

Влияние гендерного признака на восприятие информации в графическом интерфейсе под физической нагрузкой

В.Н. Малышева¹, Г.А. Черепенников², В.Э. Янчус¹

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, 195251, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А, Санкт-Петербург, 190000, Россия

Аннотация

В этой статье представлено исследование влияния гендерных различий на особенности восприятия информации в графическом интерфейсе, в области периферийного зрения, при физической нагрузке. Исследование восприятия информации под нагрузкой может расширить область отображения информации в графическом интерфейсе и иметь практическое применение в различных сферах. В исследовании используется методика с применением технологии ай-трекинга для регистрации движений глаз. В эксперименте изучается влияние различных факторов, таких как цветовое решение, размер пиктограммы, гендерный признак и физическая нагрузка. Результаты эксперимента обрабатывались с использованием методов математической статистики. Определение степени физической нагрузки осуществлялось с помощью устройства, регистрирующего частоту сердечных сокращений. Методика была протестирована на ограниченной группе испытуемых, и полученные данные выявили статистически значимую зависимость параметров рассматривания от факторов цвета, размера, физической нагрузки и гендерного признака.

Ключевые слова

Визуальное восприятие, область периферийного зрения, графический интерфейс, ай-трекинг, стимульный материал, статистический анализ, физическая нагрузка, гендер.

Gender-specific Effect on the Perception of Information in a Graphical Interface Under Physical Stress

V.N. Malysheva¹, G.A. Cherepennikov², V.E. Yanchus¹

¹ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, st. Politechnicheskaya 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

² Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation University, st. Bolshaya Morskaya 67, lit. A, Saint-Petersburg, 190000, Russia

Abstract

This paper presents a study of the impact of gender differences on information perception features in graphical interface, in the field of peripheral vision, under physical activity. The study of information perception under stress can extend the field of information display in the graphical interface and have practical applications in various spheres. The study uses a technique using eye-tracking technology to record eye movements. The experiment examines the influence of different factors such as color, icon size, gender and physical activity. The results of the experiment were processed using mathematical statistical methods. The degree of physical activity was determined using a device that recorded the heart rate. The technique was tested on a limited group of subjects, and the data obtained revealed a statistically significant dependence of viewing parameters on factors of color, size, physical activity and gender.

ГрафиКон 2023: 33-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-21 сентября 2023 г., Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, г. Москва, Россия

EMAIL: veronikakinorev@ya.ru (В.Н. Малышева); gcherepennicov@gmail.com (Г.А. Черепенников); tar06@list.ru (В.Э. Янчус)

ORCID: 0000-0001-7472-1589 (В.Н. Малышева); 0000-0002-9753-7124 (Г.А. Черепенников); 0000-0001-7220-0819 (В.Э. Янчус)



© 2023 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Keywords

Visual perception, peripheral vision, graphical interface, eye tracking, stimulus material, statistical analysis, physical activity, gender.

1. Введение

В современном обществе, где технологии играют все более важную роль, разработка эффективных пользовательских интерфейсов становится неотъемлемой задачей. Графический интерфейс, являющийся основным средством взаимодействия между человеком и техническим устройством, играет важную роль, влияющую на удобство и эффективность работы пользователей [1]. При разработке графических интерфейсов необходимо учитывать разнообразные факторы, включая восприятие информации различными пользователями.

Гендерные особенности и их влияние на восприятие один из факторов, который привлекает все большее внимание исследователей. Анализ влияния гендера при считывании информации с графических интерфейсов под физической нагрузкой и в стрессовых условиях является важным для понимания того, как различные группы пользователей воспринимают и взаимодействуют с графическими интерфейсами. Эти данные позволяют создавать более адаптированные и эффективные интерфейсы, которые учитывают особенности и потребности различных групп пользователей.

Исследования в этой области могут иметь практическую значимость для различных сфер применения графических интерфейсов. Например, в сфере медицины, где операторы работают с медицинскими изображениями и данными в условиях стресса и высокой ответственности. Понимание влияния гендера и физической активности на восприятие информации может помочь разработать оптимальные интерфейсы, способствующие более точному и быстрому анализу данных. Более того, в области технических систем управления, где операторы должны эффективно взаимодействовать со сложными интерфейсами в условиях высокой физической активности, понимание влияния гендера и стресса на восприятие информации может помочь оптимизировать интерфейсы для повышения производительности и безопасности операторов. Также исследования могут иметь практическое применение в области работы сотрудников служб спасения и военнослужащих. Однако, из-за методологических различий и многофакторной природы влияния физических упражнений, общий эффект на когнитивные процессы во время физической активности вероятно является смешанным [2]. Необходимы дальнейшие исследования для определения характера когнитивных изменений у людей разного пола во время физической активности и понимания механизмов, лежащих в их основе, что способствовало бы разработке теорий и инструментов для прогнозирования когнитивных изменений при физической нагрузке.

