее распространённым видом цветовой слепоты, особенно такие формы, как дейтераномалия и протаномалия. Особенность данных болезней состоит в недостаточном количестве фотопигментов зелёного и красного цветов, соответственно. Кроме того, данная недостаточность также может быть выражена в различной степени. Так, по тяжести аномалии можно выявить три степени аномальной трихроматии: *A*, *B* и *C*. Среди которых степень *A* – наиболее тяжёлая форма аномальной трихроматии, а *C* – наиболее лёгкая. Определить, какая именно форма аномальной трихроматии характерна для человека, можно благодаря имеющемуся у него порогу цветоразличения, ведь для каждой степени аномалии данные показатели варьируются. На рисунке 1 представлено изменение порога цветоразличения по аномалоскопу на красный, зелёный и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести.

Таблица

**Пороги цветоразличения по аномалоскопу на красный, зелёный и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести**

Вид аномалии	Испытание 1 (красный цвет)		Испытание 2 (зелёный цвет)		Испытание 3 (синий цвет)	
	n	M±m	n	M±m	n	M±m
Нормальные трихроматы	154	17,1±0,10	154	15,3±0,09	154	10,3±0,10
Протаномалы типа С	264	18,5±0,10*	264	16,2±0,08*	264	11,3±0,08*
Дейтероаномалы типа С	732	17,9±0,06*	732	15,9±0,06*	732	11,1±0,05*
Протаномалы типа В	276	19,7±0,10*	276	16,6±0,14*	276	11,3±0,1*
Дейтероаномалы типа В	414	18,9±0,13*	414	16,9±0,12*	414	11,7±0,06*
Протаномалы типа А	240	19,8±0,13*	240	17,5±0,14*	240	12,02±0,08*
Дейтероаномалы типа А	60	19,5±0,20*	60	18,1±0,17*	60	12,1±0,10*

Примечание: \* – уровень значимости различий (p<0,05) в сравнении с нормальными трихроматами.

Рисунок 1. Пороги цветоразличения по аномалоскопу на красный, зелёный и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести [4]

2) Дихромазия. Возникает в случае отсутствия красного, синего или зелёного фотопигмента у человека. Включает в себя дейтеранопию, протанопию, трианопию.

3) Монохромазия, при которой восприятие цвета отсутствует полностью, люди видят мир как чёрно-белую фотографию. Встречается данная аномалия очень редко, то есть примерно у 0,00001% населения Земли.

**Методология выбора приложений и анализа их функциональных возможностей.**

В качестве поисковой системы для нахождения существующих мобильных приложений для людей с аномалиями цветового зрения использован *Google Play*, так как

именно там люди чаще всего производят поиск интересующих их приложений, а затем и скачивают их для последующего применения.

Поисковые запросы, призванные помочь в нахождении приложений для людей с цветовой слепотой, выполнены на английском языке, а отобранные приложения исключали дубли. Ответом на каждый запрос являлись приложения различного функционального предназначения. Так, найденные приложения можно условно разделить на несколько категорий: «Приложения-инструменты», «Приложения-симуляторы», «Приложения-тесты», «Иные приложения». Приложения из последней категории не учитывались в анализе, так как не имеют прямого отношения к проблеме аномалии цветового зрения.

Использованная в исследовании методология отбора приложений в общем виде представлена следующим образом:

- 1) в качестве исходных данных представлены приложения в *Google Play*;
- 2) среди множества приложений в *Google Play* отобраны такие, которые соответствовали запросам: «*color blindness*», «*daltonism*», «*color vision deficiency*», «*protanomaly*», «*deuteranomaly*», «*tritanomaly*», «*protanopia*», «*tritanopia*», «*deuteranopia*», «*achromatopsia*», «*dichromasia*», «*monochromacy*», «*anomalous trichromasia*»;
- 3) после каждого такого запроса произведена фильтрация найденных приложений с английским языком интерфейса без дубликатов с предыдущими запросами;
- 4) произведено суммирование приложений по соответствующим категориям на основании результатов выполненных запросов, вследствие чего выделяются такие значимые категории приложений, как: а) «Приложения-инструменты»; б) «Приложения-симуляторы»; в) «Приложения-тесты»;
- 5) проведён анализ приложений в каждой категории по их стоимости, количеству скачиваний, разработавшему лицу, рейтингу/комментариям, специальным требованиям и особенностям в применении для людей с различными видами аномалий цветового зрения.

В категории «Приложения-инструменты» содержались приложения для непосредственной помощи людям с различными видами аномалий. Данные приложения помогали при помощи фото, видео или наблюдения за предметами через экран телефона в реальном времени воспринимать информацию об окружающей действительности посредством получения подсказок о цвете объекта, а также корректированием таких характеристик, например, как яркость и насыщенность, которые призваны помочь человеку с проблемами цветовосприятия настроить комфортное представление той или иной информации.

Категория «Приложения-симуляторы» включает в себя приложения для преобразования имеющихся фотографий, видео, изображений в реальном времени через камеру телефона в соответствии с видением данного графического материала людьми с особенностями цветовосприятия.

