

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

Хейфиц А.Е., Янчус В.Э., Боревич Е.В. Методика проведения экспериментального исследования по восприятию визуальной информации в области периферийного зрения человека // Программные системы и вычислительные методы. 2024. № 4. DOI: 10.7256/2454-0714.2024.4.44101 EDN: JBYQNP URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=44101

Методика проведения экспериментального исследования по восприятию визуальной информации в области периферийного зрения человека**Хейфиц Антонина Евгеньевна**

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

195251, Россия, Ленинградская область, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

✉ antoni.t-h@mail.ru

**Янчус Виктор Эдмундасович**

кандидат технических наук

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

195251, Россия, Ленинградская область, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

✉ victorimop@mail.ru

**Боревич Екатерина Владиславовна**

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

195251, Россия, Ленинградская область, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29

✉ plasma5210@mail.ru



[Статья из рубрики "Компьютерная графика, обработка изображений и распознавание образов"](#)

DOI:

10.7256/2454-0714.2024.4.44101

EDN:

JBYQNP

Дата направления статьи в редакцию:

22-09-2023

Аннотация: В данной статье описана методика проведения эксперимента в рамках исследования восприятия визуальной информации в области периферийного зрения человека. Авторами описана методика подготовки и проектирования стимульного материала, экспериментальная установка, методика проведения эксперимента и обработка полученных данных. В ходе проектирования эксперимента ставится вопрос расширения зоны чтения визуальной информации при работе с компьютерной системой. Поскольку анализ поступающей информации производился с постепенным усложнением задачи, разработка возможного решения в ходе работы стало производственной необходимостью. Любой монитор, вне зависимости от размера ограничивает анализ зрительного восприятия. Некорректное увеличение или уменьшение объектов в формате дисциплея приводит к ухудшению данных. Корректное изображение снижает уровень усталости при чтении информации, повышает качество ее восприятия. Зона периферийного зрения остается незатронутой в рабочих процессах, являясь важной частью зрения человека. Исследование восприятия графических изображений в периферийной области человеческого зрения потенциально расширит эффективность работы интерфейса. Результаты, полученные на основе экспериментальных данных рационально использовать при разработке интерфейсов человеко-компьютерного взаимодействия. Методика включает в себя разработку и рассмотрение факторов цвета, размера и удаленности в стимульном материале. Стимульный материал спроектирован с помощью программного модуля в дальнейшем отвечающего за случайное и независимое расположение стимульного материала. Для фиксации параметров шаблона рассматривания используется программно-аппаратный комплекс ай-треккинга.

Ключевые слова:

Визуальное восприятие, Область периферийного зрения, Графический интерфейс, Ай-Трекинг, Стимульный материал, Статистический анализ, Интеллектуальный интерфейс, Человеко-компьютерное взаимодействие, Ай - трекер, Зрительная система

