Исследование влияния элементов интеллектуального интерфейса на восприятие визуальной информации

С.Ю. Щур [1], В.Э. Янчус [1]

[1] Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, Санкт-Петербург, 195251, РФ

Аннотация

Эффективность выполнения поставленных задач оператором удаленных объектов напрямую зависит от особенностей отображения информации, которую он получает и на основе которой делает определенные выводы и принимает решения. В данной статье сформулирован подход к формированию стимульного материала на основе факторов влияния на условия восприятия выводимой информации. Подготовлен стимульный материал в количестве 54 иллюстраций для проведения эксперимента. Полученные с айтрекера параметрические данные шаблона рассматривания стимульного материала анализируются с помощью средств математической статистики. Выявляется влияние определенных в работе факторов на среднее время рассматривания стимула, среднюю длительность фиксации при рассматривании одного стимула, среднее количество фиксаций при рассматривании одного стимула. Проанализирована средняя амплитуда при рассматривании стимула. Определено, что существует статистически значимое влияние информативности на решение задачи по идентификации объектов в стимульном материале. Также обозначено, что гендерный признак имеет статистически значимое влияние на параметры шаблона рассматривания стимульного материала и, соответственно, время решение задачи эксперимента. На основе полученных данных сформулированы новые гипотезы об эффективной работе с изображениями в определенном цветовом сочетании.

Ключевые слова

Интеллектуальный интерфейс, айтрекинг, стимульный материал, визуальная информация.

Study of the Influence of Intelligent Interface Elements on the Perception of Visual Information

S.Yu. Shchur [1], V.E. Yanchus [1]

[1] Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU), Polytechnicheskaya, 29 , St.Petersburg, 195251, Russia.

Abstract

The efficiency of fulfilling the tasks set by the operator of remote facilities directly depends on the features of displaying the information that he receives and on the basis of which he draws certain conclusions and makes decisions. This article formulates an approach to the formation of stimulus material based on the factors influencing the conditions of perception of the output information. Stimulus material was prepared in the amount of 54 illustrations for the experiment. The parametric data of the stimulus material viewing template obtained from the eyetracker are analyzed using mathematical statistics tools. The influence of factors determined in the work on the average time of viewing a stimulus, the average duration of fixation when considering one stimulus, and the average number of fixations when considering one stimulus is revealed. The average amplitude during the examination

ГрафиКон 2022: 32-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, 19-22 сентября 2022 г., Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина, Рязань, Россия
EMAIL: semmyon@yandex.ru (С.Ю. Щур); victorimop@mail.ru (В.Э. Янчус)
ORCID: 0000-0002-3913-2647 (С.Ю. Щур); 0000-0001-7220-0819 (В.Э. Янчус)
© 2022 Copyright for this paper by its authors.
Use permitted under Creative Commons License Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

of the stimulus was analyzed. It was determined that there is a statistically significant influence of information content on the solution of the problem of identifying objects in the stimulus material. It is also indicated that the gender feature has a statistically significant effect on the parameters of the template for viewing the stimulus material and, accordingly, the time for solving the problem of the experiment. Based on the data obtained, new hypotheses about the effective work with images in a certain color combination are formulated.

Keywords
Intelligent interface, eye-tracking, stimulus material, visual information.

1. Введение

Эффективность управления оператором удаленными объектами напрямую зависит от правильно спроектированного интеллектуального интерфейса [1].

Целью данной работы является выявление закономерностей восприятия информации в условиях изменения ряда факторов в характере отображения объектов.

В качестве объекта исследования рассматриваются интеллектуальные интерфейсы с возможностью оптимальной настройки выводимой информации об объектах и их параметрах. Предметом исследования являются особенности адаптации интеллектуальных интерфейсов под настройки конкретного пользователя исходя из выделяемых факторов влияния на условия восприятия выводимой информации.

Для проведения исследований применялся программно-аппаратный комплекс ай-трекинга, позволяющий получить массив объективных параметрических данных шаблона рассматривания стимульного материала.