«Приложения-тесты» включали в себя приложения, которые призваны помочь людям или определить наличие у них особенностей цветовосприятия, или обнаружить отсутствие данных особенностей.

Полученные ответы на запросы после их фильтрации на англоязычные и уникальные приложения можно суммировать. Так, «Приложений-инструментов» оказалось 12, «Приложений-симуляторов» – 5, «Приложений-тестов» – 53.

Применяемые методы отбора, категоризации и анализа приложений полезны не только в решении описываемых задач, но и в последующей подобной обработке данных о других программных средствах медицинского назначения. В частности, данная методология может быть применена в случае структуризации и обработки больших объёмов данных. Кроме того, описанная методология позволит выделить как особенности в характеристиках приложений, так и их преимущества/недостатки, возможные улучшения

и усовершенствования, что, несомненно, лишь повысит качество приложений для пользователей.

### Анализ результатов.

При анализе полученных результатов заметно явное превалирование инструментов для тестирования видов цветовой слепоты над инструментами, призванными помочь комфортно справиться с ежедневными задачами людям с особенностями цветовосприятия, и симуляторами. Полезных приложений для людей с аномалиями цветового зрения 16% от общего числа, но именно такие приложения представляют особый интерес.

Так, приложение из каждой категории проанализировано по таким показателям, как количество скачиваний, стоимость использования приложения, разработчик приложения, рейтинг, наличие специальных требований для использования приложения. Результаты анализа характеристик для «Приложений-инструментов» представлены в таблице 1, ниже расположены диаграммы с результатами показателей частоты скачивания, классификации разработчиков приложений, специальных требований.

Таблица 1. Анализ характеристик «Приложений-инструментов»

Стоимость	Бесплатно (100%), платно (0%)
Количество скачиваний	>1 (8,333%), >50 (16,668%), >500 (8,333%), >1000 (33,333%), >10 000 (25%), >100 000 (8,333%) Рисунок 2
Разработчик	Неизвестный (33,333%), самостоятельный разработчик (50%), коммерческая разработка (16,667%) Рисунок 3
Рейтинг	Нет рейтинга (100%), 2-2,9 (0%), 3-3,9 (0%), 4-4,9 (0%), 5 (0%)
Специальные требования	Камера (66,667%), Интернет (50%), память (25%), дополнительные требования (50%) Рисунок 4

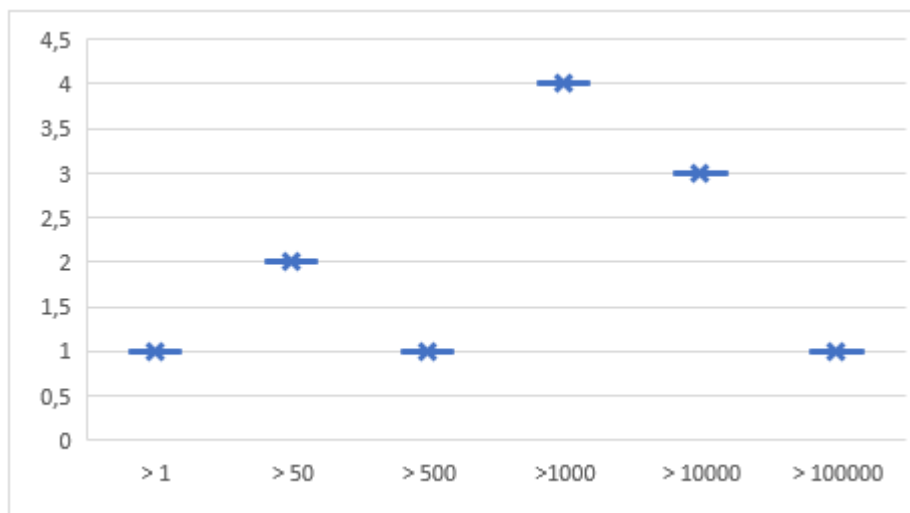


Рисунок 2. Зависимость частоты скачиваний «Приложений-инструментов» от их количества

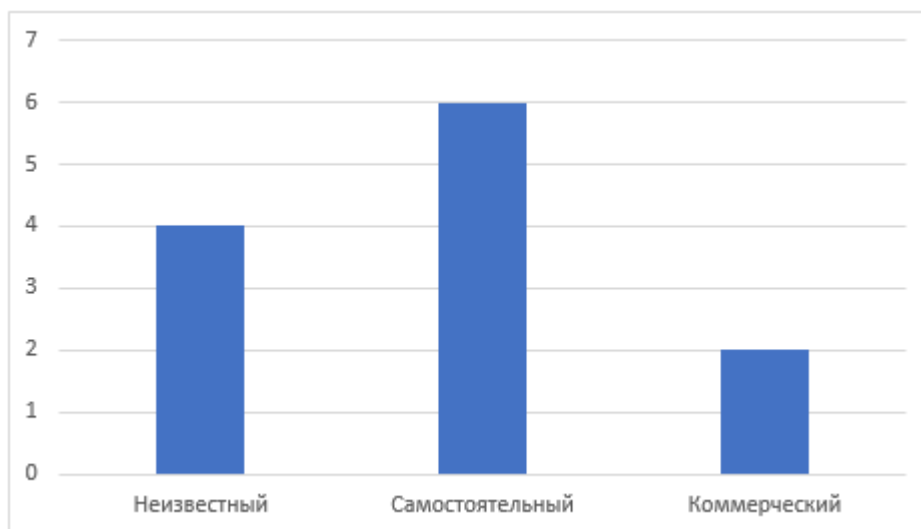


Рисунок 3. Количество «Приложений-инструментов» в зависимости от категории разработчика