1. Введение

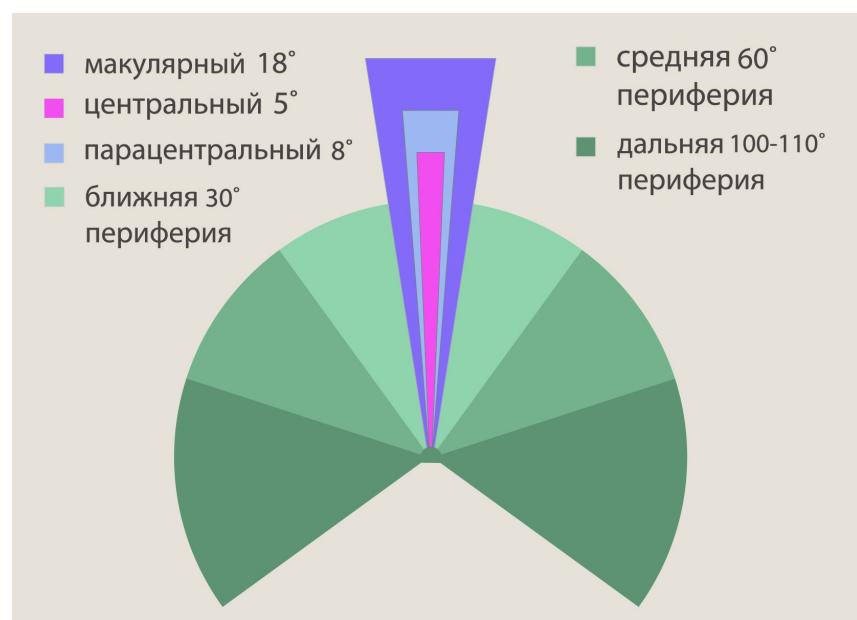
Прогресс технологических средств обработки и визуализации информации позволяет автоматизировать рабочие места операторов, контролирующих состояние сложных технических систем с динамически меняющимся состоянием. При управлении динамической системой в реальном времени оператор вынужден длительное время наблюдать за массивом одновременно меняющихся параметров на экранах мониторов, что приводит к высокой степени утомляемости и высоким психическим нагрузкам [1]. Компьютерные средства позволяют систематизировать динамическую информацию о наблюдаемом объекте и представлять ее в графическом виде и в виде анимационных диаграмм. В отличие от текстового представления данных, графический способ визуализации с помощью средств инфографики предлагает более эффективный подход к анализу оператором многочисленных параметрических данных о состоянии объекта [2].

Однако, применение компьютерных средств в создании систем управления ведет к тому, что работа оператора из реальной среды переходит в среду виртуальную со своим интерфейсом и правилами работы. Написано много научного материала о принципах взаимодействия оператора с компьютерной системой, вводится понятие иммерсивной среды [3], предлагаются принципиально новые методы анализа этого взаимодействия.

Но, следует отметить, что сфера взаимодействия оператора от пространства в 360 градусов сужается до размеров монитора (или нескольких мониторов) и, соответственно, происходит пространственное сжатие информации в соответствующей пропорции. Похожая ситуация происходит при переходе действия со сцены театра на экран кинотеатра. Чтение информации с экрана монитора происходит, в основном, за счет центрального зрения. Вопрос расширения зоны чтения визуальной информации при работе с компьютерной системой является малоизученным и требует проведения исследований.

2. Теоретическая модель

Рассмотрим систему считывания информации человеческим глазом. Человеческий глаз способен успешно считывать информацию, которая находится в пределах видимости центральной ямки, или фовеи (2 угловых градуса зрительного поля), так как именно в этой области достигается максимальная четкость изображения. Немного хуже воспринимается информация в парафовее (5° по обе стороны от точки фиксации), а все, что дальше 5° (периферия), воспринимается плохо (рис. 1). Для языков с написанием слева и алфавитом это означает, что мы можем извлечь информацию из трех-четырех букв слева от фиксации и 14-15 знаков (включая пробелы) справа от фиксации [4.5]. Восприятие информации происходит во время фиксаций (медленного движения центральной точки зрения) (рис.2), которые составляют от 150 до 350 миллисекунд и зависят от решаемой наблюдателем задачи при восприятии информации.