Актуальность исследования заключается в том, что по мере возрастания технического прогресса появляется все больше систем, которые спроектированы с учетом удаленного управления некоторыми объектами. При этом оператор в режиме реального времени получает основную информацию, изучает ее, принимает решение и производит ответное действие. С усложнением технических устройств, а также задач, которые решает оператор удаленной системы, возрастает также и когнитивная нагрузка [1].

2. Постановка задачи

В процессе работы с удаленным объектом возникают ситуации, когда трудно определить расположение объектов относительно управляемого аппарата. Также затруднительно достоверно указать такие параметры как:

- Направление движения объекта относительно наблюдателя;
- Изменение скорости перемещения объекта;
- Удаленность расположения объекта от наблюдателя;
- Принадлежность объекта к своей или чужой группе.

В случае разработки перегруженного графикой и информацией интерфейса теряется эффективность его взаимодействия с человеком. В следствие этого, теряется способность оператора быстро реагировать на важные задачи, теряя время и концентрацию на изучение различной информации, которая в данный момент может быть не настолько востребована. В случае управления удаленными аппаратами с увеличением количества наблюдаемых объектов, будет также возрастать нагрузка на оператора. Можно утверждать, что 5 объектов - максимальное количество управления одним оператором, т.к. при большем количестве человек будет неспособен эффективно справляться с поставленной задачей [2].

Удаленность объектов слежения в интеллектуальном интерфейсе и неопределенность условий их корректного считывания на предмет удаленности их положения от наблюдателя формирует ряд вопросов, для решения которых может быть проведен комплекс перспективных исследований [1].

Среди критериев оптимальности разработки интеллектуального интерфейса выделяются сокращение времени запаздывания, а также правильность принимаемых решений при минимальных показателях психофизиологической нагрузки. Рассматриваются цветографические решения в информационной среде как основополагающий инструмент принятия оптимальных решений в процессе работы оператора авиационных систем [3].

Перегруженность зрительной информации должна быть оптимизирована за счет прежде всего формирования новых подходов к проектированию мультимодальных интерфейсов, особенно их графической составляющей. Новые способы визуализации многомерных данных - актуальное направление исследований, возможных в области работы над иммерсивными средами виртуальной реальности [4].

3. Факторы влияния на условия восприятия

В исследовании выделяются три фактора влияния на условия восприятия информации в интеллектуальном интерфейсе, как показано на рисунке 1. С учетом фактора стилизации, предлагается разработать стимулы на основе низкой, средней и высокой детализации. Также предлагается разработать стимулы на основе фактора информативности (количество наблюдаемых элементов объекта): при переходе от стимула к стимулу будет отображаться разное количество объектов. Фактор цветового решения предполагает разработку стимулов на базе комплиментарных цветов: синий-оранжевый и красный-зеленый [5, 6].

Рисунок 1 – Факторы влияния на условия восприятия информации

3.1. Постановка эксперимента

Для проведения эксперимента был подготовлен стимульный материал с учетом выбранных факторов. Пример стимульного материала представлен на рисунке 2.

Фактор информативности определяется общим количеством наблюдаемых объектов: 5, 7, 9, 11. Всего было подготовлено 54 стимула с различной комбинацией вышеперечисленных факторов.

В ходе эксперимента испытуемому предлагается проанализировать наблюдаемый стимул, определить количество и цвет объектов. После решения этой задачи, на следующем слайде, ему необходимо зафиксировать наблюдаемый результат.

Фактор стилизации изображения решается в виде различного графического представления наблюдаемых объектов, как показано на рисунке 3. Был разработан ряд объектов от увеличенной детализации до самой простой – окружности и размещен на определенном количестве стимулов. Высоко детализированные элементы интерфейса отличаются наличием дополнительных плоскостей, которые дают представление о нем, как об объемной структуре. Элемент может привлечь больше внимания за счет своей объемности. Однако стоит обратить внимание на то, что менее стилизованные объекты могут восприниматься лучше за счет простоты форм, а главное – наличия острых углов, привлекающих внимание.