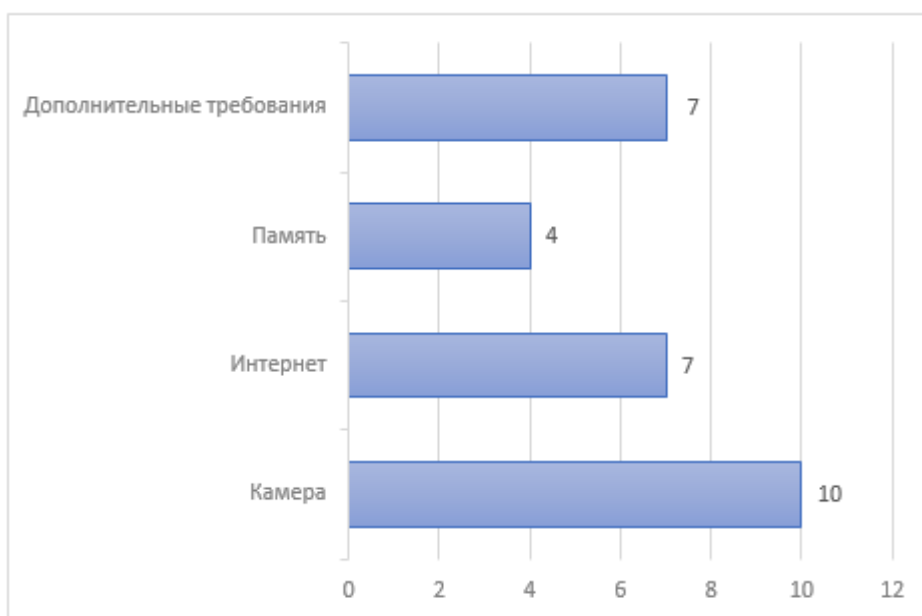


Рисунок 4. Количество «Приложений-инструментов» в зависимости от специальных требований

Исходя из полученных в процессе анализа «Приложений-инструментов» результатов, выделены следующие особенности приложений:

– во всех случаях приложения позволено скачивать бесплатно, что теоретически должно привлекать потенциальных пользователей и увеличивать количество скачиваний мобильных приложений;

– соответственно, среди приложений наблюдается достаточно большое количество таких, количество скачиваний которых превышает 1000, 10000 и даже 100000, что говорит о достаточной популярности и необходимости использования приложений;

– в качестве разработчиков чаще выступают самостоятельные разработчики, однако присутствуют приложения, разработанные коммерческими организациями, в которых обычно можно наблюдать более высокий уровень разработанных приложений;

– достаточно сложно оценить реальную пользу приложений для пользователей в силу отсутствия рейтинга и комментариев, анализ которых послужил бы основой для исследования *usability*-показателей приложений;

– среди особых требований стоит выделить такие распространённые требования, как наличие камеры, что достаточно очевидно, ведь для распознавания цвета и концентрации на объекте необходимо навести на него камеру телефона, среди иных требований особо отличаются такие, как присутствие подключения к сети «Интернет», доступ к памяти и иные специальные требования (например, отключение спящего режима, управление функцией вибросигнала);

– кроме того, почти 42% приложений представляют собой лишь идентификаторы цвета объектов, на которые в данный момент наведена камера телефона, а также определители цветов на фотографиях и видео; ещё 42% приложений имеют фильтры для помощи в отображении картинок, видео или окружающего мира для людей с дихромазией, формами которой являются протанопия, дейтеранопия и тританопия; оставшиеся же 16% позволяют настроить яркость и контрастность изображения (очевидно, что такие приложения в большей степени могут помочь людям с аномальной трихромазией, среди форм которой выделяют протаномалию, дейтераномалию и тританомалию).

Результаты анализа характеристик и особенностей «Приложений-симуляторов» представлены в таблице 2, ниже расположены диаграммы с результатами показателей частоты скачивания, классификации разработчиков приложений, специальных требований.