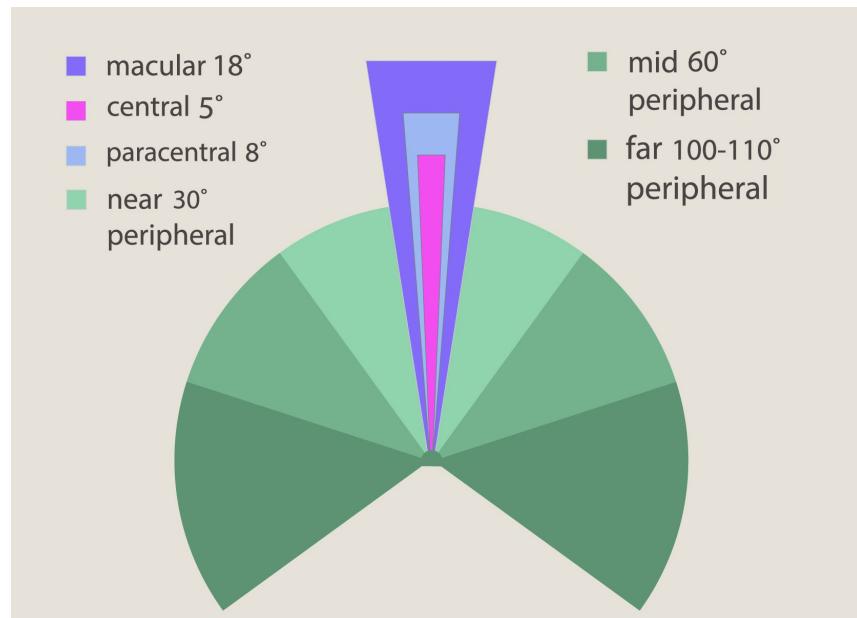


Рис. 1. Зоны зрения человеческого глаза

Однако, возможности периферийного зрения до конца не исследованы. Опыт спортсменов игровых видов спорта, показывает, что в результате тренировок у них развивается способность воспринимать периферийным зрением значительно большие объемы информации в сравнении с нетренированным человеком.

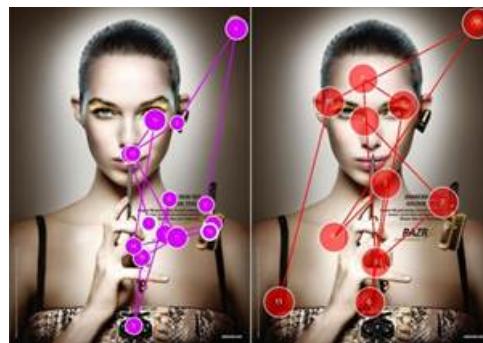


Рис. 2. Пример траектории движения взора

При восприятии текстовой информации задействована центральная область зрения, где изображение наиболее резкое [6]. В качестве гипотезы исследования принимается следующее утверждение: графические лаконичные изображения, представляющие собой цветовые пятна определенного размера и воспринимаемые человеком как единый образ, в отличие от текста, могут восприниматься в периферийной области человеческого зрения. Исследование данного вопроса потенциально расширит эффективность работы интерфейса и определит информацию, которая может фиксироваться периферийной областью зрения (рис.1).

3. Экспериментальная установка

Исходя из технических возможностей программно-аппаратного комплекса SMIRED 250 [7], мы определяем ближнюю периферийную зону зрения как объект исследования. В экспериментальной установке расстояние от испытуемого до монитора (рис. 3) составляет 60 см при размерах монитора 64 на 40 см. Выбранные размеры и расстояния определяют максимальный угол обзора испытуемого, который составляет плюс-минус 30°, он перекрывает ближнюю периферийную зону зрения (см. рис.1).

В разрабатываемом эксперименте исследуется влияние трех факторов: цвет, размер и удаленность объекта от центра стимула. В соответствии с выбранными факторами разрабатывался стимульный материал эксперимента:

- выбор цвета выполнен в соответствии с теорией Геринга – чёрно-белый канал и цветные каналы: красно-зеленый, жёлто-синий^[8];
- выбраны удобочитаемые за счет формы пиктограммы/иконки для максимального удобства оператора^[9];
- удаленность от точки первичной фокусировки зрения в стимулах составила $\pm 15^\circ$, $\pm 20^\circ$, $\pm 25^\circ$, что соответствует расстоянию в 300 px, 570 px, 840 px от центра монитора.