Рисунок 2 – Стимульный материал

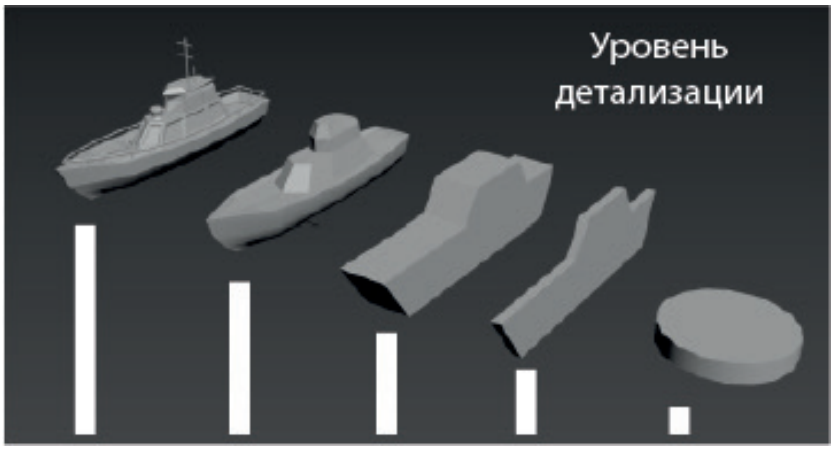

Рисунок 3 – Фактор стилизации изображаемых объектов

Фактор цвета определяется набором цветных объектов: красных и зеленых или синих и оранжевых как показано на рисунке 4. Он был сформулирован исходя из схемы бинарных функций цветового восприятия [6], где третья бинарная функция суммирует работу двух каналов (красный-зеленый, синий-оранжевый) и отвечает за формирование непосредственно образа видимого. Постараемся понять, на какие стимулы лучше реагирует участник эксперимента исходя из работы данных каналов.

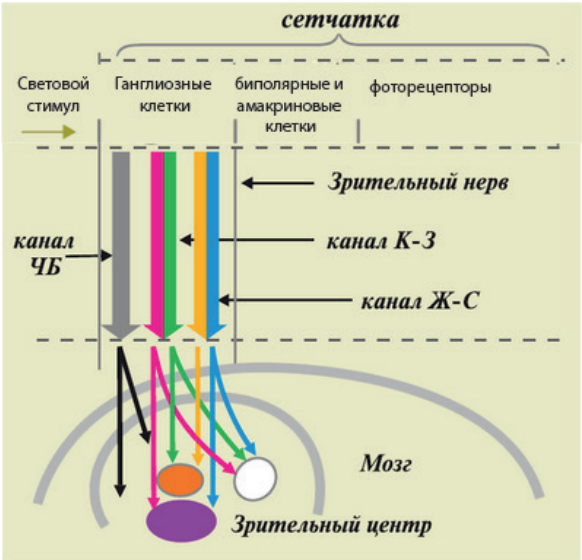

Рисунок 4 – Схема бинарных функций цветового восприятия

Для проведения эксперимента используется программно-аппаратный комплекс айтрекинга SMIRED 250 [7]. Схема установки представлена на рисунке 5.

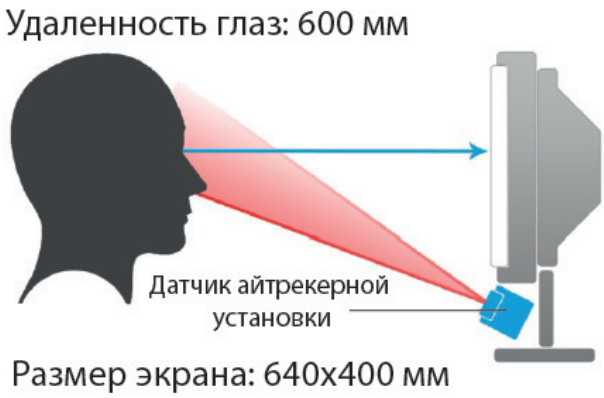

Рисунок 5 – Схема экспериментальной установки

Как показано на рисунке 6 экспериментальная установка захватывает область близко периферийного зрения, которая соответствует ± 30 градусов.