Таблица 2. Анализ характеристик «Приложений-симуляторов»

Стоимость	Бесплатно (100%), платно (0%)
Количество скачиваний	>100 (20%), >500 (20%), >10 000 (20%), >100 000 (40%) Рисунок 5
Разработчик	Самостоятельный разработчик (80%), коммерческая разработка (20%) Рисунок 6
Рейтинг	Нет рейтинга (100%), 2-2,9 (0%), 3-3,9 (0%), 4-4,9 (0%), 5 (0%)
Специальные требования	Камера (100%), Интернет (40%), память (60%), дополнительные требования (60%) Рисунок 7

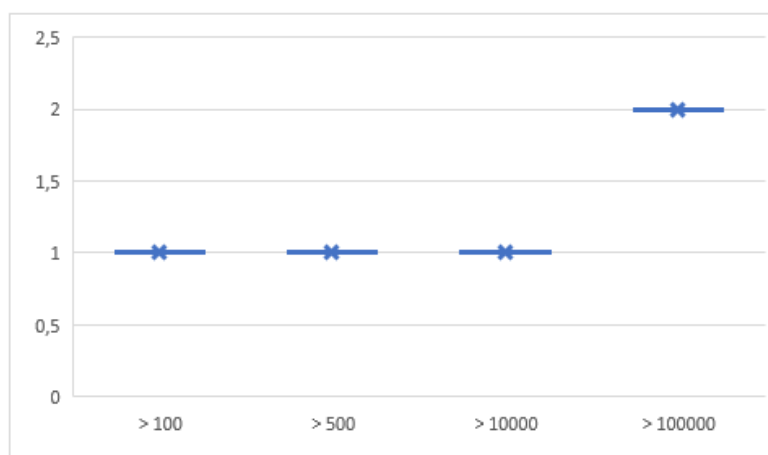


Рисунок 5. Зависимость частоты скачиваний «Приложений-симуляторов» от их количества



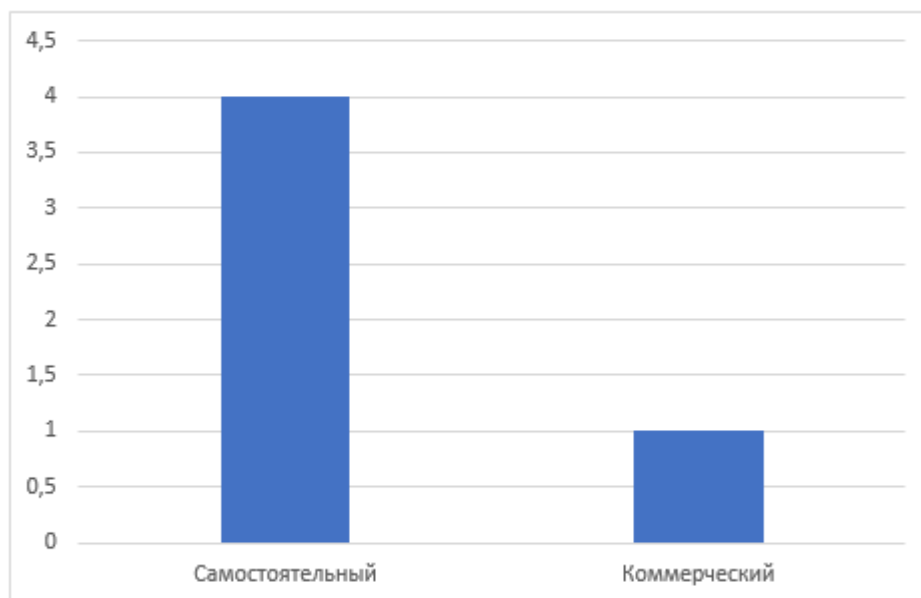


Рисунок 6. Количество «Приложений-симуляторов» в зависимости от категории разработчика



Рисунок 7. Количество «Приложений-симуляторов» в зависимости от специальных требований

Анализ приложений категории «Приложения-симуляторы» позволил выделить следующие особенности:

– как и в случае с «Приложениями-инструментами», все симуляторы можно было скачать бесплатно, то есть доступ к ним открыт;

– 40% приложений имеют количество скачиваний, превышающее 100000, что говорит об актуальности и популярности приложений, предназначенных для помощи разработчикам в создании устройств для людей с особенностями цветовосприятия;

– в данном случае разработчиками приложений выступили самостоятельные разработчики, количество которых равно 80%;

– достаточно сложно оценить реальную пользу приложений для пользователей в силу отсутствия рейтинга и комментариев;



– наличие камеры обязательно для всех приложений, также необходим доступ к памяти для загрузки и сохранения изображений, для 2-х приложений необходимо наличие подключения к Интернету, для 3-х приложений следует учитывать специальные требования;

– все рассмотренные приложения данной категории ориентированы на помощь в симуляции изображений в соответствии с видением людей с дихромазией.

Таблица 3 демонстрирует анализ характеристик и особенностей «Приложений-тестов», а также диаграммы с показателями частоты скачиваний, классификацией разработчиков, рейтингом, специальными требованиями.