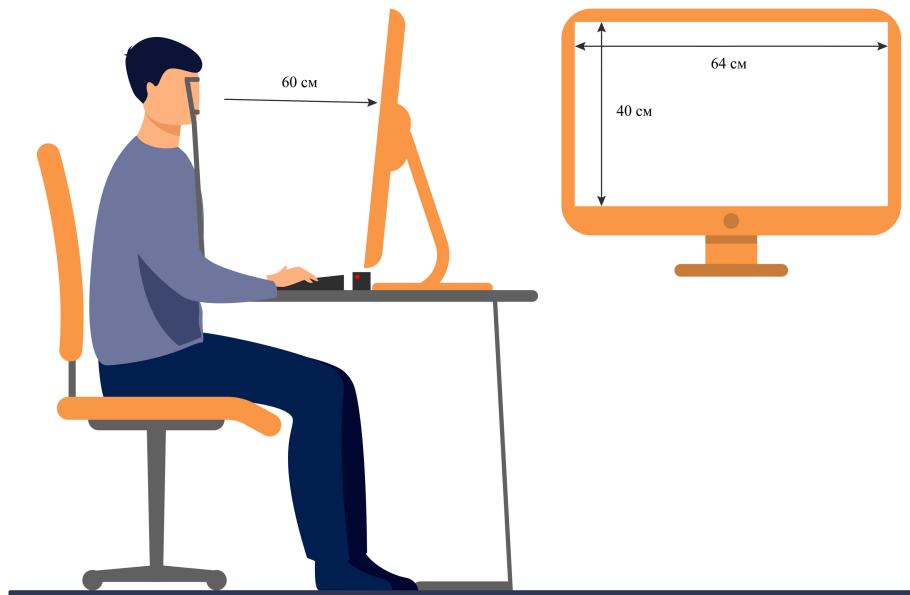


Рис. 3. Схема расположения экрана испытуемого в эксперименте

Для заполнения стимулов пиктограммами случайным образом из созданного набора был использован программный модуль, специально разработанный на языке процессинг. Всего было подготовлено 54 стимула.

Для создания стимульного материала было необходимо создать набор изображений, содержащих по 6 иконок расположенных по кругу и равноудалённых от иконки, расположенной в центре. Была создана база из 12-ти пиктограмм (рис. 4).

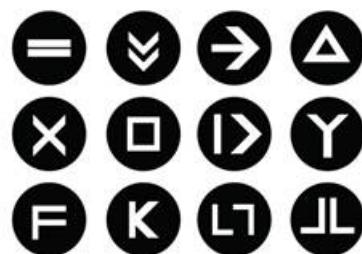


Рис. 4. Набор пиктограмм используемых в эксперименте

В рамках данного эксперимента иконки на разных стимулах должны быть выполнены в различных **цветах**: красный «r» (ED1E2E), зелёный «g» (019C59), синий «b» (1C68B1),

оранжевый «о» (F68522), чёрный «к» (000000), светло-серый «w» (E0E7F5), фон стимулов серый (B3B5B5). Кроме этого, иконки имеют разный **размер**: большой «big» 93px, средний «normal» 66px, маленький «little» 42px. **Удалённость от центра** принимает три значения: Closely (Low) – радиус 300px, Middle – радиус 570px, Farther (high) – радиус 840px (рис.5). Пример стимульного материала изображен на рисунке 6.



Рис. 5. Удалённость пиктограмм от центра стимула. Размер стимулов составляет 1920*1080px



Рис.6. Пример стимульного материала

Далее Алгоритм для создания стимулов с заданным значением радиуса удалённости иконок от центра представлен на рисунке 6.