Однако, несмотря на всеобщую осведомленность о гендерных различиях, их влияние на восприятие графических интерфейсов под нагрузкой остается плохо исследованным.

Основной целью данного исследования является изучение влияния гендерного признака на восприятие информации в графическом интерфейсе с учетом физической активности.

2. Теоретическая модель

Некоторые предыдущие исследования показывают, что гендерные различия могут сказываться на предпочтениях визуального оформления, цветовых схем, размещении элементов интерфейса и восприятии их функциональности [3].

В популярной литературе часто можно встретить утверждение о том, что у женщин периферийное зрение шире, чем у мужчин. Периферическое зрение относится к области зрительного поля, которая охватывает почти всю сетчатку, за исключением пятна, обеспечивающего центральное зрение [4]. Однако, в анализе научных публикаций [5], авторы не обнаружили достаточных данных, подтверждающих наличие половых различий в объеме периферического зрения у людей. Исследование периферического зрения осуществляется путем измерения поля зрения, которое представляет собой пространство, в пределах которого все его точки видимы при фиксированном положении глаза [6]. В литературе приводятся усредненные

данные о границах поля зрения: для бесцветных предметов внизу 60-70°, сверху и внутрь - 60° и наружу - 90°, а для различных цветов поле зрения имеет меньший объем по сравнению с черно-белыми объектами. Цветное поле зрения определяется областями, где происходит корректное распознавание цвета. Распознавание синих и желтых объектов происходит раньше, чем красных и зеленых, а границы нормального цветного поля зрения могут варьироваться для каждого индивидуально [4]. Периферические границы нормального поля зрения зависят от структуры глазного яблока, век и костей орбиты. Например, верхнее поле зрения ограничено веком и выступающими надбровными дугами, а внутренняя граница определяется спинкой носа [7].

Проблема, связанная с оценкой зрительного восприятия, заключается в том, что широко используется только статическая острота зрения для характеристики функционального состояния зрительной системы. Однако это определение ограничивает анализ лишь одного аспекта зрения - способности распознавать статические, высококонтрастные объекты в условиях яркого освещения. В реальной жизни зрение включает в себя переменную освещенность и движущиеся визуальные объекты, а также восприятие движения человека или объектов с различной скоростью.

Различение движущихся объектов является более сложным процессом по сравнению с распознаванием неподвижных объектов и включает в себя способность определить скорость и направление движения объекта, а также способность глазодвигательной системы "захватить и удержать" изображение объекта достаточно долго, чтобы рассмотреть его детали. Хорошая динамическая острота зрения требует не только хорошей статической остроты зрения, но и нормальной оculo-моторной координации для отслеживания движущихся объектов.

Для оценки способности зрительной системы воспринимать и различать движущиеся объекты используется динамическая острота зрения - способность восприятия движущихся объектов. Исследования показывают, что гендерные различия в восприятии подвижных объектов существуют. Причем мужчины обладают повышенной динамической остротой зрения. Однако, при достижении определенной скорости движения объектов, пол испытуемого уже не оказывает существенного влияния на величину динамической остроты зрения [8].

Прямой интерес представляют исследования в которых рассматривается влияние аэробных упражнений на когнитивные функции [2]. В частности, было показано, что интенсивность, продолжительность, способ выполнения упражнений и уровень физической подготовки человека влияют на когнитивные показатели [9]–[11]. Умеренная интенсивность упражнений улучшает время реакции, в то время как высокая интенсивность снижает точность [2]. Процессы запоминания непрерывно улучшаются во время физических упражнений. Влияние продолжительности упражнений на время реакции и точность имеет свои особенности и различается в зависимости от когнитивной области.

3. Методика эксперимента

В настоящее время технический прогресс позволил регистрировать электроэнцефалографию (ЭЭГ) во время физических упражнений. Поэтому многие ученые используют метод регистрации ЭЭГ для проведения исследований по определению влияния физических упражнений на когнитивные функции [12], [13].

В текущем исследовании применялась другая технология, а именно использование технологии ай-трекинга [14]. Комплекс SMIREД 250 [15], который состоит из специализированного компьютера, инфракрасного датчика отслеживания движения глаз и программного обеспечения SMI Experiment Center позволяют проводить эксперименты и в последующем проводить анализ полученных данных. Использование системы ай-трекинга дает возможность получить достоверные сведения о том, как испытуемые «рассматривают» предоставленный им материал [16]. Методика эксперимента с использованием данной установки, которая регистрирует глазодвигательную активность для изучения особенностей восприятия графической информации в периферийном зрении человека, подробно описана в соответствующих публикациях [17].