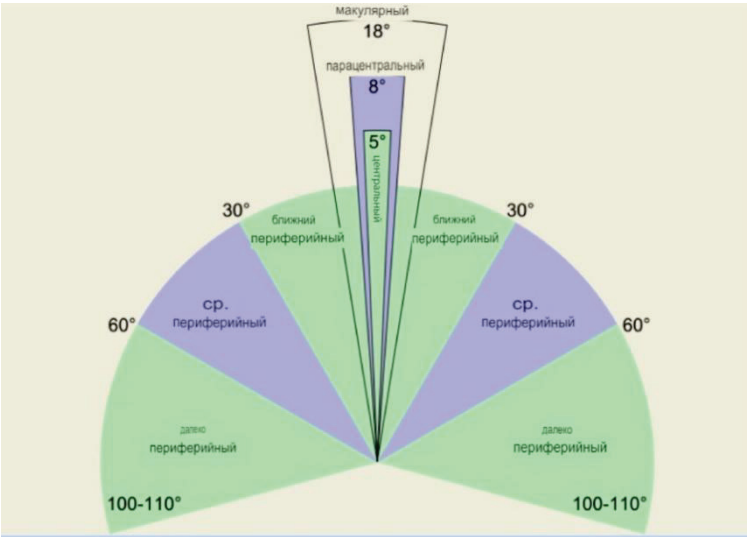

Рисунок 6 – Зоны зрения человеческого глаза

Полученные с айтрекера параметрические данные шаблона рассматривания стимульного материала анализируются с помощью средств математической статистики. Выявляется влияние определенных в работе факторов на среднее время рассматривания стимула, среднюю длительность фиксации при рассматривании одного стимула, среднее количество фиксаций при рассматривании одного стимула. Также важным фактором при анализе экспериментальных данных является гендерный признак и фактор наличия/отсутствия художественной подготовки у испытуемых [8]. Анализ проводится посредством дисперсионного анализа ANOVA – стандартной процедуры, встроенной в программный пакет статистической обработки экспериментальных данных.

3.2. Анализ результатов эксперимента

В эксперименте участвовало 30 человек от 18 до 25 лет из числа студентов Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Испытуемые были подобраны таким образом, чтобы их можно было разделить на фокус-группу в соответствии с гендерным признаком.

Было собрано 200013 фиксаций и 40657 саккад. Статистическая обработка результатов эксперимента производилась посредством дисперсионного анализа [9]. Анализировались следующие параметры шаблона рассматривания: время наблюдения стимула (time), средняя

длительность фиксаций при наблюдении одного стимула, среднее количество фиксаций при наблюдении одного стимула, средняя длительность саккад и среднее количество саккад при наблюдении одного стимула, максимальная амплитуда саккад при наблюдении одного стимула. Задачей анализа было выявить влияние факторов информативности, стилизации, цветового сочетания, а также гендерного признака (мужчины/женщины). Уровень значимости p-value для принятия гипотезы был выбран 0,05 [9]. Значения p-value, полученные в результате выполнения вычислительной процедуры ANOVA представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Вычисленные значения p-value для параметра TIME

	Фактор	p-value
A	Цветовое сочетание	0.785
B	Информативность	0.0000002
C	Стилизация	0.186
D	Гендерный признак	0.0002

Статистический анализ выявил статистически значимую зависимость времени рассматривания стимула испытуемым от факторов информативности и гендерного признака.

Более детальный анализ позволяет выявить некоторые особенности при решении испытуемыми поставленной в эксперименте задачи.

Значения факторов.

Фактор цветового сочетания: b – сине-оранжевый; r – красно-зеленый.

Фактор стилизации:красно-зеленый.

Фактор стилизации: h – высокая детализация; m – средняя детализация; l – низкая детализация.

Фактор информативности: 5, 7, 9, 11 объектов.

Гендерный признак: 0 – женщины; 1 – мужчины.