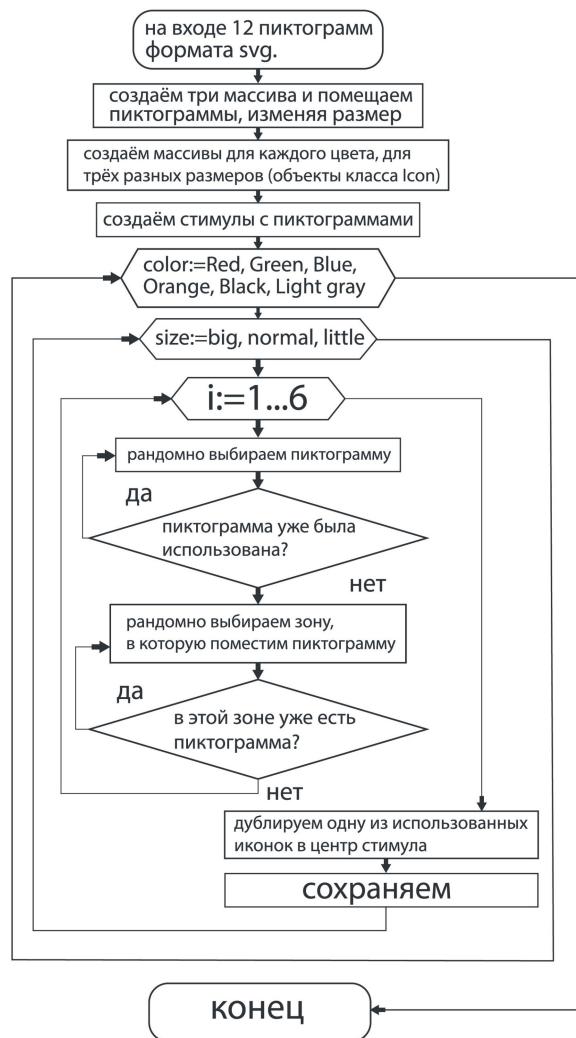


Рис. 6. Блок-схема алгоритма создания стимульного материала

На входе имеем базу из векторных файлов с пиктограммами типа svg,

создаём три массива иконок класса PShape, в которых задаём разный размер с помощью функции scale (1) для большого размера иконок, scale (0.7) - для среднего и scale (0.5) - для маленького.

Далее создадим новый класс объектов, который назовём Icon, чтобы хранить, помимо самого изображения, информацию о том, была ли пиктограмма уже использована в стимуле информации о зоне, в которой она будет помещена. Создаём массивы иконок для каждого размера и цвета (всего 6 цветов). Всего создано 18 массивов. Для расположения иконок существует шесть зон, равноудалённых от центра.

Перед испытуемым в эксперименте ставилась следующая задача: посмотреть в центр стимула, запомнить находящуюся там пиктограмму, затем, найти идентичную пиктограмму на окружности вне центра стимула и отметить ее наведением курсора мыши и нажатием кнопки. Координаты нажатия кнопки компьютерной мыши фиксируется в базе эксперимента, после чего происходит переход к следующему стимулу.

4. Результаты эксперимента

В эксперименте участвовало 22 человека от 18 до 25 лет из числа студентов Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого. Было собрано 7930 фиксаций и 10720 сakkад. Статистическая обработка результатов эксперимента

производилась посредством дисперсионного анализа ANOVA [10]. Анализировались следующие параметры шаблона рассматривания: время наблюдения стимула, средняя длительность фиксаций, средняя длительность фиксаций при наблюдении одного стимула, среднее количество фиксаций при наблюдении одного стимула, среднее время саккад и среднее количество саккад при наблюдении одного стимула. Задачей анализа было выявить влияние факторов размера пиктограмм, их удаленности от центра и цвета диаграмм, а также факторов гендера, наличия/отсутствия художественной подготовки и типа образования (гуманитарное - техническое). Значение критерия значимости p-value для принятия гипотезы было выбрано 0,05. Значения p-value, полученные в результате выполнения вычислительной процедуры представлены в таблице 1.

Таблица.1. Вычисленные значения p-value. Красным выделены значения, позволяющие принять гипотезу о влиянии фактора.

фактор	p-value
Цвет	0.000003
Размер	0.000001
Удалённость от центра	0.000001
Гендер	0.000352
Образование	0.001502
Художественная подготовка	0.110483

График плотности распределения времени рассматривания стимула в зависимости от факторов цвета, размера, удаленности от центра, наличия/отсутствия художественной подготовки и гендерного признака представлены на рисунках 7,8,9.