Первый эксперимент, в котором испытуемые находились в состоянии покоя описан в предыдущей работе [17]. В рамках данного исследования данные с испытуемых снимались данные под воздействием физической нагрузки (рисунок 1). Для изучения восприятия

информации в графическом интерфейсе в условиях физической нагрузки предлагалось использовать аэробную пульсовую зону. С целью обеспечения необходимой зоны нагрузки был разработан комплекс упражнений: приседания и прыжков с разведением рук в стороны, которые выполнялись поочередно с максимальной интенсивностью в течение 30 сек. Данные регистрировались с помощью разработанного датчика ЭКГ [18]. Подробное описание выбора типа физической нагрузки, комплекса упражнений и способа регистрации данных представлено в предыдущем исследовании [19].

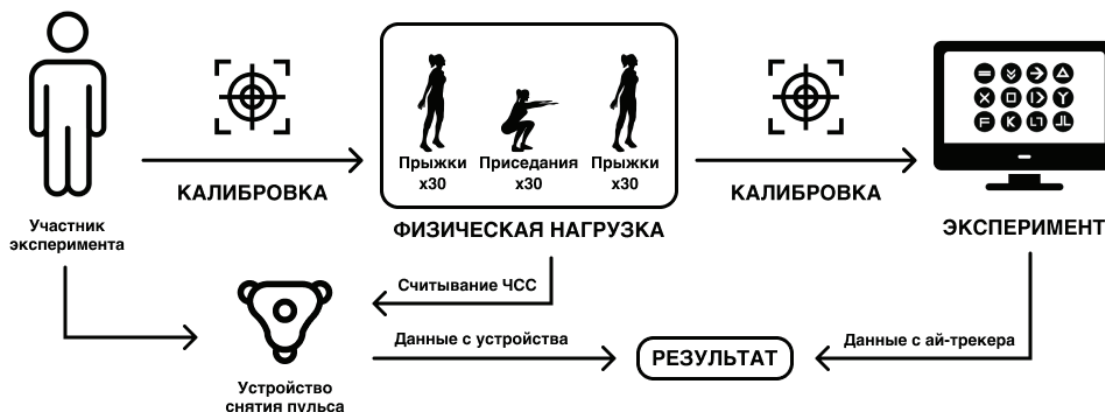


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента

В ходе исследования была включена группа из 17 участников в возрасте от 18 до 25 лет, студенты Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и Санкт-Петербургского университета аэрокосмического приборостроения. Все данные в последствии были обезличены. Для формирования группы участников были учтены различные характеристики: пол, уровень образования, а также наличие художественной и физической подготовки. Все полученные результаты эксперимента были включены в анализ, и калибровка экспериментальной установки была выполнена точно, без исключения каких-либо результатов.

Средний пульс участников во время эксперимента составил 144 удара в минуту, что показывает увеличение пульса на 35% относительно покоя. Этого уровня достаточно для фиксации нагрузки, соответствующей выбранной пульсовой зоне. Анализ параметров эксперимента, включая время наблюдения стимула, среднюю и общую продолжительности фиксаций, количество фиксаций, среднюю и общую длительности саккад, а также количество саккад и длину саккад при наблюдении одного стимула, был проведен для 17 участников под нагрузкой. По итогам, было получено 26 919 фиксаций и 24 775 саккад. Также анализ был проведен для 31 испытуемого без нагрузки (в состоянии покоя), данные которых были получены в предыдущем эксперименте [17].

Для статистической обработки результатов был использован дисперсионный анализ, с целью выявления влияния различных факторов на результаты эксперимента, таких как размер и цвет пиктограмм, наличие художественной подготовки участников (наличие или отсутствие), тип образования (гуманитарное или техническое), гендерные особенности (мужчины или женщины), а также наличие или отсутствие физической нагрузки и физической подготовки. Уровень значимости p-value для принятия гипотезы был установлен на уровне 0,05 [20]. Результаты вычислительной процедуры ANOVA и соответствующие значения p-value представлены в таблицах 1–5.

Таблица 1 – Вычисленные значения p-value для параметра «Количество фиксаций»

Фактор	p-value
Цвет	0.000001
Размер	0.001967
Гендерный признак	0.158424
Физическая нагрузка	0.377301
Физическая нагрузка*Гендерный признак	0.001253

Таблица 2 – Вычисленные значения p-value для параметра «Общая длительность фиксации»

Фактор	p-value
Цвет	0.000177
Размер	0.000267
Гендерный признак	0.129277
Физическая нагрузка	0.000001
Физическая нагрузка*Гендерный признак	0.000001

Таблица 3 – Вычисленные значения p-value для параметра «Длина саккад»

Фактор	p-value
Цвет	0.000001
Размер	0.006780
Гендерный признак	0.000034
Физическая нагрузка	0.006968
Физическая нагрузка*Гендерный признак	0.834958

Таблица 4 – Вычисленные значения p-value для параметра «Количество саккад»

Фактор	p-value
Цвет	0.000001
Размер	0.001902
Гендерный признак	0.015690
Физическая нагрузка	0.683392
Физическая нагрузка*Гендерный признак	0.000001