Таблица 3. Анализ характеристик «Приложений-тестов»

Стоимость	Бесплатно (92,453%), платно (7,547%)
Количество скачиваний	>5 (1,887%), >10 (15,094%), >50 (1,887%), >100 (11,32%), >500 (9,434%), >1000 (16,981%), >5000 (13,208%), >10000 (9,434%), >50000 (3,774%), >100000 (15,094%), 1000000(1,887%) Рисунок 8
Разработчик	Неизвестный (47,17%), самостоятельный разработчик (35,85%), коммерческая разработка (16,98%) Рисунок 9
Рейтинг	Нет рейтинга (92,453%), 2-2,9 (1,887%), 3-3,9 (0%), 4-4,9 (5,66%), 5 (0%) Рисунок 10
Специальные требования	Камера (5,66%), Интернет (84,91%), память (47,17%), дополнительные требования (90,566%) Рисунок 11

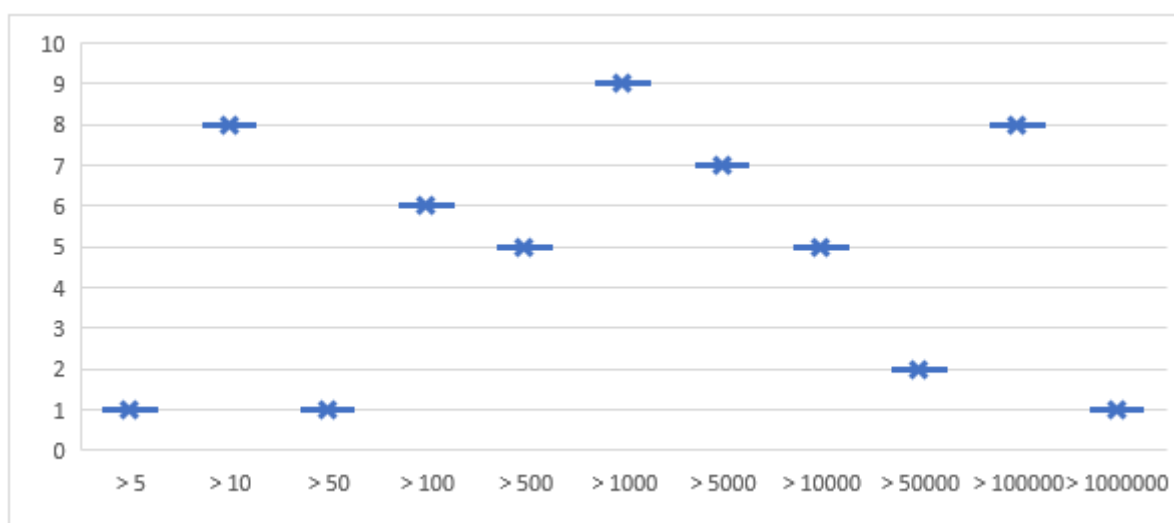


Рисунок 8. Зависимость частоты скачиваний «Приложений-тестов» от их количества

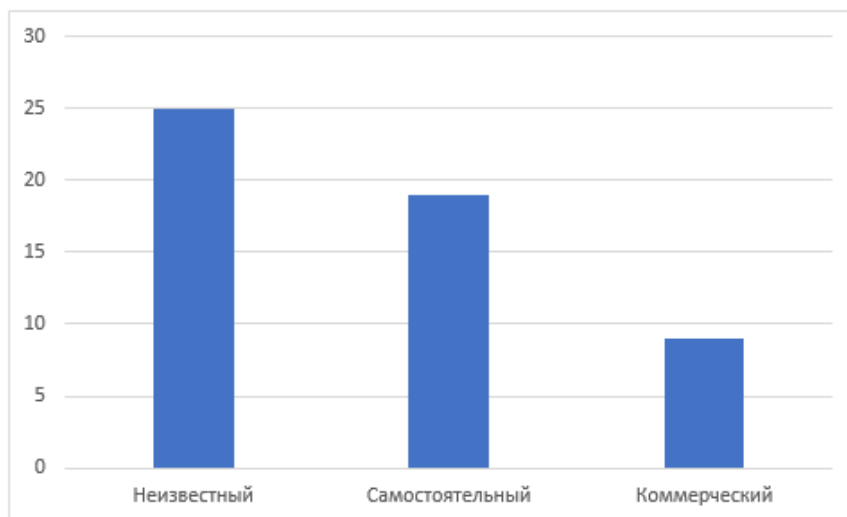


Рисунок 9. Количество «Приложений-тестов» в зависимости от категории разработчика

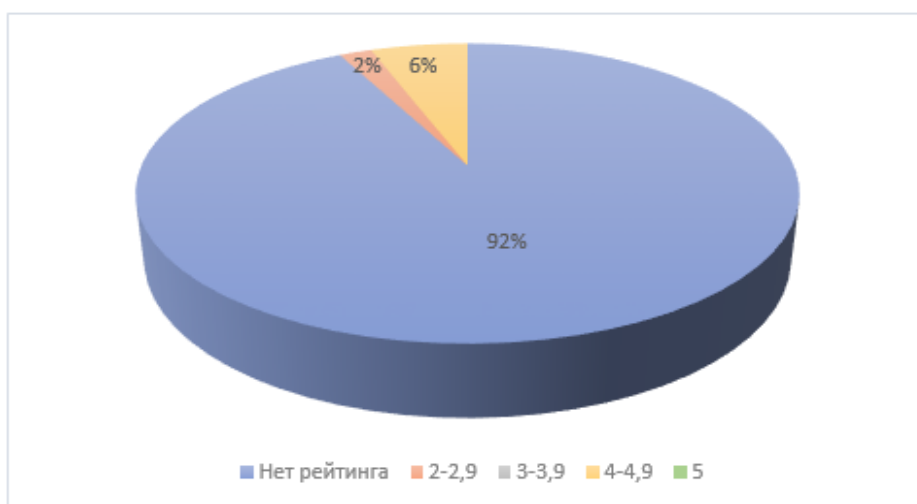


Рисунок 10. Рейтинг «Приложений-тестов»