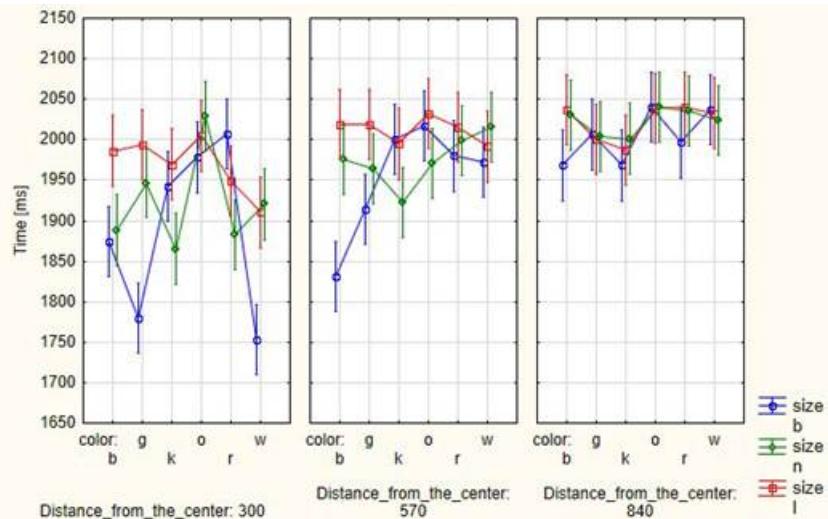


Рис.7. Графики плотности распределения времени рассматривания стимула в зависимости от факторов цвета (r – красный, g – зелёный, b – синий, o – оранжевый, k – чёрный, w – светло-серый), размера и удаленности

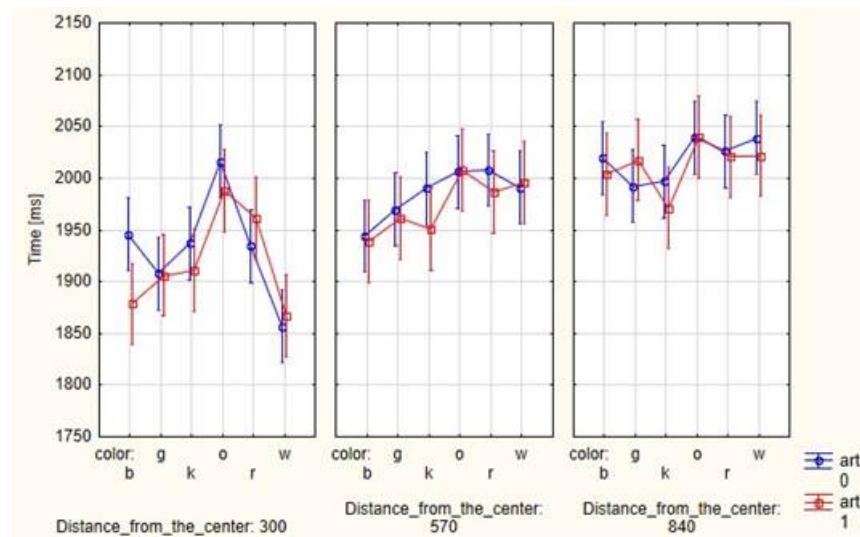


Рис.8. График плотности распределения времени рассматривания стимула в зависимости от факторов наличия художественной подготовки (0 – отсутствует подготовка, 1 – существует художественная подготовка), цвета и удаленности от центра