Таблица 5 – Вычисленные значения p-value для параметра «Общая длительность саккад»

Фактор	p-value
Цвет	0.000012
Размер	0.123148
Гендерный признак	0.660909
Физическая нагрузка	0.917857
Физическая нагрузка*Гендерный признак	0.000001

Статистический анализ выявил статистически значимую зависимость количества фиксации, общей длительности фиксации, количества саккад, длины саккад и общей длительности саккад испытуемых от факторов цвета, размера, физической нагрузки и гендерного признака. Другие параметры: художественная подготовка, образование и физическая подготовка были исключены из рассмотрения в силу нехватки данных. В первую очередь интерес вызывает взаимосвязь физической нагрузки и гендерного признака, как мы видим для каждого из параметров наблюдается зависимость. Значения p-value свидетельствуют о том, что необходим более глубокий анализ полученных результатов.

4. Анализ

Далее представлен анализ следующих параметров рассматривания стимула испытуемыми. На рисунке 2 представлены графики плотности распределения количества фиксации в зависимости от цветового решения, нагрузки и гендерного признака. У испытуемых мужчин количество фиксации увеличилось. У женщин ситуация обратная, произошло снижение под действием нагрузки, но в сине-зеленом цветовом решении наблюдается повышение.

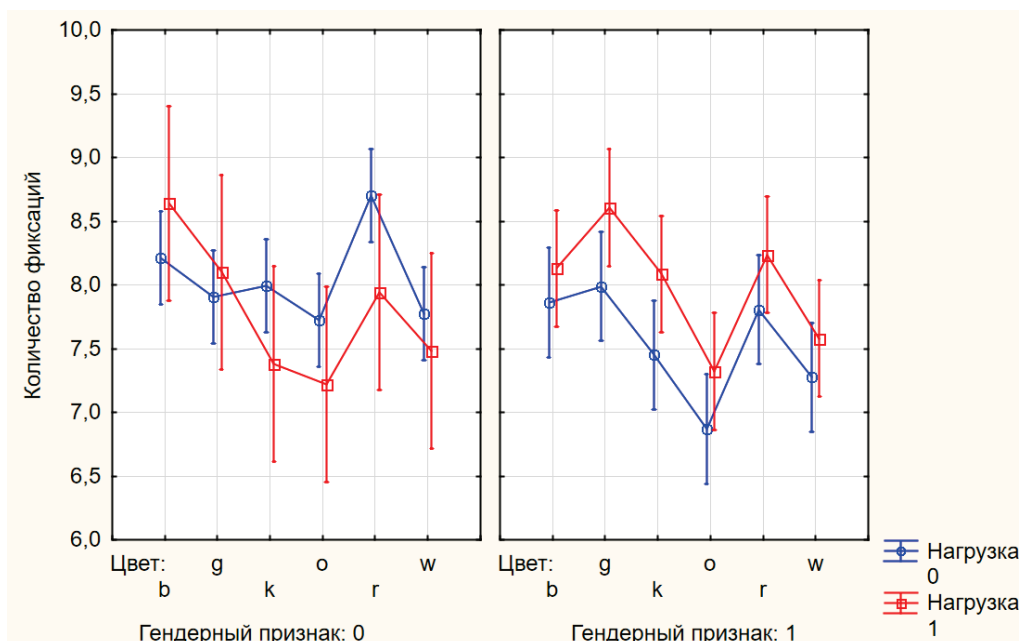


Рисунок 2 – График плотности распределения количества фиксаций в зависимости от цвета, нагрузки и гендерного признака

На рисунке 3 представлены графики плотности распределения общей длительности фиксаций в зависимости от цветового решения, нагрузки и гендерного признака. Данный график следует рассматривать вместе с графиком на рисунке 4, где отображена плотность распределения средней длительности фиксаций. У испытуемых мужчин общая длительность фиксаций отличается в состоянии покоя и нагрузки: с появлением физической нагрузки происходит снижение общей и средней длительности фиксаций. У женщин ситуация иная, средняя длительность фиксаций совпадает в состоянии покоя и под нагрузкой, за исключением сине-зеленого цветового решения, в котором при наличии нагрузки происходит небольшое снижение средней длительности фиксаций. Если рассматривать общую длительность фиксаций, то у женщин также, как и у мужчин, наблюдается общее снижение показателей, но оно проявляется в меньшей степени.