Анализ графика плотности распределения времени рассматривания стимула испытуемым в зависимости от цвета, информативности и гендерного признака, как показано на рисунке 7, позволяет сделать наблюдение, что гендерный признак имеет статистически значимое влияние на параметры шаблона рассматривания.

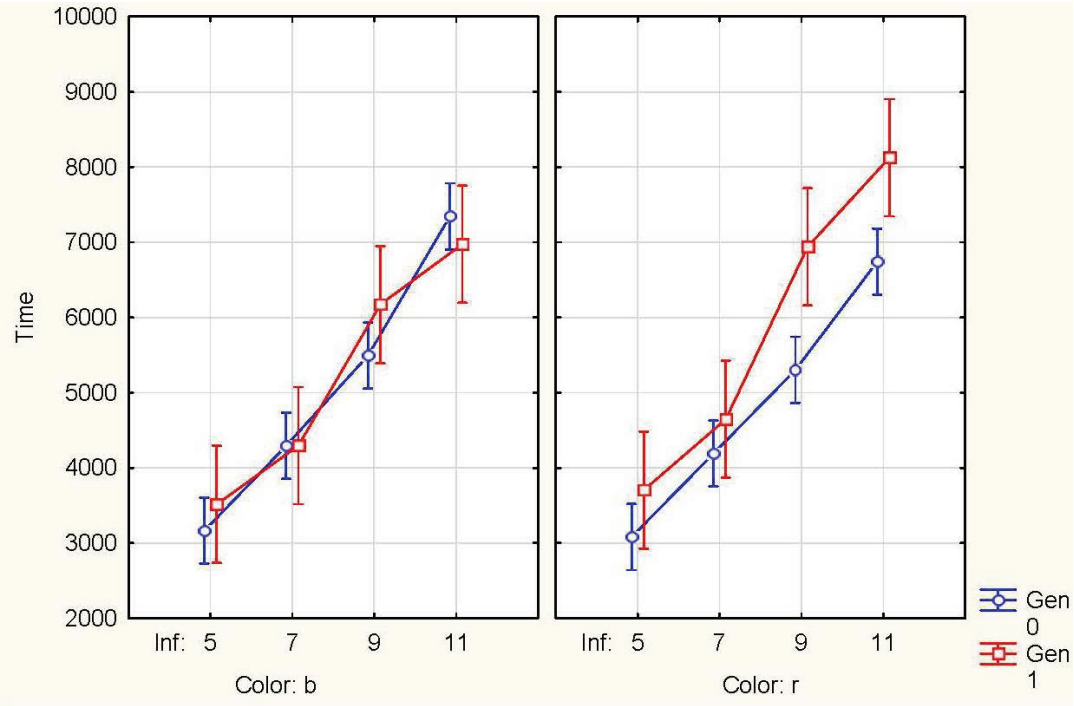

Рисунок 7 – График плотности распределения времени рассматривания стимула испытуемым в зависимости от цвета, информативности и гендерного признака

При выводе графика плотности распределения времени рассматривания стимула испытуемым в зависимости от цвета, информативности и гендерного признака в другом формате, как показано на рисунке 8, наблюдается способность женщин справляться с задачей эксперимента быстрее в красно-зеленом цветовом сочетании, тогда как мужчины быстрее решают задачу в сине-оранжевом цветовом сочетании. Проявляется влияние гендерного признака только в красно-зеленом цветовом сочетании.