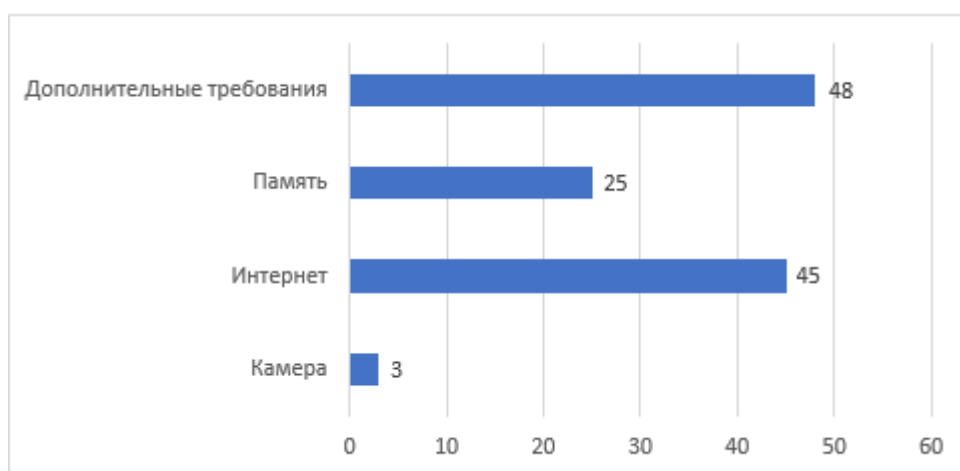


Рисунок 11. Количество «Приложений-тестов» в зависимости от специальных требований

От общего количества приложений, выделенных для анализа в соответствующих категориях, приложения-тесты составляют 84%, хотя «Приложения-тесты» служат лишь для тестирования и выявления аномалий цветового зрения, когда «Приложения-инструменты» предназначены для помощи людям с выявленными цветоаномалиями.

Среди особенностей данных мобильных приложений обозначены следующие:

– среди «Приложений-тестов» были выявлены платные и бесплатные приложения, хотя платные и составили чуть более 7% процентов от общего числа приложений;

– у большего количества приложений количество скачиваний превышает 1000, 5000, 10000, 50000, 100000 и даже 1000000;

– разработчики таких приложений чаще являлись неизвестными, то есть такими, которых не удалось однозначно отнести к категории самостоятельных разработчиков или коммерческих организаций;

– количество приложений без рейтинга остаётся достаточно большим и составляет примерно 92%;

– в отличие от предыдущих категорий приложений, «Приложения-тесты» чаще требовали наличия у пользователя подключения к Интернету и иных дополнительных требований.

Кроме того, был проведён анализ «Приложений-тестов» с точки зрения смысловой составляющей результатов. В соответствии с семантикой результатов тестов получилось разделить приложения на категории, представленные в таблице 4.

Таблица 4. Категоризация «Приложений-тестов» в зависимости от результата тестирования

Категория результата	Количество приложений, %
Указание теста на наличие проблем с цветовосприятием	52,83
Отсутствие результата	16,981
Определение наличия одного из видов дихромазии	11,321
Тест на возможность идентификации оттенков цветов	5,66
Количество правильных ответов	5,66
Определение дейтеранопии или протанопии	3,774
Указание на возможный диагноз <i>deutan</i>	1,887
Подписи под тестовыми картинками с результатом нормального видения	1,887

Очевидно, что большая часть тестовых приложений не предоставляет конкретных результатов с описанием вида цветоаномалии, а лишь даёт простой ответ, говорящий или о присутствии проблем с цветовосприятием, или же об отсутствии вышеупомянутых проблем.

Достаточно большое количество тестов в результате вообще не предоставляет пользователю никакого ответа о наличии проблем с цветовым зрением. Однако 11,321% приложений помогают определить наличие у пользователя одного из видов дихромазии – дейтеранопии, тританопии или протанопии. А 5,66% приложений призваны содействовать в тестировании возможности пользователя различать оттенки тех или иных цветов.

Помимо вышерассмотренных характеристик и особенностей приложений необходимо также упомянуть о том, как часто разработчики обновляют свои приложения, что так или иначе влияет на качество поддержки разработчиками приложений, а также последующую популярность приложений у пользователей. Кроме того, проанализировано количество приложений, созданных в прошлом году, что должно показать актуальность тех или иных категорий приложений в настоящее время. Соответствующий анализ представлен в таблице 5.