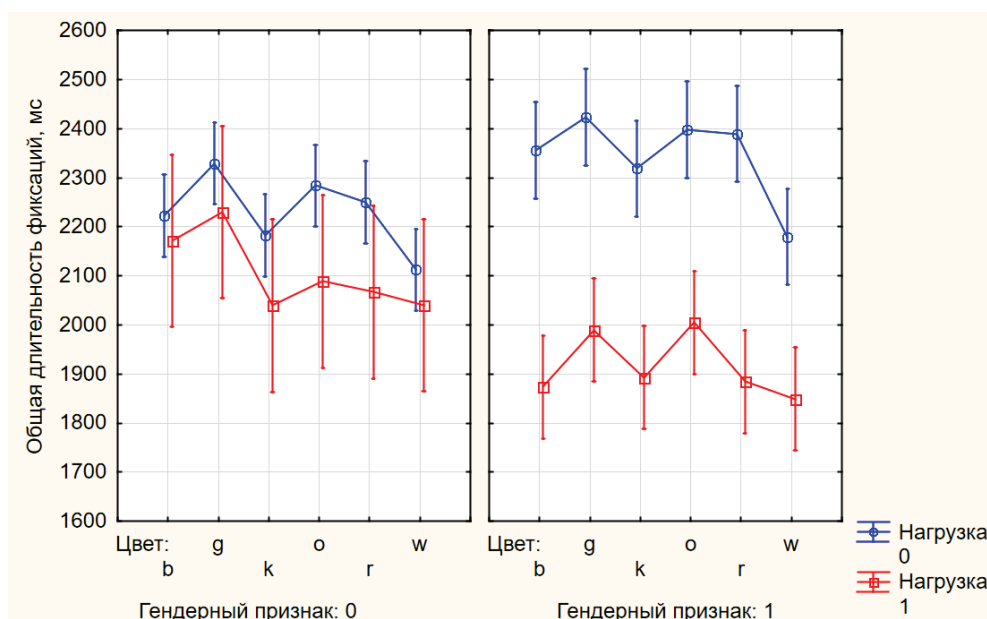


Рисунок 3 – График плотности распределения общей длительности фиксаций в зависимости от цвета, нагрузки и гендерного признака

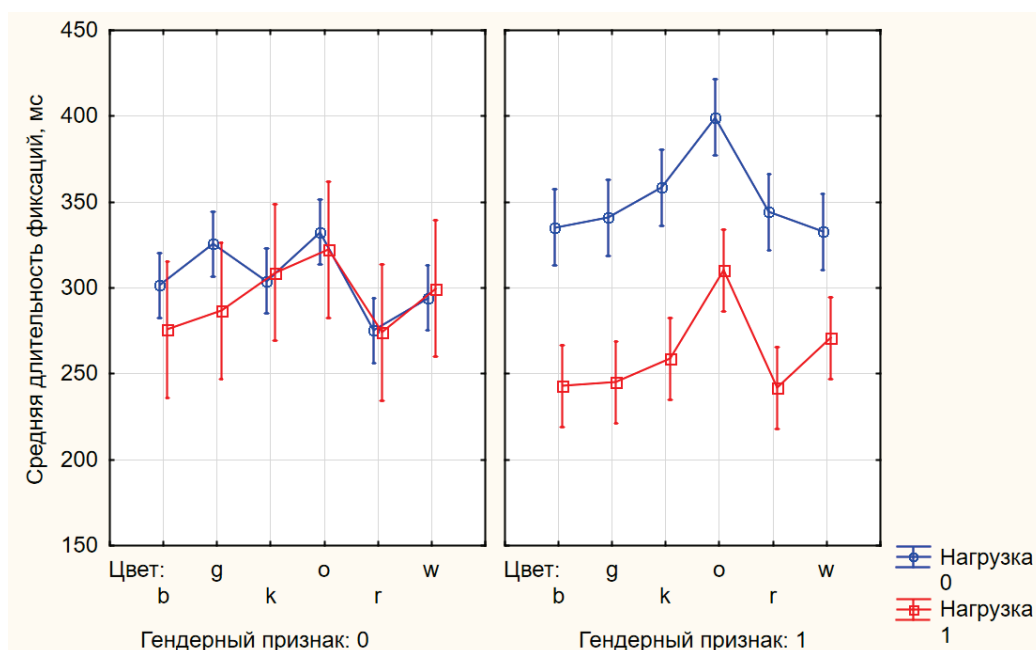


Рисунок 4 – График плотности распределения средней длительности фиксации в зависимости от цвета, нагрузки и гендерного признака

На рисунках 5, 6, 7 представлены графики длины, количества и общей длительности саккад в зависимости от цветового решения, нагрузки и гендерного признака. Данные графики следует рассматривать вместе. У мужчин и женщин в среднем длина саккад не изменяется под действием нагрузки, однако изменяется количество и общая длительность саккад. С появлением физической нагрузки у мужчин происходит увеличение количества саккад и общей длительности саккад. У испытуемых женщин ситуация обратная, количество и общая длительность саккад снижается при наличии физической нагрузки. Также следует обратить внимание, что в сине-зеленом цветовом решении не происходит изменения количества саккад у испытуемых женщин под действием нагрузки. Также стоит отметить, что и мужчин и у женщин полностью сохраняется форма графика общей длительности саккад в различных состояниях.