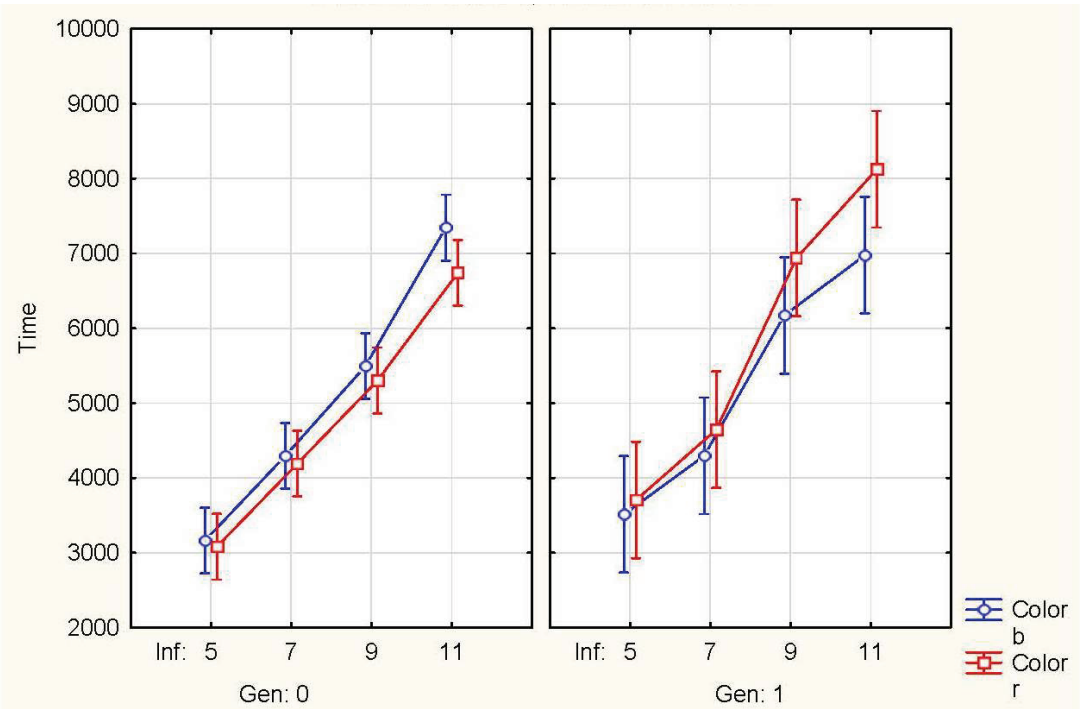

Рисунок 8 – График плотности распределения времени рассматривания стимула испытуемым в зависимости от цвета, информативности и гендерного признака

Параметры шаблона рассматривания стимульного материала представлены на рисунках 9, 10, 11.

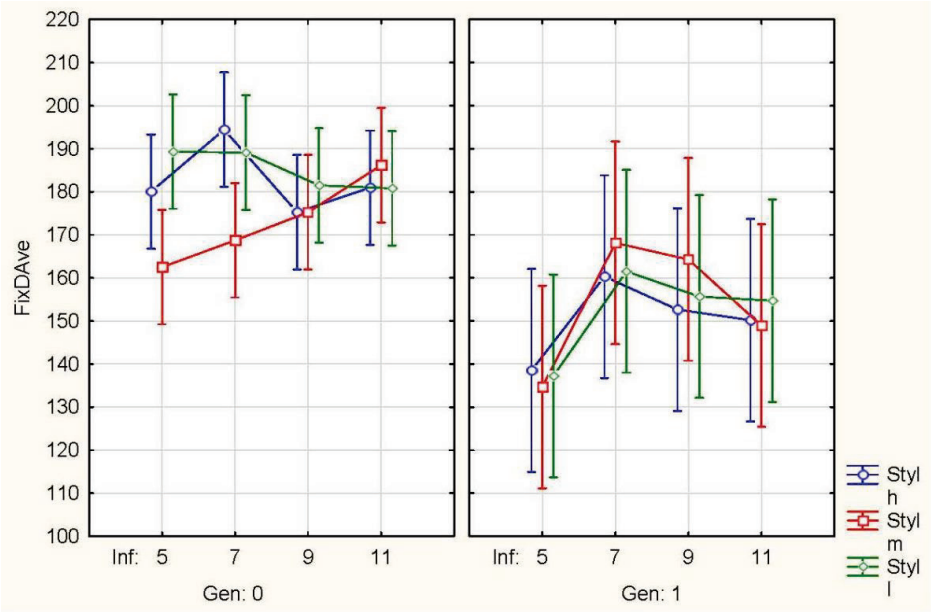

Рисунок 9 – График плотности распределения средней длительности фиксации при рассматривании стимула испытуемым в зависимости от стилизации, информативности и гендерного признака