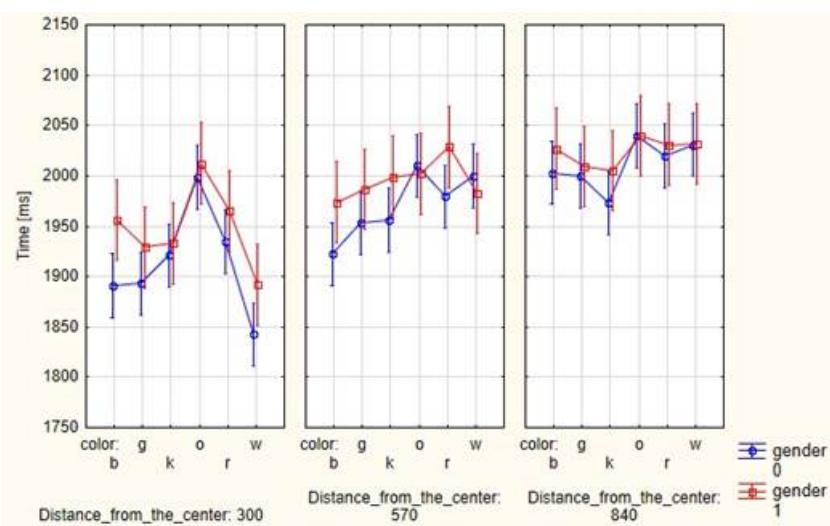


Рис. 9. График плотности распределения времени рассматривания стимула в зависимости гендерного признака (0 - женщины, 1 - мужчины), цвета и удаленности от центра

По результатам статистического анализа можно сделать несколько наблюдений:

- 1) Параметры шаблона рассматривания имеют статистически значимую зависимость от факторов цвета, размера, удаленности объекта от центра стимула.
- 2) Параметры шаблона рассматривания имеют статистически значимую зависимость от факторов типа образования (техническое - гуманитарное) и гендерного признака.
- 3) Параметры шаблона рассматривания не имеют статистически значимой зависимости от фактора наличия художественной подготовки.
- 4) Вышеперечисленные корреляции параметров шаблона рассматривания и изменяемых в эксперименте факторов зависят от решаемой испытуемым задачи.

Следует отметить, что для проведения более глубокого анализа вопроса восприятия визуальной информации человеком в области периферийного зрения необходимо увеличить количество испытуемых.

5. Выводы

В результате проделанной работы разработана методика проведения экспериментальных исследований восприятия визуальной информации человеком в области периферийного зрения с применением программно-аппаратного комплекса ай-трекинга.

Разработанная методика была апробирована на 23 испытуемых из числа студентов Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого и показала свою состоятельность.

Разработанная методика может быть использована при проведении исследований по восприятию визуальной информации в графических интерфейсах систем удаленного управления динамическими объектами.

Библиография

1. Емельянова Ю. Г., Фраленко В. П. Методы когнитивно-графического представления информации для эффективного мониторинга сложных технических систем // Программные системы: теория и приложения. 2018. № 4. С. 117-158.
2. Когнитивная машинная графика в системах космического и медицинского назначения / Под общей редакцией доктора технических наук, профессора М. Н. Бурдаева.: ЛЕНАНД; Москва, 2018.
3. Сергеев С. Ф. Интеллектные симбионты организованных техногенных сред в управлении подвижными объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. № 9. С. 30-36.
4. Liu Y., Zhou Z., Hu D. Gaze independent brain-computer speller with covert visual search tasks // Clinical Neurophysiology. 2011. № 122. Pp. 1127-1136.
5. McDonald S.A., Carpenter R. H., Shillcock R.C. An anatomically constrained, stochastic model of eye movement control in reading // Psychological review. 2005. № 112. Pp. 814-840.
6. Vitu F., McConkie G.W., Kerr P., O'Regan J.K. Fixation location effects on fixation durations during reading: An inverted optimal viewing position effect // Vision Res. 2001. № 41. Pp. 1513-1533.
7. Yarbus A. L. Eye Movements and Vision. Plenum Press, 1967. DOI: 10.1007/978-1-4899-5379-7
8. Юрьев Ф. И. Цветовая образность информации. Киев: Гармония сфер, 2007.
9. Барабанщиков В. А., Милад М. М. Методы окулографии в исследовании познавательных процессов и деятельности / В. А. Барабанщиков, М. М. Милад. Рос. АН. Инт-психологии, Регион. ун-т непрерыв. образования. – М.: ИПРАН, 1994 – 88 с.
10. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Гланц С.; Пер. с англ. д.ф.-м.н. Ю.А. Данилова под ред. Н.Е. Бузикашвили и Д.В. Самойлова. – М.: Практика, 1999 – 459 с.