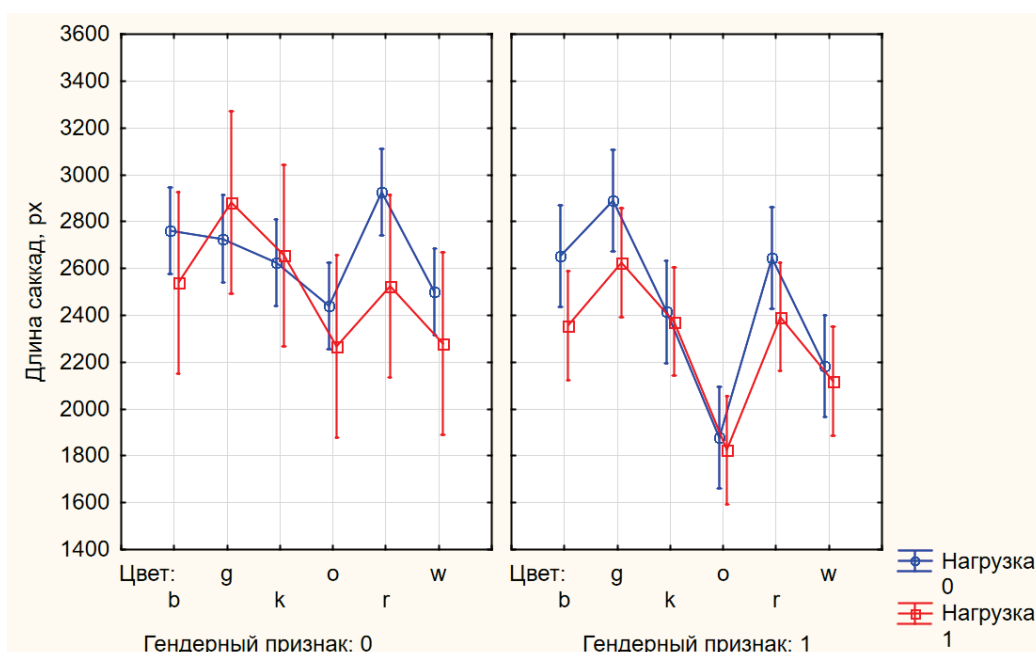


Рисунок 5 – График плотности распределения длины саккад в зависимости от цвета, нагрузки и гендерного признака

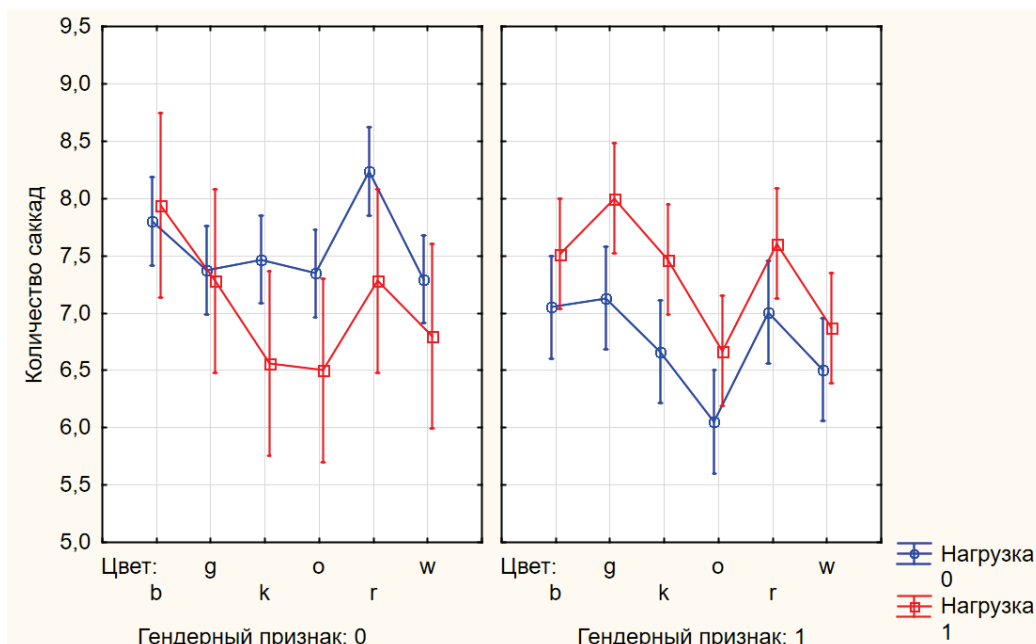


Рисунок 6 – График плотности распределения количества саккад в зависимости от цвета, нагрузки и гендерного признака