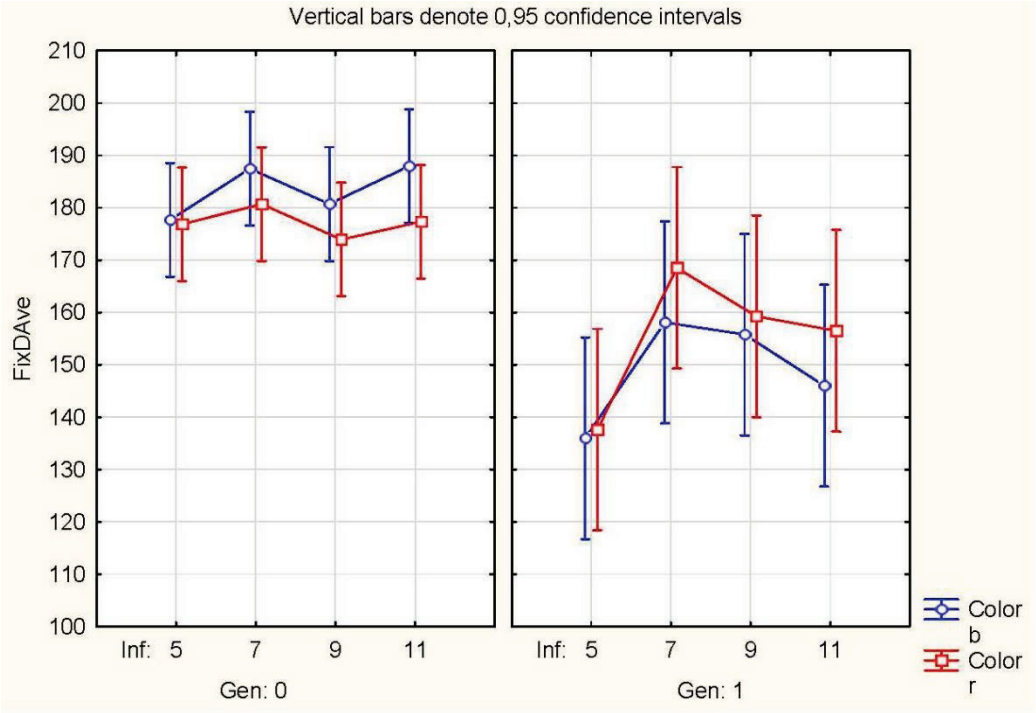

Рисунок 10 – График плотности распределения средней длительности фиксации при рассматривании стимула испытуемым в зависимости от цветового сочетания, информативности и гендерного признака