Таблица 5. Сравнение приложений по актуальности обновления и создания

Категория приложений	Критерий	
	Обновлены в 2021-м году (но созданы ранее)	Созданы в 2021-м году
«Приложения-инструменты»	1	2
«Приложения-симуляторы»	0	0
«Приложения-тесты»	1	14
Общее количество	2	16

В таблице 5 показано сравнение приложений по актуальности обновления и создания, так, видно, что в 2021-м году обновлены приложения из категорий «Приложения-инструменты» и «Приложения-тесты». Создано в 2021-м году 2 приложения в категории «Приложения-инструменты», что говорит о неугасающей популярности и необходимости таких приложений, а также 14 приложений из категории «Приложения-тесты», что составило целых 26,42% от общего количества всех «Приложений-тестов».

#### Анализ *usability*-показателей приложений.

Приложения для людей с аномалиями цветового зрения имеют свои проблемы и недостатки. При использовании приложений люди ожидают от них корректной работы, потому что часто именно наличие проблем ведёт к прекращению использования. Рассмотрены отзывы пользователей о «Приложениях-тестах», ведь именно данная категория содержит в себе приложения с комментариями. На рисунке 12 представлено количественное распределение приложений по категориям *usability*-проблем.



Рисунок 12. Проблемы с *usability* «Приложений-тестов»

Так, проведя анализ комментариев, оставленных под 4-мя приложениями, получилось разделить их на семантические группы, которые в общем и целом обозначены так: «Проблемы с непонятным использованием», «Баги», «Отсутствие необходимого функционала», «Проблема совместимости с некоторыми типами устройств».

Из 4-х рассмотренных приложений у 3-х пользователи отметили отсутствие инструкций по использованию, а также отсутствие интуитивно понятного использования. В качестве примеров можно привести следующие комментарии: «я не понимаю, как играть», «как в это играть» (слово «играть» употреблено в связи с позиционированием разработчиками некоторых тестов в качестве игр, конечной целью которых является выявление аномалий цветового зрения).

У всех приложений пользователи обнаружили те или иные баги, которые можно разделить на две категории: 1) отсутствие заявленного функционала (примеры: «зашла в

игру и вижу цифру «12», нет ни вариантов ответа, ни поля для ввода чисел», «тест предполагает вопрос и ответы на него...к сожалению, это не тест, а жалкое подобие теста», «некоторые картинки пустые, проверил на 12 разных людях, а пустой ответ не принимает», «одна картинка рассчитана именно на дальтоники, которые различают оттенки зелёного. Обычному человеку, не страдающему дальтонизмом, эта картинка будет без цифры, так что немного неправильно сделана игра, обычный человек может подумать, что он дальтоник»); 2) неточные полученные результаты, которые менялись при многократном прохождении теста («первый раз – 8/10, второй – 9/10», «результат абсолютно не соответствует действительности», «неправильно пишет заключение»).

Довольно часто пользователи указывали на проблемы с отсутствием необходимого (на взгляд пользователей) функционала. В качестве примеров можно указать такие комментарии, как: «название надо исправить на цветоигра, так как к тесту данная программа отношения не имеет. Нет интерпретации результатов тестов и нет нормального заключения. Лишь надпись о том, что есть проблемы», «если тебе выдают проблемы со зрением, то не говорят, почему так», «мало уровней», «нет объяснений, где ответил неправильно и почему», «нет интегрального объяснения результатов», «объяснений хотелось бы».

Одно из приложений включало комментарий пользователя о проблемах с совместимостью приложения и модели устройства. В качестве примера можно указать комментарий: «на *Huawei g510* не отображаются картинки, просто белый экран». Стоит отметить, что данная проблема была устранена разработчиками.

Но не все комментарии о проблемах с приложением своевременно исправляются. Так, например, 7 марта 2020-го года одним из пользователей был оставлен комментарий: «переустановила приложение 7 марта, но проблема осталась (после установки иконка была андроидная по умолчанию, но не радужка), *android8.0*, может, проблема только у меня». До этого на первый комментарий о проблеме разработчики 29 января 2020-го года пообещали ее исправить, обновили версию приложения они 7 марта. Когда же пользователь попробовал обновить приложение и в очередной раз запустить его, то столкнулся с той же ошибкой, указав на это в комментарии, но никаких ответов или обновлений приложения пользователь так больше и не увидел.

Применяемый анализ и категоризацию комментариев по тематическим группам для последующего совершенствования *usability*-показателей приложений также вполне следует применить в случае исследования больших объёмов данных в приложениях для пользователей с аномалиями цветового зрения. Выявление недостатков в *usability* приложений поможет разработчикам в своевременном исправлении возникающих проблем, что, безусловно, повысит качество и точность приложений для пользователей.

### **Заключение.**

Таким образом, исследованные приложения разделены на приложения для непосредственной помощи людям с особенностями цветовосприятия, приложения-симуляторы и тесты.