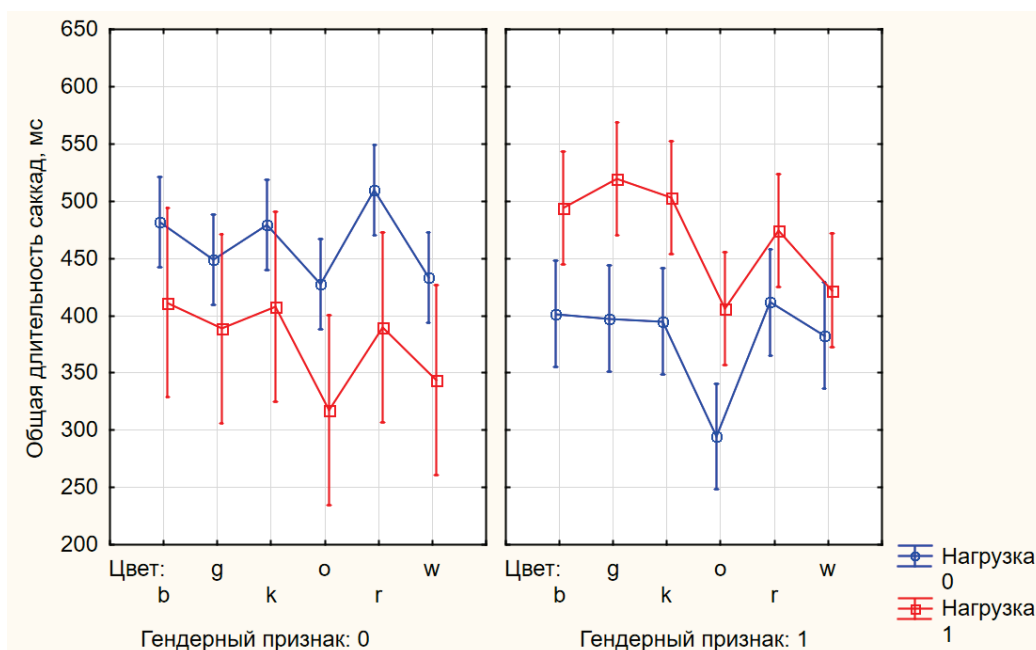


Рисунок 7 – График плотности распределения общей длительности саккад в зависимости от цвета, нагрузки и гендерного признака

Далее приведена общая таблица с описанием изменений восприятия информации в графическом интерфейсе в области периферийного зрения людьми разного гендера (таблица 6). Для удобства уменьшение какого-либо параметра выделено синим цветом, увеличение рыжим, а отсутствие изменений розовым.

Таблица 6 – Характер изменения параметров «рассматривания» людьми разного пола под действием физической нагрузки

Параметр	Мужчины (М)	Женщины (Ж)
Время рассматривания	Уменьшилось в среднем на 9–10%	Уменьшилось в среднем на 11–12%. Большой разброс в данных
Количество фиксации	Увеличилось	Увеличилось для сине-зелёного цветового решения. Уменьшилось для остальных
Общая длительность фиксации	Уменьшилось в среднем на 21–23% <i>До нагрузки у М длительность фиксации в среднем была больше, чем у Ж. Под нагрузкой ситуация обратная</i>	Уменьшилось в среднем на 4–6%
Средняя длительность фиксации	В среднем уменьшилось на 33% <i>У М была больше средняя длительность фиксации, чем у Ж. Под нагрузкой ситуация обратная</i>	В среднем осталась неизменной, кроме уменьшения в сине-зелёном цветовом решении
Длина саккад	Изменения для сине-зелёного цветового решения <i>В среднем осталась неизменной. Без нагрузки форма графиков для М и Ж отличается. Под нагрузкой графики становятся схожи. У М в среднем длина саккад меньше, чем у Ж</i>	Изменения для всех цветовых решений
Количество саккад	Увеличилось для всех цветовых решений <i>У М без нагрузки количество саккад в среднем меньше, чем у Ж. Под нагрузкой графики для М и Ж для цветовых решений красно-оранжевого и белого совпадают. Для других есть различия</i>	Уменьшилось для всех цветовых решений, кроме сине-зелёного цветового решения
Общая длительность саккад	Увеличилась в среднем <i>До нагрузки у М общая длительность саккад была меньше, чем у Ж. Под нагрузкой у М увеличилась общая длительность саккад поднялась до уровня Ж без нагрузки</i>	Уменьшилась в среднем

5. Выводы

Результаты эксперимента показали следующие зависимости:

1. Статистический анализ выявил статистически значимую зависимость количества фиксации, общей длительности фиксации, количества саккад, длины саккад и общей длительности саккад испытуемых от факторов цвета, размера, физической нагрузки и гендерного признака.
2. Гендерный признак в сочетании с физической нагрузкой имеет статистически значимое влияние на параметры шаблона рассматривания стимульного материала.