Результаты процедуры рецензирования статьи

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

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

Статья «Методика проведения экспериментального исследования по восприятию визуальной информации в области периферийного зрения человека», поданная в журнал «Программные системы и вычислительные методы» является полноценным научным исследованием, выполненным на должном методологическом уровне и имеющим явное практическое применение.

Данная работа посвящена разработке методики проведения экспериментальных исследований восприятия визуальной информации человеком в области периферийного зрения с применением программно-аппаратного комплекса ай-трекинга.

Обсуждаемая статья весьма актуальна, так как описывает работу, направленную на автоматизацию рабочих мест операторов, контролирующих состояние сложных технических систем с динамически меняющимся состоянием, позволяя отойти от классического представления информации на экране монитора в виде многочисленных текстовых или числовых данных касательно наблюдаемых оператором параметров к представлению её в графическом виде и в виде анимационных диаграмм. Применительно к такому виду представления данных автор(ы) обсуждаемой статьи предлагает(ют) полагаться не только на узкий диапазон «центрального» зрения, составляющий не более 15 градусов, а задействовать периферическое зрение, эффективность восприятия которого можно повысить упражнениями.

При разработке повышения уровня восприятия визуальной информации человеком в области периферийного зрения авторы статьи руководствуются гипотезой, согласно которой графические лаконичные изображения, представляющие собой цветовые пятна определенного размера и воспринимаемые человеком как единый образ, в отличие от текста, могут восприниматься в периферийной области человеческого зрения.

Экспериментальное исследование было проведено авторами статьи на разработанной экспериментальной установке с оригинальным программным обеспечением, алгоритм работы которого в достаточной для понимания и воспроизведения эксперимента степени представлен в работе.

По результатам исследования авторы сделали следующие выводы:

- 1) Параметры шаблона рассматривания имеют статистически значимую зависимость от факторов цвета, размера, удаленности объекта от центра стимула.
- 2) Параметры шаблона рассматривания имеют статистически значимую зависимость от факторов типа образования и гендерного признака.
- 3) Параметры шаблона рассматривания не имеют статистически значимой зависимости от фактора наличия художественной подготовки.
- 4) Вышеперечисленные корреляции параметров шаблона рассматривания и изменяемых в эксперименте факторов зависят от решаемой испытуемым задачи.

Разработанная авторами статьи методика может быть использована при проведении исследований по восприятию визуальной информации в графических интерфейсах систем удаленного управления динамическими объектами, однако, как абсолютно верно пишут сами авторы работы, необходимо её дальнейшая апробация на большем числе испытуемых. При этом, рекомендую авторам статьи в будущих исследованиях существенно расширить возрастную выборку, так как восприятие информации у молодёжи и людей предпенсионного возраста может существенно отличаться.

В целом, статья «Методика проведения экспериментального исследования по восприятию визуальной информации в области периферийного зрения человека» написана хорошим и понятным языком, библиографический список достаточен, адекватен тексту статьи и не избыточен. Особой похвалы заслуживает наглядный иллюстративный материал, позволяющий читателю легко работать с материалом статьи. Данные иллюстрации, помимо всего прочего, могут быть использованы при подготовке учебных материалов для курсов психологии и биофизики сенсорных систем.

Однако вынужден заметить, что в статье имеется некоторая неточность: в разделе «Результаты эксперимента» указано, что в эксперименте участвовало 22 человека, а в разделе «Выводы», что методика была апробирована на 23 испытуемых. Авторам обязательно следует внимательно проверить текст статьи и устранить подобные ошибки.

Решение: принять статью «Методика проведения экспериментального исследования по

восприятию визуальной информации в области периферийного зрения человека» в журнал «Программные системы и вычислительные методы» после устранения ошибок в тексте. Повторное рецензирование не требуется.