В качестве особенностей проанализированных приложений выделены следующие:

– среди приложений много тестов, но сравнительно мало «Приложений-инструментов», хотя реализация последних не менее важна, так как именно такие приложения помогают пользователям с аномалиями цветового зрения преодолевать ежедневные трудности с восприятием той или иной визуальной информации;

– рассмотренные «Приложения-симуляторы» чаще служили для моделирования изображений окружающего мира в соответствии с восприятием мира пользователями с дихромазией, хотя, например, такой вид аномальной трихромазии, как дейтераномалия, является самым распространённым видом цветовой слепоты, но учитывается в «Приложениях-симуляторах» крайне редко;

– для тестирования на наличие такого вида цветовой слепоты, как дихромазия, и созданы «Приложения-тесты», но это не отменяет необходимости выявления и иных форм аномалий цветового зрения, а также их степеней (в случае аномальной трихромазии);

– большая часть тестовых приложений не предоставляет конкретных результатов с описанием вида цветоаномалии, а лишь даёт простой ответ, говорящий или о присутствии проблем с цветовосприятием, или же об отсутствии вышеупомянутых проблем, однако более точный результат повысил бы качество тестирования;

– большая часть приложений предназначена для их бесплатного использования, что говорит о высоком уровне доступности приложений;

– количество скачиваний во всех категориях часто превышало 1000 и даже 10000 или 100000, что говорит о наличии интереса со стороны пользователей к подобным приложениям во всех категориях;

– в качестве разработчиков часто выступали как самостоятельные разработчики, так и коммерческие организации, что позволяет судить о высокой степени релевантности темы разработки приложений для лиц с нарушениями цветового зрения в целом;

– имеющиеся оценки приложений пользователями показали, что рейтинг приложений достаточно высок, хотя определённого рода проблемы с эксплуатацией мобильных приложений всё же периодически наблюдаются и нуждаются в своевременном исправлении;

– довольно активное обновление и создание приложений в 2021-м году говорит об интересе со стороны разработчиков к проблеме нарушения цветового зрения, а также об их желании реализовать безбарьерный процесс взаимодействия людей, имеющих особенности цветовосприятия, с окружающим миром;

– необходимость доступа приложений к камере, Интернету, памяти потенциально может приносить пользователю неудобства и затруднения в определённых ситуациях.

Кроме того, некоторые из «Приложений-тестов» исследованы на предмет наличия проблем с *usability*, среди данных проблем выделены баги, проблемы с инструкцией по использованию, а также проблемы с недостатком необходимого функционала для пользователей и совместимости с различными устройствами. В качестве общих рекомендаций по улучшению приложений отмечается акцентирование внимания на тщательном тестировании создаваемых приложений перед размещением на какой-либо площадке, своевременном исправлении недочётов, систематическом обновлении приложений, рассмотрении пожеланий пользователей касательно добавления определённого функционала, адаптации приложений под как можно большее количество типов устройств, предоставлении пользователям быстрых в плане изучения и понимания инструкций по использованию приложений.

Стоит также отметить, что важное значение в выполненном анализе функциональных возможностей приложений и в исследовании *usability*-показателей данных приложений имели применяемые методы, которые, будучи использованными на сравнительно небольшом объёме данных, найдут применение в качестве технологий больших данных с целью анализа приложений для лиц с нарушениями цветовосприятия.

#### **Список использованных источников**

[1] Брусенцова, Т. П. Проектирование интерфейсов пользователя : пособие для студентов специальности 1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий» / Т. П. Брусенцова, Т. В. Кишкурно. – Минск : БГТУ, 2019. – 52 с.

[2] Шиффман, Х. Р. Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 222 с.

[3] Chaparro, A. Applications of Color in Design for Color-Deficient Users / A. Chaparro // J. of Ergonomics in Design. – 2017. – № 25(1). – P. 23-30.

[4] Таблица пороги цветоразличения по аномалоскопу на красный, зеленый и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eyerpress.ru/image.aspx?50923>. – Дата доступа: 30.03.2022.

## **BIG DATA TECHNOLOGIES IN APPLICATIONS FOR USERS WITH COLOR DISORDERS**

**V.V. SINITSYNA**

*Postgraduate student of the BSUIR,  
Master of engineering*

**A.M. PRUDNIK, PhD**

*Associate Professor, Department of  
Engineering Psychology and Ergonomics  
BSUIR*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus*

*E-mail: vladasinitsina1@gmail.com*

**Abstract.** Especially important to use the capabilities of mobile applications to create comfortable conditions for the activities of people with certain characteristics. In particular, applications for the category of people with visual impairments such as color vision anomalies deserve exceptional attention. The proposed methods for analyzing the characteristics of mobile applications for people with color vision will help to better understand the relevance of these applications, the features of their use and the need for further improvements, the implementation of which will improve the quality of interaction between people with color vision anomalies and applications. In addition, the presented methods for studying the characteristics of applications and their usability indicators are useful in structuring and processing big data in applications for users with color vision impairments.

**Keywords:** color blindness, color perception features, mobile applications, download frequency, rating, functional capabilities, big data.