Следует учесть, что количество испытуемых в эксперименте не является достаточным для достоверных выводов. Однако, можно выдвинуть определенные гипотезы:

1. У мужчин под нагрузкой увеличивается общая длительность и количество саккад, при этом общая длительность фиксации снижается. Количество фиксации и длина саккад остаются неизменными. Как итог, можно предположить, что мужчины меньше количество времени фиксируются на объекте, а чаще «бегают глазами».
2. У женщин под нагрузкой все параметры рассматривания шаблона снижаются, то есть уменьшается общая длительность и количество саккад, а также общая длительность и количество фиксации.

3. У женщин наблюдается интересные изменения в шаблоне рассматривания стимульного материала при сине-зеленом цветовом факторе, однако они требуют дальнейших исследований в силу нехватки данных.

6. СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Сергеев С.Ф., Падерно П.И., Назаренко Н.А. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов: Учебное пособие. СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. 108 с.
- [2] Cantelon, Julie & Giles, Grace. A Review of Cognitive Changes During Acute Aerobic Exercise // *Frontiers in Psychology*. 2021. №12.
- [3] Алфимцев А.Н., Хаэт Ф.И. Гендерные различия в восприятии информации и организации пользовательского интерфейса компьютерных систем // *Автоматизация. Современные технологии*. 2015. № 6. С. 25–28.
- [4] Коробков А.В., Башкиров А.А., Ветчинкина К.Т. Нормальная физиология: Учебник для студентов университетов. М.: Высшая школа, 1980. 560 с.
- [5] Бирич Т.А., Марченко Л.Н., Чекина А. Ю. Исследование периферического поля зрения, периметрия. Минск: Высшая школа, 2007. 55 с.
- [6] Гуминский А.А., Леонтьева Н.Н., Маринова К.В. Руководство к лабораторным занятиям по общей физиологии. М., 1990. 240 с.
- [7] Грэй Д. Мужчины, женщины и отношения. М.: София, 2006. 336 с.
- [8] Тягуни А.В., Морозова Л.В. О гендерных особенностях динамического зрения у студентов старших курсов // *Международный студенческий научный вестник*. 2015. № 2(3). С. 314–316.
- [9] Davranche, K., Brisswalter, J., and Radel, R. Where are the limits of the effects of exercise intensity on cognitive control? // *J. Sport Health Sci*. 2015. № 4, P. 56–63.
- [10] The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis / Chang, Y. K. K., Labban, J. D. D., Gapin, J. I. I., Etnier, J. L. L. // *Brain Res*. 2012. №1453. P. 87–101.
- [11] Dietrich, A., Audiffren, M. The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise // *Neurosci. Biobehav*. 2011. № 35. P. 1305–1325.
- [12] Сычев В. В. О способах распознавания конкретного зрительного образа головным мозгом мужчин и женщин по данным спектрального анализа электроэнцефалограммы // *Рос. мед.-биол. вестн. им. акад. И.П. Павлова*. 2008. №2.
- [13] Schmidt-Kassow, Maren & Kaiser, Jochen. The brain in motion-cognitive effects of simultaneous motor activity // *Frontiers in integrative neuroscience*. 2023. №17.
- [14] Барабанщиков В.А. Жегалло А.В. Айтрекинг: методы регистрации движений глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-Центр, 2014. 128 с.
- [15] Новый стиль. Система удаленного трекинга глаз RED 250 / RED 500. [Электронный ресурс] URL: https://newstyle-y.ru/high-school/group_2164/group_2166/item_11065/? (дата обращения 21.04.23).
- [16] Орлов П.А., Лаптев В.В., Иванов В.М. К вопросу о применении систем ай-трекинга // *Информатика, телекоммуникации и управление*. 2014. № 5 (205). С. 82–92.
- [17] Янчус В.Э., Хейфиц А.Е., Борович Е.В. Исследование восприятия графической информации в области периферийного зрения человека // *Материал конференции. ИПМим. М.В.Келдыша*. 2022.
- [18] Беспроводное устройство мониторинга ЭКГ с возможностью сбора и анализа полученных данных / Д.М. Зайнуллина, В.Н. Малышева, А.О. Стош, Г.А. Черепенников // *Математическое моделирование и биомеханика в современном университете: тезисы докладов XV Всероссийской школы, (с. Дивноморское, 26 мая — 31 мая 2021 г.) / Южный федеральный университет; ред.: А. О. Ватульян, М. И. Карякин, В. В. Дударев, Д. К. Плотников, А. В. Попов, В. О. Юров. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета*. 2021. С. 57.
- [19] Малышева В. Н., Черепенников Г. А., Янчус В. Э. Исследование восприятия информации в графическом интерфейсе под влиянием физической нагрузки // *Физико-техническая информатика (СРТ2023) : Материалы Международной конференции, Пушкино, 16–19 мая 2023 года. – Нижний Новгород: Автономная некоммерческая организация в области*

информационных технологий "Научно-исследовательский центр физико-технической информатики". 2023. С. 91–102.

- [20] Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. М.: Юрайт, 2018. 480 с.