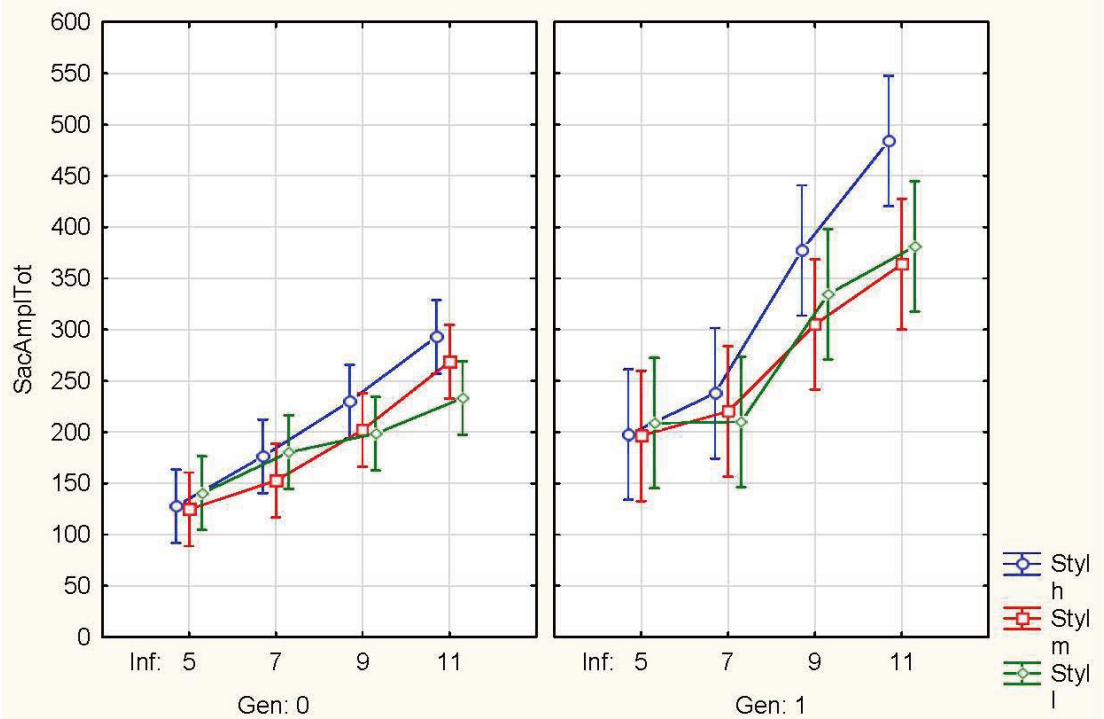

Рисунок 11 – График плотности распределения амплитуды саккад при рассматривании стимула испытуемым в зависимости от стилизации, информативности и гендерного признака

Анализируя графики на рисунках 9, 10, 11 можно сделать следующие наблюдения:

1. Средняя длительность фиксаций у мужчин меньше, причем заметно влияние цветового сочетания (мужчины эффективнее работают в сине-оранжевом сочетании);
2. Амплитуда саккад при рассматривании стимулов у женщин меньше. С увеличением информативности этот эффект проявляется сильнее, как показано на рисунке 11.

4. Выводы

Существует статистически значимое влияние информативности на решение задачи по идентификации объектов в стимульном материале.

Гендерный признак имеет статистически значимое влияние на параметры шаблона рассматривания стимульного материала и, соответственно, время решения задачи эксперимента.

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

Мужчины эффективнее работают в сине-оранжевом цветовом сочетании.

У мужчин средняя амплитуда саккад при рассматривании стимула, больше, при меньшей длительности саккады. Этот факт указывает на не оптимальный алгоритм решения задачи мужскими представителями в эксперименте, что говорит о том, что у женщин периферийное зрение работает эффективнее.

5. 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] Величковский Б.Б. Психологические проблемы когнитивной эргономики // Мир психологии. 2018. № 4 (96). С. 102-115.

[3] Крыжановский Г.А., Пономарев К.Ю., Тимошкок М.В. К оптимизации управления воздушным движением при развитии визуально-когнитивной составляющей // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. №21 (03). С. 16-24.

[4] Фуртат Ю.О. О влиянии адаптивных пользовательских интерфейсов на надежность и эффективность функционирования автоматизированных систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2014. №1 (89). С. 71-76.

[5] E. V. Borevich, S. V. Mescheryakov, V. E. Yanchus, Computer Eye-Tracking Model to Investigate Influence of the Viewer's Perception of the Graphic Information, in: Proceedings of the 31st International Conference on Computer Graphics and Vision (GraphiCon 2021), Nizhny Novgorod, Russia, 2021. pp. 720-728. doi:10.20948/graphicon-2021-3027-720-728.

[6] Юрьев Ф.И. Цвет в искусстве книги: [монография] / Киев: Вища школа, 1987. 246 с.

[7] 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 28.03.2022).

[8] Орлов П.А., Лаптев В.В., Иванов В.М. К вопросу о применении систем ай-трекинга // Научно-технические ведомости СПбГПУ, Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. №. 5 (205). С. 82-92.

[9] Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. М.: Практика, 1999. 459 с.